

RAPPORT

# SUIVI RADIOECOLOGIQUE ANNUEL DES CNPE DU RHÔNE ET DU SITE EN DÉMANTÈLEMENT DE CREYS- MALVILLE

ANNÉE 2022

Pôle santé et environnement

Rapport IRSN N° 2024-00233

# TABLE DES MATIÈRES

<b>0</b>	<b>OBJECTIFS .....</b>	<b>19</b>
<b>1</b>	<b>MÉTHODOLOGIE DU SUIVI RADIOÉCOLOGIQUE DE L'ENVIRONNEMENT PROCHE DES CENTRES NUCLÉAIRES DE PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ FRANÇAIS.....</b>	<b>19</b>
<b>2</b>	<b>ORIGINE DE LA RADIOACTIVITÉ DANS L'ENVIRONNEMENT DES CNPE DU RHÔNE ET DU SITE EN DÉMANTÈLEMENT DE CREYS-MALVILLE .....</b>	<b>19</b>
<b>2.1</b>	<b>Radionucléides d'origine naturelle.....</b>	<b>20</b>
2.1.1	Origine tellurique.....	20
2.1.2	Origine cosmogénique et comportement du tritium et du <sup>14</sup> C .....	20
<b>2.2</b>	<b>Radionucléides d'origine artificielle .....</b>	<b>21</b>
2.2.1	Retombées des essais nucléaires aériens et des chutes de satellites .....	21
2.2.2	Retombées de l'accident de Tchernobyl .....	23
2.2.3	Retombées de l'accident de Fukushima-Daiichi .....	24
2.2.4	Installations nucléaires exploitées par EDF .....	25
2.2.5	Autres activités .....	26
<b>3</b>	<b>CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL ET GÉOGRAPHIQUE .....</b>	<b>26</b>
<b>3.1</b>	<b>Climatologie.....</b>	<b>26</b>
<b>3.2</b>	<b>Géologie et hydrogéologie.....</b>	<b>26</b>
<b>3.3</b>	<b>Hydrographie et hydrologie .....</b>	<b>27</b>
<b>4</b>	<b>ÉTAT RADIOLOGIQUE DU SITE DE CREYS-MALVILLE.....</b>	<b>28</b>
<b>4.1</b>	<b>Généralités et chronologie des études radioécologiques antérieures .....</b>	<b>28</b>
<b>4.2</b>	<b>État radiologique de l'environnement terrestre .....</b>	<b>30</b>
4.2.1	Stratégie d'échantillonnage.....	30
4.2.2	Résultats et interprétation .....	35
<b>4.3</b>	<b>État radiologique de l'environnement aquatique .....</b>	<b>36</b>
4.3.1	Stratégie d'échantillonnage.....	36
4.3.2	Résultats et interprétation .....	41
<b>4.4</b>	<b>Conclusion de l'état radiologique de l'environnement du site de Creys-Malville.....</b>	<b>43</b>
<b>4.5</b>	<b>Tableaux de résultats .....</b>	<b>44</b>
<b>5</b>	<b>ÉTAT RADIOLOGIQUE DU CNPE DE BUGEY .....</b>	<b>67</b>
<b>5.1</b>	<b>Généralités et chronologie des études radioécologiques antérieures .....</b>	<b>67</b>
<b>5.2</b>	<b>État radiologique de l'environnement terrestre .....</b>	<b>69</b>
5.2.1	Stratégie d'échantillonnage.....	69
5.2.2	Résultats et interprétation .....	76
<b>5.3</b>	<b>État radiologique de l'environnement aquatique .....</b>	<b>78</b>

5.3.1	Stratégie d'échantillonnage.....	78
5.3.2	Résultats et interprétation .....	83
<b>5.4</b>	<b>Conclusion de l'état radiologique de l'environnement du CNPE du Bugey .....</b>	<b>86</b>
<b>5.5</b>	<b>Tableaux de résultats .....</b>	<b>88</b>
<b>6</b>	<b>ÉTAT RADIOLOGIQUE DU CNPE DE SAINT-ALBAN-SAINT-MAURICE-L'EXIL .....</b>	<b>115</b>
<b>6.1</b>	<b>Généralités et chronologie des études radioécologiques antérieures .....</b>	<b>115</b>
<b>6.2</b>	<b>État radiologique de l'environnement terrestre .....</b>	<b>117</b>
6.2.1	Stratégie d'échantillonnage.....	117
6.2.2	Résultats et interprétation .....	121
<b>6.3</b>	<b>État radiologique de l'environnement aquatique .....</b>	<b>122</b>
6.3.1	Stratégie d'échantillonnage.....	122
6.3.2	Résultats et interprétation .....	127
<b>6.4</b>	<b>Conclusion de l'état radiologique de l'environnement du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice- l'Exil.....</b>	<b>130</b>
<b>6.5</b>	<b>Tableaux de résultats .....</b>	<b>132</b>
<b>7</b>	<b>ÉTAT RADIOLOGIQUE DU CNPE DE CRUAS-MEYSSE .....</b>	<b>158</b>
<b>7.1</b>	<b>Généralités et chronologie des études radioécologiques antérieures .....</b>	<b>158</b>
<b>7.2</b>	<b>État radiologique de l'environnement terrestre .....</b>	<b>160</b>
7.2.1	Stratégie d'échantillonnage.....	160
7.2.2	Résultats et interprétation .....	164
<b>7.3</b>	<b>État radiologique de l'environnement aquatique .....</b>	<b>166</b>
7.3.1	Stratégie d'échantillonnage.....	166
7.3.2	Résultats et interprétation .....	171
<b>7.4</b>	<b>Conclusion de l'état radiologique de l'environnement du CNPE de Cruas-Meyse .....</b>	<b>174</b>
<b>7.5</b>	<b>Tableaux de résultats .....</b>	<b>175</b>
<b>8</b>	<b>ÉTAT RADIOLOGIQUE DU CNPE DU TRICASTIN .....</b>	<b>197</b>
<b>8.1</b>	<b>Généralités et chronologie des études radioécologiques antérieures .....</b>	<b>197</b>
<b>8.2</b>	<b>État radiologique de l'environnement terrestre .....</b>	<b>199</b>
8.2.1	Stratégie d'échantillonnage.....	199
8.2.2	Résultats et interprétation .....	207
<b>8.3</b>	<b>État radiologique de l'environnement aquatique .....</b>	<b>209</b>
8.3.1	Stratégie d'échantillonnage.....	209
8.3.2	Résultats et interprétation .....	215
<b>8.4</b>	<b>Conclusion de l'état radiologique de l'environnement du CNPE du Tricastin.....</b>	<b>219</b>
<b>8.5</b>	<b>Tableaux de résultats .....</b>	<b>220</b>
	<b>ANNEXES .....</b>	<b>253</b>

## TABLE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

### Figures

Figure 1 – Localisation des sites détenant des radionucléides dans le bassin versant du Rhône.....	20
Figure 2 – Activités de $^3\text{H}$ dans l'eau de pluie d'après [1]. .....	22
Figure 3 – Évolution de l'activité spécifique du $^{14}\text{C}$ dans l'hémisphère nord depuis 1950 (tirée de [1]). .....	23
Figure 4 – Activités surfaciques de $^{137}\text{Cs}$ , calculées pour l'année 2010, issues des retombées atmosphériques des essais aériens et de l'accident de Tchernobyl à partir de [14], sur le bassin versant de la zone d'étude.....	24
Figure 5 – Évolution des activités des principaux radionucléides artificiels mesurés dans l'air en France et en Allemagne au cours des 60 dernières années [1]. .....	25
Figure 6 – Chronologie des études radioécologiques conduites dans l'environnement du site de Creys-Malville.....	29
Figure 7 – Localisation générale des stations de prélèvement dans le milieu terrestre et dans le milieu aquatique pour le suivi radioécologique annuel 2022 du site de Creys-Malville .....	34
Figure 8 – Variation temporelle des activités en tritium organiquement lié mesurées dans les feuilles de chêne collectées dans l'environnement terrestre du site en démantèlement de Crey-Malville de 2013 à 2022.....	36
Figure 9 – Variation temporelle des activités en $^{137}\text{Cs}$ mesurées dans les sédiments collectées dans l'environnement aquatique du site en démantèlement de Creys-Malville de 2013 à 2022 .....	41
Figure 10 – Chronologie des études radioécologiques conduites dans l'environnement du CNPE du Bugey.....	68
Figure 11 – Localisation générale des stations de prélèvement dans le milieu terrestre et dans le milieu aquatique pour le suivi radioécologique annuel du CNPE du Bugey.....	75
Figure 13 – Variation temporelle des activités en tritium de l'eau de déshydratation mesurées dans les maïs irrigués de la plaine de l'Ain de 2015 à 2022.....	77
Figure 14 – Activités en tritium organiquement lié dans les matrices terrestres irriguées de la plaine de l'Ain et dans celles hors de la plaine de l'Ain .....	77
Figure 15 – Variation temporelle des activités en $^{110\text{m}}\text{Ag}$ détecté par spectrométrie $\gamma$ dans les phanérogames collectées dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey de 2013 à 2022 .....	84
Figure 16 – Variation temporelle des activités en $^{60}\text{Co}$ détecté par spectrométrie $\gamma$ dans les phanérogames collectées dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey de 2013 à 2022 .....	84
Figure 17 – Variation temporelle des activités du TOL détecté dans les phanérogames immergées collectées dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey de 2013 à 2022 .....	85
Figure 18 – Variation temporelle des activités du $^{14}\text{C}$ détecté dans les poissons pêchés dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey de 2013 à 2022.....	86
Figure 19 – Chronologie des études radioécologiques conduites dans l'environnement du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil.....	116
Figure 20 – Localisation générale des stations de prélèvement dans le milieu terrestre et dans le milieu aquatique pour le suivi radioécologique annuel 2022 du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil .....	120

Figure 21 – Variation temporelle des activités en $^{110m}\text{Ag}$ détecté par spectrométrie $\gamma$ dans les sédiments collectés dans l’environnement aquatique du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l’Exil de 2013 à 2022.....	128
Figure 22 – Variation temporelle des activités en $^{60}\text{Co}$ détecté par spectrométrie $\gamma$ dans les phanérogame collectées dans l’environnement aquatique du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l’Exil de 2013 à 2022.....	128
Figure 23 – Variation temporelle des activités du tritium organiquement lié détecté dans les phanérogame immergées collectées dans l’environnement aquatique du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l’Exil de 2016 à 2022.....	129
Figure 24 – Variation temporelle des activités du $^{14}\text{C}$ détecté dans les poissons pêchés dans l’environnement aquatique du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l’Exil de 2013 à 2022.....	130
Figure 25 – Chronologie des études radioécologiques conduites dans l’environnement du CNPE de Cruas-Meyse .....	159
Figure 26 – Localisation générale des stations de prélèvement dans le milieu terrestre et dans le milieu aquatique pour le suivi radioécologique annuel 2022 du CNPE de Cruas-Meyse .....	163
Figure 27 – Variation temporelle des activités en $^{137}\text{Cs}$ détecté dans les sols de surface (en haut) et les salades (en bas) de 2013 à 2022 .....	165
Figure 28 – Variation temporelle des activités en $^{58}\text{Co}$ détecté par spectrométrie $\gamma$ dans les phanérogame immergées collectées dans l’environnement aquatique du CNPE de Cruas-Meyse de 2013 à 2022 .....	172
Figure 29 – Chronologie des études radioécologiques conduites dans l’environnement du CNPE du Tricastin .....	198
Figure 30 - Localisation des stations de prélèvement les plus éloignées du site dans le milieu terrestre et dans le milieu aquatique pour le suivi radioécologique annuel 2022 du CNPE du Tricastin.....	205
Figure 31 - Localisation des stations de prélèvement les plus proches du site dans le milieu terrestre et dans le milieu aquatique pour le suivi radioécologique annuel 2022 du CNPE du Tricastin.....	206
Figure 32 – Variation temporelle des activités du $^{137}\text{Cs}$ détecté dans les sols non cultivés (0-5 cm) .....	208
Figure 33 – Variation temporelle des activités du tritium libre et organiquement lié détecté dans l’herbe ( $\text{Bq.L}^{-1}$ ED et EC).....	209
Figure 34 – Variation temporelle des activités $^{137}\text{Cs}$ mesurées dans les sédiments collectées dans l’environnement aquatique du CNPE de Tricastin de 2013 à 2022 .....	215
Figure 35 – Variation temporelle des activités en tritium organiquement lié mesurées dans les phanérogame immergées collectées dans l’environnement aquatique du CNPE de Tricastin de 2013 à 2022.....	217
Figure 36 – Variation temporelle des activités en $^{14}\text{C}$ dans les phanérogame de 2018 à 2022 .....	218
Figure 37 – Démarche utilisée pour la réalisation du suivi radioécologique annuel de chaque site .....	257
Figure 38 – Chronique d’une incinération : montée en température et paliers en fonction du temps .....	262
Figure 39 – Valeurs significatives et seuils de décisions dans les graphiques.....	268
Figure 40 – Teneur en $^{40}\text{K}$ et en radionucléides des familles du $^{232}\text{Th}$ et du $^{238}\text{U}$ dans les sols métropolitains (1 <sup>er</sup> et 3 <sup>ème</sup> quartiles, 1 <sup>er</sup> et 9 <sup>ème</sup> déciles, minimum et maximum) .....	269
Figure 41 – Teneur en $^{238}\text{U}$ dans les sédiments métropolitains. ....	270



**Tableaux**

Tableau 1 - Identification des échantillons analysés dans l'environnement terrestre du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique de 2022.....	31
Tableau 2 - Identification des échantillons analysés dans l'environnement aquatique du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique de 2022.....	38
Tableau 3 – Activités massiques et volumiques des radionucléides des échantillons de sols collectés dans l'environnement terrestre du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique annuel de 2013 à 2022.....	44
Tableau 4 – Activités massiques en radionucléides émetteurs $\gamma$ des échantillons de mousses collectés dans l'environnement terrestre du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique annuel de 2013 à 2022.....	45
Tableau 5 – Activités massiques et volumiques en radionucléides des échantillons de feuilles de chêne collectés dans l'environnement terrestre du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique annuel de 2013 à 2022.....	46
Tableau 6 – Activités massiques et volumiques en radionucléides des échantillons de céréales collectés dans l'environnement terrestre du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique annuel de 2013 à 2022.....	47
Tableau 7 – Activités massiques et volumiques en radionucléides des échantillons d'herbe collectés dans l'environnement terrestre du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique annuel de 2013 à 2022.....	48
Tableau 8 – Activités massiques et volumiques en radionucléides des échantillons de légumes collectés dans l'environnement terrestre du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique annuel de 2013 à 2022.....	49
Tableau 9 - Activités massiques et volumiques en radionucléides des échantillons de lait collectés dans l'environnement terrestre du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique annuel de 2013 à 2022.....	50
Tableau 10 - Teneur en matière organique et caractéristiques granulométriques de l'échantillon de sol récolté dans l'environnement terrestre du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique en 2022. ....	51
Tableau 11 – Activités en radionucléides émetteurs $\gamma$ d'origine naturelle mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique 2022 .....	52
Tableau 12 – Activités en radionucléides émetteurs $\gamma$ d'origine artificielle mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique 2022 .....	53
Tableau 13 – Activités en tritium libre mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique 2022.....	54
Tableau 14 – Activités en tritium organiquement lié (TOL) mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique 2022.....	55
Tableau 15 – Activités en $^{14}\text{C}$ mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique 2022.....	56

Tableau 16 – Activités massiques et volumiques en radionucléides des échantillons de sédiments collectés dans l’environnement aquatique du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique annuel de 2013 à 2022.....	57
Tableau 17 – Activités massiques et volumiques en radionucléides des échantillons de mousses collectés dans l’environnement aquatique du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique annuel de 2013 à 2022.....	58
Tableau 18 – Activités massiques et volumiques en radionucléides des échantillons de végétaux (phanérogames immergées) collectés dans l’environnement aquatique du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique annuel de 2013 à 2022.....	59
Tableau 19 – Activités massiques et volumiques en radionucléides des échantillons de poissons collectés dans l’environnement aquatique du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique annuel de 2013 à 2022.....	60
Tableau 20 - Teneur en matière organique et caractéristiques granulométriques des échantillons de sédiments récoltés dans l’environnement aquatique du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique en 2022. ....	61
Tableau 21 – Activités en radionucléides émetteurs $\gamma$ d’origine naturelle mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement aquatique du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique 2022 .....	62
Tableau 22 – Activités en radionucléides émetteurs $\gamma$ d’origine artificielle mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement aquatique du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique 2022 .....	63
Tableau 23 – Activités en tritium libre mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement aquatique du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique 2022 .....	64
Tableau 24 – Activités en tritium organiquement lié (TOL) mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement aquatique du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique 2022.....	64
Tableau 25 – Activités en $^{14}\text{C}$ mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement aquatique du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique 2022.....	65
Tableau 26 – Activités en $^{63}\text{Ni}$ mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement aquatique du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique 2022.....	66
Tableau 27 – Activités en $^{55}\text{Fe}$ mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement aquatique du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique 2022.....	66
Tableau 28 – Identification des échantillons analysés dans l’environnement terrestre du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique de 2022 .....	71
Tableau 29 – Identification des échantillons analysés dans l’environnement aquatique du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique de 2022 .....	80
Tableau 30 – Activités en radionucléides des échantillons de sols collectés dans l’environnement terrestre du site du Bugey lors du suivi radioécologique annuel de 2013 à 2022.....	89
Tableau 31 – Activités en radionucléides émetteurs $\gamma$ des échantillons de mousses collectés dans l’environnement terrestre du site du Bugey lors du suivi radioécologique annuel de 2013 à 2022 .....	90
Tableau 32 – Activités en radionucléides des échantillons d’herbe collectés dans l’environnement terrestre du site du Bugey lors du suivi radioécologique annuel de 2013 à 2022.....	91



Tableau 33 – Activités en radionucléides émetteurs $\gamma$ et $\beta$ des échantillons de salade collectés dans l’environnement terrestre du site du Bugey lors du suivi radioécologique annuel de 2013 à 2022 .....	92
Tableau 34 – Activités en radionucléides émetteurs $\gamma$ et $\beta$ des échantillons de maïs collectés dans l’environnement terrestre du site du Bugey lors des études radioécologiques entre 2015 et 2022 .....	93
Tableau 35 – Activités en radionucléides émetteurs $\gamma$ et $\beta$ des échantillons de lait collectés dans l’environnement terrestre du site du Bugey lors des études radioécologiques de 2013 à 2022.....	94
Tableau 36 – Activités en radionucléides des échantillons d’eau (boisson, irrigation et cours d’eau) collectés dans l’environnement du site du Bugey lors des études radioécologiques de 2013 à 2022.....	95
Tableau 37 – Activités en radionucléides émetteurs $\gamma$ des échantillons de sédiments collectés dans l’environnement aquatique du site du Bugey lors des études radioécologiques de 2013 à 2022 .....	96
Tableau 38 – Activités en radionucléides émetteurs $\gamma$ et $\beta$ des échantillons de mousses collectés dans l’environnement aquatique du site du Bugey lors des études radioécologiques de 2013 à 2022 .....	97
Tableau 39 – Activités en radionucléides émetteurs $\gamma$ et $\beta$ des échantillons de phanérogames immergées collectés dans l’environnement aquatique du site du Bugey lors des études radioécologiques de 2013 à 2022.....	98
Tableau 40 – Activités en radionucléides émetteurs $\gamma$ et $\beta$ des échantillons de poissons (muscles) collectés dans l’environnement aquatique du site du Bugey lors des études radioécologiques de 2013 à 2022.....	99
Tableau 41 - Teneur en matière organique et caractéristiques granulométriques des échantillons de sols récoltés dans l’environnement terrestre du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique en 2022. ....	100
Tableau 42 – Activités en radionucléides émetteurs $\gamma$ d’origine naturelle mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement terrestre du site du Bugey lors du suivi radioécologique 2022...	101
Tableau 43 – Activités en radionucléides émetteurs $\gamma$ d’origine artificielle mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement terrestre du site du Bugey lors du suivi radioécologique 2022...	102
Tableau 44 – Activités en tritium libre mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement terrestre du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2022 .....	103
Tableau 45 – Activités en tritium organiquement lié (TOL) mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement terrestre du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2022 .....	104
Tableau 46 – Activités en $^{14}\text{C}$ mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement terrestre du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2022.....	105
Tableau 47 – Activités en $^{90}\text{Sr}$ mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement terrestre du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2022.....	106
Tableau 48 – Activités en radionucléides émetteurs $\alpha$ mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement terrestre du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2022 .....	107
Tableau 49 - Teneur en matière organique et caractéristiques granulométriques des échantillons de sédiments récoltés dans l’environnement aquatique du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique en 2022. ....	108

Tableau 50 – Activités en radionucléides émetteurs $\gamma$ d'origine naturelle mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2022 .....	109
Tableau 51 – Activités en radionucléides émetteurs $\gamma$ d'origine artificielle mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2022 .....	110
Tableau 52 – Activités en tritium libre mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2022 .....	111
Tableau 53 – Activités en tritium organiquement lié (TOL) mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2022 .....	112
Tableau 54 – Activités en $^{14}\text{C}$ mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2022.....	113
Tableau 55 – Activités en $^{63}\text{Ni}$ mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2022.....	114
Tableau 56 – Activités en $^{55}\text{Fe}$ mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2022.....	114
Tableau 57 – Identification des échantillons analysés dans l'environnement terrestre du CNPE lors du suivi radioécologique 2022 .....	118
Tableau 58 – Identification des échantillons analysés dans l'environnement aquatique du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil lors du suivi radioécologique de 2022 .....	124
Tableau 59 – Activités en radionucléides émetteurs $\gamma$ des échantillons de sols collectés dans l'environnement terrestre du site de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil lors des études radioécologiques de 2013 à 2022 .....	132
Tableau 60 – Activités en radionucléides émetteurs $\gamma$ des échantillons de mousses collectés dans l'environnement terrestre du site de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil lors des études radioécologiques de 2013 à 2022 .....	133
Tableau 61 – Activités en radionucléides émetteurs $\beta$ des échantillons de lierre collectés dans l'environnement terrestre du site de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil lors des études radioécologiques de 2015 à 2022 .....	134
Tableau 62 – Activités en radionucléides émetteurs $\gamma$ et $\beta$ des échantillons de salades collectés dans l'environnement terrestre du site de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil lors des études radioécologiques de 2013 à 2022 .....	135
Tableau 63 – Activités en radionucléides émetteurs $\gamma$ et $\beta$ des échantillons de lait collectés dans l'environnement terrestre du site de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil lors des études radioécologiques de 2013 à 2022 .....	136
Tableau 64 – Activités en radionucléides émetteurs $\beta$ des échantillons d'eau (boisson, irrigation et cours d'eau) collectés dans l'environnement du site de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil lors des études radioécologiques de 2013 à 2022 .....	137
Tableau 65 – Activités en radionucléides émetteurs $\gamma$ des échantillons de sédiments collectés dans l'environnement aquatique du site de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil lors des études radioécologiques de 2013 à 2022 .....	138
Tableau 66 – Activités en radionucléides émetteurs $\gamma$ et $\beta$ des échantillons de mousses collectés dans l'environnement aquatique du site de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil lors des études radioécologiques de 2013 à 2022 .....	140

Tableau 67 – Activités en radionucléides émetteurs $\gamma$ et $\beta$ des échantillons de végétaux (phanérogames immergées) collectés dans l’environnement aquatique du site de Saint-Alban-Saint-Maurice-l’Exil lors des études radioécologiques de 2013 à 2022 .....	142
Tableau 68 – Activités en radionucléides émetteurs $\gamma$ et $\beta$ des échantillons de poissons (muscles) collectés dans l’environnement aquatique du site de Saint-Alban-Saint-Maurice-l’Exil lors des études radioécologiques de 2013 à 2022 .....	144
Tableau 69 - Teneur en matière organique et caractéristiques granulométriques de l’échantillon des sols récoltés dans l’environnement aquatique du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l’Exil lors du suivi radioécologique en 2022. ....	145
Tableau 70 – Activités en radionucléides émetteurs $\gamma$ d’origine naturelle mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement terrestre du site de Saint-Alban-Saint-Maurice-l’Exil lors du suivi radioécologique 2022 .....	146
Tableau 71 – Activités en radionucléides émetteurs $\gamma$ d’origine artificielle mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement terrestre du site de Saint-Alban-Saint-Maurice-l’Exil lors du suivi radioécologique 2022 .....	147
Tableau 72 – Activités en tritium libre mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement terrestre du site de Saint-Alban-Saint-Maurice-l’Exil lors du suivi radioécologique 2022 .....	148
Tableau 73 – Activités en tritium organiquement lié (TOL) mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement terrestre du site de Saint-Alban-Saint-Maurice-l’Exil lors du suivi radioécologique 2022 .....	149
Tableau 74 – Activités en $^{14}\text{C}$ mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement terrestre du site de Saint-Alban-Saint-Maurice-l’Exil lors du suivi radioécologique 2022.....	150
Tableau 75 - Teneur en matière organique et caractéristiques granulométriques des échantillons de sédiments récoltés dans l’environnement aquatique du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l’Exil lors du suivi radioécologique en 2022.....	151
Tableau 76 – Activités en radionucléides émetteurs $\gamma$ d’origine naturelle mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement aquatique du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l’Exil lors du suivi radioécologique 2022 .....	152
Tableau 77 – Activités en radionucléides émetteurs $\gamma$ d’origine artificielle mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement aquatique du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l’Exil lors du suivi radioécologique 2022 .....	153
Tableau 78 – Activités en tritium libre mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement aquatique du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l’Exil lors du suivi radioécologique 2022 .....	154
Tableau 79 – Activités en tritium organiquement lié (TOL) mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement aquatique du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l’Exil lors du suivi radioécologique 2022 .....	155
Tableau 80 – Activités en $^{14}\text{C}$ mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement aquatique du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l’Exil lors du suivi radioécologique 2022.....	156
Tableau 81 – Activités en $^{63}\text{Ni}$ mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement aquatique du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l’Exil lors du suivi radioécologique 2022.....	157
Tableau 82 – Activités en $^{55}\text{Fe}$ mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement aquatique du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l’Exil lors du suivi radioécologique 2022.....	157
Tableau 83 – Identification des échantillons prélevés dans l’environnement terrestre du CNPE de Cruas-Meysses lors du suivi radioécologique de 2022 .....	161

Tableau 84 – Identification des échantillons prélevés dans l’environnement aquatique du CNPE de Cruas-Meyssse lors du suivi radioécologique de 2022 .....	168
Tableau 85 – Activités en radionucléides émetteurs $\gamma$ des échantillons de sols collectés dans l’environnement terrestre du site de Cruas-Meyssse lors des études radioécologiques de 2013 à 2022.....	175
Tableau 86 – Activités en radionucléides émetteurs $\gamma$ des échantillons de mousses collectés dans l’environnement terrestre du site de Cruas-Meyssse lors des études radioécologiques de 2013 à 2022.....	176
Tableau 87 – Activités en radionucléides émetteurs $\gamma$ et $\beta$ des échantillons de salades collectés dans l’environnement terrestre du site de Cruas-Meyssse lors des études radioécologiques de 2013 à 2022.....	177
Tableau 88 – Activités en radionucléides émetteurs $\gamma$ et $\beta$ des échantillons d’herbe collectés dans l’environnement terrestre du site de Cruas-Meyssse lors des études radioécologiques de 2013 à 2022.....	178
Tableau 89 – Activités en radionucléides émetteurs $\gamma$ et $\beta$ des échantillons de lait collectés dans l’environnement terrestre du site de Cruas-Meyssse lors des études radioécologiques de 2013 à 2022.....	179
Tableau 90 – Activités en radionucléides émetteurs $\gamma$ et $\beta$ des échantillons d’eau (boisson, irrigation, cours d’eau) collectés dans l’environnement du site de Cruas-Meyssse lors des études radioécologiques de 2013 à 2022 .....	180
Tableau 91 – Activités en radionucléides émetteurs $\gamma$ des échantillons de sédiments collectés dans l’environnement aquatique du site de Cruas-Meyssse lors des études radioécologiques de 2013 à 2022.....	181
Tableau 92 – Activités en radionucléides émetteurs $\gamma$ et $\beta$ des échantillons de végétaux (phanérogames immergées) collectés dans l’environnement aquatique du site de Cruas-Meyssse lors des études radioécologiques de 2013 à 2022 .....	182
Tableau 93 – Activités en radionucléides émetteurs $\gamma$ et $\beta$ des échantillons de poissons (muscles) pêchés dans l’environnement aquatique du site de Cruas-Meyssse lors des études radioécologiques de 2013 à 2022.....	183
Tableau 94 - Teneur en matière organique et caractéristiques granulométriques de l’échantillon des sols récoltés dans l’environnement aquatique du CNPE de Cruas-Meyssse lors du suivi radioécologique en 2022. ....	184
Tableau 95 – Activités en radionucléides émetteurs $\gamma$ d’origine naturelle mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement terrestre du site de Cruas-Meyssse lors du suivi radioécologique 2022 .....	185
Tableau 96 – Activités en radionucléides émetteurs $\gamma$ d’origine artificielle mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement terrestre du site de Cruas-Meyssse lors du suivi radioécologique 2022 .....	186
Tableau 97 – Activités en tritium libre mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement terrestre du site de Cruas-Meyssse lors du suivi radioécologique 2022.....	187
Tableau 98 – Activités en tritium organiquement lié (TOL) mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement terrestre du site de Cruas-Meyssse lors du suivi radioécologique 2022.....	188
Tableau 99 – Activités en $^{14}\text{C}$ mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement terrestre du site de Cruas-Meyssse lors du suivi radioécologique 2022 .....	189

Tableau 100 - Teneur en matière organique et caractéristiques granulométriques des échantillons de sédiments récoltés dans l'environnement aquatique du CNPE de Cruas-Meyssse lors du suivi radioécologique en 2022. ....	190
Tableau 101 – Activités en radionucléides émetteurs $\gamma$ d'origine naturelle mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE de Cruas-Meyssse lors du suivi radioécologique 2022 .....	191
Tableau 102 – Activités en radionucléides émetteurs $\gamma$ d'origine artificielle mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE de Cruas-Meyssse lors du suivi radioécologique 2022 .....	192
Tableau 103 – Activités en tritium libre mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE de Cruas-Meyssse lors du suivi radioécologique 2022.....	193
Tableau 104 – Activités en tritium lié (TOL) mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE de Cruas-Meyssse lors du suivi radioécologique 2022.....	194
Tableau 105 – Activités en $^{14}\text{C}$ mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE de Cruas-Meyssse lors du suivi radioécologique 2022 .....	195
Tableau 106 – Activités en $^{63}\text{Ni}$ mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE de Cruas-Meyssse lors du suivi radioécologique 2022 .....	196
Tableau 107 – Activités en $^{55}\text{Fe}$ mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE de Cruas-Meyssse lors du suivi radioécologique 2022 .....	196
Tableau 108 – Identification des échantillons prélevés dans l'environnement terrestre du CNPE du Tricastin lors du suivi radioécologique de 2022 .....	201
Tableau 109 – Identification des échantillons prélevés dans l'environnement aquatique du CNPE du Tricastin lors du suivi radioécologique de 2022.....	211
Tableau 110 – Activités en radionucléides émetteurs $\gamma$ des échantillons de sols collectés dans l'environnement terrestre du site du Tricastin lors des études radioécologiques de 2013 à 2022 .....	220
Tableau 111 – Activités en radionucléides émetteurs $\gamma$ des échantillons de mousses collectés dans l'environnement terrestre du site du Tricastin lors des études radioécologiques de 2013 à 2022 .....	221
Tableau 112 – Activités en radionucléides émetteurs $\gamma$ et $\beta$ des échantillons de salades collectés dans l'environnement terrestre du site du Tricastin lors des études radioécologiques de 2013 à 2022 .....	222
Tableau 113 – Activités en radionucléides émetteurs $\gamma$ et $\beta$ des échantillons d'herbe collectés dans l'environnement terrestre du site du Tricastin lors des études radioécologiques de 2013 à 2022 .....	223
Tableau 114 – Activités en radionucléides émetteurs $\gamma$ et $\beta$ des échantillons de lait collectés dans l'environnement terrestre du site du Tricastin lors des études radioécologiques de 2013 à 2022 .....	224
Tableau 115 – Activités en radionucléides émetteurs $\gamma$ et $\beta$ des échantillons d'eau (boisson, irrigation et cours d'eau) collectés dans l'environnement du site du Tricastin lors des études radioécologiques de 2013 à 2022 .....	225
Tableau 116 – Activités en radionucléides émetteurs $\gamma$ des échantillons de sédiments collectés dans l'environnement aquatique du site du Tricastin lors des études radioécologiques de 2013 à 2022 .....	226

Tableau 117 – Activités en radionucléides émetteurs $\gamma$ des échantillons de mousse collectés dans l’environnement aquatique du site du Tricastin lors des études radioécologiques de 2013 à 2022 .....	227
Tableau 118 – Activités en radionucléides émetteurs $\gamma$ et $\beta$ des échantillons de végétaux (phanérogames immergées) collectés dans l’environnement aquatique du site du Tricastin lors des études radioécologiques de 2013 à 2022 .....	228
Tableau 119 – Activités en radionucléides émetteurs $\gamma$ et $\beta$ des échantillons de poissons (muscles) pêchés dans l’environnement aquatique du site du Tricastin lors des études radioécologiques de 2013 à 2022.....	229
Tableau 120 - Teneur en matière organique et caractéristiques granulométriques de l’échantillon des sols récoltés dans l’environnement terrestre du CNPE du Tricastin lors du suivi radioécologique en 2022. ....	230
Tableau 121 – Activités en radionucléides émetteurs $\gamma$ d’origine naturelle mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement terrestre du site du Tricastin lors du suivi radioécologique 2022 .....	233
Tableau 122 – Activités en radionucléides émetteurs $\gamma$ d’origine artificielle mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement terrestre du site du Tricastin lors du suivi radioécologique 2022 .....	236
Tableau 123 – Activités en tritium libre mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement terrestre du site du Tricastin lors du suivi radioécologique 2022 .....	238
Tableau 124 – Activités en tritium organiquement lié (TOL) mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement terrestre du site du Tricastin lors du suivi radioécologique 2022.....	239
Tableau 125 – Activités en $^{14}\text{C}$ mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement terrestre du site du Tricastin lors du suivi radioécologique 2022.....	240
Tableau 126 - Teneur en matière organique et caractéristiques granulométriques des échantillons de sédiments récoltés dans l’environnement aquatique du CNPE du Tricastin lors du suivi radioécologique en 2022. ....	241
Tableau 127 – Activités en radionucléides émetteurs $\gamma$ d’origine naturelle mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement aquatique du CNPE du Tricastin lors du suivi radioécologique 2022 .....	242
Tableau 128 – Activités en radionucléides émetteurs $\gamma$ d’origine artificielle mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement aquatique du CNPE du Tricastin lors du suivi radioécologique 2022 .....	244
Tableau 129 – Activités en tritium libre mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement aquatique du CNPE du Tricastin lors du suivi radioécologique 2022 .....	246
Tableau 130 – Activités en tritium lié (TOL) mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement aquatique du CNPE du Tricastin lors du suivi radioécologique 2022 .....	247
Tableau 131 – Activités en $^{14}\text{C}$ mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement aquatique du CNPE du Tricastin lors du suivi radioécologique 2022.....	248
Tableau 132 – Activités en $^{63}\text{Ni}$ mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement aquatique du CNPE du Tricastin lors du suivi radioécologique 2022.....	249
Tableau 133 – Activités en $^{55}\text{Fe}$ mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement aquatique du CNPE du Tricastin lors du suivi radioécologique 2022.....	249



## 0 OBJECTIFS

Électricité de France (EDF) a sollicité l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN) pour effectuer un bilan radioécologique annuel de l'environnement proche des Centres Nucléaires de Production d'Électricité (CNPE) du Rhône et du site en démantèlement de Creys-Malville.

L'objectif de cette étude est de caractériser, chaque année, les niveaux de radioactivité dans l'environnement proche des CNPE du Rhône (Bugey, Saint-Alban, Cruas et Tricastin) et du site en démantèlement de Creys-Malville dans un grand nombre de matrices des compartiments terrestre et aquatique et pour un large spectre de radionucléides. Il s'agit d'identifier les différentes sources, passées ou présentes, à l'origine de la présence de ces radionucléides observés dans l'environnement et d'analyser l'évolution de leurs niveaux d'activité dans les matrices au cours de la dernière décennie.

## 1 MÉTHODOLOGIE DU SUIVI RADIOÉCOLOGIQUE DE L'ENVIRONNEMENT PROCHE DES CENTRES NUCLÉAIRES DE PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ FRANÇAIS

La stratégie de prélèvements et d'analyses est commune à l'ensemble des sites. Des contraintes supplémentaires peuvent localement modifier la position, le nombre ou les analyses réalisées. Le choix des stations et de la nature des prélèvements permet la comparaison des résultats avec ceux des études antérieures. Les stations de prélèvement ont été définies en fonction du régime éolien local en milieu terrestre et en fonction de l'hydrodynamisme local en milieu aquatique (Annexe 1).

Les matrices échantillonnées sont les plus abondantes localement et/ou caractéristiques de l'économie locale (Annexe 2 et Annexe 5). Elles correspondent également, pour la plupart, aux espèces prélevées lors de la dernière décennie. Les matrices prélevées tiennent également compte de la réglementation applicable à chaque CNPE.

L'ensemble des analyses sont réalisées à fréquence annuelle, ainsi qu'à fréquence trimestrielle pour le  $^{14}\text{C}$  mesuré dans les végétaux terrestres (Annexe 3), voire quinquennale pour quelques techniques plus pointues. Dans la plupart des matrices collectées, une analyse gamma, une analyse de tritium organiquement lié voire de tritium libre et une analyse de  $^{14}\text{C}$  sont réalisées (Annexe 4, Annexe 7, Annexe 8 et Annexe 10). Dans certaines matrices, des analyses supplémentaires peuvent être réalisées (Annexe 4). L'analyse des émetteurs gamma d'origine naturelle permet de caractériser les échantillons prélevés, de vérifier la qualité des prélèvements et des analyses. Les méthodes de prélèvement, de préparation et d'analyses des échantillons mises en œuvre aux fins de la présente étude sont détaillées en annexes (Annexe 5 à Annexe 7).

## 2 ORIGINE DE LA RADIOACTIVITÉ DANS L'ENVIRONNEMENT DES CNPE DU RHÔNE ET DU SITE EN DÉMANTÈLEMENT DE CREYS-MALVILLE

La présence de radionucléides artificiels dans les milieux terrestre et aquatique autour des CNPE du Rhône et du site en démantèlement de Creys-Malville résulte des retombées atmosphériques globales liées aux essais nucléaires aériens dans l'atmosphère, des rentrées atmosphériques de satellites artificiels, des utilisations médicales de sources radioactives, des peintures luminescentes utilisées dans l'industrie horlogère, des rejets d'effluents des installations nucléaires (Figure 1 page 20) ainsi que des retombées atmosphériques des accidents de Tchernobyl et de Fukushima Daiichi.



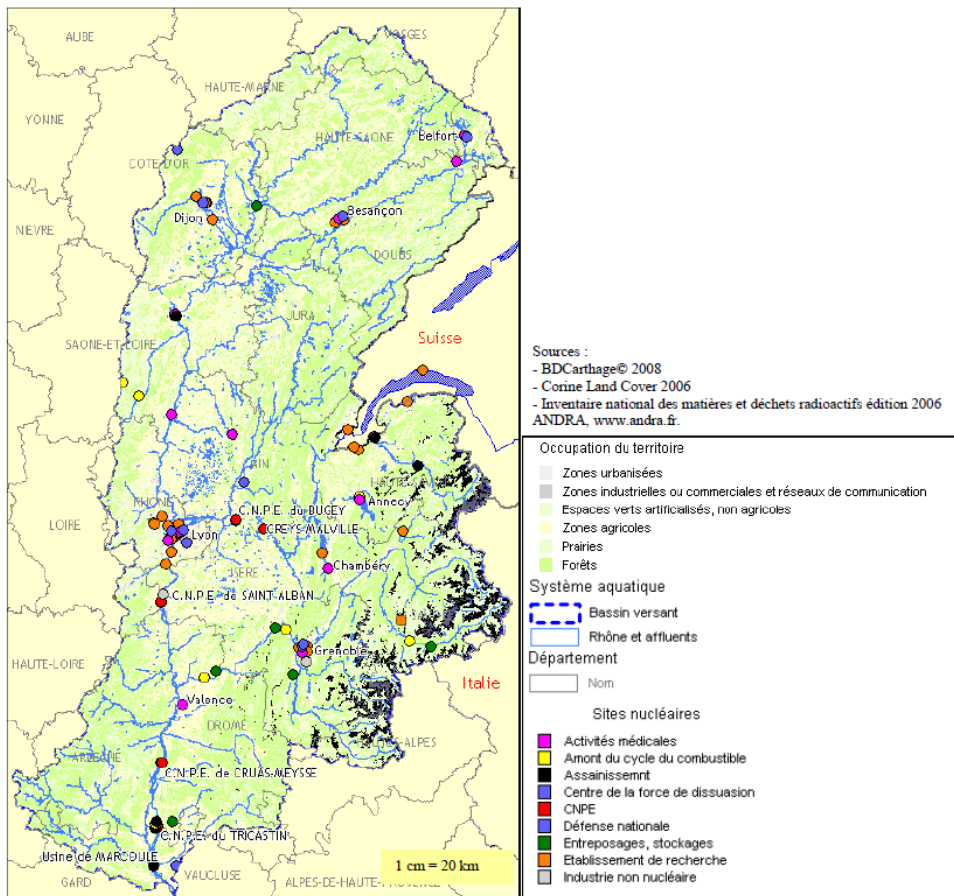


Figure 1 – Localisation des sites détenant des radionucléides dans le bassin versant du Rhône

## 2.1 Radionucléides d’origine naturelle

Le bruit de fond radiologique naturel a deux origines : les radionucléides telluriques présents depuis la formation de l’univers et le rayonnement cosmique qui produit, de manière permanente, des radionucléides dits cosmogéniques.

### 2.1.1 Origine tellurique

Les radionucléides d’origine tellurique sont principalement le  $^{40}\text{K}$  et les produits des chaînes de désintégration de l’ $^{238}\text{U}$ , de l’ $^{235}\text{U}$  et du  $^{232}\text{Th}$ . Présents dans l’écorce terrestre, ces radionucléides sont persistants dans les divers compartiments de l’environnement du fait de leur période radioactive de l’ordre de plusieurs milliards d’années. Leurs niveaux d’activité usuels sont indiqués dans le bilan de l’état radiologique de l’environnement français [1].

### 2.1.2 Origine cosmogénique et comportement du tritium et du $^{14}\text{C}$

Le rayonnement cosmique en provenance du soleil et de l’espace interagit avec la haute atmosphère terrestre et engendre en permanence la production de radionucléides cosmogéniques, comme le tritium ( $^3\text{H}$ ), le  $^{14}\text{C}$ ,  $^7\text{Be}$  et le  $^{22}\text{Na}$ . Leurs niveaux d’activité usuels sont indiqués dans le bilan de l’état radiologique de l’environnement français [1].

Le  $^3\text{H}$  et le  $^{14}\text{C}$  ont également une origine anthropique, qui sera traité plus en détail dans le paragraphe 2.2.

En tant qu'isotope de l'hydrogène, le  $^3\text{H}$  (période radioactive : 12,312 ans [2]) est intimement lié au cycle de cet élément dans l'environnement. Il peut être présent dans toutes les molécules hydrogénées, être associé aussi bien à l'eau tissulaire qu'à la matière organique des végétaux et des animaux. Sous la forme d'eau tritiée (HTO et TED après déshydratation de la matière organique), ce radionucléide est extrêmement mobile dans l'environnement et dans tous les systèmes biologiques et, de ce fait rapidement intégré dans de nombreux cycles de la géosphère et de la biosphère. En situation d'équilibre, il ne s'accumule pas dans tel ou tel composant environnemental ou biologique. Ainsi, les activités en tritium métabolisé dans la matière organique (tritium organiquement lié, TOL) sont généralement à l'équilibre avec les activités en HTO [3, 4]. Avant l'ère nucléaire, les valeurs en  $^3\text{H}$  atmosphérique étaient de l'ordre de 0,1 à 0,6 Bq.L<sup>-1</sup>.

S'agissant du  $^{14}\text{C}$  (période radioactive : 5 700 ans [2]), en milieu terrestre, les observations permettent de montrer que l'activité spécifique, exprimée en becquerels de  $^{14}\text{C}$  par kilogramme de carbone total (Bq.kg<sup>-1</sup> C), est en équilibre dans les composantes de l'environnement, notamment avec celle du CO<sub>2</sub> atmosphérique. Contrairement au milieu terrestre, le  $^{14}\text{C}$  des écosystèmes d'eau douce n'est pas en équilibre avec le CO<sub>2</sub> atmosphérique du fait de sa dilution notamment par les carbonates des roches sédimentaires anciennes dépourvues de  $^{14}\text{C}$ . L'activité spécifique hors influence industrielle locale peut donc être plus faible et variable en fonction de la teneur en carbonates anciens, entre 200 et 220 Bq.kg<sup>-1</sup> C [1].

## 2.2 Radionucléides d'origine artificielle

### 2.2.1 Retombées des essais nucléaires aériens et des chutes de satellites

Entre 1945 et 1980, les États-Unis d'Amérique, l'Union Soviétique, la France, la Grande-Bretagne et la Chine ont procédé à plus de 500 essais nucléaires aériens, l'essentiel de la puissance ayant été libéré entre 1954 et 1958, puis en 1961 et 1962. Les particules radioactives libérées dans la troposphère et la stratosphère au cours de ces essais sont retombées sur l'ensemble du globe, mais en raison de la localisation des sites d'essais, l'hémisphère nord a reçu la majorité des retombées radioactives issues de ces essais. En France métropolitaine, les retombées de ces essais ont été globalement homogènes et constituent la principale source de radioactivité artificielle dans l'environnement.

En termes d'activité, les dépôts les plus importants concernent les radionucléides à vie courte. Ainsi, en France, les dépôts de  $^{131}\text{I}$ , de  $^{95}\text{Zr}$ , de  $^{144}\text{Ce/Pr}$  et de  $^{106}\text{Ru/Rh}$  (périodes radioactives respectives de 8,0233, 64,032, 285,0 et 371,5 jours [2]), aujourd'hui disparus, ont été 10 fois plus importants que les dépôts de radionucléides à vie moyenne ( $^{90}\text{Sr}$  et  $^{137}\text{Cs}$ , de 28,80 et 30,05 ans de périodes radioactives respectives [2]). Les dépôts de radionucléides à vie longue ( $^{241}\text{Am}$ <sup>1</sup>,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{240}\text{Pu}$  et  $^{239}\text{Pu}$ , de 432,6, 5 700, 6 561 et 24 100 ans de périodes respectives [2]) ont été comparativement très faibles [5]. Le  $^{137}\text{Cs}$ , le  $^{90}\text{Sr}$ , le  $^{238}\text{Pu}$ , le  $^{239, 240}\text{Pu}$  et l' $^{241}\text{Am}$  sont encore détectés aujourd'hui dans de nombreux compartiments. Leurs faibles décroissances radioactives et, pour certains, leurs faibles mobilités dans les sols entretiennent un marquage ne diminuant que lentement depuis le milieu des années 1960 [5]. Dans une moindre mesure, la désintégration de onze satellites artificiels lors de leur entrée dans l'atmosphère, entre 1964 et 1996, a provoqué la dispersion dans l'atmosphère terrestre de  $^{238}\text{Pu}$ , de  $^{235}\text{U}$  et de leurs produits de fission, puis leurs retombées sur l'ensemble de la planète. Pour ces radionucléides, l'activité rémanente des retombées anciennes constitue, dans le cadre de la présente étude, un bruit de fond radiologique dont les valeurs sont présentées dans le bilan de l'état radiologique de l'environnement français [1] et plus brièvement ci-dessous. En 2018, sur la majeure partie de la France, les activités rémanentes en  $^{137}\text{Cs}$  des retombées des essais aériens étaient comprises entre 1 400 et 2 000 Bq.m<sup>-2</sup>, compte tenu de la seule décroissance radioactive du  $^{137}\text{Cs}$ . Elles ont été augmentées par les retombées de l'accident de Tchernobyl (voir

<sup>1</sup> L' $^{241}\text{Am}$  n'a pas été produit directement lors des essais mais par la décroissance du  $^{241}\text{Pu}$  (T=14,4 ans).

paragraphe suivant). En comparaison, celles de l'accident de Fukushima-Daiichi sont beaucoup plus faibles (voir paragraphe 2.2.3).

Le  $^3\text{H}$  a été massivement émis lors des essais nucléaires aériens. De plus de 500 Bq.L<sup>-1</sup> dans les eaux de pluie analysées à Thonon-les-Bains ou à Vienne dans les années 1960, l'activité volumique a décliné à moins de 10 Bq.L<sup>-1</sup> dès la fin des années 1970. Depuis la fin des années 1990, elle est inférieure à 2 Bq.L<sup>-1</sup> [6, 7, 8, 9] (Figure 2 page 22).

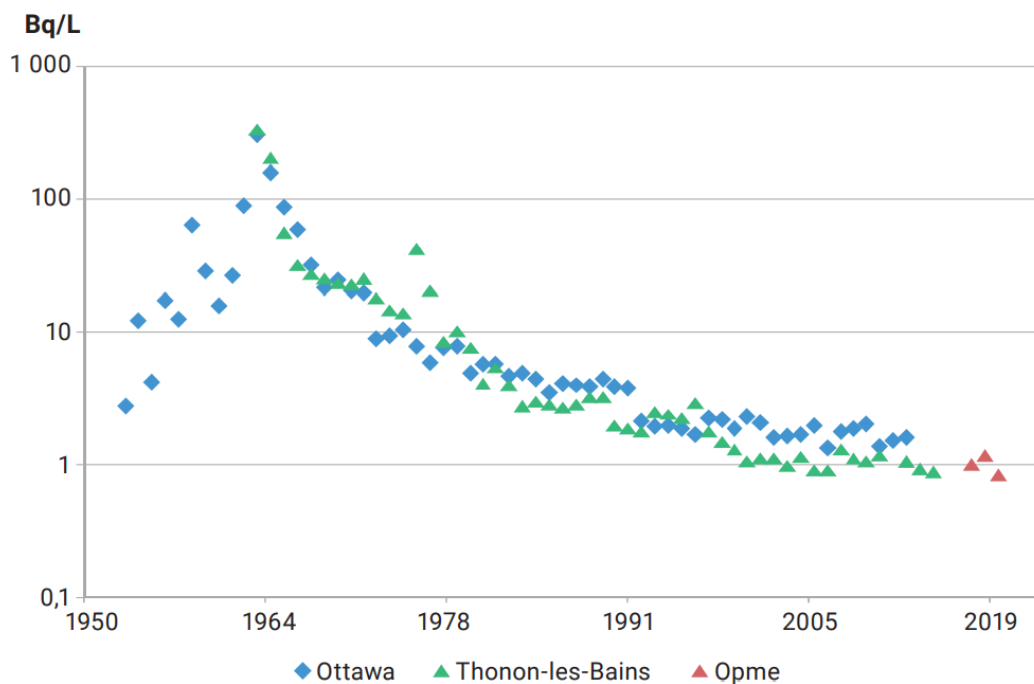


Figure 2 - Activités de  $^3\text{H}$  dans l'eau de pluie d'après [1].

Les valeurs acquises pour les eaux des cours d'eau français en dehors des zones d'influence des rejets industriels (tête de bassin versant ou hydro-systèmes non nucléarisés) sur la même période ne présentent pas de différence significative par rapport aux niveaux observés dans les eaux de pluie ( $1,4 \pm 0,4$  Bq.L<sup>-1</sup>) [10]. Le tritium produit lors des essais aériens est quantifiable aujourd'hui sous les formes libres (HTO directement dans l'eau et TED par collecte de l'eau de dessiccation, exprimés respectivement en Bq.L<sup>-1</sup> et en Bq.L<sup>-1</sup> d'eau de dessiccation, abrégé en Bq.L<sup>-1</sup> ED) et liée à la matière organique (TOL, exprimé en Bq.L<sup>-1</sup> d'eau de combustion, abrégé en Bq.L<sup>-1</sup> EC). Hors influence industrielle locale, les formes libres (HTO et TED) sont à l'équilibre avec les niveaux atmosphériques actuels. Le bruit de fond radiologique du tritium libre et du tritium organiquement lié en milieu terrestre hors influence d'un rejet est de l'ordre de 1,0 Bq.L<sup>-1</sup> en France métropolitaine (dans une gamme allant de 0,34 à 1,7 Bq.L<sup>-1</sup> pour le TOL, et de 0,5 à 2 Bq.L<sup>-1</sup> pour l'HTO et le TED d'après [1]) pour les matrices annuelles, proche des activités en tritium libre de la vapeur d'eau atmosphérique.

Les essais nucléaires aériens ont également conduit à l'époque à doubler les quantités de  $^{14}\text{C}$  présent dans l'atmosphère. L'activité spécifique atmosphérique en  $^{14}\text{C}$  a atteint plus de 400 Bq.kg<sup>-1</sup> C avant de décroître suite à l'arrêt des essais atmosphériques ainsi qu'à l'augmentation des rejets de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère liée à l'utilisation grandissante de combustibles fossiles, dépourvus de  $^{14}\text{C}$  [11]. En 1999, l'activité spécifique dans le milieu terrestre s'élevait à  $255 \pm 7$  Bq.kg<sup>-1</sup> C [12]. En 2022, elle est proche de  $222 \pm 7$  Bq.kg<sup>-1</sup> C, de l'ordre de grandeur de l'activité spécifique atmosphérique antérieure aux premiers essais aériens ( $226,0 \pm 1,1$  Bq.kg<sup>-1</sup> C) [1] (Figure 3 page 23).

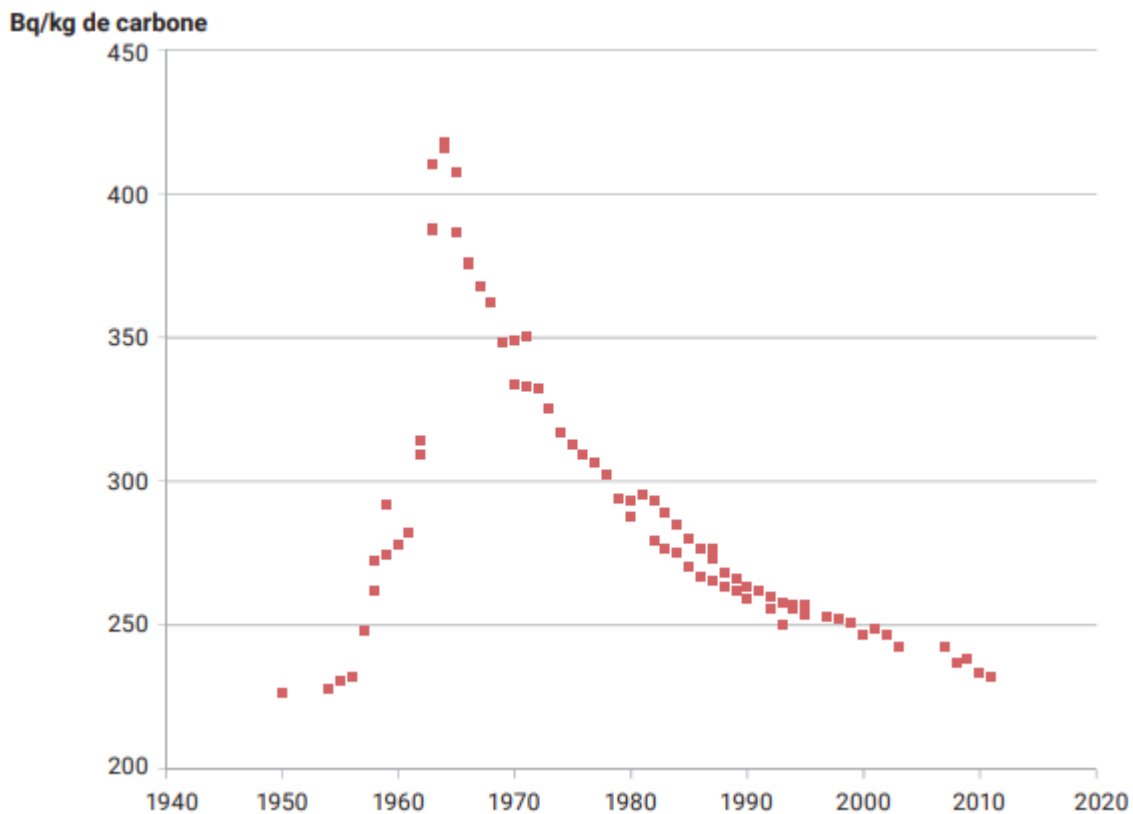


Figure 3 – Évolution de l'activité spécifique du  $^{14}\text{C}$  dans l'hémisphère nord depuis 1950 (tirée de [1]).

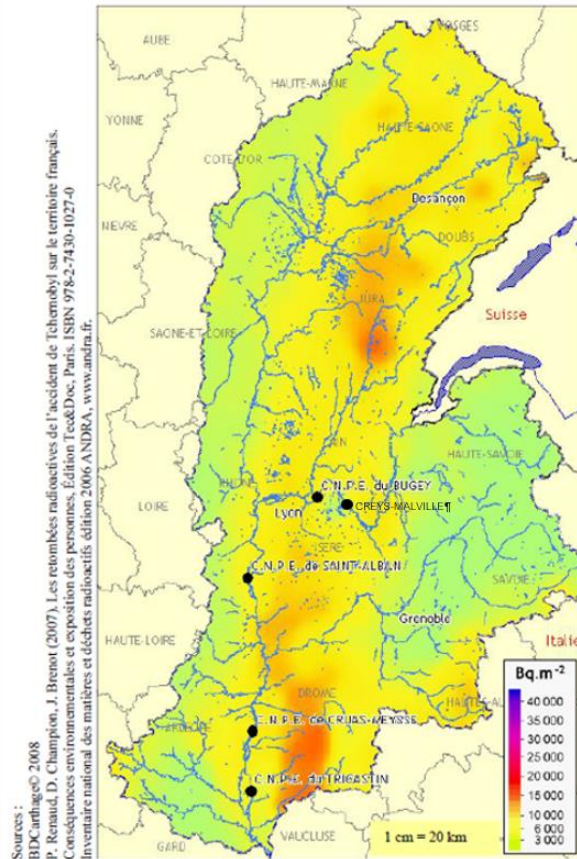
Le  $^{14}\text{C}$  des écosystèmes d'eau douce n'est pas en équilibre avec le  $\text{CO}_2$  atmosphérique du fait de sa dilution notamment par les carbonates des roches sédimentaires anciennes dépourvues de  $^{14}\text{C}$ . L'activité spécifique hors influence industrielle peut donc être plus faible et variable en fonction de la teneur en carbonates anciens, entre 200 et 220  $\text{Bq.kg}^{-1}\text{C}$  [1].

De nos jours, les apports industriels en  $^3\text{H}$  et  $^{14}\text{C}$ , notamment ceux liés aux CNPE, peuvent être identifiés, dans le milieu terrestre, par des activités mesurées un peu plus élevées dans des feuilles d'arbre et de lierre à proximité du CNPE ou dans l'herbe prélevée à la station AS1 et, dans le milieu aquatique, par des activités mesurées plus élevées dans les végétaux aquatiques et les poissons prélevés à l'aval du CNPE, comparativement à l'amont.

### 2.2.2 Retombées de l'accident de Tchernobyl

Le 26 avril 1986, le réacteur n°4 de la centrale de Tchernobyl (Ukraine), en service depuis 3 ans, explose accidentellement lors de la réalisation d'un essai technique. L'énergie libérée par l'explosion entraîne l'émission dans l'atmosphère de produits de fission et d'activation jusqu'à plus de 1 200 mètres de hauteur. Pendant dix jours, près de  $10^7$  TBq sont libérés dans l'environnement, la majorité des radionucléides émis ayant une période radioactive inférieure à un mois. Jusqu'à la mi-mai 1986, la dispersion du panache radioactif dissémine divers radionucléides sur la plupart des pays d'Europe. La dispersion du panache radioactif s'accompagne d'une dilution de l'activité volumique des radionucléides artificiels au sein de celui-ci. Ainsi, l'activité mesurée au sein du panache au voisinage du réacteur accidenté, de l'ordre de  $10^7$   $\text{Bq/m}^3$ , n'était plus que de quelques dizaines de  $\text{Bq/m}^3$  lorsque le panache a atteint la France métropolitaine durant la première semaine de mai 1986. Les événements pluvieux concomitants ont favorisé le dépôt des particules. Dix-neuf radionucléides ont été détectés dans les retombées de l'accident de Tchernobyl et sept ont principalement été mis en évidence sur le territoire français ( $^{103}\text{Ru}$ ,  $^{106}\text{Ru/Rh}$ ,  $^{110\text{m}}\text{Ag}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{132}\text{Te}$ ,  $^{134}\text{Cs}$  et  $^{137}\text{Cs}$ ). Les retombées atmosphériques de l'accident de

Tchernobyl ont affecté l'ensemble du territoire et, plus particulièrement, la moitié est de la France. La Figure 4 page 24 présente la répartition des activités surfaciques estimées en  $^{137}\text{Cs}$  dans la vallée du Rhône issues de la rémanence de ces retombées. De nos jours, seul le  $^{137}\text{Cs}$  est encore mesurable [13].



**Figure 4 – Activités surfaciques de  $^{137}\text{Cs}$ , calculées pour l'année 2010, issues des retombées atmosphériques des essais aériens et de l'accident de Tchernobyl à partir de [14], sur le bassin versant de la zone d'étude.**

### 2.2.3 Retombées de l'accident de Fukushima-Daiichi

Les dépôts issus des retombées atmosphériques de l'accident de Fukushima-Daiichi survenu le 11 mars 2011 ont été de 500 à plus de 1 000 fois inférieurs à ceux mesurés début mai 1986 en France après l'accident de Tchernobyl (Figure 5 page 25). Les résultats des analyses réalisées sur le territoire métropolitain par l'IRSN et les exploitants nucléaires ont montré la présence de  $^{131}\text{I}$ , de  $^{137}\text{Cs}$  et de  $^{134}\text{Cs}$  [15]. Du fait de sa courte période radioactive (8,0233 jours [2]),  $^{131}\text{I}$  a rapidement disparu de l'environnement. Le  $^{134}\text{Cs}$ , dont le dépôt massif issu des retombées de l'accident de Tchernobyl n'était plus détecté compte tenu de sa courte période radioactive (2,0644 ans [2]), a pu être attribué à cet accident. En revanche, les résultats de  $^{137}\text{Cs}$  sont difficilement imputables à ce seul événement compte-tenu de la rémanence de ce radionucléide dans le bassin versant rhodanien.

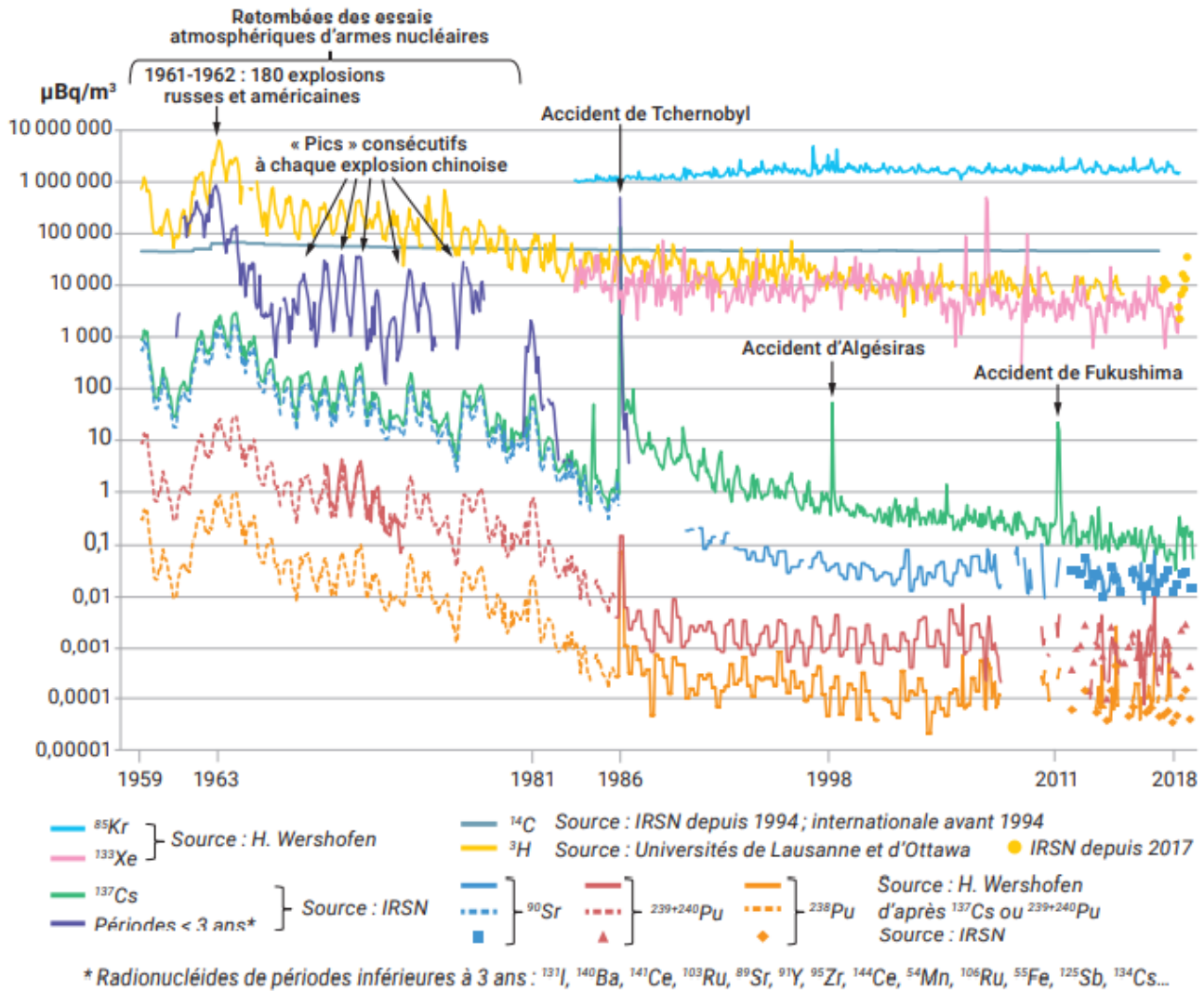


Figure 5 – Évolution des activités des principaux radionucléides artificiels mesurés dans l'air en France et en Allemagne au cours des 60 dernières années [1].

## 2.2.4 Installations nucléaires exploitées par EDF

L'exploitation d'un réacteur nucléaire implique la génération d'isotopes radioactifs issus de la fission des noyaux du combustible (produits de fission) et de l'activation des différents matériaux, notamment ceux de la structure et de certains composés issus du conditionnement des circuits (produits d'activation). Dans le cadre des décisions de rejets émises par l'ASN, les CNPE sont autorisés à rejeter, en fonctionnement normal, une partie de ces produits de fission et d'activation dans l'environnement par voie liquide et/ou atmosphérique. Ces rejets sont ainsi susceptibles de marquer l'environnement autour des installations nucléaires.

Les rejets d'effluents radioactifs atmosphériques des CNPE comprennent notamment le tritium, le  $^{14}\text{C}$ , l' $^{41}\text{Ar}$ , les xénon métastables 131, 133 et 135, le  $^{85}\text{Kr}$ , les  $^{131}\text{I}$  et  $^{133}\text{I}$ , les  $^{58}\text{Co}$  et  $^{60}\text{Co}$  et les  $^{134}\text{Cs}$  et  $^{137}\text{Cs}$ . Au sein des rejets d'effluents radioactifs liquides, le tritium, le  $^{14}\text{C}$ , les  $^{58}\text{Co}$  et  $^{60}\text{Co}$ , le  $^{63}\text{Ni}$ , les  $^{124}\text{Sb}$  et  $^{125}\text{Sb}$ , les  $^{134}\text{Cs}$  et  $^{137}\text{Cs}$ , le  $^{54}\text{Mn}$ , l' $^{110\text{m}}\text{Ag}$ , le  $^{123\text{m}}\text{Te}$ , et l' $^{131}\text{I}$  sont prépondérants. Le  $^{55}\text{Fe}$  et l' $^{108\text{m}}\text{Ag}$  sont rejetés dans une moindre mesure.

Les conditions d'exécution et les limites des rejets d'effluents, dans les cours d'eau et dans l'atmosphère, sont définies par l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN). L'exploitant n'a pas porté à la connaissance de l'IRSN un évènement intéressant l'environnement pour l'année 2022.

## 2.2.5 Autres activités

Le bassin versant du Rhône accueille l'ensemble du cycle du combustible, depuis son enrichissement jusqu'à son utilisation dans les 4 CNPE en fonctionnement. On note également la présence du site de Pierrelatte (enrichissement, etc.) et de Marcoule (production de combustible, recherche sur les déchets radioactifs, etc.) dans la partie sud du fleuve. Le site de Valduc (recherche et production d'armes nucléaires) est localisé sur le bassin versant de la Loire mais ses rejets atmosphériques marquent l'environnement terrestre et aquatique du bassin versant du Rhône.

Outre la filière énergétique, plusieurs unités hospitalières sont également présentes sur le territoire étudié à Lyon, Valence, Annecy, Chambéry et dans d'autres agglomérations du bassin versant de la Saône. Parmi les principaux radionucléides utilisés en médecine nucléaire, le  $^{99m}\text{Tc}$  (en diagnostic fonctionnel, période radioactive de 6,01 heures) et  $^{131}\text{I}$  (en thérapie métabolique, période radioactive de 8,02 jours) représentent à eux seuls près de 99% de la radioactivité utilisée par les services de médecine nucléaire [16]. L' $^{131}\text{I}$  ainsi introduit dans l'environnement *via* les urines et les selles des patients traités peut être détecté dans les stations d'épuration et en aval des celles-ci. Difficile à détecter dans l'eau, l' $^{131}\text{I}$  peut être mesuré dans les végétaux. On compte également de nombreux centres de recherche utilisant des produits radioactifs, notamment autour des agglomérations lyonnaise et grenobloise. Enfin, dans le Haut-Rhône et le Doubs, les déchets de peintures luminescentes notamment de l'industrie horlogère utilisant du tritium jusque dans les années 1990, ont contribué au marquage encore actuel de l'environnement aquatique. Les autres installations présentées sur la Figure 1 page 20 représentent des sources de radionucléides négligeables par rapport aux apports ci-dessus.

## 3 CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL ET GÉOGRAPHIQUE

### 3.1 Climatologie

Du nord au sud, les CNPE situés dans la vallée du Rhône présentent des caractéristiques météorologiques diverses, d'abord marquées par une influence continentale (site du Bugey et de Creys-Malville) qui se traduit par des inter-saisons pluvieuses et un hiver plus sec, laissant progressivement place à l'influence méditerranéenne. Celle-ci se caractérise par des pluies d'automne pouvant donner lieu à des cumuls importants de précipitations. Les vents dominants proviennent du nord sur l'ensemble des CNPE rhodaniens avec cependant une prédominance plus nette dans la zone des sites du Tricastin et de Cruas-Meysse.

### 3.2 Géologie et hydrogéologie

Les CNPE du Rhône sont situés dans la plaine alluviale du fleuve et reposent sur des alluvions quaternaires dont l'épaisseur varie de 2,5 m à environ 10 m suivant les sites. Cette couche est généralement constituée de sédiments sablo-graveleux, s'affinant vers la surface du fait des dépôts limoneux ou limono-sableux liés aux débordements des eaux lors des crues récentes du fleuve.

Sous les alluvions modernes, on trouve, sur le site du Bugey, un horizon intermédiaire épais de plusieurs dizaines de mètres et constitué d'argile sur la partie supérieure et de galets reliés entre eux par un ciment sableux ou sablo-argileux sur la partie inférieure. Cet horizon recouvre une formation de molasse ayant une centaine de mètres d'épaisseur au niveau du site et constituée de sables, de grès sableux, de lits silteux bruns et de quelques niveaux de grès francs. Au niveau de Saint-Alban, on retrouve des formations pliocènes et miocènes qui

recouvrent le socle cristallin avec une épaisseur très variable sur cette zone. À Cruas-Meysses, en revanche, la stratigraphie est relativement simple car les alluvions récentes recouvrent de puissants bancs calcaires du Jurassique et du Crétacé inférieur qui se développent sur environ 3 500 mètres d'épaisseur. Au niveau du site du Tricastin, les dépôts marneux du Pliocène s'intercalent entre les alluvions quaternaires en surface et les formations marno-calcaires du Crétacé sous-jacentes.

### 3.3 Hydrographie et hydrologie

Le Rhône est l'un des plus grands fleuves métropolitains français par la taille de son bassin versant (environ 98 000 km<sup>2</sup>) et par son débit moyen annuel (environ 1 800 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> à Beaucaire, en amont immédiat de son delta). Le cours du fleuve (522 km en France) est aujourd'hui largement contraint par les aménagements hydro-électriques qui le jalonnent depuis son entrée en France jusqu'à son débouché en Méditerranée (barrages, seuils, centrales hydroélectriques). Du lac Léman à l'amont du Bugey, seuls le Fier et l'Arve viennent grossir les eaux du Rhône qui présente alors un débit moyen de l'ordre de 450 à 600 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>. Entre Le Bugey et Saint-Alban, le Rhône est alimenté par les eaux de l'Ain et surtout de la Saône, principal affluent du fleuve. Son débit moyen annuel augmente alors à 1 040 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> à Ternay. Plus au sud, entre Saint-Alban-Saint-Maurice-L'Exil et Cruas-Meysses, ce sont la Drôme et l'Isère, situées en rive gauche, qui constituent les affluents principaux du Rhône. À Valence, le débit moyen annuel est d'environ 1 410 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>. Entre Cruas-Meysses et Le Tricastin, aucun affluent n'alimente le fleuve. Enfin, l'Ardèche se jette dans le Rhône en aval immédiat du CNPE du Tricastin, bientôt rejoint par l'Ouvèze, la Durance et le Gardon. La diversité des bassins versants drainés et des conditions hydrologiques des affluents qui alimentent le Rhône conduisent à des débits variables à l'échelle intra et interannuelle. Si à l'amont des débits sont relativement plus élevés en été, soutenus par les affluents alpins, vers l'aval les affluents méridionaux contribuent à l'alternance d'étiages marqués en été avec des crues soudaines et parfois intenses d'un point de vue hydrologique et sédimentaire de l'automne au printemps. Ainsi, les débits enregistrés à Beaucaire (dernière station hydrométrique avant l'entrée du fleuve dans son delta) varient de 350 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> en étiage à plus de 10 000 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> en crue.



## 4 ÉTAT RADIOLOGIQUE DU SITE DE CREYS-MALVILLE

### 4.1 Généralités et chronologie des études radioécologiques antérieures

Le site en démantèlement de Creys-Malville est situé en rive gauche du Rhône, sur la commune de Creys-Mépieu, à une cinquantaine de kilomètres en amont de l'agglomération urbaine de Lyon. Il se composait d'une tranche de 1 200 MWe de la filière des Réacteurs à Neutrons Rapides (R.N.R.), pour lesquels le combustible était un oxyde mixte d'uranium et de plutonium. La centrale a divergé en 1985 et a été couplée au réseau le 14 janvier 1986. A partir de cette date, l'exploitation de cette centrale a été entrecoupée de nombreux arrêts jusqu'à sa mise à l'arrêt définitif prononcée en 1998. Ce site est situé à 34 km à l'amont du CNPE du Bugey sur le Rhône. Ce site est également en aval des installations du CERN (Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire), dont le grand collisionneur d'hadrons, implantées sur la frontière franco-suisse ainsi que des services de médecine nucléaire, utilisant de l'<sup>131</sup>I, localisés à Annecy, à Chambéry et à Genève.

La chronologie des études radioécologiques conduites dans l'environnement du site de Creys-Malville est exposée sur la Figure 6 page 29.

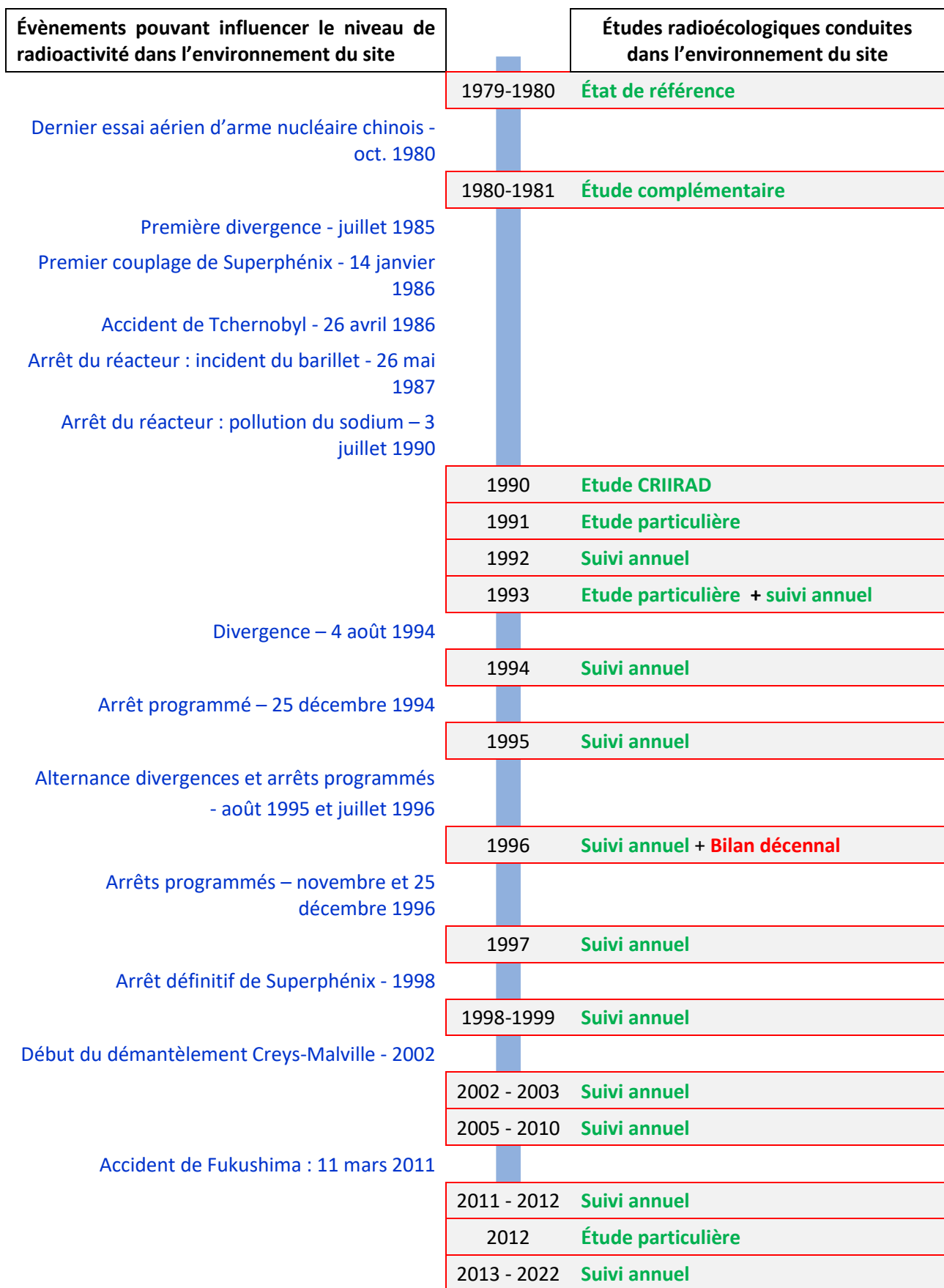


Figure 6 – Chronologie des études radioécologiques conduites dans l'environnement du site de Creys-Malville

## 4.2 État radiologique de l'environnement terrestre

### 4.2.1 Stratégie d'échantillonnage

La localisation des stations de prélèvement ainsi que la nature des échantillons collectés dans le milieu terrestre sont reportées sur la Figure 7 page 34. Les caractéristiques (dates de prélèvement, stations, natures...) identifiant chaque échantillon sont répertoriées dans le Tableau 1 page 31 et suivantes.

Pour l'essentiel, la stratégie de prélèvement et d'analyse est commune à l'ensemble des sites (Annexes). Le choix des stations et de la nature des prélèvements permet la comparaison des résultats avec ceux des études antérieures. Les sols échantillonnés sont des sols non cultivés sur lesquels les cultures pluriannuelles ne demandent aucun remaniement (pâturages). Ce type de sol est privilégié dans l'objectif de mesurer l'accumulation potentielle des dépôts atmosphériques sur plusieurs années. Les échantillons sont, en dehors des indicateurs végétaux (mousses terricoles, herbe et feuilles d'arbres), des vecteurs directs ou indirects de radioactivité vers l'homme : le lait et des légumes-feuilles comme les salades. Les végétaux cultivés sont communs sur l'ensemble du territoire français. Leur cycle végétatif annuel et leur grande surface d'interception en font d'assez bons bioindicateurs pour le suivi des niveaux de radioactivité de l'environnement et caractériser d'éventuels marquages. Du lait de vache est collecté, dans la mesure du possible, sur une commune à proximité du site. Dans la stratégie générale, une mousse terricole, une production agricole, un sol de prairie, de l'herbe et un lait sont prélevés sous les vents dominants (ZI). Hors vents (ZNI), une mousse, un sol de prairie, de l'herbe et une production agricole sont collectées.

Des contraintes supplémentaires peuvent localement modifier la position, le nombre ou les analyses réalisées. Dans la stratégie 2022, des feuilles d'arbre, une mousse terricole, trois productions agricoles (une céréale, une légume-racine et une légume-feuille), un sol de céréales, de l'herbe et du lait sont prélevés sous les vents dominants pour analyse. Une mousse terricole est prélevée hors vents dominants pour analyse.

La dispersion des effluents dans l'environnement est contrainte par les conditions météorologiques propres au site. La rose des vents moyenne de l'année 2022 (cf. Figure 7 page 34) met en évidence une orientation nord-ouest des vents dominants et une direction secondaire d'orientation sud-est. Les prélèvements potentiellement influencés par les rejets atmosphériques du site sont situés au sud-est de l'installation, à Creys-Mépieu, ainsi qu'au nord-ouest, à Bouvesse-Quirieu. Hors vents, de la mousse terricole est collectée à Ambléon, à l'est du site de Creys-Malville, pour analyse.

À l'exception des feuilles de chêne, tous les échantillons collectés sous influence potentielle ont été mesurés en spectrométrie gamma. Il en est de même pour les mousses terricoles prélevées hors vents dominants. Un mesurage de  $^{131}\text{I}$  a été effectué sur les deux bryophytes terrestres. Le tritium libre et le tritium organiquement lié ont été recherchés dans les feuilles d'arbre, les pommes de terre, le blé et le sol associé ainsi que dans l'herbe. Une mesure de tritium organiquement lié a été réalisée dans le lait de vache prélevé à Bouvesse-Quirieu, sous les vents. Des mesures de  $^{14}\text{C}$  ont été réalisées dans les feuilles de chêne.

Le lait de vache prélevé à Bouvesse-Quirieu et à Saint-Victor-de-Morestel fait l'objet de quatre mesures en tritium libre (une par trimestre) dont les résultats seront présentés dans le rapport simplifié exigé au titre de la réglementation 2022.

**Tableau 1 - Identification des échantillons analysés dans l'environnement terrestre du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique de 2022**

Situation par rapport au C.N.P.E.	Chronique	Commune	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
9,39 km E	Creys - Zone hors vents dominants (>5 km)	Ambléon	05,59337	45,74931	Mousses terricoles	<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i> <i>Rhytidiadelphus triquetrus</i>	Entier	29/03/2022	Gamma (Frais)	-	-
0,76 km SSE	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	05,47622	45,75348	Arbre feuillu	Chêne pédonculé <i>Quercus robur</i>	Feuilles annuelles	21/09/2022	C-14 par MS (spectrométrie de masse) (Sec)	2,16	-
0,76 km SSE	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	05,47622	45,75348	Arbre feuillu	Chêne pédonculé <i>Quercus robur</i>	Feuilles annuelles	21/09/2022	C élémentaire (Sec)	2,16	-
0,76 km SSE	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	05,47622	45,75348	Arbre feuillu	Chêne pédonculé <i>Quercus robur</i>	Feuilles annuelles	21/09/2022	Rapport relatif C13/C12 (Sec)	2,16	-
0,76 km SSE	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	05,47622	45,75348	Arbre feuillu	Chêne pédonculé <i>Quercus robur</i>	Feuilles annuelles	21/09/2022	H-3 lié (Sec)	2,16	-
0,76 km SSE	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	05,47622	45,75348	Arbre feuillu	Chêne pédonculé <i>Quercus robur</i>	Feuilles annuelles	21/09/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	2,16	-
0,76 km SSE	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	05,47622	45,75348	Arbre feuillu	Chêne pédonculé <i>Quercus robur</i>	Feuilles annuelles	21/09/2022	H-3 libre (Liquide)	2,16	-
1,18 km ONO	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	05,45867	45,76309	Légumes	Pomme de Terre <i>Solanum tuberosum</i>	Tubercule	26/07/2022	Gamma (Cendre)	5,70	17,30
1,18 km ONO	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	05,45867	45,76309	Légumes	Pomme de Terre <i>Solanum tuberosum</i>	Tubercule	26/07/2022	H-3 lié (Sec)	5,21	-
1,18 km ONO	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	05,45867	45,76309	Légumes	Pomme de Terre <i>Solanum tuberosum</i>	Tubercule	26/07/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	5,21	-
1,18 km ONO	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	05,45867	45,76309	Légumes	Pomme de Terre <i>Solanum tuberosum</i>	Tubercule	26/07/2022	H-3 libre (Liquide)	5,21	-
1,31 km NO	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	05,46502	45,77037	Herbes	Herbe de paturage	Parties aériennes	03/05/2022	Gamma (Cendre)	3,64	13,46
1,31 km NO	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	05,46502	45,77037	Herbes	Herbe de paturage	Parties aériennes	03/05/2022	H-3 lié (Sec)	3,61	-
1,31 km NO	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	05,46502	45,77037	Herbes	Herbe de paturage	Parties aériennes	03/05/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	3,61	-
1,31 km NO	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	05,46502	45,77037	Herbes	Herbe de paturage	Parties aériennes	03/05/2022	H-3 libre (Liquide)	3,61	-
1,42 km SSE	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	05,47864	45,74785	Mousses terricoles	<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i> <i>Rhytidiadelphus triquetrus</i>	Entier	29/03/2022	Gamma (Frais)	-	-
1,53 km NO	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	05,46139	45,77100	Céréales	Blé <i>Triticum L.</i>	Épis	28/06/2022	Gamma (Cendre)	1,12	48,75
1,53 km NO	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	05,46139	45,77100	Céréales	Blé <i>Triticum L.</i>	Épis	28/06/2022	H-3 lié (Frais)	1,83	-

Situation par rapport au C.N.P.E.	Chronique	Commune	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
1,53 km NO	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	05,46139	45,77100	Céréales	Blé <i>Triticum L.</i>	Épis	28/06/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Frais)	1,83	-
1,53 km NO	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	05,46139	45,77100	Céréales	Blé <i>Triticum L.</i>	Épis	28/06/2022	H-3 libre (Liquide)	1,83	-
1,55 km NO	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	05,46327	45,77215	Arbre feuillu	Chêne pédonculé <i>Quercus robur</i>	Feuilles annuelles	21/09/2022	C-14 par MS (spectrométrie de masse) (Sec)	2,07	-
1,55 km NO	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	05,46327	45,77215	Arbre feuillu	Chêne pédonculé <i>Quercus robur</i>	Feuilles annuelles	21/09/2022	C élémentaire (Sec)	2,07	-
1,55 km NO	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	05,46327	45,77215	Arbre feuillu	Chêne pédonculé <i>Quercus robur</i>	Feuilles annuelles	21/09/2022	Rapport relatif C13/C12 (Sec)	2,07	-
1,55 km NO	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	05,46327	45,77215	Arbre feuillu	Chêne pédonculé <i>Quercus robur</i>	Feuilles annuelles	21/09/2022	H-3 lié (Sec)	2,07	-
1,55 km NO	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	05,46327	45,77215	Arbre feuillu	Chêne pédonculé <i>Quercus robur</i>	Feuilles annuelles	21/09/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	2,07	-
1,55 km NO	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	05,46327	45,77215	Arbre feuillu	Chêne pédonculé <i>Quercus robur</i>	Feuilles annuelles	21/09/2022	H-3 libre (Liquide)	2,07	-
1,58 km NO	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	05,46106	45,77141	Sols cultivés	Sol de céréale	Entier	29/06/2022	Gamma (Sec)	1,15	-
1,58 km NO	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	05,46106	45,77141	Sols cultivés	Sol de céréale	Entier	29/06/2022	H-3 lié (Sec)	1,15	-
1,58 km NO	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	05,46106	45,77141	Sols cultivés	Sol de céréale	Entier	29/06/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	1,15	-
1,58 km NO	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	05,46106	45,77141	Sols cultivés	Sol de céréale	Entier	29/06/2022	H-3 libre (Liquide)	1,15	-
1,58 km NO	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	05,46106	45,77141	Sols cultivés	Sol de céréale	Entier	29/06/2022	Granulométrie INRA (Liquide)	1,15	-
1,58 km NO	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	05,46106	45,77141	Sols cultivés	Sol de céréale	Entier	29/06/2022	MO après combustion (Liquide)	1,15	-
2,22 km NO	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	05,45359	45,77459	Légumes	Salade	Parties aériennes	29/06/2022	Gamma (Cendre)	19,34	4,46
3,75 km ONO	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Bouvesse-Quirieu	05,43200	45,77767	Aliments liq. Non transformés	Lait de vache	Entier	03/05/2022	Gamma (Cendre)	8,08	15,49
3,75 km ONO	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Bouvesse-Quirieu	05,43200	45,77767	Aliments liq. Non transformés	Lait de vache	Entier	03/05/2022	H-3 lié (Sec)	7,51	-
3,75 km ONO	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Bouvesse-Quirieu	05,43200	45,77767	Aliments liq. Non transformés	Lait de vache	Entier	03/05/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	7,51	-

- : absence de traitement. Distance au site calculée en ligne droite entre les coordonnées d'un point de référence du site et celles du point de prélèvement

Dans les tableaux terrestres suivants :

---

Prélèvements hors vents dominants de l'installation

Prélèvements sous les vents dominants de l'installation et à moins de 5 km de l'installation

---

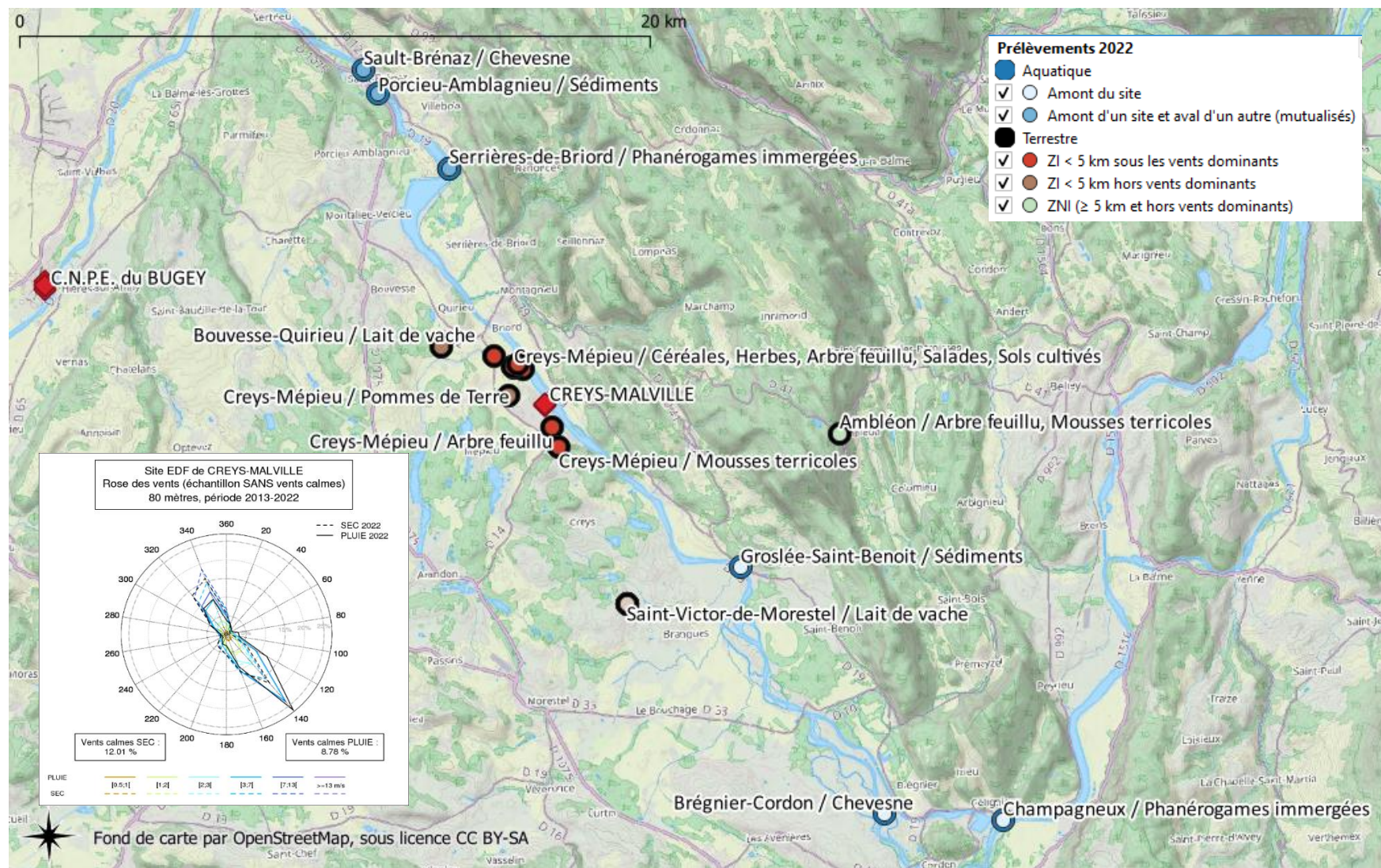


Figure 7 – Localisation générale des stations de prélèvement dans le milieu terrestre et dans le milieu aquatique pour le suivi radioécologique annuel 2022 du site de Creys-Malville

## 4.2.2 Résultats et interprétation

### 4.2.2.1 Radionucléides émetteurs gamma

#### 4.2.2.1.1 Radionucléides émetteurs gamma d'origine naturelle

Les résultats d'analyse par spectrométrie  $\gamma$  des activités en radionucléides d'origine naturelle dans l'environnement terrestre du site de Creys-Malville sont présentés dans le Tableau 11 page 52.

En 2022, la radioactivité d'origine naturelle quantifiée dans les matrices terrestres prélevées autour de ce site est du même ordre de grandeur que celle mesurée depuis le début des suivis radioécologiques annuels. Les activités détectées sont en accord avec les valeurs habituelles pour ces matrices [1]. La radioactivité d'origine naturelle présente une composante tellurique prépondérante dans les sols et les végétaux. Elle a pour principale origine le  $^{40}\text{K}$  et, dans une moindre mesure, les familles du  $^{232}\text{Th}$  et de l' $^{238}\text{U}$ . Dans les sols, les activités massiques en  $^{40}\text{K}$  et en descendants du  $^{232}\text{Th}$  et du  $^{238}\text{U}$  sont en accord avec les valeurs observées en France métropolitaine [1, 17, 18]. La seconde composante, d'origine cosmogénique, est due au  $^7\text{Be}$ , présent principalement dans les végétaux dont la surface foliaire est propice à la captation des retombées atmosphériques. Dans le lait de vache, le  $^{40}\text{K}$  est toujours proche de  $50 \text{ Bq.L}^{-1}$ , quels que soient l'année ou le lieu de prélèvement.

Ces résultats de mesure attestent de l'absence de biais dans les étapes de prélèvements, de préparation et de mesure des échantillons.

#### 4.2.2.1.2 Radionucléides émetteurs gamma d'origine artificielle

Les résultats d'analyse par spectrométrie  $\gamma$  des activités en radionucléides d'origine artificielle dans l'environnement terrestre du site de Creys-Malville sont présentés dans le Tableau 12 page 53.

En 2022, dans l'environnement terrestre, le seul radionucléide émetteur  $\gamma$  artificiel détecté est le  $^{137}\text{Cs}$ . Ce radionucléide est quantifié dans toutes les matrices prélevées excepté les salades et le blé prélevés à Creys-Mépieu pour lesquels la mesure a révélé que les activités en  $^{137}\text{Cs}$   $\gamma$  sont inférieures aux seuils de décision. Les activités en  $^{137}\text{Cs}$  mesurées dans l'environnement terrestre du site de Creys-Malville s'inscrivent dans la gamme des niveaux observés au cours des dix dernières années (Tableau 3 page 44 au Tableau 9 page 50). Aucune contribution des rejets à l'atmosphère du site de Creys-Malville n'est mise en évidence au travers de ces observations.

### 4.2.2.2 Radionucléides émetteurs bêta

#### 4.2.2.2.1 Tritium

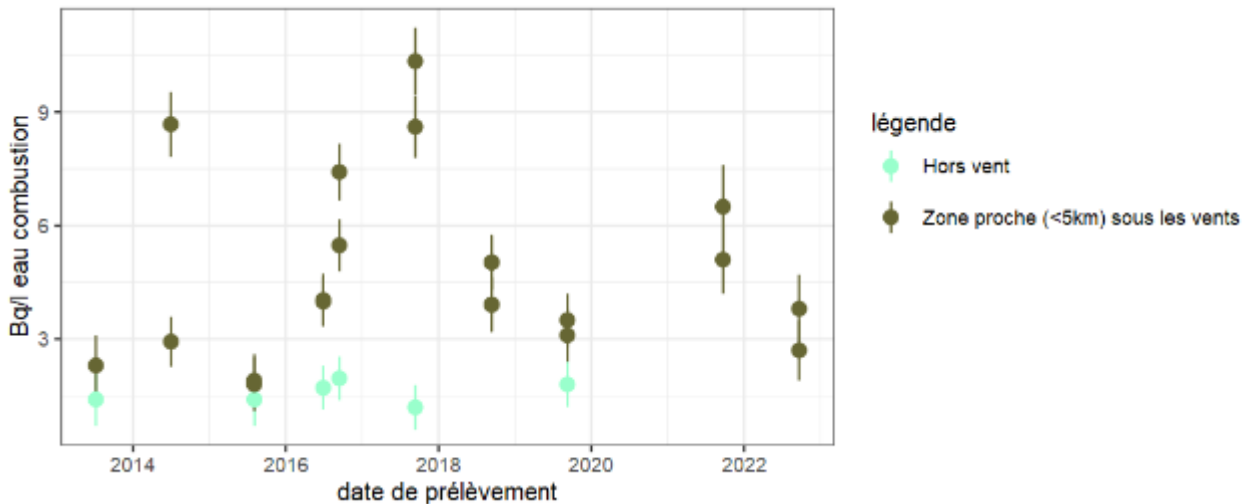
Les résultats d'analyse des activités en tritium libre et en tritium organiquement lié dans l'environnement terrestre du site de Creys-Malville sont présentés respectivement dans le Tableau 13 page 54 et Tableau 14 page 55.

En 2022, les activités en tritium libre sont proches du bruit de fond attendu en milieu terrestre hors influence d'un apport industriel local (de l'ordre de  $1 \text{ Bq.L}^{-1}$  dans une gamme allant de  $0,5$  à  $2 \text{ Bq.L}^{-1}$  d'après [1]) pour l'ensemble des échantillons prélevés. Le sol de céréales et l'un des deux prélèvements de feuilles de chêne présentent une activité en tritium libre inférieure au seuil de décision. L'herbe prélevée à Creys-Mépieu a une activité en tritium organiquement lié inférieure au seuil de décision. En revanche, les deux prélèvements de feuilles de chêne ( $2,7 \pm 0,8 \text{ Bq.L}^{-1} \text{ EC}$  et  $3,8 \pm 0,9 \text{ Bq.L}^{-1} \text{ EC}$ ) présentent, comme pour les années passées (Figure 8 page 36), une activité en tritium organiquement lié supérieure au niveau attendu en milieu terrestre hors influence d'un apport industriel local (de  $0,34$  à  $1,7 \text{ Bq.L}^{-1}$  d'après [1]). Il en est de même pour le lait de vache prélevé à Bouvesse-Quirieu ( $3,1 \pm 0,9 \text{ Bq.L}^{-1} \text{ EC}$ ). Le blé et les pommes de terre prélevés à Creys-Mépieu ont une activité en tritium organiquement lié qui est proche du bruit de fond attendu en milieu terrestre hors influence



d'un apport industriel local. Il en est de même pour le sol de céréale prélevé à Creys-Mépieu dont la valeur de mesure est dotée d'une forte incertitude.

Ceci met en évidence un apport par les rejets atmosphériques tritiés du site en démantèlement de Creys-Malville.



**Figure 8 – Variation temporelle des activités en tritium organiquement lié mesurées dans les feuilles de chêne collectées dans l'environnement terrestre du site en démantèlement de Creys-Malville de 2013 à 2022**

Les activités en tritium libre mesurées dans le lait de vache collecté en 2021 à Bouvesse-Quirieu et Saint-Victor-de-Morestel dans le cadre de la surveillance trimestrielle sont proches du bruit de fond attendu hors influence d'un apport industriel local.

#### 4.2.2.2 Carbone 14

Les résultats d'analyse des activités en  $^{14}\text{C}$  dans l'environnement terrestre du site de Creys-Malville sont présentés respectivement dans le Tableau 15 page 56.

Les activités en  $^{14}\text{C}$  mesurées dans les feuilles d'arbre sont dans le bruit de fond attendu hors influence d'un apport industriel local ( $222 \pm 7 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ C}$  d'après [1]).

## 4.3 État radiologique de l'environnement aquatique

### 4.3.1 Stratégie d'échantillonnage

La localisation des stations de prélèvement et la nature des échantillons collectés sont indiquées à la Figure 7 page 34. Les caractéristiques (dates, stations, natures, etc.) identifiant chaque échantillon sont répertoriées dans le Tableau 2 page 38 et suivantes.

Les prélèvements sont réalisés en amont du site en démantèlement, en dehors de l'influence des rejets, à Groslee, Brégnier-Cordon et Champagneux. Les prélèvements en aval du site de Creys-Malville sont réalisés à Porcieu-Amblagnieu, Sault-Brénaz et Serrières-de-Briord.

Le choix des stations et de la nature des prélèvements permet la comparaison des résultats avec ceux des études antérieures. Les pêches ont été réalisées au filet par un pêcheur professionnel. Les poissons collectés sont des chevesnes. Les mesures réalisées sur les poissons ont porté sur les muscles afin d'étudier la fraction susceptible d'être consommée par l'homme et de s'affranchir du contenu du tractus gastro-intestinal.

Les phanérogames, les poissons et les sédiments prélevés en amont et en aval du site de Creys-Malville ont fait l'objet d'une analyse par spectrométrie gamma. L' $^{131}\text{I}$  a également été recherché dans les phanérogames. Du tritium organiquement lié et du  $^{14}\text{C}$  ont été recherchés dans les phanérogames, les poissons et les sédiments prélevés en amont et en aval du site. Le tritium libre a également été mesuré dans les phanérogames prélevées en amont et en aval du site de Creys-Malville. Le  $^{63}\text{Ni}$  a été recherché dans les phanérogames et les sédiments prélevés en amont et en aval du site de Creys-Malville. Les deux prélèvements de phanérogames immergées ont également fait l'objet d'une mesure de  $^{55}\text{Fe}$ .

Tableau 2 - Identification des échantillons analysés dans l'environnement aquatique du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique de 2022

Situation par rapport au C.N.P.E.	Chronique	Commune	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Commentaire	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
19,62 km amont	Rhône en amont du Creys	Champagneux	05,65471	45,63720	Centre du Rhône	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Entier	26/07/2022	Ni-63 par Sc. Liq. (Cendre)	12,12	4,03
19,62 km amont	Rhône en amont du Creys	Champagneux	05,65471	45,63720	Centre du Rhône	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Entier	26/07/2022	Gamma (Cendre)	12,12	4,03
19,62 km amont	Rhône en amont du Creys	Champagneux	05,65471	45,63720	Centre du Rhône	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Entier	26/07/2022	Gamma (Frais)	-	-
19,62 km amont	Rhône en amont du Creys	Champagneux	05,65471	45,63720	Centre du Rhône	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Entier	26/07/2022	C-14 par MS (spectrométrie de masse) (Sec)	9,80	-
19,62 km amont	Rhône en amont du Creys	Champagneux	05,65471	45,63720	Centre du Rhône	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Entier	26/07/2022	C élémentaire (Sec)	9,80	-
19,62 km amont	Rhône en amont du Creys	Champagneux	05,65471	45,63720	Centre du Rhône	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Entier	26/07/2022	Rapport relatif C13/C12 (Sec)	9,80	-
19,62 km amont	Rhône en amont du Creys	Champagneux	05,65471	45,63720	Centre du Rhône	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Entier	26/07/2022	H-3 lié (Sec)	9,80	-
19,62 km amont	Rhône en amont du Creys	Champagneux	05,65471	45,63720	Centre du Rhône	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Entier	26/07/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	9,80	-
19,62 km amont	Rhône en amont du Creys	Champagneux	05,65471	45,63720	Centre du Rhône	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Entier	26/07/2022	H-3 libre (Liquide)	9,80	-
19,62 km amont	Rhône en amont du Creys	Champagneux	05,65471	45,63720	Centre du Rhône	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Entier	26/07/2022	Fe-55 par SL (Cendre)	12,12	4,03
16,89 km amont	Rhône en amont du Creys	Brégnier-Cordon	05,60663	45,64009	Rives droite et gauche	Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Entier	02/05/2022	Gamma (Cendre)	4,83	16,87
16,89 km amont	Rhône en amont du Creys	Brégnier-Cordon	05,60663	45,64009	Rives droite et gauche	Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Entier	02/05/2022	C-14 par SL (Benzène) (Sec)	4,82	-
16,89 km amont	Rhône en amont du Creys	Brégnier-Cordon	05,60663	45,64009	Rives droite et gauche	Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Entier	02/05/2022	C élémentaire (Sec)	4,82	-
16,89 km amont	Rhône en amont du Creys	Brégnier-Cordon	05,60663	45,64009	Rives droite et gauche	Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Entier	02/05/2022	Rapport relatif C13/C12 (Sec)	4,82	-
16,89 km amont	Rhône en amont du Creys	Brégnier-Cordon	05,60663	45,64009	Rives droite et gauche	Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Entier	02/05/2022	H-3 lié (Sec)	4,82	-
16,89 km amont	Rhône en amont du Creys	Brégnier-Cordon	05,60663	45,64009	Rives droite et gauche	Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Entier	02/05/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	4,82	-
8,08 km amont	Rhône en amont du Creys	Groslée-Saint-Benoit	05,55119	45,71187	Rive droite	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Ø < 2 mm	29/03/2022	Ni-63 par Sc. Liq. (Cendre)	1,74	1,04
8,08 km amont	Rhône en amont du Creys	Groslée-Saint-Benoit	05,55119	45,71187	Rive droite	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Ø < 2 mm	29/03/2022	Gamma (Sec)	1,74	-

Situation par rapport au C.N.P.E.	Chronique	Commune	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Commentaire	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
8,08 km amont	Rhône en amont du Creys	Groslée-Saint-Benoit	05,55119	45,71187	Rive droite	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Ø< 2 mm	29/03/2022	C-14 par MS (spectrométrie de masse) (Sec)	1,74	-
8,08 km amont	Rhône en amont du Creys	Groslée-Saint-Benoit	05,55119	45,71187	Rive droite	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Ø< 2 mm	29/03/2022	C élémentaire (Sec)	1,74	-
8,08 km amont	Rhône en amont du Creys	Groslée-Saint-Benoit	05,55119	45,71187	Rive droite	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Ø< 2 mm	29/03/2022	Rapport relatif C13/C12 (Sec)	1,74	-
8,08 km amont	Rhône en amont du Creys	Groslée-Saint-Benoit	05,55119	45,71187	Rive droite	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Ø< 2 mm	29/03/2022	H-3 lié (Sec)	1,74	-
8,08 km amont	Rhône en amont du Creys	Groslée-Saint-Benoit	05,55119	45,71187	Rive droite	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Ø< 2 mm	29/03/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	1,74	-
8,08 km amont	Rhône en amont du Creys	Groslée-Saint-Benoit	05,55119	45,71187	Rive droite	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Entier	29/03/2022	Granulométrie INRA (Sec)	1,74	-
8,08 km amont	Rhône en amont du Creys	Groslée-Saint-Benoit	05,55119	45,71187	Rive droite	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Entier	29/03/2022	MO après combustion (Sec)	1,74	-
9,55 km aval	Rhône en amont du Bugey	Serrières-de-Briord	05,43759	45,82858	Rive droite	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum L.</i>	Entier	26/07/2022	Gamma (Frais)	-	-
9,55 km aval	Rhône en amont du Bugey	Serrières-de-Briord	05,43759	45,82858	Rive droite	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum L.</i>	Entier	26/07/2022	C-14 par MS (spectrométrie de masse) (Sec)	9,21	-
9,55 km aval	Rhône en amont du Bugey	Serrières-de-Briord	05,43759	45,82858	Rive droite	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum L.</i>	Entier	26/07/2022	C élémentaire (Sec)	9,21	-
9,55 km aval	Rhône en amont du Bugey	Serrières-de-Briord	05,43759	45,82858	Rive droite	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum L.</i>	Entier	26/07/2022	Rapport relatif C13/C12 (Sec)	9,21	-
9,55 km aval	Rhône en amont du Bugey	Serrières-de-Briord	05,43759	45,82858	Rive droite	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum L.</i>	Entier	26/07/2022	H-3 lié (Sec)	9,21	-
9,55 km aval	Rhône en amont du Bugey	Serrières-de-Briord	05,43759	45,82858	Rive droite	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum L.</i>	Entier	26/07/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	9,21	-
9,55 km aval	Rhône en amont du Bugey	Serrières-de-Briord	05,43759	45,82858	Rive droite	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum L.</i>	Entier	26/07/2022	H-3 libre (Liquide)	9,21	-
9,55 km aval	Rhône en amont du Bugey	Serrières-de-Briord	05,43759	45,82858	Rive droite	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Parties aériennes	26/07/2022	Ni-63 par Sc. Liq. (Cendre)	10,19	4,28
9,55 km aval	Rhône en amont du Bugey	Serrières-de-Briord	05,43759	45,82858	Rive droite	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Parties aériennes	26/07/2022	Gamma (Cendre)	10,19	4,28
9,55 km aval	Rhône en amont du Bugey	Serrières-de-Briord	05,43759	45,82858	Rive droite	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Parties aériennes	26/07/2022	Fe-55 par SL (Cendre)	10,19	4,28
12,88 km aval	Rhône en amont du Bugey	Porcieu-Amblagnieu	05,40949	45,85067	Rive droite canal	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Ø< 2 mm	30/03/2022	Ni-63 par Sc. Liq. (Cendre)	1,86	1,04
12,88 km aval	Rhône en amont du Bugey	Porcieu-Amblagnieu	05,40949	45,85067	Rive droite canal	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Ø< 2 mm	30/03/2022	Gamma (Sec)	1,86	-

Situation par rapport au C.N.P.E.	Chronique	Commune	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Commentaire	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
12,88 km aval	Rhône en amont du Bugey	Porcieu-Amblagnieu	05,40949	45,85067	Rive droite canal	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Ø< 2 mm	30/03/2022	C-14 par MS (spectrométrie de masse) (Sec)	1,86	-
12,88 km aval	Rhône en amont du Bugey	Porcieu-Amblagnieu	05,40949	45,85067	Rive droite canal	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Ø< 2 mm	30/03/2022	C élémentaire (Sec)	1,86	-
12,88 km aval	Rhône en amont du Bugey	Porcieu-Amblagnieu	05,40949	45,85067	Rive droite canal	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Ø< 2 mm	30/03/2022	Rapport relatif C13/C12 (Sec)	1,86	-
12,88 km aval	Rhône en amont du Bugey	Porcieu-Amblagnieu	05,40949	45,85067	Rive droite canal	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Ø< 2 mm	30/03/2022	H-3 lié (Sec)	1,86	-
12,88 km aval	Rhône en amont du Bugey	Porcieu-Amblagnieu	05,40949	45,85067	Rive droite canal	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Ø< 2 mm	30/03/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	1,86	-
12,88 km aval	Rhône en amont du Bugey	Porcieu-Amblagnieu	05,40949	45,85067	Rive droite canal	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Entier	30/03/2022	Granulométrie INRA (Sec)	1,86	-
12,88 km aval	Rhône en amont du Bugey	Porcieu-Amblagnieu	05,40949	45,85067	Rive droite canal	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Entier	30/03/2022	MO après combustion SCP (Sec)	1,86	-
13,83 km aval	Rhône en amont du Bugey	Sault-Brénaz	05,40377	45,85753		Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Entier	02/05/2022	Gamma (Cendre)	4,29	20,33
13,83 km aval	Rhône en amont du Bugey	Sault-Brénaz	05,40377	45,85753		Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Entier	02/05/2022	C-14 par SL (Benzène) (Sec)	4,36	-
13,83 km aval	Rhône en amont du Bugey	Sault-Brénaz	05,40377	45,85753		Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Entier	02/05/2022	C élémentaire (Sec)	4,36	-
13,83 km aval	Rhône en amont du Bugey	Sault-Brénaz	05,40377	45,85753		Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Entier	02/05/2022	Rapport relatif C13/C12 (Sec)	4,36	-
13,83 km aval	Rhône en amont du Bugey	Sault-Brénaz	05,40377	45,85753		Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Entier	02/05/2022	H-3 lié (Sec)	4,36	-
13,83 km aval	Rhône en amont du Bugey	Sault-Brénaz	05,40377	45,85753		Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Entier	02/05/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	4,36	-

- : absence de traitement. Distance au site calculée en ligne droite entre les coordonnées d'un point de référence du site et celles du point de prélèvement.

Dans les tableaux aquatiques suivants :

Prélèvements en amont du dispositif de rejets des effluents liquides
Prélèvements en aval du dispositif de rejets des effluents liquides

## 4.3.2 Résultats et interprétation

### 4.3.2.1 Radionucléides émetteurs gamma

#### 4.3.2.1.1 Radionucléides émetteurs gamma d'origine naturelle

Les résultats d'analyse par spectrométrie  $\gamma$  des activités en radionucléides d'origine naturelle dans l'environnement aquatique du site de Creys-Malville sont présentés dans le Tableau 21 page 62.

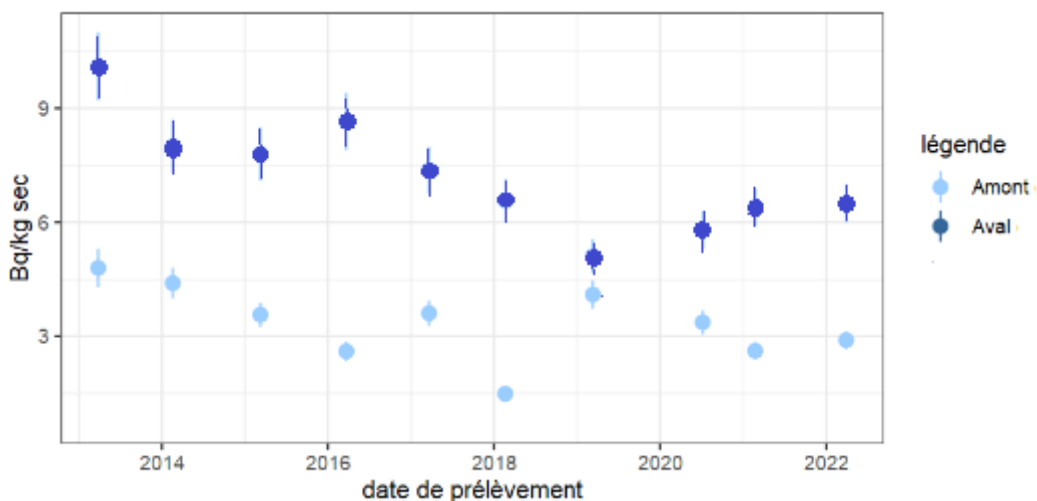
En 2022, la radioactivité d'origine naturelle détectée dans les sédiments, végétaux et poissons est qualitativement et quantitativement équivalente à celle des études antérieures. Les activités détectées sont en accord avec les valeurs habituelles pour ces matrices [1]. La radioactivité est liée à la présence du  $^{40}\text{K}$  dans l'ensemble des matrices échantillonnées. L'activité en  $^{40}\text{K}$  dans les poissons est en accord avec les valeurs attendues pour ces animaux dont la teneur en potassium est physiologiquement régulée (activité massique toujours proche de  $100 \text{ Bq.kg}^{-1}$  frais). Les éléments des familles de l' $^{238}\text{U}$  et du  $^{232}\text{Th}$  ainsi que le  $^7\text{Be}$  sont détectés dans les sédiments et les végétaux.

Ces résultats de mesure attestent de l'absence de biais dans les étapes de prélèvements, de préparation et de mesure des échantillons.

#### 4.3.2.1.2 Radionucléides émetteurs gamma d'origine artificielle

Les résultats d'analyse par spectrométrie  $\gamma$  des activités en radionucléides d'origine artificielle dans l'environnement aquatique du site de Creys-Malville sont présentés dans le Tableau 22 page 63.

Le  $^{137}\text{Cs}$  est présent dans tous les compartiments de l'écosystème aquatique. Comme observé au cours des années antérieures, il n'existe aucune distinction notable entre l'amont et l'aval compte-tenu de la variabilité dans l'ensemble des matrices prélevées à l'exception des sédiments (du Tableau 16 page 57 au Tableau 19 page 60). Cette année, comme pour les années précédentes, la valeur en  $^{137}\text{Cs}$  dans les sédiments prélevés en aval du site de Creys-Malville est supérieure à celle mesurée à l'amont, même en tenant compte des incertitudes de mesure et de la variabilité des observations en amont du site (Figure 9 ci-dessous). Ceci est probablement dû à la variabilité des retombées globales sur le bassin versant sans qu'une contribution des rejets du site en démantèlement de Creys-Malville ne puisse être écartée.



**Figure 9 – Variation temporelle des activités en  $^{137}\text{Cs}$  mesurées dans les sédiments collectés dans l'environnement aquatique du site en démantèlement de Creys-Malville de 2013 à 2022**

Les activités en  $^{131}\text{I}$  mesurées dans les phanérogames immergées sont supérieures aux seuils de décision. Aucune distinction notable entre l'amont et l'aval en tenant compte de la variabilité n'est observée cette année. En

l'absence de rejet déclarés d'<sup>131</sup>I par le site, ces activités peuvent être attribuées à un marquage par des rejets hospitaliers.

#### 4.3.2.2 Radionucléides émetteurs bêta

##### 4.3.2.2.1 Tritium

Les résultats d'analyse des activités en tritium libre et en tritium organiquement lié dans l'environnement aquatique du site de Creys-Malville sont présentés respectivement dans le Tableau 23 page 64 et le Tableau 24 page 64.

L'activité en tritium libre mesurée dans les phanérogames immergées est inférieure au seuil de décision excepté pour le prélèvement réalisé en aval dont l'activité mesurée est proche du seuil de décision de l'amont ( $\leq 0,60 \text{ Bq.L}^{-1}$ ). Les activités en tritium organiquement lié mesurées dans les phanérogames immergées prélevées en aval du site ainsi que dans les deux prélèvements de poissons sont du même ordre de grandeur que les valeurs attendues dans un environnement non soumis à des rejets industriels (de l'ordre de  $1 \text{ Bq.L}^{-1}$  dans une gamme allant de 0,5 à  $2 \text{ Bq.L}^{-1}$  d'après [1]). En revanche, le prélèvement de phanérogames réalisé en amont du site présente une activité en tritium organiquement lié supérieure aux valeurs attendues dans un environnement non soumis à des rejets industriels. Ce marquage trouve son origine dans les rejets liés à l'industrie horlogère implantée par le passé dans le Haut-Rhône.

Pour les sédiments, les activités en tritium organiquement lié sont dans la gamme des niveaux observés les années précédentes, avec une activité plus élevée en aval qu'en amont, et s'expliquent par les rejets passés de l'industrie horlogère dans le Haut-Rhône et du site en démantèlement de Creys Malville.

##### 4.3.2.2.2 Carbone 14

Les résultats d'analyse des activités en <sup>14</sup>C dans l'environnement aquatique du site de Creys-Malville sont présentés dans le Tableau 25 page 65.

Les activités en <sup>14</sup>C mesurées dans les sédiments, les phanérogames et les poissons sont conformes au bruit de fond attendu en milieu aquatique hors influence d'un apport industriel local (inférieure à  $220 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ C}$  d'après [1]), sans distinction notable entre l'amont et l'aval.

##### 4.3.2.2.3 Nickel 63 et Fer 55

Les résultats d'analyse des activités en <sup>63</sup>Ni et <sup>55</sup>Fe dans l'environnement aquatique du site de Creys-Malville sont présentés respectivement dans le Tableau 26 page 66 et le Tableau 27 page 66.

Les activités en <sup>63</sup>Ni mesurées dans les sédiments et les phanérogames immergées sont inférieures aux seuils de décision excepté pour le prélèvement de sédiments réalisé en amont du site ( $0,14 \pm 0,11 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$ ) dont l'activité mesurée est dotée d'une forte incertitude. Cette activité en amont est proche du seuil de décision de l'aval ( $\leq 0,10 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$ ).

Les activités en <sup>55</sup>Fe mesurées dans les phanérogames immergées sont inférieures aux seuils de décision, aussi bien en amont qu'en aval du site. La technique de mesure du <sup>55</sup>Fe mise en œuvre fournit pour ces échantillons des limites de détection trop élevées pour affiner le diagnostic.

## 4.4 Conclusion de l'état radiologique de l'environnement du site de Creys-Malville

Les niveaux d'activités des radionucléides naturels détectés en 2022 dans l'environnement du site de Creys-Malville sont du même ordre de grandeur que ceux mesurés depuis l'instauration des suivis radioécologiques. Le  $^{40}\text{K}$  est le radionucléide d'origine naturelle prépondérant dans tous les échantillons.

La radioactivité gamma d'origine artificielle du milieu terrestre et du milieu aquatique est exclusivement imputable au  $^{137}\text{Cs}$ . La présence de ce radionucléide artificiel dans l'environnement est essentiellement liée aux retombées des essais nucléaires et de Tchernobyl.

S'agissant de l'environnement terrestre, les mesures en tritium libre réalisées dans le blé et le sol associé, les pommes de terre, l'herbe et les feuilles de chêne ainsi que la mesure en tritium organiquement lié réalisée dans l'herbe, les pommes de terre, le blé et le sol associé ne mettent pas en évidence de contribution des rejets d'effluents atmosphériques du site de Creys-Malville. Il en est de même pour le  $^{14}\text{C}$  mesuré dans les feuilles de chêne. En revanche, les activités en tritium organiquement lié mesurées dans les deux prélèvements de feuille de chêne et dans le lait de vache collectés sous les vents dominants à proximité du site permettent de mettre en évidence un marquage par les rejets d'effluents tritiés à l'atmosphère opérés par le site en démantèlement de Creys-Malville.

Dans l'environnement aquatique, les activités en  $^{131}\text{I}$  mesurées dans les phanérogames immergées prélevées en amont et en aval du site sont caractéristiques d'un marquage par des rejets hospitaliers en amont du site.

L'activité en tritium organiquement lié mesurée dans les phanérogames aquatiques prélevées en amont est caractéristique d'un marquage des eaux du Rhône par les rejets passés de l'industrie horlogère. L'activité en tritium organiquement lié mesurée dans les poissons pêchés en amont et en aval du site ne présente pas de différence significative et est proche du bruit de fond radiologique sur le territoire français hors influence industrielle. L'activité en  $^{14}\text{C}$  mesurée dans les sédiments, les phanérogames et les poissons collectés en amont et en aval du site s'inscrit dans le bruit de fond attendu. Ceci est en cohérence avec le fait que le site de Creys-Malville ne rejette plus de  $^{14}\text{C}$  dans l'environnement.

Enfin, la connaissance des niveaux de référence en  $^{63}\text{Ni}$  en milieu aquatique ne permet pas de se prononcer quant à l'origine du marquage de l'environnement aquatique du site.



## 4.5 Tableaux de résultats

**Tableau 3 – Activités massiques et volumiques des radionucléides des échantillons de sols collectés dans l'environnement terrestre du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique annuel de 2013 à 2022**

Année	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Fraction	Diamètre inférieur à 2 mm	Diamètre inférieur à 2 mm	Diamètre inférieur à 2 mm	Diamètre inférieur à 2 mm	Diamètre inférieur à 2 mm	Diamètre inférieur à 2 mm	Diamètre inférieur à 2 mm	Diamètre inférieur à 2 mm	Diamètre inférieur à 2 mm	Diamètre inférieur à 2 mm
Chronique	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)
Emetteurs gamma d'origine artificielle (Bq.kg <sup>-1</sup> sec)										
<sup>134</sup> Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>137</sup> Cs	8,70 (1/1)	8,40 (1/1)	8,40 (1/1)	9,64 (1/1)	7,61 (1/1)	6,57 (1/1)	7 (1/1)	6,1 (1/1)	6,90 (1/1)	6,67 (1/1)
<sup>58</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>60</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>110m</sup> Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>54</sup> Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>124</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>125</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>131</sup> I	n.a.	n.a.	n.a.	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Emetteurs beta ( <sup>3</sup> H libre : Bq.L <sup>-1</sup> d'eau de dessiccation, <sup>3</sup> H lié : Bq.L <sup>-1</sup> d'eau de combustion)										
<sup>3</sup> H libre	n.a.	5,30 (1/1)	1,20 (1/1)	1,50 (1/1)	14,13 (1/1)	2,12 (1/1)	1,7 (1/1)	n.a.	1,30 (1/1)	-
<sup>3</sup> H lié	n.a.	2,18 (1/1)	11,4 (1/1)	3,2 (1/1)	7,9 (1/1)	0,48 (1/1)	0,19 (1/1)	n.a.	30,0 (1/1)	4,8 (1/1)

n.a. : non analysé ; - : inférieur au seuil de décision.

**Tableau 4 – Activités massiques en radionucléides émetteurs  $\gamma$  des échantillons de mousses collectés dans l’environnement terrestre du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique annuel de 2013 à 2022**

Année	2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2021		2022	
Fraction	Entier		Entier		Entier		Entier		Entier		Entier		Entier		Entier		Entier	
Chronique	Creys - zone hors vents dominants (>5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone hors vents dominants (>5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone hors vents dominants (>5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone hors vents dominants (>5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone hors vents dominants (>5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone hors vents dominants (>5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone hors vents dominants (>5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone hors vents dominants (>5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone hors vents dominants (>5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)
Emetteurs gamma d'origine artificielle (Bq.kg <sup>-1</sup> sec)																		
<sup>134</sup> Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>137</sup> Cs	2,74 (1/1)	0,85 (1/1)	9,6 (1/1)	1,04 (1/1)	5,40 (1/1)	1,85 (1/1)	5,22 (1/1)	0,54 (1/1)	4,39 (1/1)	0,83 (1/1)	4,44 (1/1)	0,44 (1/1)	3,0 (1/1)	0,60 (1/1)	2,54 (1/1)	0,56 (1/1)	1,6 (1/1)	0,45 (1/1)
<sup>58</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>60</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>110m</sup> Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>54</sup> Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>124</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>125</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>131</sup> I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

- : inférieur au seuil de décision.

**Tableau 5 – Activités massiques et volumiques en radionucléides des échantillons de feuilles de chêne collectés dans l’environnement terrestre du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique annuel de 2013 à 2022**

Année	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2021	2022					
Fraction	Feuilles	Feuilles	Feuilles annuelles	Feuilles annuelles	Feuilles annuelles	Feuilles annuelles	Feuilles annuelles	Feuilles annuelles	Feuilles annuelles					
Chronique	Creys - zone hors vents dominants (>5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone hors vents dominants (>5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone hors vents dominants (>5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone hors vents dominants (>5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone hors vents dominants (>5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)
Emetteurs beta ( <sup>3</sup> H libre : Bq.L <sup>-1</sup> d’eau de dessiccation, <sup>3</sup> H lié : Bq.L <sup>-1</sup> d’eau de combustion, <sup>14</sup> C : Bq.kg <sup>-1</sup> C)														
<sup>3</sup> H libre	2,00 (1/1)	1,60 (1/1)	1,20-7,40 (2/2)	1,50 (1/1)	1,20-1,30 (2/2)	1,60-1,80 (2/2)	0,90-2,30 (4/4)	1,64 (1/1)	1,95-1,96 (2/2)	1,08-1,71 (2/2)	0,90 (1/1)	-	1,30 (1/2)	0,8 (1/2)
<sup>3</sup> H lié	1,40 (1/1)	2,30 (1/1)	2,93-8,68 (2/2)	1,40 (1/1)	1,80-1,90 (2/2)	1,71-1,96 (2/2)	3,99-7,42 (4/4)	1,19 (1/1)	8,61-10,35 (2/2)	3,91-5,03 (2/2)	1,80 (1/1)	3,10-3,50 (2/2)	5,10-6,5 (2/2)	2,7-3,8 (2/2)
<sup>14</sup> C	231,3 (1/1)	228,7 (1/1)	227,3-230,0 (2/2)	226,8 (1/1)	225,2-227,7 (2/2)	229,5-230,3 (2/2)	228,4-229,4 (4/4)	229,0 (1/1)	227,2-227,9 (2/2)	226,7-227,4 (2/2)	226,5 (1/1)	225,7-228,5 (2/2)	219,3-220,7 (2/2)	222,2-223,1 (2/2)

n.a. : non analysé ; - : inférieur au seuil de décision.

**Tableau 6 – Activités massiques et volumiques en radionucléides des échantillons de céréales collectés dans l'environnement terrestre du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique annuel de 2013 à 2022**

Année	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Fraction	Graine	Graine	Graine	Graine	Graine	Graine	Graine	Graine	Graine	Graine
Chronique	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)
Emetteurs gamma d'origine artificielle (Bq.kg <sup>-1</sup> .sec)										
<sup>134</sup> Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>137</sup> Cs	-	-	-	-	-	0,0260 (1/1)	0,0170 (1/1)	0,046 (1/1)	0,0106 (1/1)	-
<sup>58</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>60</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>110m</sup> Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>54</sup> Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>124</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>125</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>131</sup> I	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Emetteurs beta ( <sup>3</sup> H libre : Bq.L <sup>-1</sup> d'eau de dessiccation, <sup>3</sup> H lié : Bq.L <sup>-1</sup> d'eau de combustion)										
<sup>3</sup> H libre	1,80 (1/1)	1,20 (1/1)	1,40 (1/1)	0,80 (1/1)	2,34 (1/1)	1,83 (1/1)	1,70 (1/1)	1,70 (1/1)	1,40 (1/1)	0,9 (1/1)
<sup>3</sup> H lié	n.a.	2,43 (1/1)	1,48 (1/1)	1,28 (1/1)	2,84 (1/1)	1,90 (1/1)	1,80 (1/1)	1,20 (1/1)	1,40 (1/1)	1,7 (1/1)

n.a. : non analysé ; - : inférieur au seuil de décision.

**Tableau 7 – Activités massiques et volumiques en radionucléides des échantillons d'herbe collectés dans l'environnement terrestre du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique annuel de 2013 à 2022**

Année	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Fraction	Parties aériennes	Parties aériennes	Parties aériennes	Parties aériennes	Parties aériennes	Parties aériennes	Parties aériennes	Parties aériennes	Parties aériennes	Parties aériennes
Chronique	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)
Emetteurs gamma d'origine artificielle (Bq.kg <sup>-1</sup> sec)										
<sup>134</sup> Cs	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-
<sup>137</sup> Cs	0,114 (1/1)	-	0,174 (1/1)	0,149 (1/1)	0,061-0,129 (2/2)	-	-	n.a.	0,066 (1/1)	0,026 (1/1)
<sup>58</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-
<sup>60</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-
<sup>110m</sup> Ag	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-
<sup>54</sup> Mn	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-
<sup>124</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-
<sup>125</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-
<sup>131</sup> I	n.a.	n.a.	n.a.	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Emetteurs beta ( <sup>3</sup> H libre : Bq.L <sup>-1</sup> d'eau de dessiccation, <sup>3</sup> H lié : Bq.L <sup>-1</sup> d'eau de combustion, <sup>14</sup> C : Bq.kg <sup>-1</sup> C)										
<sup>3</sup> H libre	n.a.	5,90 (1/1)	1,00 (1/1)	1,10 (1/1)	3,51-8,77 (2/2)	0,91 (1/1)	0,90 (1/1)	1,30 (1/1)	1,80 (1/1)	1,7 (1/1)
<sup>3</sup> H lié	n.a.	3,80 (1/1)	1,60 (1/1)	1,60 (1/1)	7,24-7,40 (2/2)	2,07 (1/1)	1,30 (1/1)	1,60 (1/1)	1,60 (1/1)	-
<sup>14</sup> C	n.a.	n.a.	212-227,4 (4/4)	222-231 (4/4)	222-236 (5/5)	225,3-230 (2/2)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

n.a. : non analysé ; - : inférieur au seuil de décision.

**Tableau 8 – Activités massiques et volumiques en radionucléides des échantillons de légumes collectés dans l’environnement terrestre du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique annuel de 2013 à 2022**

Année	2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022	
Fraction	Feuilles	Feuilles	Tubercule	Feuilles	Tubercule	Feuilles	Tubercule	Feuilles	Tubercule	Feuilles	Tubercule	Feuilles	Tubercule	Parties aériennes	Tubercule	Parties aériennes	Tubercule	Parties aériennes	Tubercule	Parties aériennes
Chronique	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone hors vents dominants (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)
Emetteurs gamma d’origine artificielle (Bq.kg <sup>-1</sup> sec)																				
<sup>134</sup> Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>137</sup> Cs	-	-	0,069 (1/1)	0,092 (1/1)	0,315 (1/1)	0,33 (1/1)	-	0,200 (1/1)	0,167 (1/1)	0,209 (1/1)	0,135 (1/1)	0,150 (1/1)	0,063 (1/1)	0,190 (1/1)	0,07 (1/1)	-	0,138 (1/1)	-	0,073 (1/1)	
<sup>58</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>60</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>110m</sup> Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>54</sup> Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>124</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>125</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>131</sup> I	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Emetteurs beta ( <sup>3</sup> H libre : Bq.L <sup>-1</sup> d’eau de dessiccation, <sup>3</sup> H lié : Bq.L <sup>-1</sup> d’eau de combustion)																				
<sup>3</sup> H libre	1,00 (1/1)	n.a.	3,5 (1/1)	n.a.	0,89-1,1 (2/2)	n.a.	3,5 (1/1)	n.a.	2,33 (1/1)	n.a.	1,53 (1/1)	1,1 (1/1)	n.a.	-	n.a.	1,9 (1/1)	n.a.	n.a.	1,2 (1/1)	
<sup>3</sup> H lié	n.a.	n.a.	4,3 (1/1)	n.a.	n.a.	n.a.	3,3 (1/1)	n.a.	3,32 (1/1)	n.a.	1,79 (1/1)	0,88 (1/1)	n.a.	1,1 (1/1)	n.a.	0,86 (1/1)	n.a.	n.a.	2,0 (1/1)	

Espèces concernées : Pomme de Terre, Salades

**Tableau 9 - Activités massiques et volumiques en radionucléides des échantillons de lait collectés dans l'environnement terrestre du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique annuel de 2013 à 2022**

Année	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022							
Fraction	Entier	Entier	Entier	Entier	Entier	Entier	Entier	Entier	Entier	Entier							
Emetteurs gamma d'origine artificielle (Bq.kg <sup>-1</sup> sec)																	
<sup>134</sup> Cs	-	-	-	n.a.	-	n.a.	-	n.a.	-	n.a.							
<sup>137</sup> Cs	0,0055 (1/1)	-	0,0073 (1/1)	n.a.	0,0070 (1/1)	n.a.	0,0069 (1/1)	n.a.	0,0280 (1/1)	n.a.	0,0246 (1/1)	n.a.	n.a.	n.a.	0,0282 (1/1)	0,0148 (1/1)	
<sup>58</sup> Co	-	-	-	n.a.	-	n.a.	-	n.a.	-	n.a.	-	n.a.	n.a.	n.a.	-	-	
<sup>60</sup> Co	-	-	-	n.a.	-	n.a.	-	n.a.	-	n.a.	-	n.a.	n.a.	n.a.	-	-	
<sup>110m</sup> Ag	-	-	-	n.a.	-	n.a.	-	n.a.	-	n.a.	-	n.a.	n.a.	n.a.	-	-	
<sup>54</sup> Mn	-	-	-	n.a.	-	n.a.	-	n.a.	-	n.a.	-	n.a.	n.a.	n.a.	-	-	
<sup>124</sup> Sb	-	-	-	n.a.	-	n.a.	-	n.a.	-	n.a.	-	n.a.	n.a.	n.a.	-	-	
<sup>125</sup> Sb	-	-	-	n.a.	-	n.a.	-	n.a.	-	n.a.	-	n.a.	n.a.	n.a.	-	-	
<sup>131</sup> I	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
Emetteurs beta ( <sup>3</sup> H libre : Bq.L <sup>-1</sup> d'eau de dessiccation, <sup>3</sup> H lié : Bq.L <sup>-1</sup> d'eau de combustion, <sup>14</sup> C : Bq.kg <sup>-1</sup> C)																	
<sup>3</sup> H libre	1,30 (1/1)	3,70 (1/1)	0,80-1,10 (4/4)	1,00-1,30 (4/5)	0,80-3,80 (5/5)	0,60-1,20 (4/4)	1,01-4,02 (5/5)	1,08-1,12 (4/4)	0,85-1,23 (4/4)	0,64-0,89 (3/4)	0,8 (1/1)	0,7-1,4 (6/7)	1,00-1,20 (3/4)	0,80-1,30 (2/3)	0,7-1,1 (4/4)	0,8-0,9 (3/4)	n.a.
<sup>3</sup> H lié	n.a.	3,80 (1/1)	1,20 (1/1)	n.a.	2,00 (1/1)	n.a.	2,73 (1/1)	n.a.	-	n.a.	n.a.	2,00 (1/1)	n.a.	n.a.	n.a.	1,00 (1/1)	3,1 (1/1)
<sup>14</sup> C	n.a.	n.a.	222-232 (4/4)	n.a.	226-232 (4/4)	n.a.	226-229 (4/4)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

n.a. : non analysé ; - : inférieur au seuil de décision.

Tableau 10 - Teneur en matière organique et caractéristiques granulométriques de l'échantillon de sol récolté dans l'environnement terrestre du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique en 2022.

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité	Fractions	%
Creys-Mépieu	28/06/2022	Sols cultivés	Sol de céréales	≤ 2 mm	sec	Matière organique	2,12
						Argiles (<2μm)	11,3
						Limons Fins	11,3
						Limons Grossiers	9
						Sables Fins	15,9
Sables Grossiers	52,5						



**Tableau 11 – Activités en radionucléides émetteurs  $\gamma$  d'origine naturelle mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique 2022**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité	Frais/Sec	Date de mesure	$^{40}\text{K}$	Famille du $^{232}\text{Th}$	Famille de $^{238}\text{U}$			$^7\text{Be}$	Unité
										$^{228}\text{Ac}$	$^{234}\text{Th}$	$^{234\text{m}}\text{Pa}$	$^{210}\text{Pb}$		
Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	29/06/2022	Sols	Sol de céréale	Produits de tamisage Tamisé < 2000 $\mu\text{m}$	Sec	1,15	12/09/2022	333 $\pm$ 24	24,3 $\pm$ 1,5	24,1 $\pm$ 4,9	20 $\pm$ 8	41 $\pm$ 13	5,8 $\pm$ 1,4	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	28/06/2022	Céréales	Blé non identifié <i>Triticum sp.</i>	Graine	Cendre	1,12	15/11/2022	127 $\pm$ 10	0,33 $\pm$ 0,05	$\leq$ 0,12	$\leq$ 1,7	0,75 $\pm$ 0,15	6,4 $\pm$ 0,6	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	26/07/2022	Légumes	Pomme de Terre <i>Solanum tuberosum</i>	Tubercule	Cendre	5,70	15/11/2022	720 $\pm$ 50	$\leq$ 0,26	$\leq$ 0,50	$\leq$ 8,0	$\leq$ 0,60	$\leq$ 1,2	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	29/06/2022	Légumes	Salades	Parties aériennes	Cendre	19,34	19/09/2022	2 620 $\pm$ 200	$\leq$ 1,0	$\leq$ 2,0	$\leq$ 31	16,5 $\pm$ 2,5	261 $\pm$ 21	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	03/05/2022	Herbes	Herbe de pâturage		Frais	3,61	19/08/2022	592 $\pm$ 45	0,89 $\pm$ 0,13	$\leq$ 0,29	$\leq$ 4,0	6 $\pm$ 0,7	38,7 $\pm$ 3,2	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Creys - zone hors vents dominants (>5 km)	Ambléon	29/03/2022	Mousses terrestres	<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i>		Frais	1,10	06/04/2022	143 $\pm$ 15	$\leq$ 1,2	$\leq$ 2,4	$\leq$ 23	444 $\pm$ 38	583 $\pm$ 34	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	29/03/2022	Mousses terrestres	<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i>		Frais	1,66	06/04/2022	107 $\pm$ 11	$\leq$ 1,7	$\leq$ 2,9	$\leq$ 39	315 $\pm$ 29	330 $\pm$ 20	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Creys - zone sous les vents (<5 km)	Bouvesse-Quirieu	03/05/2022	Produits laitiers	Lait de vache	Entier	Cendre	8,08	29/08/2022	51,5 $\pm$ 4	$\leq$ 0,019	$\leq$ 0,044	$\leq$ 0,60	$\leq$ 0,050	$\leq$ 0,11	Bq.L <sup>-1</sup>

**Tableau 12 – Activités en radionucléides émetteurs  $\gamma$  d'origine artificielle mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique 2022**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité	Frais/Sec	Date de mesure	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	<sup>58</sup> Co	<sup>60</sup> Co	<sup>110m</sup> Ag	<sup>54</sup> Mn	<sup>124</sup> Sb	<sup>125</sup> Sb	<sup>131I</sup> *	Unité
Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	29/06/2022	Sols	Sol de céréale	Produits de tamisage Tamisé < 2000 $\mu$ m	Sec	1,15	12/09/2022	$\leq 0,11$	<b>6,67±0,48</b>	$\leq 0,21$	$\leq 0,12$	$\leq 0,16$	$\leq 0,14$	$\leq 0,24$	$\leq 0,35$	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	28/06/2022	Céréales	Blé non identifié <i>Triticum sp.</i>	Graine	Cendre	1,12	15/11/2022	$\leq 0,011$	$\leq 0,0100$	$\leq 0,043$	$\leq 0,016$	$\leq 0,019$	$\leq 0,015$	$\leq 0,044$	$\leq 0,026$	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	26/07/2022	Légumes	Pomme de Terre <i>Solanum tuberosum</i>	Tubercule	Cendre	5,70	15/11/2022	$\leq 0,050$	<b>0,073±0,028</b>	$\leq 0,16$	$\leq 0,080$	$\leq 0,080$	$\leq 0,070$	$\leq 0,15$	$\leq 0,12$	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	29/06/2022	Légumes	Salades	Parties aériennes	Cendre	19,34	19/09/2022	$\leq 0,18$	$\leq 0,18$	$\leq 0,45$	$\leq 0,30$	$\leq 0,29$	$\leq 0,24$	$\leq 0,39$	$\leq 0,44$	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	03/05/2022	Herbes	Herbe de pâturage		Frais	3,61	19/08/2022	$\leq 0,026$	<b>0,026±0,013</b>	$\leq 0,080$	$\leq 0,040$	$\leq 0,041$	$\leq 0,034$	$\leq 0,070$	$\leq 0,060$	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Creys - zone hors vents dominants (>5 km)	Ambléon	29/03/2022	Mousses terrestres	<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i>		Frais	1,10	06/04/2022	$\leq 0,17$	<b>1,6±0,35</b>	$\leq 0,21$	$\leq 0,22$	$\leq 0,24$	$\leq 0,20$	$\leq 0,20$	$\leq 0,60$	$\leq 0,42$	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	29/03/2022	Mousses terrestres	<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i>		Frais	1,66	06/04/2022	$\leq 0,31$	<b>0,45±0,21</b>	$\leq 0,28$	$\leq 0,33$	$\leq 0,36$	$\leq 0,32$	$\leq 0,33$	$\leq 0,90$	$\leq 0,60$	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Creys - zone sous les vents (<5 km)	Bouvesse-Quirieu	03/05/2022	Produits laitiers	Lait de vache	Entier	Cendre	8,08	29/08/2022	$\leq 0,0041$	<b>0,0148±0,0026</b>	$\leq 0,013$	$\leq 0,0060$	$\leq 0,0070$	$\leq 0,0050$	$\leq 0,013$	$\leq 0,0100$	n.a.	Bq.L <sup>-1</sup>

n.a. : non analysé.

**Tableau 13 – Activités en tritium libre mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique 2022**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Date de mesure	<sup>3</sup> H libre (Bq.L <sup>-1</sup> d'eau de dessiccation)	<sup>3</sup> H libre (Bq.kg <sup>-1</sup> sec ou frais ou Bq.L <sup>-1</sup> )	Unité
Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	29/06/2022	Sols	Sol de céréale	Eau extraite par lyophilisation	1,15	27/09/2022	≤ 0,70	≤ 0,11	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	28/06/2022	Céréales	Blé non identifié <i>Triticum sp.</i>	Eau extraite par lyophilisation	1,83	27/09/2022	0,9±0,7	0,41±0,32	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	26/07/2022	Légumes	Pomme de Terre <i>Solanum tuberosum</i>	Eau extraite par lyophilisation	5,21	27/09/2022	1,2±0,7	0,97±0,57	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	03/05/2022	Herbes	Herbe de pâturage	Eau extraite par lyophilisation	3,61	30/05/2022	1,7±0,7	1,23±0,51	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Creys - zone sous les vents (<5 km) - 1,55 km NO	Creys-Mépieu	21/09/2022	Arbres	Chêne pédonculé <i>Quercus robur</i> (= <i>pedunculata</i> )	Eau extraite par lyophilisation	2,07	16/11/2022	≤ 0,70	≤ 0,36	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Creys - zone sous les vents (<5 km) - 2,16 km SSE	Creys-Mépieu	21/09/2022	Arbres	Chêne pédonculé <i>Quercus robur</i> (= <i>pedunculata</i> )	Eau extraite par lyophilisation	2,16	16/11/2022	0,8±0,7	0,43±0,38	Bq.kg <sup>-1</sup> frais

**Tableau 14 – Activités en tritium organiquement lié (TOL) mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique 2022**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Date de mesure	TOL (Bq.L <sup>-1</sup> d'eau de combustion)	TOL (Bq.kg <sup>-1</sup> sec ou frais ou Bq.L <sup>-1</sup> )	Unité
Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	29/06/2022	Sols	Sol de céréale	Produits de tamisage Tamisé < 2000 µm	1,15	06/02/2023	4,8±4,8	0,17±0,17	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	28/06/2022	Céréales	Blé non identifié Triticum sp.	Graine	1,83	28/05/2023	1,7±0,8	0,55±0,26	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	26/07/2022	Légumes	Pomme de Terre Solanum tuberosum	Résidu sec obtenu après lyophilisation	5,21	28/05/2023	2±0,7	0,219±0,077	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	03/05/2022	Herbes	Herbe de pâturage	Résidu sec obtenu après lyophilisation	3,61	15/09/2022	≤ 0,80	≤ 0,13	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Creys - zone sous les vents (<5 km) - 1,55 km NO	Creys-Mépieu	21/09/2022	Arbres	Chêne pédonculé <i>Quercus robur</i> (= <i>pedunculata</i> )	Résidu sec obtenu après lyophilisation	2,07	02/12/2022	2,7±0,8	0,71±0,21	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Creys - zone sous les vents (<5 km) - 2,16 km SSE	Creys-Mépieu	21/09/2022	Arbres	Chêne pédonculé <i>Quercus robur</i> (= <i>pedunculata</i> )	Résidu sec obtenu après lyophilisation	2,16	02/12/2022	3,8±0,9	1,01±0,24	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Creys - zone sous les vents (<5 km)	Bouvesse-Quirieu	03/05/2022	Produits laitiers	Lait de vache	Entier	7,51	21/09/2022	3,1±0,9	0,311±0,091	Bq.L <sup>-1</sup> d'ECH.

Tableau 15 – Activités en  $^{14}\text{C}$  mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique 2022

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Date de mesure $^{14}\text{C}$	$^{14}\text{C}$ (Bq.kg <sup>-1</sup> de C)	$\delta^{12/13}\text{C}$ (‰)	pMC (%)	$^{14}\text{C}$ (Bq.kg <sup>-1</sup> sec)	C TOT. (kg.kg <sup>-1</sup> sec)
Creys - zone sous les vents (<5 km) - 1,55 km NO	Creys-Mépieu	21/09/2022	Arbres	Chêne pédonculé <i>Quercus robur</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	2,07	10/03/2023	222,2±2,5	-29,86	99,3±1,1	99,3±1,1	0,45
Creys - zone sous les vents (<5 km) - 2,16 km SSE	Creys-Mépieu	21/09/2022	Arbres	Chêne pédonculé <i>Quercus robur</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	2,16	10/03/2023	223,1±2,5	-28,28	99,4±1,1	105,1±1,2	0,47

**Tableau 16 – Activités massiques et volumiques en radionucléides des échantillons de sédiments collectés dans l’environnement aquatique du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique annuel de 2013 à 2022**

Année	2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022	
Fraction	Entier		Diamètre inférieur à 2 mm		Diamètre inférieur à 2 mm		Diamètre inférieur à 2 mm		Diamètre inférieur à 2 mm		Diamètre inférieur à 2 mm		Produits de tamisage		Produits de tamisage		Produits de tamisage		Produits de tamisage	
Chronique	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys
Emetteurs gamma d’origine artificielle (Bq.kg <sup>-1</sup> sec)																				
<sup>134</sup> Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>137</sup> Cs	4,80 (1/1)	10,1 (1/1)	4,40 (1/1)	8,0 (1/1)	3,57 (1/1)	7,8 (1/1)	2,61 (1/1)	8,7 (1/1)	3,61 (1/1)	7,4 (1/1)	1,49 (1/1)	6,6 (1/1)	4,10 (1/1)	5,11 (1/1)	3,37 (1/1)	5,80 (1/1)	2,62 (1/1)	6,40 (1/1)	2,9 (1/1)	6,5 (1/1)
<sup>58</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>60</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>110m</sup> Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>54</sup> Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>124</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>125</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>131</sup> I	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Emetteurs beta ( <sup>3</sup> H libre : Bq.L <sup>-1</sup> d’eau de dessiccation, <sup>3</sup> H lié : Bq.L <sup>-1</sup> d’eau de combustion, <sup>14</sup> C : Bq.kg <sup>-1</sup> C, autres : Bq.kg <sup>-1</sup> sec)																				
<sup>3</sup> H libre	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,80 (1/1)	-	n.a.	n.a.	0,94 (1/1)	0,8 (1/1)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,80 (1/1)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
<sup>3</sup> H lié	240 (1/1)	1 190 (1/1)	399 (1/1)	760 (1/1)	-	570 (1/1)	500 (1/1)	420 (1/1)	< LQ	< LQ	30,4 (1/1)	180 (1/1)	85,58 (1/1)	356,73 (1/1)	n.a.	n.a.	89,0 (1/1)	98,0 (1/1)	96 (1/1)	630 (1/1)
<sup>14</sup> C	136,5 (1/1)	176,5 (1/1)	105,5 (1/1)	121,2 (1/1)	207,6 (1/1)	201,8 (1/1)	195,7 (1/1)	193,7 (1/1)	203,0 (1/1)	189,3 (1/1)	146,5 (1/1)	208,4 (1/1)	197,4 (1/1)	166,7 (1/1)	n.a.	n.a.	183,7 (1/1)	196,5 (1/1)	192,2 (1/1)	188 (1/1)
<sup>90</sup> Sr	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	0,97 (1/1)	n.a.	n.a.
<sup>55</sup> Fe	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
<sup>63</sup> Ni	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	-	-	0,14 (1/1)	-

n.a. : non analysé ; - : inférieur au seuil de décision. <LQ : Le pourcentage massique d’hydrogène dans l’échantillon est trop faible (< 0,3 % en masse) pour la technique de mesure.

**Tableau 17 – Activités massiques et volumiques en radionucléides des échantillons de mousses collectés dans l’environnement aquatique du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique annuel de 2013 à 2022**

Année	2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2021		2022	
Fraction	Entier		Entier		Entier		Parties aériennes		Parties aériennes		Parties aériennes		Entier		Parties aériennes		Parties aériennes	
Chronique	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys
Emetteurs gamma d’origine artificielle (Bq.kg <sup>-1</sup> sec)																		
<sup>134</sup> Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
<sup>137</sup> Cs	1,33 (1/1)	1,46 (1/1)	1,35 (1/1)	2,16 (1/1)	1,10 (1/1)	1,74 (1/1)	1,02 (1/1)	1,62 (1/1)	1,84 (1/1)	2,31 (1/1)	1,19 (1/1)	1,28 (1/1)	1,14 (1/1)	1,14 (1/1)	1,26 (1/1)	1,20-1,95 (2/2)	n.a.	n.a.
<sup>58</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
<sup>60</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
<sup>110m</sup> Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
<sup>54</sup> Mn	-	-	-	-	-	0,42 (1/1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
<sup>124</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
<sup>125</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
<sup>131</sup> I	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	8,5 (1/1)	n.a.	n.a.
Emetteurs beta ( <sup>3</sup> H libre : Bq.L <sup>-1</sup> d’eau de dessiccation, <sup>3</sup> H lié : Bq.L <sup>-1</sup> d’eau de combustion, <sup>14</sup> C : Bq.kg <sup>-1</sup> C, autres : Bq.kg <sup>-1</sup> sec)																		
<sup>55</sup> Fe	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	-	-	-	n.a.	n.a.
<sup>63</sup> Ni	-	-	0,055 (1/1)	-	0,238 (1/1)	-	0,082 (1/1)	-	-	-	-	-	-	-	-	0,226 (1/1)	n.a.	n.a.

n.a. : non analysé ; - : inférieur au seuil de décision.

**Tableau 18 – Activités massiques et volumiques en radionucléides des échantillons de végétaux (phanérogames immergées) collectés dans l’environnement aquatique du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique annuel de 2013 à 2022**

Année	2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022	
Fraction	Entier		Entier		Entier		Parties aériennes		Parties aériennes		Parties aériennes		Parties aériennes		Parties aériennes		Parties aériennes		Parties aériennes	
Chronique	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys
Emetteurs gamma d'origine artificielle (Bq.kg <sup>-1</sup> sec)																				
<sup>134</sup> Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>137</sup> Cs	1,77-1,9 (2/2)	1,17-2,26 (2/2)	1,43-1,48 (2/2)	1,62-2,42 (2/2)	1,96-2,14 (2/2)	1,88-3,98 (2/2)	1,01 (1/2)	1,22-1,26 (2/2)	1,17 (1/2)	1,79-3,82 (2/2)	1,23-3,07 (2/2)	0,353-1,84 (2/2)	0,77-1,05 (2/2)	0,350-1,06 (2/2)	1,31 (1/1)	1,41 (1/1)	0,81-1,02 (2/2)	0,66-1,03 (2/2)	1,07 (1/2)	0,87 (1/2)
<sup>58</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>60</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>110m</sup> Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>54</sup> Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>124</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>125</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>131</sup> I	11,4 (1/1)	6,5 (1/1)	11,1 (1/1)	4,7 (1/1)	69,9 (1/1)	41 (1/1)	4,0 (1/1)	2,1 (1/1)	32,5 (1/1)	19 (1/1)	4,8 (1/1)	2,0 (1/1)	10,9 (1/1)	3,06 (1/1)	n.a.	n.a.	2,90 (1/1)	13,8 (1/1)	8,6 (1/1)	9,9 (1/1)
Emetteurs beta ( <sup>3</sup> H libre : Bq.L <sup>-1</sup> d'eau de dessiccation, <sup>3</sup> H lié : Bq.L <sup>-1</sup> d'eau de combustion, <sup>14</sup> C : Bq.kg <sup>-1</sup> C, autres : Bq.kg <sup>-1</sup> sec)																				
<sup>3</sup> H libre	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,30 (1/1)	-	1,00 (1/1)	1,3 (1/1)	0,69 (1/1)	-	0,66 (1/1)	1,2 (1/1)	-	0,90 (1/1)	n.a.	-	-	-	-	0,9 (1/1)
<sup>3</sup> H lié	11,1 (1/1)	15,9 (1/1)	6,20 (1/1)	9,3 (1/1)	6,80 (1/1)	7,6 (1/1)	4,30 (1/1)	8,7 (1/1)	3,58 (1/1)	6,2 (1/1)	104,2 (1/1)	7,3 (1/1)	2,50 (1/1)	5,00 (1/1)	n.a.	n.a.	5,3 (1/1)	5,6 (1/1)	2,9 (1/1)	2,3 (1/1)
<sup>14</sup> C	198,5 (1/1)	196,7 (1/1)	198,3 (1/1)	203,3 (1/1)	193,8 (1/1)	194,3 (1/1)	189,9 (1/1)	189,8 (1/1)	191,2 (1/1)	190,8 (1/1)	186,9 (1/1)	189,4 (1/1)	189,4 (1/1)	189,9 (1/1)	n.a.	n.a.	191,0 (1/1)	190,9 (1/1)	191,3 (1/1)	192,2 (1/1)
<sup>55</sup> Fe																				-
<sup>63</sup> Ni																				-

n.a. : non analysé ; - : inférieur au seuil de décision.



**Tableau 19 – Activités massiques et volumiques en radionucléides des échantillons de poissons collectés dans l’environnement aquatique du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique annuel de 2013 à 2022**

Année	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022										
Fraction	Muscle		Muscle		Muscle		Muscle		Muscle											
Chronique	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys										
Emetteurs gamma d'origine artificielle (Bq.kg <sup>-1</sup> frais)																				
<sup>134</sup> Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-										
<sup>137</sup> Cs	0,079 (1/1)	0,068 (1/1)	0,046 (1/1)	0,065 (1/1)	0,0524 (1/1)	0,071 (1/1)	0,0577 (1/1)	0,056 (1/1)	0,0513 (1/1)	0,096 (1/1)	0,058 (1/1)	0,082 (1/1)	0,0510 (1/1)	0,0536 (1/1)	0,0390 (1/1)	0,0800 (1/1)	0,0430 (1/1)	0,0570 (1/1)	0,038 (1/1)	0,056 (1/1)
<sup>58</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>60</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>110m</sup> Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>54</sup> Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>124</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-	-	-
<sup>125</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>131</sup> I	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Emetteurs beta ( <sup>3</sup> H libre : Bq.L <sup>-1</sup> d'eau de dessiccation, <sup>3</sup> H lié : Bq.L <sup>-1</sup> d'eau de combustion, <sup>14</sup> C : Bq.kg <sup>-1</sup> C)																				
<sup>3</sup> H libre	0,70 (1/1)	-	0,80 (1/1)	-	-	0,9 (1/1)	1,10 (1/1)	0,9 (1/1)	0,82 (1/1)	0,94-1,14 (2/2)	-	0,75 (1/1)	n.a.	n.a.	n.a.	-	n.a.	n.a.	n.a.	-
<sup>3</sup> H lié	3,6 (1/1)	3,5 (1/1)	3,40 (1/1)	3,8 (1/1)	3,1 (1/1)	3 (1/1)	2,30 (1/1)	4,7 (1/1)	2,74 (1/1)	1,9-3,24 (2/2)	2,00 (1/1)	2,6 (1/1)	1,10 (1/1)	1,80 (1/1)	2,20 (1/1)	3,30 (1/1)	2,10 (1/1)	2,60 (1/1)	2,60 (1/1)	2,90 (1/1)
<sup>14</sup> C	207,5 (1/1)	264,3 (1/1)	211,3 (1/1)	204,3 (1/1)	206,3 (1/1)	208 (1/1)	201 (1/1)	261 (1/1)	203 (1/1)	207-210 (2/2)	203 (1/1)	220 (1/1)	200 (1/1)	207 (1/1)	n.a.	237 (1/1)	197,8 (1/1)	239 (1/1)	210 (1/1)	207 (1/1)

n.a. : non analysé ; - : inférieur au seuil de décision. Analyses réalisées sur les muscles de poissons.

**Tableau 20 - Teneur en matière organique et caractéristiques granulométriques des échantillons de sédiments récoltés dans l'environnement aquatique du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique en 2022.**

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité	Fractions	%
Groslée	29/03/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	≤ 2 mm	sec	Matière organique	3,19
						Argiles (<2µm)	11,0
						Limons Fins	16,7
						Limons Grossiers	23,5
						Sables Fins	48,1
Sables Grossiers	0,70						
Porcieu-Amblagnieu	30/03/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	≤ 2 mm	sec	Matière organique	2,97
						Argiles (<2µm)	17,8
						Limons Fins	39,0
						Limons Grossiers	24,4
						Sables Fins	17,0
Sables Grossiers	1,8						

**Tableau 21 – Activités en radionucléides émetteurs  $\gamma$  d'origine naturelle mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique 2022**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité	Frais/Sec	Date de mesure	<sup>40</sup> K	Famille du <sup>232</sup> Th	Famille de l' <sup>238</sup> U			<sup>7</sup> Be	Unité
										<sup>228</sup> Ac	<sup>234</sup> Th	<sup>234m</sup> Pa	<sup>210</sup> Pb		
Rhône en amont du creys	Groslée	29/03/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Produits de tamisage Tamisé < 2000 $\mu$ m	Sec	1,74	26/04/2022	425 $\pm$ 29	39,3 $\pm$ 4,2	50 $\pm$ 7	45 $\pm$ 11	81 $\pm$ 16	26,2 $\pm$ 2,2	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en aval du creys	Porcieu-Amblagnieu	30/03/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Produits de tamisage Tamisé < 2000 $\mu$ m	Sec	1,86	25/04/2022	515 $\pm$ 39	44,7 $\pm$ 4,8	51 $\pm$ 6	60 $\pm$ 13	91 $\pm$ 16	9,8 $\pm$ 1,4	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en amont du creys	Champagneux	26/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Parties aériennes	Frais	9,80	01/08/2022	794 $\pm$ 69	19,6 $\pm$ 5,9	28,4 $\pm$ 7,8	$\leq$ 170	40,2 $\pm$ 7,8	53,9 $\pm$ 8,8	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en amont du creys	Champagneux	26/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Parties aériennes	Cendre	12,12	21/11/2022	870 $\pm$ 70	13,5 $\pm$ 1,6	26,9 $\pm$ 2,7	22 $\pm$ 10	24,5 $\pm$ 3,4	39,4 $\pm$ 4,2	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en aval du creys	Serrières-de-Briord	26/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle <i>Myriophyllum sp.</i>	Parties aériennes	Frais	9,21	01/08/2022	580 $\pm$ 46	23,0 $\pm$ 4,6	35,0 $\pm$ 6,4	$\leq$ 100	26,7 $\pm$ 6,4	76,5 $\pm$ 8,3	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en aval du creys	Serrières-de-Briord	26/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Parties aériennes	Cendre	10,19	28/10/2022	513 $\pm$ 39	22,1 $\pm$ 2,4	28,7 $\pm$ 2,6	29 $\pm$ 7	22,5 $\pm$ 2,9	41,3 $\pm$ 3,6	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en amont du creys	Brégnier-Cordon	02/05/2022	Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Muscle	Cendre	4,83	10/08/2022	118 $\pm$ 9	$\leq$ 0,060	$\leq$ 0,12	$\leq$ 1,6	$\leq$ 0,15	$\leq$ 0,24	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Rhône en aval du creys	Sault-Brénaz	02/05/2022	Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Muscle	Cendre	4,29	12/08/2022	105 $\pm$ 8	$\leq$ 0,035	$\leq$ 0,080	$\leq$ 1,1	$\leq$ 0,090	$\leq$ 0,15	Bq.kg <sup>-1</sup> frais

n.a. : non analysé.

**Tableau 22 – Activités en radionucléides émetteurs γ d'origine artificielle mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique 2022**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité Frais/Sec		Date de mesure	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	<sup>58</sup> Co	<sup>60</sup> Co	<sup>54</sup> Mn	<sup>124</sup> Sb	<sup>125</sup> Sb	<sup>110m</sup> Ag	<sup>131</sup> I	Unité
Rhône en amont d creys	Groslée	29/03/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Produits de tamisage Tamisé < 2000 µm	Sec	1,74	26/04/2022	≤ 0,15	<b>2,9±0,24</b>	≤ 0,19	≤ 0,17	≤ 0,20	≤ 0,19	≤ 0,45	≤ 0,19	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> se
Rhône en aval du creys	Porcieu-Amblagnieu	30/03/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Produits de tamisage Tamisé < 2000 µm	Sec	1,86	25/04/2022	≤ 0,16	<b>6,5±0,5</b>	≤ 0,19	≤ 0,19	≤ 0,21	≤ 0,19	≤ 0,47	≤ 0,20	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> se
Rhône en amont d creys	Champagneux	26/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Parties aériennes	Frais	9,80	01/08/2022	≤ 1,2	≤ 1,6	≤ 1,3	≤ 1,5	≤ 1,2	≤ 1,2	≤ 2,9	≤ 1,3	<b>8,6±1,6</b>	Bq.kg <sup>-1</sup> se
Rhône en amont d creys	Champagneux	26/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Parties aériennes	Cendre	12,12	21/11/2022	≤ 0,13	<b>1,07±0,12</b>	≤ 0,40	≤ 0,19	≤ 0,20	≤ 0,43	≤ 0,35	≤ 0,22	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> se
Rhône en aval du creys	Serrières-de-Briord	26/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle <i>Myriophyllum sp.</i>	Parties aériennes	Frais	9,21	01/08/2022	≤ 0,92	≤ 1,1	≤ 0,74	≤ 0,92	≤ 0,83	≤ 0,92	≤ 2,3	≤ 1,0	<b>9,9±1,4</b>	Bq.kg <sup>-1</sup> se
Rhône en aval du creys	Serrières-de-Briord	26/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Parties aériennes	Cendre	10,19	28/10/2022	≤ 0,080	<b>0,87±0,08</b>	≤ 0,18	≤ 0,090	≤ 0,100	≤ 0,19	≤ 0,20	≤ 0,12	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> se
Rhône en amont d creys	Brégnier-Cordon	02/05/2022	Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Muscle	Cendre	4,83	10/08/2022	≤ 0,012	<b>0,038±0,007</b>	≤ 0,031	≤ 0,017	≤ 0,014	≤ 0,031	≤ 0,028	≤ 0,018	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Rhône en aval du creys	Sault-Brénaz	02/05/2022	Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Muscle	Cendre	4,29	12/08/2022	≤ 0,0070	<b>0,056±0,006</b>	≤ 0,021	≤ 0,011	≤ 0,0090	≤ 0,019	≤ 0,016	≤ 0,012	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> frais

n.a : non analysé.

**Tableau 23 – Activités en tritium libre mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique 2022**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Date de mesure	<sup>3</sup> H libre (Bq.L <sup>-1</sup> d'eau de dessiccation)	<sup>3</sup> H libre (Bq.kg <sup>-1</sup> sec ou frais ou Bq.L <sup>-1</sup> )	Unité
Rhône en amont de Creys	Champagneux	26/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Eau extraite par lyophilisation	9,80	21/09/2022	≤ 0,60	≤ 0,54	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Rhône en aval de Creys	Serrières-de-Briord	26/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle <i>Myriophyllum sp.</i>	Eau extraite par lyophilisation	9,21	16/11/2022	0,9±0,7	0,80±0,62	Bq.kg <sup>-1</sup> frais

**Tableau 24 – Activités en tritium organiquement lié (TOL) mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique 2022**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Date de mesure	TOL (Bq.L <sup>-1</sup> d'eau de combustion)	TOL (Bq.kg <sup>-1</sup> sec ou frais ou Bq.L <sup>-1</sup> )	Unité
Rhône en amont du creys	Groslée	29/03/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Produits de tamisage <i>Tamisé &lt; 2000 µm</i>	1,74	08/11/2022	96±45	3,71±0,26	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en aval du creys	Porcieu-Amblagnieu	30/03/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Produits de tamisage <i>Tamisé &lt; 2000 µm</i>	1,86	08/11/2022	630±280	25,5±1,8	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en amont du creys	Champagneux	26/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	9,80	12/11/2022	2,9±0,7	0,134±0,033	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Rhône en aval du creys	Serrières-de-Briord	26/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle <i>Myriophyllum sp.</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	9,21	12/11/2022	2,3±0,7	0,115±0,036	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Rhône en amont du creys	Brégnier-Cordon	02/05/2022	Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Muscle	4,82	11/04/2023	2,6±0,8	0,35±0,11	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Rhône en aval du creys	Sault-Brénaz	02/05/2022	Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	4,36	18/05/2023	2,9±0,8	0,44±0,12	Bq.kg <sup>-1</sup> frais

**Tableau 25 – Activités en <sup>14</sup>C mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique 2022**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Date de mesure <sup>14</sup> C	<sup>14</sup> C (Bq.kg <sup>-1</sup> de C)	δ <sup>12/13</sup> C (‰)	pMC (%)	<sup>14</sup> C (Bq.kg <sup>-1</sup> sec ou frais ou Bq.L <sup>-1</sup> )	C TOT. (g.kg <sup>-1</sup> sec ou frais ou g.L <sup>-1</sup> )	Unité
Rhône en amont du creys	Groslée	29/03/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Produits de tamisage Tamisé < 2000 µm	1,74	16/11/2022	192,2±2,2	-10,28	82,54±0,94	10,49±0,12	55	Sec
Rhône en aval du creys	Porcieu-Amblagnieu	30/03/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Produits de tamisage Tamisé < 2000 µm	1,86	16/11/2022	188±2,2	-8,15	80,38±0,94	9,81±0,11	52	Sec
Rhône en amont du creys	Brégnier-Cordon	02/05/2022	Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Muscle	4,82	06/09/2022	210±10	-23,66	92,7±4,4	20,85±0,99	99	Frais
Rhône en aval du creys	Sault-Brénaz	02/05/2022	Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Muscle	4,36	15/12/2022	207±14	-24,34	91,5±6,2	22,7±1,5	110	Frais
Rhône en amont du creys	Champagneux	26/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	9,80	17/02/2023	191,3±2,2	-15,47	83,03±0,95	6,411±0,074	34	Frais
Rhône en aval du creys	Serrières-de-Briord	26/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle <i>Myriophyllum sp.</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	9,21	17/02/2023	192,2±2,2	-14,86	83,32±0,95	7,477±0,086	39	Frais

**Tableau 26 – Activités en <sup>63</sup>Ni mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique 2022**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Qualité	Date de mesure <sup>63</sup> Ni	<sup>63</sup> Ni (Bq.kg <sup>-1</sup> sec ou frais ou Bq.L <sup>-1</sup> )	Ni (g.kg <sup>-1</sup> sec ou frais ou g.L <sup>-1</sup> )	Unité
Rhône en amont du creys	Groslée	29/03/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Produits de tamisage Tamisé < 2000 µm	1,74	Cendre	24/05/2022	0,14±0,11	0,366	Sec
Rhône en aval du creys	Porcieu-Amblagnieu	30/03/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Produits de tamisage Tamisé < 2000 µm	1,86	Cendre	24/05/2022	≤ 0,100	0,433	Sec
Rhône en amont du creys	Champagneux	26/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Parties aériennes	12,12	Cendre	30/12/2022	≤ 0,090	0,446	Sec
Rhône en aval du creys	Serrières-de-Briord	26/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Parties aériennes	10,19	Cendre	30/12/2022	≤ 0,070	0,54	Sec

**Tableau 27 – Activités en <sup>55</sup>Fe mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique 2022**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité	Frais/Sec	Date de mesure	<sup>55</sup> Fe	Unité
Rhône en amont du creys	Champagneux	26/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Parties aériennes	Cendre	12,12	11/02/2023	≤ 4,6	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en aval du creys	Serrières-de-Briord	26/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Parties aériennes	Cendre	10,19	11/02/2023	≤ 4,6	Bq.kg <sup>-1</sup> sec

## 5 ÉTAT RADIOLOGIQUE DU CNPE DE BUGEY

### 5.1 Généralités et chronologie des études radioécologiques antérieures

Le site du Bugey est situé en rive droite du Rhône, à environ 40 km à l'est de Lyon (Figure 11 page 75). Il est composé d'une tranche de 500 MWe de la filière des réacteurs Uranium Naturel Graphite-Gaz (UNGG) arrêté le 27 mai 1994 ainsi que de quatre tranches de 900 MWe de la filière des réacteurs à Eau Pressurisée (R.E.P.), couplées au réseau en mai 1978, septembre 1978, mars 1979 et juillet 1979. ICEDA (Installation de Conditionnement et d'Entreposage de Déchets Activés) a été mise en service en septembre 2020 sur le site du Bugey. L'installation en déconstruction de Creys-Malville est située à 34 km à l'amont du CNPE du Bugey sur le Rhône. Sur la frontière franco-suisse sont implantées les installations du CERN dont le grand collisionneur de hadrons. Des services de médecine nucléaire, utilisant de l'<sup>131</sup>I, sont situés en amont du Bugey, à Annecy, Chambéry et Genève.

La chronologie des études radioécologiques conduites dans l'environnement du CNPE du Bugey est présentée sur la Figure 10 page 68.



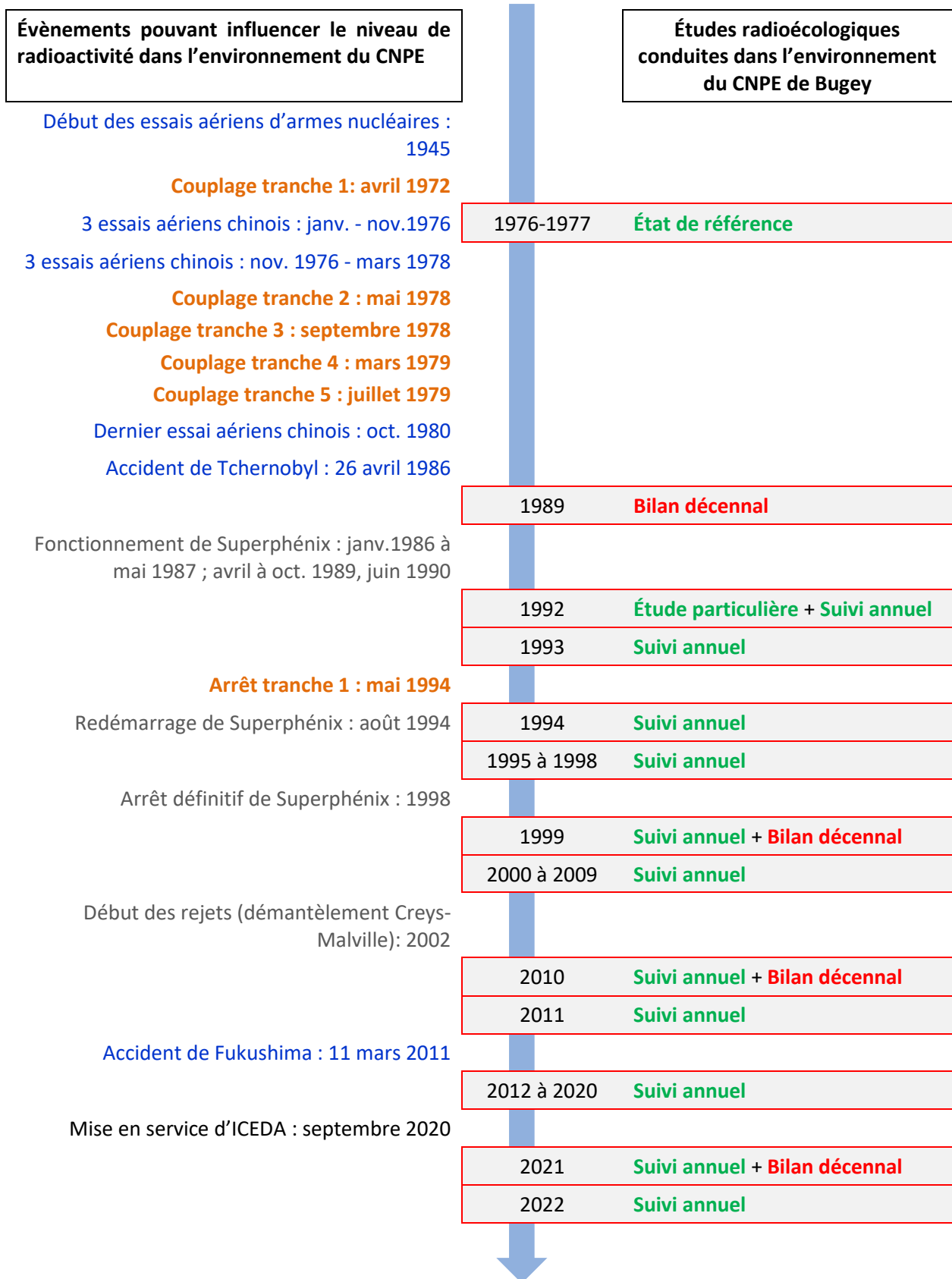


Figure 10 – Chronologie des études radioécologiques conduites dans l'environnement du CNPE du Bugey

## 5.2 État radiologique de l'environnement terrestre

### 5.2.1 Stratégie d'échantillonnage

La localisation des stations de prélèvement et la nature des échantillons collectés sont présentées à la Figure 11 page 75.

Les caractéristiques (dates, stations, natures, etc.) identifiant chaque échantillon analysé sont présentées dans le Tableau 28 page 71 et suivantes.

Pour l'essentiel, la stratégie de prélèvement et d'analyse est commune à l'ensemble des sites (Annexes). Le choix des stations et de la nature des prélèvements permet la comparaison des résultats avec ceux des études antérieures. Les sols échantillonnés sont des sols non cultivés sur lesquels les cultures, pluriannuelles, ne demandent aucun remaniement (pâturages). Ce type de sol est privilégié dans l'objectif de mesurer l'accumulation potentielle des dépôts atmosphériques sur plusieurs années. Les échantillons sont, en dehors des indicateurs végétaux (mousses terricoles et herbe), des vecteurs directs ou indirects de radioactivité vers l'homme : le lait et des légumes-feuilles comme les salades. Les végétaux cultivés (salade et herbe) sont communs sur l'ensemble du territoire français. Leur cycle végétatif annuel et leur grande surface d'interception en font d'assez bons bioindicateurs pour le suivi des niveaux de radioactivité de l'environnement et caractériser d'éventuels marquages. Du lait de vache est collecté, dans la mesure du possible, sur une commune à proximité du site. Dans la stratégie générale, une mousse terricole, une production agricole, un sol de prairie, de l'herbe et un lait sont prélevés sous les vents dominants (ZI). Hors vents dominants (ZNI), une mousse, un sol de prairie, de l'herbe et plusieurs productions agricoles sont collectés.

Des contraintes supplémentaires peuvent localement modifier la position, le nombre ou les analyses réalisées.

La dispersion des rejets des effluents dans l'environnement est contrainte par les conditions météorologiques (des vents nord/nord-ouest dominants et sud/sud-est secondaires, cf. page 75). Des échantillons de production agricole (maïs et salades), d'herbe, de sol de prairie, de mousses terrestres et du lait de vache sont prélevés sous les vents dominants, au sud de l'installation (Vernas, Saint-Romain-de-Jalionas, Loyettes<sup>2</sup> et « Loyettes Carrière ») ainsi qu'à l'ouest du site (Loyettes). Les maïs prélevés au lieu-dit Les Brotteaux à Loyettes, à l'ouest du CNPE, sont potentiellement influencés par les rejets d'effluents liquides du CNPE, via l'eau d'irrigation prélevée dans le Rhône. Il en est de même pour les maïs prélevés à « Loyettes, Carrière ». Hors vents, un sol de prairie et du lait de vache sont prélevés à Bressolles et à Le Montellier. Les maïs prélevés à Sainte-Julie, sous les vents mais à plus de 5 km du site, sont irrigués par de l'eau provenant d'un captage localisé à Proulieu, en amont du dispositif de rejets liquides du CNPE.

L'ensemble des prélèvements est mesuré par spectrométrie gamma excepté le sol non cultivé prélevé à Bressolles hors vents dominants. L'<sup>131</sup>I est recherché dans les mousses terrestres sous les vents dominants. Le tritium libre et le tritium organiquement lié ont été recherchés dans les trois prélèvements de maïs ainsi que dans l'herbe, les salades et le lait de vache prélevé sous et hors vents dominants. Ces matrices ont fait l'objet d'une mesure en <sup>14</sup>C, excepté l'herbe qui fait l'objet de quatre mesures (une par trimestre) dont les résultats seront présentés dans le rapport simplifié exigé au titre de la réglementation 2022 ainsi que dans le rapport du suivi radioécologique annuel de l'année 2023. Une mesure en spectrométrie alpha a également été réalisée sur les échantillons d'herbe ainsi que sur les sols de prairie prélevés à Vernas et à Bressolles. La mesure de <sup>55</sup>Fe n'a

<sup>2</sup> Cette année, le lait de vache a été collecté sous les vents dominants à la ferme de Boillière sur la commune de Loyettes car le producteur de lait de Leyrieu ne souhaite plus participer à la surveillance radioécologique.

pas pu être réalisée dans les sols de prairie prélevés à Vernas car la concentration en fer stable était trop élevée (27,89 mg.g<sup>-1</sup> de cendre). Enfin, du <sup>90</sup>Sr est recherché dans le sol de prairie de Vernas ainsi que dans les deux prélèvements de lait de vache.

**Tableau 28 – Identification des échantillons analysés dans l'environnement terrestre du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique de 2022**

Situation par rapport au C.N.P.E.	Chronique	Commune	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
21,02 km ONO	Le Bugey - Zone hors vents dominants (>5 km)	Le Montellier	05,07459	45,93039	Aliments liq. Non transformés	Lait de vache	Entier	04/05/2022	Gamma (Cendre)	7,82	15,00
21,02 km ONO	Le Bugey - Zone hors vents dominants (>5 km)	Le Montellier	05,07459	45,93039	Aliments liq. Non transformés	Lait de vache	Entier	04/05/2022	C-14 par SL (Benzène) (Sec)	7,61	-
21,02 km ONO	Le Bugey - Zone hors vents dominants (>5 km)	Le Montellier	05,07459	45,93039	Aliments liq. Non transformés	Lait de vache	Entier	04/05/2022	C élémentaire (Sec)	7,61	-
21,02 km ONO	Le Bugey - Zone hors vents dominants (>5 km)	Le Montellier	05,07459	45,93039	Aliments liq. Non transformés	Lait de vache	Entier	04/05/2022	Rapport relatif C13/C12 (Sec)	7,61	-
21,02 km ONO	Le Bugey - Zone hors vents dominants (>5 km)	Le Montellier	05,07459	45,93039	Aliments liq. Non transformés	Lait de vache	Entier	04/05/2022	H-3 lié (Sec)	7,61	-
21,02 km ONO	Le Bugey - Zone hors vents dominants (>5 km)	Le Montellier	05,07459	45,93039	Aliments liq. Non transformés	Lait de vache	Entier	04/05/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	7,61	-
21,02 km ONO	Le Bugey - Zone hors vents dominants (>5 km)	Le Montellier	05,07459	45,93039	Aliments liq. Non transformés	Lait de vache	Entier	04/05/2022	H-3 libre (Liquide)	7,61	-
21,02 km ONO	Le Bugey - Zone hors vents dominants (>5 km)	Le Montellier	05,07459	45,93039	Aliments liq. Non transformés	Lait de vache	Entier	04/05/2022	Sr-90 par compt. Prop. (Cendre)	7,82	15,00
21,02 km ONO	Le Bugey - Zone hors vents dominants (>5 km)	Le Montellier	05,07459	45,93039	Aliments liq. Non transformés	Lait de vache	Entier	04/05/2022	mesure de Ca (Cendre)	7,82	15,00
16,4 km ONO	Le Bugey - Zone hors vents dominants (>5 km)	Bressolles	05,09360	45,88044	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie	Entier	30/03/2022	Pu, Am par Sp. Alpha (Pu-238, 239+240, Am-241) (Cendre)	1,37	1,09
5,79 km O	Zone hors vents (>5 km) irriguée par de l'eau du Rhône collectée en aval du CNPE	Loyettes, les Brotteaux	05,19770	45,78899	Céréales	Maïs <i>Zea mays</i>	Graine	21/09/2022	Gamma (Cendre)	1,23	34,35
5,79 km O	Zone hors vents (>5 km) irriguée par de l'eau du Rhône collectée en aval du CNPE	Loyettes, les Brotteaux	05,19770	45,78899	Céréales	Maïs <i>Zea mays</i>	Graine	21/09/2022	C-14 par SL (Benzène) (Sec)	1,22	-
5,79 km O	Zone hors vents (>5 km) irriguée par de l'eau du Rhône collectée en aval du CNPE	Loyettes, les Brotteaux	05,19770	45,78899	Céréales	Maïs <i>Zea mays</i>	Graine	21/09/2022	C élémentaire (Sec)	1,22	-
5,79 km O	Zone hors vents (>5 km) irriguée par de l'eau du Rhône collectée en aval du CNPE	Loyettes, les Brotteaux	05,19770	45,78899	Céréales	Maïs <i>Zea mays</i>	Graine	21/09/2022	Rapport relatif C13/C12 (Sec)	1,22	-
5,79 km O	Zone hors vents (>5 km) irriguée par de l'eau du Rhône collectée en aval du CNPE	Loyettes, les Brotteaux	05,19770	45,78899	Céréales	Maïs <i>Zea mays</i>	Graine	21/09/2022	H-3 lié (Sec)	1,22	-
5,79 km O	Zone hors vents (>5 km) irriguée par de l'eau du Rhône collectée en aval du CNPE	Loyettes, les Brotteaux	05,19770	45,78899	Céréales	Maïs <i>Zea mays</i>	Graine	21/09/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (en cours) (Sec)	1,22	-
5,79 km O	Zone hors vents (>5 km) irriguée par de l'eau du Rhône collectée en aval du CNPE	Loyettes, les Brotteaux	05,19770	45,78899	Céréales	Maïs <i>Zea mays</i>	Graine	21/09/2022	H-3 libre (Liquide)	1,22	-

Situation par rapport au C.N.P.E.	Chronique	Commune	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
2,16 km SSO	Le Bugey - Zone sous les vents (< 5 km)	Vernas	05,26418	45,78083	Herbes	Herbe de prairie permanente	Parties aériennes	03/05/2022	Gamma (Cendre)	3,09	15,70
2,16 km SSO	Le Bugey - Zone sous les vents (< 5 km)	Vernas	05,26418	45,78083	Herbes	Herbe de prairie permanente	Parties aériennes	03/05/2022	H-3 lié (Sec)	3,27	-
2,16 km SSO	Le Bugey - Zone sous les vents (< 5 km)	Vernas	05,26418	45,78083	Herbes	Herbe de prairie permanente	Parties aériennes	03/05/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	3,27	-
2,16 km SSO	Le Bugey - Zone sous les vents (< 5 km)	Vernas	05,26418	45,78083	Herbes	Herbe de prairie permanente	Parties aériennes	03/05/2022	H-3 libre (Liquide)	3,27	-
2,16 km SSO	Le Bugey - Zone sous les vents (< 5 km)	Vernas	05,26418	45,78083	Herbes	Herbe de prairie permanente	Parties aériennes	03/05/2022	Pu, Am par Sp. Alpha (Pu-238, 239+240, Am-241) (Cendre)	3,09	15,70
2,23 km SSO	Le Bugey - Zone sous les vents (< 5 km)	Vernas	05,26394	45,78022	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie	Entier	30/03/2022	Gamma (Sec)	1,12	-
2,23 km SSO	Le Bugey - Zone sous les vents (< 5 km)	Vernas	05,26394	45,78022	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie	Entier	30/03/2022	Sr-90 par compt. Prop. (Cendre)	1,12	1,12
2,23 km SSO	Le Bugey - Zone sous les vents (< 5 km)	Vernas	05,26394	45,78022	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie	Entier <i>Tamisé &lt; 2000 µm</i>	30/03/2022	mesure de Ca (Cendre)	1,12	1,12
2,23 km SSO	Le Bugey - Zone sous les vents (< 5 km)	Vernas	05,26394	45,78022	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie	Entier	30/03/2022	Pu, Am par Sp. Alpha (Pu-238, 239+240, Am-241) (Cendre)	1,12	1,12
2,23 km SSO	Le Bugey - Zone sous les vents (< 5 km)	Vernas	05,26394	45,78022	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie	Entier	30/03/2022	Granulométrie INRA (Sec)	1,12	-
2,23 km SSO	Le Bugey - Zone sous les vents (< 5 km)	Vernas	05,26394	45,78022	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie	Entier	30/03/2022	MO après combustion (Sec)	1,12	-
3,77 km O	Le Bugey - Zone sous les vents (< 5 km)	Loyettes	05,22268	45,79468	Aliments liq. Non transformés	Lait de vache	Entier	03/05/2022	Gamma (Cendre)	8,11	15,87
3,77 km O	Le Bugey - Zone sous les vents (< 5 km)	Loyettes	05,22268	45,79468	Aliments liq. Non transformés	Lait de vache	Entier	03/05/2022	C-14 par SL (Benzène) (Sec)	7,99	-
3,77 km O	Le Bugey - Zone sous les vents (< 5 km)	Loyettes	05,22268	45,79468	Aliments liq. Non transformés	Lait de vache	Entier	03/05/2022	C élémentaire (Sec)	7,99	-
3,77 km O	Le Bugey - Zone sous les vents (< 5 km)	Loyettes	05,22268	45,79468	Aliments liq. Non transformés	Lait de vache	Entier	03/05/2022	Rapport relatif C13/C12 (Sec)	7,99	-
3,77 km O	Le Bugey - Zone sous les vents (< 5 km)	Loyettes	05,22268	45,79468	Aliments liq. Non transformés	Lait de vache	Entier	03/05/2022	H-3 lié (Sec)	7,99	-
3,77 km O	Le Bugey - Zone sous les vents (< 5 km)	Loyettes	05,22268	45,79468	Aliments liq. Non transformés	Lait de vache	Entier	03/05/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	7,99	-
3,77 km O	Le Bugey - Zone sous les vents (< 5 km)	Loyettes	05,22268	45,79468	Aliments liq. Non transformés	Lait de vache	Entier	03/05/2022	H-3 libre (Liquide)	7,99	-
3,77 km O	Le Bugey - Zone sous les vents (< 5 km)	Loyettes	05,22268	45,79468	Aliments liq. Non transformés	Lait de vache	Entier	03/05/2022	Sr-90 par compt. Prop. (Cendre)	8,11	15,87
3,77 km O	Le Bugey - Zone sous les vents (< 5 km)	Loyettes	05,22268	45,79468	Aliments liq. Non transformés	Lait de vache	Entier	03/05/2022	mesure de Ca (Cendre)	8,11	15,87

Situation par rapport au C.N.P.E.	Chronique	Commune	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
4,5 km SO	Le Bugey - Zone sous les vents (< 5 km)	Saint-Romain-de-Jalionas	05,23561	45,76753	Légumes	Laitue, batavia, romaines <i>Lactuca sativa L.</i>	Parties aériennes	29/06/2022	Gamma (Cendre)	18,33	4,08
4,5 km SO	Le Bugey - Zone sous les vents (< 5 km)	Saint-Romain-de-Jalionas	05,23561	45,76753	Légumes	Laitue, batavia, romaines <i>Lactuca sativa L.</i>	Parties aériennes	29/06/2022	C-14 par SL (Benzène) (Sec)	14,85	-
4,5 km SO	Le Bugey - Zone sous les vents (< 5 km)	Saint-Romain-de-Jalionas	05,23561	45,76753	Légumes	Laitue, batavia, romaines <i>Lactuca sativa L.</i>	Parties aériennes	29/06/2022	C élémentaire (Sec)	14,85	-
4,5 km SO	Le Bugey - Zone sous les vents (< 5 km)	Saint-Romain-de-Jalionas	05,23561	45,76753	Légumes	Laitue, batavia, romaines <i>Lactuca sativa L.</i>	Parties aériennes	29/06/2022	Rapport relatif C13/C12 (Sec)	14,85	-
4,5 km SO	Le Bugey - Zone sous les vents (< 5 km)	Saint-Romain-de-Jalionas	05,23561	45,76753	Légumes	Laitue, batavia, romaines <i>Lactuca sativa L.</i>	Parties aériennes	29/06/2022	H-3 lié (Sec)	14,85	-
4,5 km SO	Le Bugey - Zone sous les vents (< 5 km)	Saint-Romain-de-Jalionas	05,23561	45,76753	Légumes	Laitue, batavia, romaines <i>Lactuca sativa L.</i>	Parties aériennes	29/06/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	14,85	-
4,5 km SO	Le Bugey - Zone sous les vents (< 5 km)	Saint-Romain-de-Jalionas	05,23561	45,76753	Légumes	Laitue, batavia, romaines <i>Lactuca sativa L.</i>	Parties aériennes	29/06/2022	H-3 libre (Liquide)	14,85	-
4,67 km S	Le Bugey - Zone sous les vents (< 5 km)	Leyrieu	05,26874	45,75776	Mousses terricoles	<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i> <i>Rhytidiadelphus triquetrus</i>	Entier	30/03/2022	Gamma (Frais)	-	-
2,57 km OSO	Zone sous les vents (< 5 km) irriguée par de l'eau du Rhône collectée en aval du CNPE	Loyettes, Carrière	05,24451	45,78558	Céréales	Maïs <i>Zea mays</i>	Graine	20/09/2022	Gamma (Cendre)	1,14	72,02
2,57 km OSO	Zone sous les vents (< 5 km) irriguée par de l'eau du Rhône collectée en aval du CNPE	Loyettes, Carrière	05,24451	45,78558	Céréales	Maïs <i>Zea mays</i>	Graine	20/09/2022	C-14 par SL (Benzène) (Sec)	1,10	-
2,57 km OSO	Zone sous les vents (< 5 km) irriguée par de l'eau du Rhône collectée en aval du CNPE	Loyettes, Carrière	05,24451	45,78558	Céréales	Maïs <i>Zea mays</i>	Graine	20/09/2022	C élémentaire (Sec)	1,10	-
2,57 km OSO	Zone sous les vents (< 5 km) irriguée par de l'eau du Rhône collectée en aval du CNPE	Loyettes, Carrière	05,24451	45,78558	Céréales	Maïs <i>Zea mays</i>	Graine	20/09/2022	Rapport relatif C13/C12 (Sec)	1,10	-
2,57 km OSO	Zone sous les vents (< 5 km) irriguée par de l'eau du Rhône collectée en aval du CNPE	Loyettes, Carrière	05,24451	45,78558	Céréales	Maïs <i>Zea mays</i>	Graine	20/09/2022	H-3 lié (Sec)	1,10	-
2,57 km OSO	Zone sous les vents (< 5 km) irriguée par de l'eau du Rhône collectée en aval du CNPE	Loyettes, Carrière	05,24451	45,78558	Céréales	Maïs <i>Zea mays</i>	Graine	20/09/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	1,10	-
2,57 km OSO	Zone sous les vents (< 5 km) irriguée par de l'eau du Rhône collectée en aval du CNPE	Loyettes, Carrière	05,24451	45,78558	Céréales	Maïs <i>Zea mays</i>	Graine	20/09/2022	H-3 libre (Liquide)	1,10	-
9,4 km N	Le Bugey - Zone sous les vents (>5 km)	Sainte-Julie	05,27993	45,88402	Céréales	Maïs <i>Zea mays</i>	Graine	20/09/2022	Gamma (Cendre)	1,20	69,56
9,4 km N	Le Bugey - Zone sous les vents (>5 km)	Sainte-Julie	05,27993	45,88402	Céréales	Maïs <i>Zea mays</i>	Graine	20/09/2022	C-14 par MS (spectrométrie de masse) (Sec)	1,15	-
9,4 km N	Le Bugey - Zone sous les vents (>5 km)	Sainte-Julie	05,27993	45,88402	Céréales	Maïs <i>Zea mays</i>	Graine	20/09/2022	C élémentaire (Sec)	1,15	-
9,4 km N	Le Bugey - Zone sous les vents (>5 km)	Sainte-Julie	05,27993	45,88402	Céréales	Maïs <i>Zea mays</i>	Graine	20/09/2022	Rapport relatif C13/C12 (Sec)	1,15	-

Situation par rapport au C.N.P.E.	Chronique	Commune	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
9,4 km N	Le Bugey - Zone sous les vents (>5 km)	Sainte-Julie	05,27993	45,88402	Céréales	Maïs <i>Zea mays</i>	Graine	20/09/2022	H-3 lié (Sec)	1,15	-
9,4 km N	Le Bugey - Zone sous les vents (>5 km)	Sainte-Julie	05,27993	45,88402	Céréales	Maïs <i>Zea mays</i>	Graine	20/09/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	1,15	-
9,4 km N	Le Bugey - Zone sous les vents (>5 km)	Sainte-Julie	05,27993	45,88402	Céréales	Maïs <i>Zea mays</i>	Graine	20/09/2022	H-3 libre (Liquide)	1,15	-

- : absence de traitement. Eaulyo : eau extraite par lyophilisation. Reslyo : résidu sec après lyophilisation. Distance au site calculée en ligne droite entre les coordonnées d'un point de référence du site et celles du point de prélèvement

Dans les tableaux terrestres suivants :

	Prélèvements hors vents dominants de l'installation
	Prélèvements sous les vents dominants de l'installation et à moins de 5 km de l'installation
	Prélèvements sous les vents dominants de l'installation et à plus de 5 km de l'installation
	Prélèvements irrigués par les eaux du Rhône collectées en aval des rejets liquides du CNPE

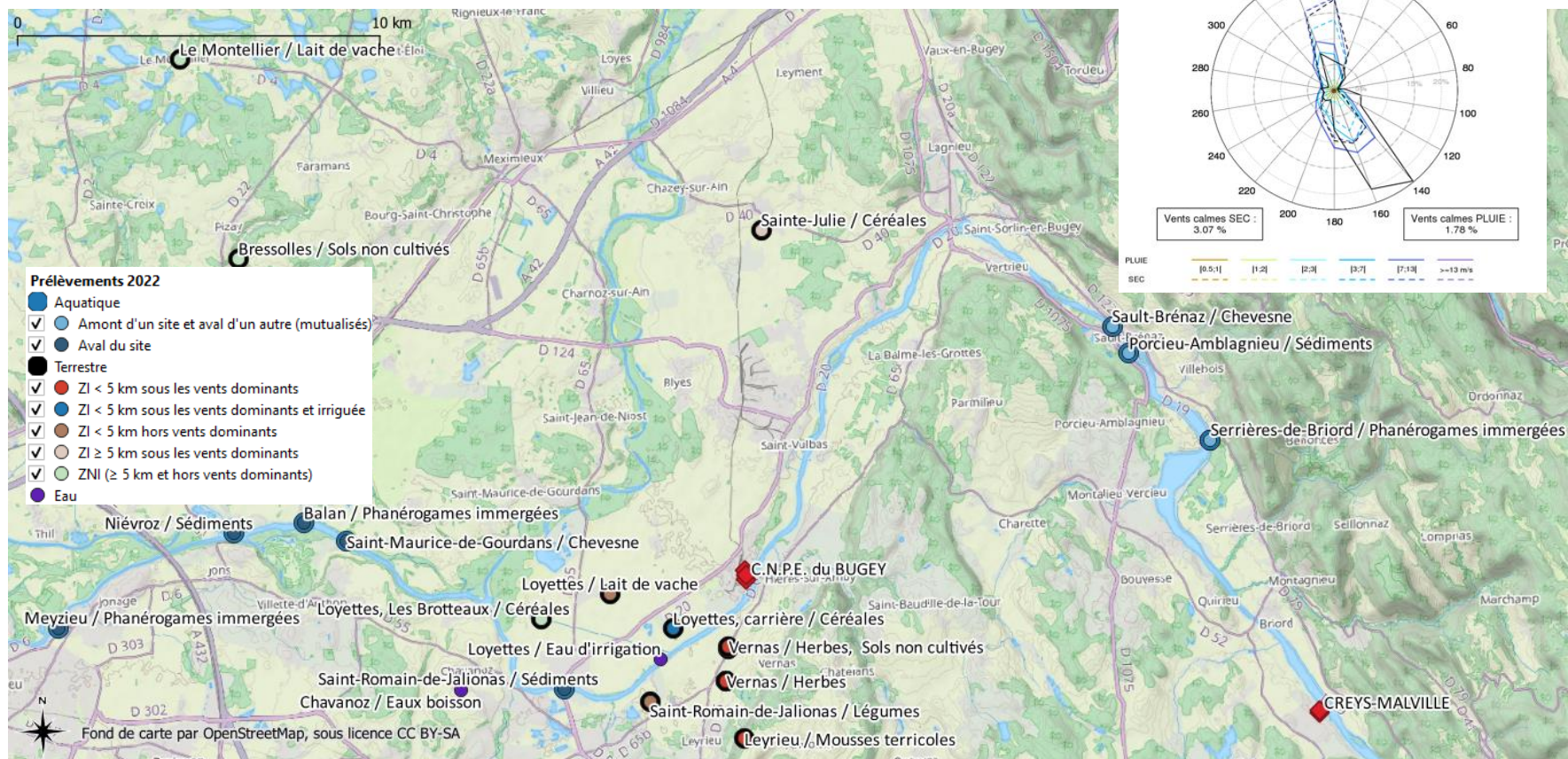


Figure 11 – Localisation générale des stations de prélèvement dans le milieu terrestre et dans le milieu aquatique pour le suivi radioécologique annuel du CNPE du Bugey



## 5.2.2 Résultats et interprétation

### 5.2.2.1 Radionucléides émetteurs gamma

#### 5.2.2.1.1 Radionucléides émetteurs gamma d'origine naturelle

Les résultats d'analyse par spectrométrie  $\gamma$  des activités en radionucléides d'origine naturelle dans l'environnement terrestre du CNPE du Bugey sont présentés dans le Tableau 42 page 101 et suivantes.

En 2022, les activités détectées dans les matrices terrestres prélevées autour du CNPE du Bugey sont proches des valeurs habituelles pour ces matrices d'après [1]. La radioactivité d'origine naturelle présente une composante tellurique prépondérante dans les sols et les végétaux. Elle est principalement due au  $^{40}\text{K}$  et, dans une moindre mesure, par les radionucléides des familles du  $^{232}\text{Th}$  et de  $^{238}\text{U}$ . Dans les sols, les activités massiques en  $^{40}\text{K}$  et en descendants du  $^{232}\text{Th}$  et du  $^{238}\text{U}$  sont en accord avec les valeurs observées en France métropolitaine [1, 17, 18]. La seconde composante, d'origine cosmogénique, est due au  $^7\text{Be}$  présent principalement dans les végétaux dont la surface foliaire est propice à la captation des retombées atmosphériques. Dans le lait de vache, le  $^{40}\text{K}$  est toujours proche de  $50 \text{ Bq.L}^{-1}$ , quels que soient l'année ou le lieu de prélèvement.

Ces résultats de mesure attestent de l'absence de biais dans les étapes de prélèvements, de préparation et de mesure des échantillons.

#### 5.2.2.1.2 Radionucléides émetteurs gamma d'origine artificielle

Les résultats d'analyse par spectrométrie  $\gamma$  des activités en radionucléides d'origine artificielle dans l'environnement terrestre du CNPE du Bugey sont présentés dans le Tableau 43 page 102 et suivantes.

Le  $^{137}\text{Cs}$  est le seul radionucléide d'origine artificielle quantifié dans toutes les matrices prélevées excepté les maïs prélevés à Loyettes les Brotteaux et Sainte-Julie. Les activités en  $^{137}\text{Cs}$  détectées dans l'environnement terrestre du CNPE du Bugey sont dans la gamme des niveaux observés au cours des dix dernières années (Tableau 30 page 89 au Tableau 35 page 94).

L' $^{131}\text{I}$  mesuré dans les mousses terrestres collectées sous les vents dominants est à un niveau d'activité inférieure au seuil de décision.

### 5.2.2.2 Radionucléides émetteurs bêta

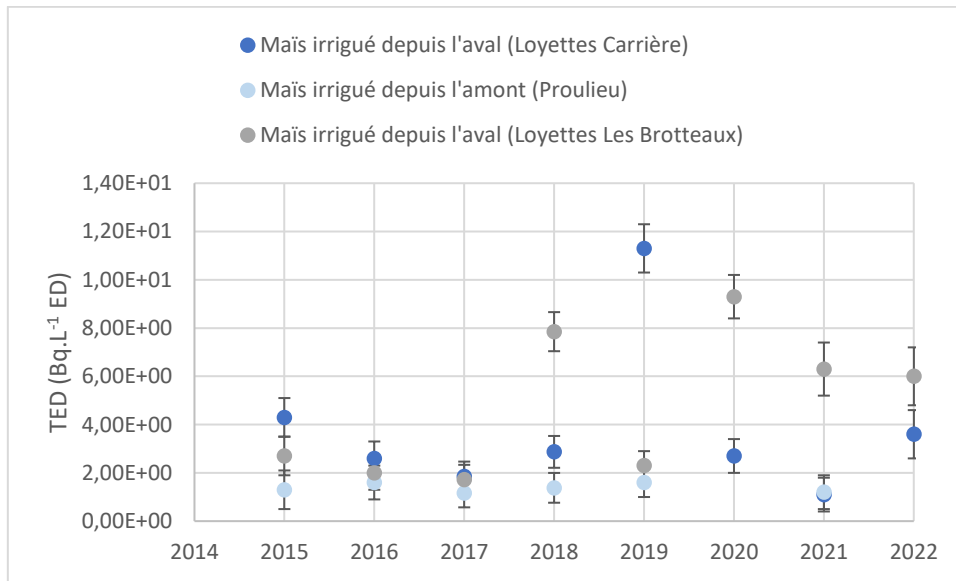
#### 5.2.2.2.1 Tritium

Les résultats d'analyse des activités en tritium libre et en tritium organiquement lié dans l'environnement terrestre du CNPE du Bugey sont présentés respectivement dans le Tableau 44 page 103 et le Tableau 45 page 104.

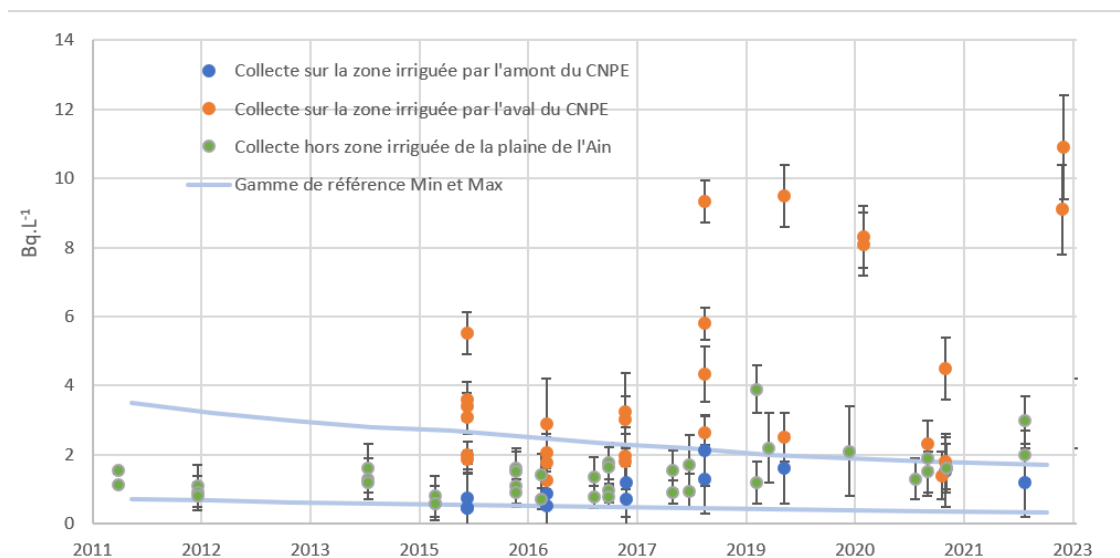
Les activités en tritium libre sont proches du bruit de fond attendu en milieu terrestre hors influence d'un apport industriel local (de l'ordre de  $1 \text{ Bq.L}^{-1}$  dans une gamme allant de  $0,5$  à  $2 \text{ Bq.L}^{-1}$  d'après [1]) à l'exception des échantillons de maïs prélevés sur la commune de Loyettes aux lieu-dit Les Brotteaux et Carrière pour lesquels les activités en tritium libre (respectivement  $6 \pm 1,2 \text{ Bq.L}^{-1}$  ED et  $3,6 \pm 1 \text{ Bq.L}^{-1}$  ED) sont plus élevées que le bruit de fond. Les activités en tritium organiquement lié mesurées dans les maïs prélevés sur la commune de Loyettes aux lieu-dit Les Brotteaux et Carrière (respectivement  $9,1 \pm 1,3 \text{ Bq.L}^{-1}$  EC et  $10,9 \pm 1,5 \text{ Bq.L}^{-1}$  EC) sont également plus élevées que la gamme des valeurs attendues en dehors d'une influence industrielle locale (de  $0,34$  à  $1,7 \text{ Bq.L}^{-1}$  pour le tritium organiquement lié d'après [1]). Ces activités démontrent la contribution des rejets liquides du CNPE au marquage de ces échantillons. En effet, les maïs prélevés à Loyettes les Brotteaux et Loyettes Carrière sont irrigués par les eaux du Rhône collectées en aval des rejets d'effluents liquides du CNPE. Le maïs collecté à

Sainte-Julie, lui aussi irrigué, mais par de l'eau collectée en amont du site (Proulieu), montre une activité volumique en tritium de l'eau de déshydratation (TED) et en tritium organiquement lié dans la gamme des valeurs attendues en dehors d'une influence industrielle locale (de 0,34 à 1,7 Bq.L<sup>-1</sup> pour le tritium organiquement lié d'après [1]). L'activité en tritium organiquement lié mesurée sous les vents à moins de 5 km dans le lait de vache prélevé à Loyettes (3,0±0,7 Bq.L<sup>-1</sup>) et les salades collectées à Saint-Romain-de-Jalionas (3,2±1,0) est plus élevée que la gamme des valeurs attendues en dehors d'une influence industrielle locale. En revanche, L'activité en tritium organiquement lié mesurée dans l'herbe prélevée sous les vents dominants ainsi que dans le lait de vache collecté hors vents s'inscrivent dans la gamme des valeurs attendues en dehors d'une influence industrielle locale.

Ces observations sont en accord avec les résultats des études précédentes (figure 12 page 77 et figure 13 page 77).



**Figure 12 – Variation temporelle des activités en tritium de l'eau de déshydratation mesurées dans les maïs irrigués de la plaine de l'Ain de 2015 à 2022.**



**Figure 13 – Activités en tritium organiquement lié dans les matrices terrestres irriguées de la plaine de l'Ain et dans celles hors de la plaine de l'Ain**

#### 5.2.2.2 Carbone 14

Les résultats d'analyse des activités en  $^{14}\text{C}$  dans l'environnement terrestre du CNPE du Bugey sont présentés dans le tableau 46 page 105.

Les activités en  $^{14}\text{C}$  mesurées dans les maïs, les salades ainsi que dans le lait de vache sont proches du bruit de fond attendu hors influence d'un apport industriel local ( $222 \pm 7 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ C}$  d'après [1]).

Les activités en  $^{14}\text{C}$  mesurées dans les prélèvements d'herbe collectés en 2021 et 2022 à Leyrieu dans le cadre de la surveillance trimestrielle sont également du même ordre de grandeur et proches du bruit de fond attendu hors influence d'un apport industriel local ( $222 \pm 7 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ C}$  d'après [1]).

#### 5.2.2.3 Strontium 90

Le résultat d'analyse de l'activité en  $^{90}\text{Sr}$  dans l'environnement terrestre du CNPE du Bugey est présenté dans le Tableau 47 page 106.

Les activités en  $^{90}\text{Sr}$  mesurées dans le lait de vache prélevé sous et hors vents dominants sont dans la gamme des valeurs observées en France pour la période 2008-2019 (comprises entre  $0,007$  et  $0,3 \text{ Bq.L}^{-1}$  avec une valeur moyenne de  $0,045 \text{ Bq.L}^{-1}$  d'après [19]). Le  $^{90}\text{Sr}$  mesuré dans les sols non cultivés collectés sous les vents dominants est à un niveau d'activité inférieure au seuil de décision.

#### 5.2.2.3 Radionucléides émetteurs alpha

Les résultats d'analyse des activités en  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{239+240}\text{Pu}$  et  $^{241}\text{Am}$  dans l'environnement terrestre du CNPE du Bugey sont présentés dans le Tableau 48 page 107.

Les activités en  $^{239+240}\text{Pu}$  mesurées dans l'herbe et dans les sols non cultivés s'inscrivent dans la gamme basse du bruit de fond attendu hors influence d'un apport industriel local (proche de  $0,009 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$  dans une gamme allant de  $0,0001$  à  $0,01 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$  pour l'herbe et essentiellement comprise entre  $0,03$  et  $0,93 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$  pour les sols d'après [1, 19]). Le rapport d'activité  $^{241}\text{Am}/^{239+240}\text{Pu}$  de l'échantillon d'herbe, entaché d'une forte incertitude, reste caractéristique de la signature des retombées des essais nucléaires aériens, voisine de  $0,436 \pm 0,036$  d'après [20, 21]. Les rapports d'activité  $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$  et  $^{241}\text{Am}/^{239+240}\text{Pu}$  des échantillons de sols non cultivés sont caractéristiques de la signature des retombées des essais nucléaires aériens, voisine de  $0,028 \pm 0,002$  pour  $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$  et de  $0,436 \pm 0,036$  pour  $^{241}\text{Am}/^{239+240}\text{Pu}$  d'après [20, 21].

## 5.3 État radiologique de l'environnement aquatique

### 5.3.1 Stratégie d'échantillonnage

La localisation des stations de prélèvement et la nature des échantillons collectés sont indiquées à la Figure 11 page 75.

Les caractéristiques (dates, stations, natures, etc.) identifiant chaque échantillon sont répertoriées dans le Tableau 29 page 80 et suivantes.

Les stations de prélèvement et la nature des échantillons permettent la comparaison des résultats avec ceux des études antérieures. Les stations en amont du site sont localisées à Sault-Brénaz, Porcieu-Amblagnieu et Serrières-de-Briord. Les résultats d'analyses de ces stations sont partagés avec le site de Creys-Malville. La zone de mélange complet est éloignée du site, au niveau de la confluence avec la rivière d'Ain. La station de Saint-Romain-de-Jalionas, située à moins de 6 km en aval du site du Bugey, se trouve ainsi avant la zone de mélange complet. Les sédiments y sont prélevés cette année. Les stations plus en aval (Saint-Maurice-de-Gourdans, Balan, Niévroz et

Meyzieu), où des poissons, des phanérogames immergées et des sédiments sont collectés, se situent dans la zone de mélange complet mais aussi dans la zone de dilution du Rhône par l'Ain.

Les pêches ont été réalisées par un pêcheur professionnel. Les mesures de radioactivité ont été réalisées sur les muscles des poissons afin d'étudier la fraction susceptible d'être consommée par l'homme et de s'affranchir du contenu du tractus gastro-intestinal. Des échantillons homogènes de poissons ont été constitués pour réaliser l'ensemble des analyses prévues. Les analyses ont été réalisées sur des chevesnes de taille moyenne et d'âge supérieur à 10 ans.

L'eau de boisson est collectée à Chavanoz car cette eau est potentiellement influencée par les rejets d'effluents liquides du site. Elle provient essentiellement de la nappe d'Anthon, alimentée par l'eau du Rhône, en aval du dispositif de rejet liquide du site.

L'eau d'irrigation est prélevée à Loyettes et provient de l'eau du Rhône. Cette eau est potentiellement influencée par les rejets liquides du site.

Les échantillons prélevés ont été mesurés par spectrométrie  $\gamma$  excepté les eaux de boissons et d'irrigation. De l' $^{131}\text{I}$  est recherché dans les prélèvements de phanérogames réalisés en amont et en aval proche du site. Le tritium libre, le tritium organiquement lié et le  $^{14}\text{C}$  ont été mesurés dans les poissons et les phanérogames immergées. Du tritium libre est recherché dans les eaux de boisson et d'irrigation. Le  $^{63}\text{Ni}$  et le  $^{55}\text{Fe}$  sont recherchés dans les phanérogames prélevées en amont et en aval.

Tableau 29 – Identification des échantillons analysés dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique de 2022

Situation par rapport au C.N.P.E.	Chronique	Commune	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Commentaire	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
3,39 km SO	Rhône en aval du Bugey	Loyettes	05,23979	45,77818	Station de pompage ASIA de Loyette.	Eaux douces	Eau d'irrigation	Entier Filtrat < 0.2 µm	25/07/2022	H-3 libre (Liquide)	-	-
8,5 km OSO	Rhône en aval du Bugey	Chavanoz	05,16881	45,77177		Eaux boisson	Eau d'adduction publique	Entier Filtrat < 0.2 µm	29/06/2022	H-3 libre (Liquide)	-	-
13,32 km amont	Rhône en amont du Bugey	Serrières-de-Briord	05,43759	45,82858	Rive droite	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum L.</i>	Entier	26/07/2022	Gamma (Frais)	-	-
13,32 km amont	Rhône en amont du Bugey	Serrières-de-Briord	05,43759	45,82858	Rive droite	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum L.</i>	Entier	26/07/2022	C-14 par MS (spectrométrie de masse) (Sec)	9,21	-
13,32 km amont	Rhône en amont du Bugey	Serrières-de-Briord	05,43759	45,82858	Rive droite	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum L.</i>	Entier	26/07/2022	C élémentaire (Sec)	9,21	-
13,32 km amont	Rhône en amont du Bugey	Serrières-de-Briord	05,43759	45,82858	Rive droite	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum L.</i>	Entier	26/07/2022	Rapport relatif C13/C12 (Sec)	9,21	-
13,32 km amont	Rhône en amont du Bugey	Serrières-de-Briord	05,43759	45,82858	Rive droite	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum L.</i>	Entier	26/07/2022	H-3 lié (Sec)	9,21	-
13,32 km amont	Rhône en amont du Bugey	Serrières-de-Briord	05,43759	45,82858	Rive droite	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum L.</i>	Entier	26/07/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	9,21	-
13,32 km amont	Rhône en amont du Bugey	Serrières-de-Briord	05,43759	45,82858	Rive droite	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum L.</i>	Entier	26/07/2022	H-3 libre (Liquide)	9,21	-
13,32 km amont	Rhône en amont du Bugey	Serrières-de-Briord	05,43759	45,82858	Rive droite	Phanérogames immergées	Potamogeton pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Parties aériennes	26/07/2022	Ni-63 par Sc. Liq. (Cendre)	10,19	4,28
13,32 km amont	Rhône en amont du Bugey	Serrières-de-Briord	05,43759	45,82858	Rive droite	Phanérogames immergées	Potamogeton pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Parties aériennes	26/07/2022	Gamma (Cendre)	10,19	4,28
13,32 km amont	Rhône en amont du Bugey	Serrières-de-Briord	05,43759	45,82858	Rive droite	Phanérogames immergées	Potamogeton pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Parties aériennes	26/07/2022	Fe-55 par SL (Cendre)	10,19	4,28
12,15 km amont	Rhône en amont du Bugey	Porcieu-Amblagnieu	05,40949	45,85067	Rive droite canal	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Ø < 2 mm	30/03/2022	Gamma (Sec)	1,86	-
12,15 km amont	Rhône en amont du Bugey	Porcieu-Amblagnieu	05,40949	45,85067	Rive droite canal	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Entier	30/03/2022	Granulométrie INRA (Sec)	1,86	-
12,15 km amont	Rhône en amont du Bugey	Porcieu-Amblagnieu	05,40949	45,85067	Rive droite canal	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Entier	30/03/2022	MO après combustion SCP (Sec)	1,86	-
12,15 km amont	Rhône en amont du Bugey	Sault-Brénaz	05,40377	45,85753		Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Entier	02/05/2022	Gamma (Cendre)	4,29	20,33

Situation par rapport au C.N.P.E.	Chronique	Commune	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Commentaire	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
12,15 km amont	Rhône en amont du Bugey	Sault-Brénaz	05,40377	45,85753		Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Entier	02/05/2022	C-14 par SL (Benzène) (Sec)	4,36	-
12,15 km amont	Rhône en amont du Bugey	Sault-Brénaz	05,40377	45,85753		Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Entier	02/05/2022	C élémentaire (Sec)	4,36	-
12,15 km amont	Rhône en amont du Bugey	Sault-Brénaz	05,40377	45,85753		Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Entier	02/05/2022	Rapport relatif C13/C12 (Sec)	4,36	-
12,15 km amont	Rhône en amont du Bugey	Sault-Brénaz	05,40377	45,85753		Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Entier	02/05/2022	H-3 lié (Sec)	4,36	-
12,15 km amont	Rhône en amont du Bugey	Sault-Brénaz	05,40377	45,85753		Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Entier	02/05/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	4,36	-
12,15 km amont	Rhône en amont du Bugey	Sault-Brénaz	05,40377	45,85753		Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Entier	02/05/2022	H-3 libre (Liquide)	4,36	-
5,98 km aval	Rhône en aval du Bugey	Saint-Romain-de-Jalionas	05,20527	45,77138	Rive gauche	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Ø < 2 mm	30/03/2022	Gamma (Sec)	1,32	-
5,98 km aval	Rhône en aval du Bugey	Saint-Romain-de-Jalionas	05,20527	45,77138	Rive gauche	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Entier	30/03/2022	Granulométrie INRA (Sec)	1,32	-
5,98 km aval	Rhône en aval du Bugey	Saint-Romain-de-Jalionas	05,20527	45,77138	Rive gauche	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Entier	30/03/2022	MO après combustion SCP (Sec)	1,32	-
11,01 km aval	Rhône en aval du Bugey	Saint-Maurice-de-Gourdans	05,12950	45,80954		Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Entier	03/05/2022	Gamma (Cendre)	4,86	16,94
11,01 km aval	Rhône en aval du Bugey	Saint-Maurice-de-Gourdans	05,12950	45,80954		Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Entier	03/05/2022	C-14 par SL (Benzène) (Sec)	4,75	-
11,01 km aval	Rhône en aval du Bugey	Saint-Maurice-de-Gourdans	05,12950	45,80954		Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Entier	03/05/2022	C élémentaire (Sec)	4,75	-
11,01 km aval	Rhône en aval du Bugey	Saint-Maurice-de-Gourdans	05,12950	45,80954		Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Entier	03/05/2022	Rapport relatif C13/C12 (Sec)	4,75	-
11,01 km aval	Rhône en aval du Bugey	Saint-Maurice-de-Gourdans	05,12950	45,80954		Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Entier	03/05/2022	H-3 lié (Sec)	4,75	-
11,01 km aval	Rhône en aval du Bugey	Saint-Maurice-de-Gourdans	05,12950	45,80954		Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Entier	03/05/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	4,75	-
11,01 km aval	Rhône en aval du Bugey	Saint-Maurice-de-Gourdans	05,12950	45,80954		Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Entier	03/05/2022	H-3 libre (Liquide)	4,75	-
12,24 km aval	Rhône en aval du Bugey	Balan	05,11434	45,81438	Rive droite	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum L.</i>	Entier	25/07/2022	Gamma (Frais)	-	-
12,24 km aval	Rhône en aval du Bugey	Balan	05,11434	45,81438	Rive droite	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum L.</i>	Entier	25/07/2022	Gamma (Sec)	15,90	-

Situation par rapport au C.N.P.E.	Chronique	Commune	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Commentaire	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
12,24 km aval	Rhône en aval du Bugey	Balan	05,11434	45,81438	Rive droite	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum L.</i>	Entier	25/07/2022	C-14 par MS (spectrométrie de masse) (Sec)	11,21	-
12,24 km aval	Rhône en aval du Bugey	Balan	05,11434	45,81438	Rive droite	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum L.</i>	Entier	25/07/2022	C élémentaire (Sec)	11,21	-
12,24 km aval	Rhône en aval du Bugey	Balan	05,11434	45,81438	Rive droite	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum L.</i>	Entier	25/07/2022	Rapport relatif C13/C12 (Sec)	11,21	-
12,24 km aval	Rhône en aval du Bugey	Balan	05,11434	45,81438	Rive droite	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum L.</i>	Entier	25/07/2022	H-3 lié (Sec)	11,21	-
12,24 km aval	Rhône en aval du Bugey	Balan	05,11434	45,81438	Rive droite	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum L.</i>	Entier	25/07/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	11,21	-
12,24 km aval	Rhône en aval du Bugey	Balan	05,11434	45,81438	Rive droite	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum L.</i>	Entier	25/07/2022	H-3 libre (Liquide)	11,21	-
14,12 km aval	Rhône en aval du Bugey	Niévroz	05,08953	45,81230	Rive droite	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Ø < 2 mm	30/03/2022	Gamma (Sec)	1,60	-
14,12 km aval	Rhône en aval du Bugey	Niévroz	05,08953	45,81230	Rive droite	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Entier	30/03/2022	Granulométrie INRA (Sec)	1,60	-
14,12 km aval	Rhône en aval du Bugey	Niévroz	05,08953	45,81230	Rive droite	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Entier	30/03/2022	MO après combustion (Sec)	1,60	-
18,99 km aval	Rhône en aval du Bugey	Meyzieu	05,02629	45,78993	Rive gauche	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum L.</i>	Parties aériennes	25/07/2022	Ni-63 par Sc. Liq. (Cendre)	11,86	3,55
18,99 km aval	Rhône en aval du Bugey	Meyzieu	05,02629	45,78993	Rive gauche	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum L.</i>	Parties aériennes	25/07/2022	Gamma Cendre)	11,86	3,55
18,99 km aval	Rhône en aval du Bugey	Meyzieu	05,02629	45,78993	Rive gauche	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum L.</i>	Parties aériennes	25/07/2022	Fe-55 par SL (Cendre)	11,86	3,55

- : absence de traitement. Distance au site calculée en ligne droite entre les coordonnées d'un point de référence du site et celles du point de prélèvement

Dans les tableaux aquatiques suivants :

Prélèvements en amont du dispositif de rejets des effluents liquides
Prélèvements en aval du dispositif de rejets des effluents liquides
Prélèvements d'eau en aval du dispositif de rejet des effluents liquides

## 5.3.2 Résultats et interprétation

### 5.3.2.1 Radionucléides émetteurs gamma

#### 5.3.2.1.1 Radionucléides émetteurs gamma d'origine naturelle

Les résultats d'analyse par spectrométrie  $\gamma$  des activités en radionucléides d'origine naturelle dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey sont présentés dans le Tableau 50 page 109.

En 2022, la radioactivité d'origine naturelle détectée dans les sédiments, les végétaux et les poissons est proche des valeurs habituelles pour ces matrices [1]. La radioactivité est essentiellement liée à la présence du  $^{40}\text{K}$  dans l'ensemble des matrices échantillonnées. Les activités en  $^{40}\text{K}$  dans les poissons sont en accord avec les valeurs attendues pour ces animaux dont la teneur en potassium est physiologiquement régulée (activité massique toujours proche de  $100 \text{ Bq.kg}^{-1}$  frais). Les éléments des familles de l' $^{238}\text{U}$  et du  $^{232}\text{Th}$  ainsi que le  $^7\text{Be}$  sont détectés dans les sédiments et les végétaux.

Ces résultats de mesure attestent de l'absence de biais dans les étapes de prélèvements, de préparation et de mesure des échantillons.

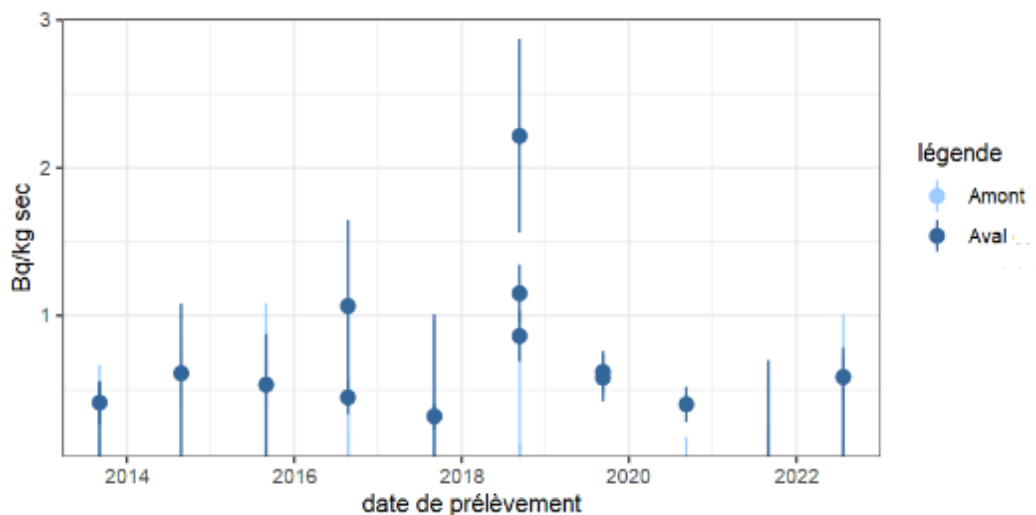
#### 5.3.2.1.2 Radionucléides émetteurs gamma d'origine artificielle

Les résultats d'analyse par spectrométrie  $\gamma$  des activités en radionucléides d'origine artificielle dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey sont présentés dans le Tableau 51 page 110.

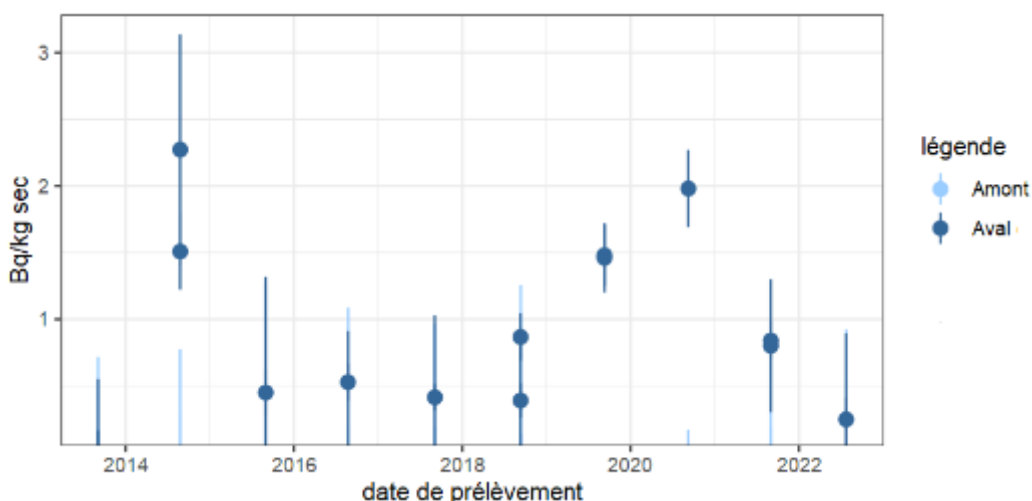
Le  $^{137}\text{Cs}$  est présent dans tous les échantillons prélevés en milieu aquatique avec des activités s'inscrivant dans la gamme des niveaux observés au cours des dix dernières années (Tableau 37 page 96 au Tableau 40 page 99). On notera que, dans toutes les matrices prélevées, compte tenu des incertitudes de mesure, l'activité du  $^{137}\text{Cs}$  est similaire entre l'amont et l'aval, à l'exception des sédiments prélevés en amont, lesquels présentent un niveau d'activité ( $6,5 \pm 0,5 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$ ) supérieur à celui mesuré en aval proche ( $0,82 \pm 0,11 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$ ).

De l' $^{110\text{m}}\text{Ag}$  et du  $^{60}\text{Co}$  sont observés exclusivement dans les phanérogames immergées (respectivement  $0,59 \pm 0,12 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$  et  $0,248 \pm 0,084 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$ ) prélevées en aval du site, à Meyzieu. Ces éléments témoignent de l'influence des rejets liquides autorisés du CNPE de Bugey comme observé ces dernières années (Figures ci-dessous).





**Figure 14 – Variation temporelle des activités en <sup>110m</sup>Ag détecté par spectrométrie  $\gamma$  dans les phanérogames collectées dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey de 2013 à 2022**



**Figure 15 – Variation temporelle des activités en <sup>60</sup>Co détecté par spectrométrie  $\gamma$  dans les phanérogames collectées dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey de 2013 à 2022**

Les activités en <sup>131</sup>I mesurées dans les phanérogames immergées sont plus élevées en amont ( $9,9 \pm 1,4$  Bq.kg<sup>-1</sup> sec) qu'en aval du site ( $3,14 \pm 0,90$  Bq.kg<sup>-1</sup> sec). Ces activités sont essentiellement liées aux rejets hospitaliers.

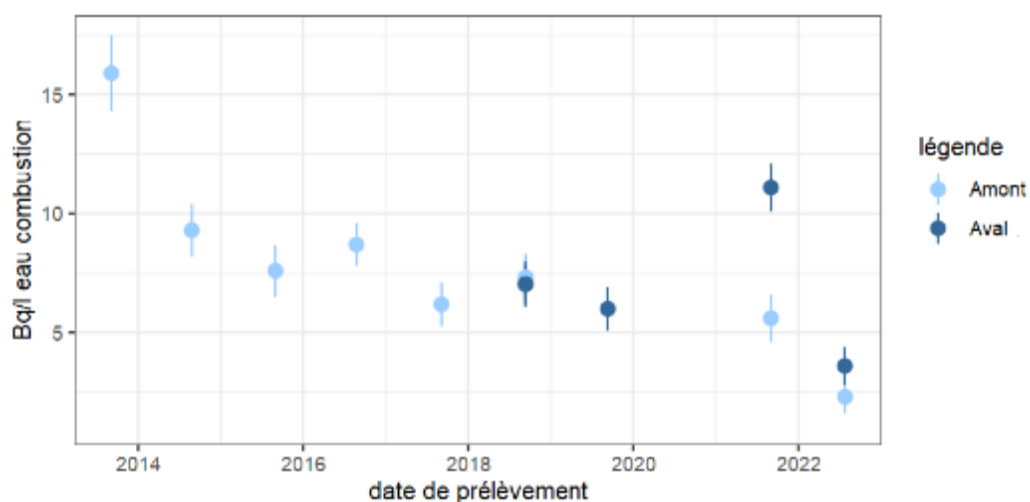
### 5.3.2.2 Radionucléides émetteurs bêta

#### 5.3.2.2.1 Tritium

Les résultats d'analyse des activités en tritium libre et organiquement lié dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey sont présentés respectivement dans le Tableau 52 page 111 et le Tableau 53 page 112.

Les activités en tritium libre mesurées dans les poissons pêchés en amont et les phanérogames collectés en aval du site sont inférieures aux seuils de décision. L'activité en tritium libre mesurée dans les phanérogames prélevées en amont est proche du seuil de décision de l'aval ( $\leq 0,70 \text{ Bq.L}^{-1} \text{ ED}$ ) compte tenu des incertitudes de mesure. Les activités en tritium libre mesurées dans les poissons prélevés en aval du site ainsi que dans l'eau de boisson sont significatives mais restent conformes aux valeurs attendues dans un environnement non soumis à des rejets industriels (de l'ordre de  $1 \text{ Bq.L}^{-1}$  dans une gamme allant de  $0,5$  à  $2 \text{ Bq.L}^{-1}$  d'après [1]). En revanche, l'eau d'irrigation collectée à Loyettes en aval du site a une activité en tritium libre ( $64 \pm 7 \text{ Bq.L}^{-1} \text{ ED}$ ) bien supérieure aux valeurs caractéristiques d'un environnement non soumis à des rejets industriels. L'eau d'irrigation a probablement été prélevée au moment d'un rejet d'effluents liquides tritiés du CNPE de Bugey.

L'activité en tritium organiquement lié mesurée dans les phanérogames immergées collectées en amont du site est du même ordre de grandeur que les valeurs attendues dans un environnement non soumis à des rejets industriels (de l'ordre de  $1 \text{ Bq.L}^{-1}$  dans une gamme allant de  $0,5$  à  $2 \text{ Bq.L}^{-1}$  d'après [1]). Les phanérogames collectées en aval ainsi que les poissons pêchés en amont et en aval du site ont une activité en TOL (respectivement  $3,6 \pm 0,8 \text{ Bq.L}^{-1} \text{ EC}$ ,  $2,9 \pm 0,8 \text{ Bq.L}^{-1} \text{ EC}$  et  $3,5 \pm 1,3 \text{ Bq.L}^{-1} \text{ EC}$ ) supérieure aux valeurs caractéristiques d'un environnement non soumis à des rejets industriels. Ce marquage est consécutif aux rejets d'effluents liquides tritiés du CNPE de Bugey qui s'ajoutent aux rejets réalisés par le site en démantèlement de Creys-Malville ainsi que possiblement aux apports par l'industrie horlogère localisée plus en amont sur le Rhône (Figure 16 page 85).



**Figure 16 – Variation temporelle des activités du TOL détecté dans les phanérogames immergées collectées dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey de 2013 à 2022**

#### 5.3.2.2.2 Carbone 14

Les résultats d'analyse des activités en  $^{14}\text{C}$  dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey sont présentés dans le Tableau 54 page 113.

***L'activité en  $^{14}\text{C}$  mesurée dans les poissons pêchés en amont et dans les deux prélèvements de phanérogames est proche de la valeur caractéristique d'un milieu fluvial non soumis à des rejets d'effluents radioactifs (inférieure à  $220 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ C}$  d'après [1]). En 2022, la valeur mesurée dans les poissons en aval ne s'écarte pas***

*significativement de celle mesurée dans les poissons collectés en amont et est, contrairement aux années passées, inférieure aux valeurs caractéristiques d'un environnement non soumis à des rejets industriels (*

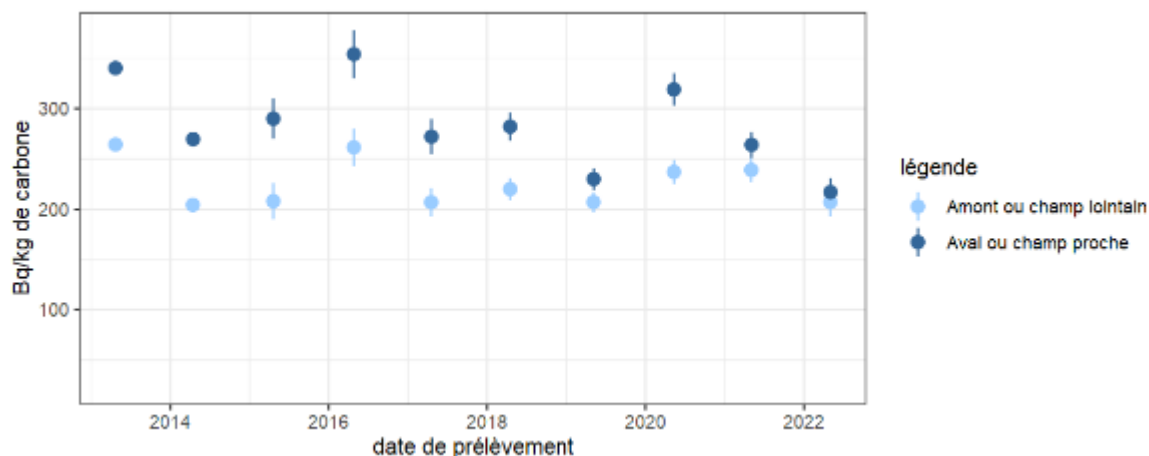
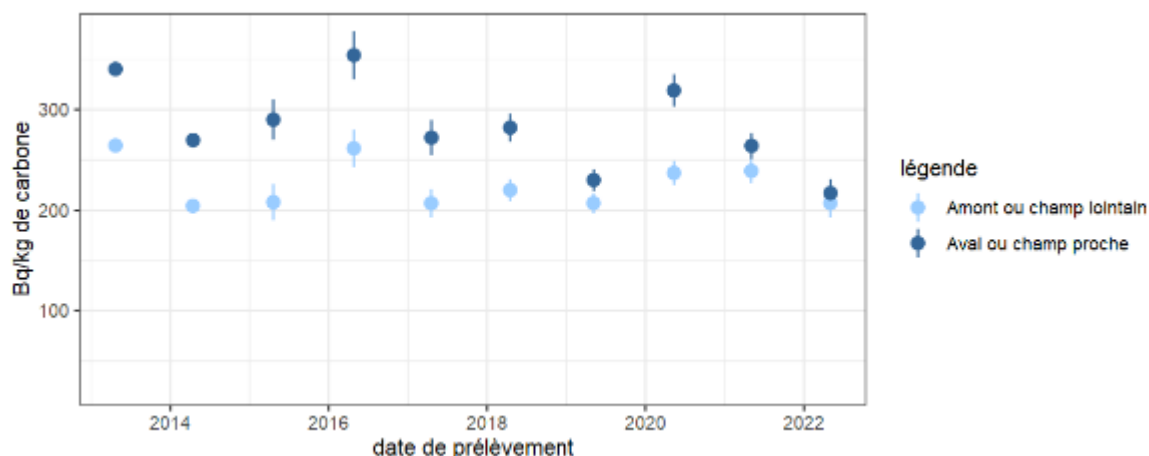


Figure 17 page 86).



**Figure 17 – Variation temporelle des activités du <sup>14</sup>C détecté dans les poissons pêchés dans l’environnement aquatique du CNPE du Bugey de 2013 à 2022**

### 5.3.2.2.3 Nickel 63 et Fer 55

Les résultats d’analyse des activités en <sup>63</sup>Ni et <sup>55</sup>Fe dans l’environnement aquatique du CNPE du Bugey sont présentés respectivement dans le Tableau 55 page 114 et le Tableau 56 page 114.

Les activités en <sup>63</sup>Ni mesurées dans les phanérogames immergées collectées en amont et en aval du site sont inférieures au seuil de décision. Les activités en <sup>55</sup>Fe mesurées dans les phanérogames sont également inférieures au seuil de décision, aussi bien en amont qu’en aval du CNPE. La technique de mesure du <sup>55</sup>Fe fournit pour ces échantillons des limites de détection trop élevées pour affiner le diagnostic.

## 5.4 Conclusion de l'état radiologique de l'environnement du CNPE du Bugey

En 2022, la radioactivité d'origine naturelle reste équivalente à celle observée avant la mise en service industrielle du CNPE. Le  $^{40}\text{K}$  est le radionucléide d'origine naturelle prépondérant dans tous les échantillons.

La radioactivité gamma d'origine artificielle du milieu terrestre est exclusivement imputable au  $^{137}\text{Cs}$ . La présence de ce radionucléide artificiel dans l'environnement terrestre est essentiellement liée aux retombées des essais nucléaires et de Tchernobyl.

Les activités en tritium libre mesurées dans l'herbe, les salades, les grains de maïs prélevés à Sainte-Julie et le lait de vache collecté sous et hors vents dominants ne mettent pas en évidence de marquage lié aux rejets d'effluent à l'atmosphère. Il en est de même pour les mesures de tritium organiquement lié dans les grains de maïs prélevés à Sainte-Julie ainsi que dans l'herbe et le lait de vache prélevés hors vents dominants. En revanche, pour les grains prélevés à Loyettes les Brotteaux et Loyettes Carrière, les activités en tritium libre et en tritium organiquement lié mesurées sont supérieures au bruit de fond. Le marquage observé sur ces grains de maïs est consécutif aux marquages des eaux d'irrigation par les rejets d'effluents liquides du CNPE du Bugey. Les activités en tritium organiquement lié mesurées dans le lait de vache et les salades prélevés sous les vents dominants sont également supérieures au bruit de fond.

L'activité en  $^{14}\text{C}$  mesurée dans les maïs, les salades et le lait de vache est proche du bruit de fond radiologique sur le territoire français hors influence industrielle.

Dans le domaine aquatique, l'activité en  $^{131}\text{I}$  mesurée dans les phanérogames immergées provient très probablement des services de médecine nucléaire implantés en amont même si une contribution du CNPE de Bugey ne peut être exclue. Le marquage par les rejets d'effluents liquides du CNPE du Bugey est mis en évidence en 2022 par la détection des  $^{60}\text{Co}$  et  $^{110\text{m}}\text{Ag}$  dans les phanérogames immergées prélevées en aval du site. L'activité en tritium libre mesurée dans les eaux d'irrigation prélevées en aval du site du Bugey ainsi que l'activité en tritium organiquement lié mesurée dans les phanérogames immergées et les poissons collectés en aval du site témoignent d'un marquage des eaux du Rhône par les rejets d'effluents liquides tritiés du CNPE de Bugey. L'activité en tritium organiquement lié mesurée dans les poissons pêchés en amont du site, supérieure au bruit de fond, témoigne également d'un marquage des eaux du Rhône par les rejets d'effluents liquides tritiés du site en démantèlement de Creys-Malville. L'activité en  $^{14}\text{C}$  mesurée dans l'ensemble des matrices prélevées est proche du bruit de fond et ne met pas en évidence de marquage du milieu aquatique par les rejets d'effluents liquides du site du Bugey.

## 5.5 Tableaux de résultats

**Tableau 30 – Activités en radionucléides des échantillons de sols collectés dans l'environnement terrestre du site du Bugey lors du suivi radioécologique annuel de 2013 à 2022**

Année	2013	2014	2015	2016	2017	2018		2019		2020	2021			2022	
Fraction	Ø < 2 mm	Ø < 2 mm	Ø < 2 mm	Ø < 2 mm	Ø < 2 mm	Ø < 2 mm		Ø < 2 mm		Ø < 2 mm	Ø < 2 mm			Ø < 2 mm	
Chronique	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Le Bugey - zone hors vents dominants (>5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Le Bugey - zone hors vents dominants (>5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Le Bugey - zone hors vents dominants (>5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Le Bugey - zone hors vents dominants (>5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)
<b>Emetteurs gamma d'origine artificielle (Bq.kg<sup>-1</sup> sec)</b>															
<sup>134</sup> Cs	-	-	-	-	-	n.a.	-	n.a.	-	-	-	-	-	n.a.	-
<sup>137</sup> Cs	18,3 (1/1)	18,4 (1/1)	15,4 (1/1)	15,1 (1/1)	7,39-15,3 (2/2)	n.a.	14,6 (1/1)	n.a.	10,8 (1/1)	9,9 (1/1)	5,56-13,10 (4/4)	8,10 (1/1)	9,8-14,5 (3/3)	n.a.	8,6 (1/1)
<sup>58</sup> Co	-	-	-	-	-	n.a.	-	n.a.	-	-	-	-	-	n.a.	-
<sup>60</sup> Co	-	-	-	-	-	n.a.	-	n.a.	-	-	-	-	-	n.a.	-
<sup>110m</sup> Ag	-	-	-	-	-	n.a.	-	n.a.	-	-	-	-	-	n.a.	-
<sup>54</sup> Mn	-	-	-	-	-	n.a.	-	n.a.	-	-	-	-	-	n.a.	-
<sup>124</sup> Sb	-	-	-	-	-	n.a.	-	n.a.	-	-	-	-	-	n.a.	-
<sup>125</sup> Sb	-	-	-	-	-	n.a.	-	n.a.	-	-	-	-	-	n.a.	-
<sup>131</sup> I	n.a.	n.a.	n.a.	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
<b>Emetteurs beta (<sup>3</sup>H libre : Bq.L<sup>-1</sup> d'eau de dessiccation, <sup>3</sup>H lié : Bq.L<sup>-1</sup> d'eau de combustion, <sup>14</sup>C : Bq.kg<sup>-1</sup> C, autres : Bq.kg<sup>-1</sup> sec)</b>															
<sup>90</sup> Sr	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,83 (1/1)	n.a.	1,22 (1/1)	n.a.	n.a.	n.a.	0,58 (1/1)	n.a.	-
<b>Emetteurs alpha (Bq.kg<sup>-1</sup> sec)</b>															
<sup>239+240</sup> Pu	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,221 (1/1)	0,326 (1/1)	0,213 (1/1)	0,23 (1/1)	n.a.	0,21 (1/1)	n.a.	0,25 (1/1)	0,221 (1/1)	0,23 (1/1)
<sup>238</sup> Pu	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,00517 (1/1)	0,0094 (1/1)	0,0053 (1/1)	0,0077 (1/1)	n.a.	0,0059 (1/1)	n.a.	0,0062 (1/1)	0,0069 (1/1)	0,00547 (1/1)
<sup>241</sup> Am	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,0936 (1/1)	0,1386 (1/1)	0,0863 (1/1)	0,0984 (1/1)	n.a.	0,086 (1/1)	n.a.	0,105 (1/1)	0,0896 (1/1)	0,0905 (1/1)

n.a. : non analysé ; - : inférieure au seuil de décision. 3 horizons de sols collectés en analysés en Gamma en 2021

**Tableau 31 – Activités en radionucléides émetteurs γ des échantillons de mousses collectés dans l'environnement terrestre du site du Bugey lors du suivi radioécologique annuel de 2013 à 2022**

Année	2013		2014		2015		2016		2017		2018	2019	2021		2022
Fraction	Entier		Entier		Entier		Entier		Entier		Entier	Parties aériennes	Parties aériennes		Parties aériennes
Chronique	Le Bugey - zone hors vents dominants (>5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Le Bugey - zone hors vents dominants (>5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Le Bugey - zone hors vents dominants (>5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Le Bugey - zone hors vents dominants (>5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Le Bugey - zone hors vents dominants (>5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Le Bugey - zone hors vents dominants (>5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)
Emetteurs gamma d'origine artificielle (Bq.kg <sup>-1</sup> sec)															
<sup>134</sup> Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>137</sup> Cs	2,54 (1/1)	7,23 (1/1)	3,31 (1/1)	4,84 (1/1)	1,53 (1/1)	5,45 (1/1)	1,16 (1/1)	3,79 (1/1)	1,87 (1/1)	2,54 (1/1)	4,90 (1/1)	1,5 (1/1)	2,69 (1/1)	2,14 (1/1)	2,18 (1/1)
<sup>58</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>60</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>110m</sup> Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>54</sup> Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>124</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>125</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>131</sup> I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

- : inférieur au seuil de décision.

**Tableau 32 – Activités en radionucléides des échantillons d’herbe collectés dans l’environnement terrestre du site du Bugey lors du suivi radioécologique annuel de 2013 à 2022**

Année	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021		2022	
Fraction	Parties aériennes	Parties aériennes	Parties aériennes	Parties aériennes	Parties aériennes	Parties aériennes	Parties aériennes	Parties aériennes	Parties aériennes		Parties aériennes	
Chronique	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Le Bugey - zone hors vents dominants (>5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)
<b>Emetteurs gamma d’origine artificielle (Bq.kg<sup>-1</sup> sec)</b>												
<sup>134</sup> Cs	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-	-	-
<sup>137</sup> Cs	0,123 (1/1)	0,363 (1/1)	0,312 (1/1)	0,164 (1/1)	0,137 (1/1)	0,074 (1/1)	-	n.a.	-	0,073 (1/1)	0,033 (1/1)	-
<sup>58</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-	-	-
<sup>60</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-	-	-
<sup>110m</sup> Ag	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-	-	-
<sup>54</sup> Mn	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-	-	-
<sup>124</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-	-	-
<sup>125</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-	-	-
<sup>131</sup> I	n.a.	n.a.	n.a.	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	-	-	n.a.
<b>Emetteurs beta (<sup>3</sup>H libre : Bq.L<sup>-1</sup> d’eau de dessiccation, <sup>3</sup>H lié : Bq.L<sup>-1</sup> d’eau de combustion, <sup>14</sup>C : Bq.kg<sup>-1</sup> C)</b>												
<sup>3</sup> H libre	n.a.	n.a.	1,60 (1/1)	1,50 (1/1)	1,48-2,45 (2/2)	1,08 (1/1)	1,60 (1/1)	-	n.a.	2,30 (1/1)	1,5 (1/1)	-
<sup>3</sup> H lié	n.a.	n.a.	n.a.	1,50 (1/1)	1,35-1,76 (2/2)	1,56 (1/1)	1,20 (1/1)	-	n.a.	1,30 (1/1)	1,4 (1/1)	-
<sup>14</sup> C	230,2 (1/1)	226,9 (1/1)	222-231,5 (4/4)	219-233 (5/5)	226-234 (6/6)	227,4-241 (3/3)	238-255 (3/3)	224-229 (3/3)	n.a.	224-226 (4/4)	220-225 (3/3)	-
<b>Emetteurs alpha (Bq.kg<sup>-1</sup> sec)</b>												
<sup>239+240</sup> Pu	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,000151 (1/1)	0,000230 (1/1)	0,00058 (1/1)	0,000198 (1/1)	-
<sup>238</sup> Pu	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	-	-	-	-
<sup>241</sup> Am	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,000119 (1/1)	0,000170 (1/1)	0,000240 (1/1)	0,000116 (1/1)	-

n.a. : non analysé ; - : inférieur au seuil de décision.



**Tableau 33 – Activités en radionucléides émetteurs  $\gamma$  et  $\beta$  des échantillons de salade collectés dans l'environnement terrestre du site du Bugey lors du suivi radioécologique annuel de 2013 à 2022**

Année	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Fraction	Feuilles	Feuilles	Feuilles	Feuilles	Feuilles	Feuilles	Feuilles annuelles	Parties aériennes	Parties aériennes	Parties aériennes
Chronique	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Le Bugey - zone hors vents dominants (>5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)
Emetteurs gamma d'origine artificielle (Bq.kg <sup>-1</sup> sec)										
<sup>134</sup> Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>137</sup> Cs	-	0,28 (1/1)	0,28 (1/1)	0,32 (1/1)	0,175 (1/1)	0,64 (1/1)	0,89 (1/1)	-	0,360 (1/2)	0,17 (1/1)
<sup>58</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>60</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>110m</sup> Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>54</sup> Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>124</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>125</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>131</sup> I	n.a.	n.a.	n.a.	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Emetteurs beta ( <sup>3</sup> H libre : Bq.L <sup>-1</sup> d'eau de dessiccation, <sup>3</sup> H lié : Bq.L <sup>-1</sup> d'eau de combustion, <sup>14</sup> C : Bq.kg <sup>-1</sup> C)										
<sup>3</sup> H libre	n.a.	n.a.	n.a.	1,90 (1/1)	1,15 (1/1)	1,63 (1/1)	1,10 (1/1)	1,20 (1/1)	1 (1/2)	1,3 (1/1)
<sup>3</sup> H lié	n.a.	n.a.	n.a.	1,42 (1/1)	1,63 (1/1)	1,70 (1/1)	2,2 (1/1)	2,1 (1/1)	1,5-1,9 (2/2)	3,2 (1/1)
<sup>14</sup> C	n.a.	n.a.	n.a.	239 (1/1)	231 (1/1)	227 (1/1)	233 (1/1)	233 (1/1)	221,7-230 (2/2)	211 (1/1)

n. a : non analysé ; - : inférieur au seuil de décision.

**Tableau 34 – Activités en radionucléides émetteurs  $\gamma$  et  $\beta$  des échantillons de maïs collectés dans l'environnement terrestre du site du Bugey lors des études radioécologiques entre 2015 et 2022**

Année	2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022								
Fraction	Graine		Graine		Graine		Graine		Graine		Graine		Graine		Graine								
<b>Emetteurs gamma d'origine artificielle (Bq.kg<sup>-1</sup> sec)</b>																							
<sup>134</sup> Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
<sup>137</sup> Cs	0,0402 (1/1)	0,0057 (1/1)	0,0763 (1/1)	0,0268 (1/1)	-	0,0201 (1/1)	0,0053 (1/1)	0,0101 (1/1)	0,0275 (1/1)	-	0,0337 (1/1)	0,0236 (1/1)	0,0102 (1/1)	0,0090 (1/1)	0,0379 (1/1)	-	0,0450 (1/1)	-	-	0,0610 (1/1)	-	-	0,032 (1/1)
<sup>58</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
<sup>60</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
<sup>110m</sup> Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
<sup>54</sup> Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
<sup>124</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
<sup>125</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
<sup>131</sup> I	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.							
<b>Emetteurs beta (<sup>3</sup>H libre : Bq.L<sup>-1</sup> d'eau de dessiccation, <sup>3</sup>H lié : Bq.L<sup>-1</sup> d'eau de combustion, <sup>14</sup>C : Bq.kg<sup>-1</sup> C)</b>																							
<sup>3</sup> H libre	2,70 (1/1)	1,30 (1/1)	4,30 (1/1)	2,00 (1/1)	1,60 (1/1)	2,60 (1/1)	1,85 (1/1)	1,17 (1/1)	1,72 (1/1)	7,85 (1/1)	1,38 (1/1)	2,87 (1/1)	1,60 (1/1)	2,30 (1/1)	11,3 (1/1)	9,30 (1/1)	2,70 (1/1)	1,20 (1/1)	6,3 (1/1)	1,10 (1/1)	-	6 (1/1)	3,6 (1/1)
<sup>3</sup> H lié	3,07 (1/1)	0,73 (1/1)	5,52 (1/1)	2,07 (1/1)	0,87 (1/1)	2,9 (1/1)	3,24 (1/1)	1,20 (1/1)	3,0 (1/1)	9,34 (1/1)	2,11 (1/1)	4,33 (1/1)	1,60 (1/1)	2,50 (1/1)	9,50 (1/1)	8,30 (1/1)	8,10 (1/1)	1,50 (1/1)	4,50 (1/1)	1,80 (1/1)	1,2 (1/1)	9,1 (1/1)	10,9 (1/1)
<sup>14</sup> C	232 (1/1)	231 (1/1)	227 (1/1)	239 (1/1)	235 (1/1)	236 (1/1)	237 (1/1)	231 (1/1)	235 (1/1)	241 (1/1)	239 (1/1)	243 (1/1)	225,8 (1/1)	235 (1/1)	233 (1/1)	253 (1/1)	254 (1/1)	228,8 (1/1)	231 (1/1)	233 (1/1)	229,8 (1/1)	229 (1/1)	232 (1/1)

n. a : non analysé ; - : inférieur au seuil de décision.

Chroniques :

Le Bugey - zone hors vents dominants (>5 km) : blanc ;

Le Bugey - zone sous les vents (>5 km) : gris clair ;

Irriguée par de l'eau du Rhône collectée en aval du cnpe : bleu.

**Tableau 35 – Activités en radionucléides émetteurs  $\gamma$  et  $\beta$  des échantillons de lait collectés dans l'environnement terrestre du site du Bugey lors des études radioécologiques de 2013 à 2022**

Année	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022		
Fraction	Entier	Entier	Entier	Entier	Entier	Entier	Entier	Entier	Entier	Entier		
Chronique	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Le Bugey - zone hors vents dominants (>5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Le Bugey - zone hors vents dominants (>5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)
<b>Emetteurs gamma d'origine artificielle (Bq.L<sup>-1</sup>)</b>												
<sup>134</sup> Cs	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-	-	-
<sup>137</sup> Cs	0,0232 (1/1)	0,0256 (1/1)	0,0099 (1/1)	0,0132 (1/1)	0,0172 (1/1)	0,0223 (1/1)	0,0159 (1/1)	n.a.	0,0182 (1/1)	0,0132 (1/1)	0,0116 (1/1)	0,0073 (1/1)
<sup>58</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-	-	-
<sup>60</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-	-	-
<sup>110m</sup> Ag	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-	-	-
<sup>54</sup> Mn	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-	-	-
<sup>124</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-	-	-
<sup>125</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-	-	-
<sup>131</sup> I	n.a.	n.a.	n.a.	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
<b>Emetteurs beta (<sup>3</sup>H libre : Bq.L<sup>-1</sup> d'eau de dessiccation, <sup>3</sup>H lié : Bq.L<sup>-1</sup> d'eau de combustion, <sup>14</sup>C : Bq.kg<sup>-1</sup> C, autres : Bq.L<sup>-1</sup>)</b>												
<sup>3</sup> H libre	0,90 (1/1)	1,00 (1/1)	-	0,60 (1/1)	1,22 (1/1)	-	0,80 (1/1)	-	n.a.	1,10 (1/1)	0,7 (1/1)	1,2 (1/1)
<sup>3</sup> H lié	-	1,62 (1/1)	0,80 (1/1)	1,60 (1/1)	-	-	3,90 (1/1)	n.a.	n.a.	2,30 (1/1)	2 (1/1)	3 (1/1)
<sup>14</sup> C	n.a.	n.a.	228-230 (4/4)	229-238 (4/4)	226-233 (4/4)	237 (1/1)	229 (1/1)	224 (1/1)	n.a.	228 (1/1)	226 (1/1)	216 (1/1)
<sup>90</sup> Sr	n.a.	n.a.	0,0404 (1/1)	0,0279 (1/1)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,0230 (1/1)	0,0089 (1/1)

n. a : non analysé ; - : inférieur au seuil de décision.

**Tableau 36 – Activités en radionucléides des échantillons d'eau (boisson, irrigation et cours d'eau) collectés dans l'environnement du site du Bugey lors des études radioécologiques de 2013 à 2022**

Année	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2021	2022
Fraction	Filtrat à 0.2 µm	Filtrat à 0.2 µm	Filtrat à 0.2 µm	Filtrat à 0.2 µm	Filtrat à 0.2 µm	Filtrat à 0.2 µm	Produit de filtration	Produit de filtration	Produit de filtration
Chronique	Rhône en aval du Bugey	Rhône en aval du Bugey	Rhône en aval du Bugey	Rhône en aval du Bugey	Rhône en aval du Bugey	Rhône en aval du Bugey	Rhône en aval du Bugey	Rhône en aval du Bugey	Rhône en aval du Bugey
Emetteurs beta ( <sup>3</sup> H libre : Bq.L <sup>-1</sup> d'eau de dessiccation, <sup>3</sup> H lié : Bq.L <sup>-1</sup> d'eau de combustion, <sup>14</sup> C : Bq.kg <sup>-1</sup> C)									
<sup>3</sup> H libre	2,00 (1/1)	3,30 (1/1)	3,70 (1/1)	1,10 (1/1)	8,16 (1/1)	2,69 (1/2)	1,80-3,90 (2/2)	1,60-2,70 (2/2)	2,5-64 (2/2)

n. a : non analysé.

**Tableau 37 – Activités en radionucléides émetteurs  $\gamma$  des échantillons de sédiments collectés dans l'environnement aquatique du site du Bugey lors des études radioécologiques de 2013 à 2022**

Année	2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022	
Fraction	$\emptyset < 2$ mm		$\emptyset < 2$ mm		$\emptyset < 2$ mm		$\emptyset < 2$ mm		$\emptyset < 2$ mm		$\emptyset < 2$ mm		$\emptyset < 2$ mm		$\emptyset < 2$ mm		$\emptyset < 2$ mm		$\emptyset < 2$ mm	
Chronique	Rhône en amont du Bugey	Rhône en aval du Bugey	Rhône en amont du Bugey	Rhône en aval du Bugey	Rhône en amont du Bugey	Rhône en aval du Bugey	Rhône en amont du Bugey	Rhône en aval du Bugey	Rhône en amont du Bugey	Rhône en aval du Bugey	Rhône en amont du Bugey	Rhône en aval du Bugey	Rhône en amont du Bugey	Rhône en aval du Bugey	Rhône en amont du Bugey	Rhône en aval du Bugey	Rhône en amont du Bugey	Rhône en aval du Bugey	Rhône en amont du Bugey	Rhône en aval du Bugey
<b>Emetteurs gamma d'origine artificielle (Bq.kg<sup>-1</sup> sec)</b>																				
<sup>134</sup> Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>137</sup> Cs	10,10 (1/1)	2,73-4,60 (2/2)	8,00 (1/1)	3,14-6,50 (2/2)	7,80 (1/1)	4,60-7,40 (2/2)	8,65 (1/1)	2,79-5,67 (2/2)	7,37 (1/1)	3,86-5,23 (2/2)	6,57 (1/1)	2,71-3,00 (2/2)	5,11 (1/1)	2,94-4,71 (2/2)	5,80 (1/1)	2,60 (1/1)	6,40 (1/1)	1,37-2,09 (2/2)	6,5 (1/1)	0,82-2,98 (2/2)
<sup>58</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>60</sup> Co	-	-	-	-	-	0,18 (1/2)	-	0,157 (1/2)	-	-	-	-	-	0,220 (1/2)	-	-	-	-	-	-
<sup>110m</sup> Ag	-	0,22-0,26 (2/2)	-	0,24 (1/2)	-	0,31-0,53 (2/2)	-	0,233-0,34 (2/2)	-	0,30-0,39 (2/2)	-	-	-	0,34-0,47 (2/2)	-	0,24 (1/1)	-	0,160 (1/2)	-	-
<sup>54</sup> Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>124</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>125</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>131</sup> I	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
<b>Emetteurs beta (<sup>3</sup>H libre : Bq.L<sup>-1</sup> d'eau de dessiccation, <sup>3</sup>H lié : Bq.L<sup>-1</sup> d'eau de combustion, <sup>14</sup>C : Bq.kg<sup>-1</sup> C, autres : Bq.kg<sup>-1</sup> sec)</b>																				
<sup>3</sup> H libre	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	22,6 (1/1)	1,10 (1/1)	5,30 (1/1)	0,80 (1/1)	11,54 (1/1)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,80 (1/1)	1,10 (1/1)	-	3,40 (1/1)	n.a.	n.a.
<sup>3</sup> H lié	1 190 (1/1)	n.a.	762 (1/1)	n.a.	566 (1/1)	n.a.	423 (1/1)	n.a.	n.a.	n.a.	177 (1/1)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	98,0 (1/1)	60,0 (1/1)	630 (1/1)	n.a.
<sup>14</sup> C	176,5 (1/1)	n.a.	121,2 (1/1)	n.a.	201,8 (1/1)	n.a.	193,7 (1/1)	n.a.	189,3 (1/1)	n.a.	208,4 (1/1)	n.a.	166,7 (1/1)	n.a.	n.a.	n.a.	196,5 (1/1)	200,9 (1/1)	188 (1/1)	n.a.
<sup>90</sup> Sr	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
<sup>63</sup> Ni	-	n.a.	-	n.a.	-	n.a.	-	n.a.	-	n.a.	-	n.a.	-	n.a.	n.a.	n.a.	-	-	-	n.a.

n.a. : non analysé ; - : inférieur au seuil de décision. TOL et <sup>14</sup>C amont proviennent de l'étude de Creys (aval du site).

**Tableau 38 – Activités en radionucléides émetteurs  $\gamma$  et  $\beta$  des échantillons de mousses collectés dans l'environnement aquatique du site du Bugey lors des études radioécologiques de 2013 à 2022**

Année	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2021	2022									
Fraction	Entier	Entier	Entier	Parties aériennes	Parties aériennes	Parties aériennes	Parties aériennes	Parties aériennes	Parties aériennes									
<b>Emetteurs gamma d'origine artificielle (Bq.kg<sup>-1</sup> sec)</b>																		
<sup>134</sup> Cs	-	-	-	-	-	n.a.	-	-	n.a.									
<sup>137</sup> Cs	1,46 (1/1)	2,26-3,23 (2/2)	2,16 (1/1)	1,49-2,81 (2/2)	1,74 (1/1)	2,07-3,64 (2/2)	1,62 (1/1)	1,51-2,77 (2/2)	2,31 (1/1)	1,78-2,99 (2/2)	1,28 (1/1)	n.a.	1,14 (1/1)	n.a.	1,20-1,95 (2/2)	0,47-1,84 (4/4)	n.a.	n.a.
<sup>58</sup> Co	-	2,82 (1/2)	-	0,39-2,63 (2/2)	-	0,38 (1/2)	-	3,89 (1/2)	-	0,47 (1/2)	-	n.a.	-	n.a.	-	1,44-9,00 (4/4)	n.a.	n.a.
<sup>60</sup> Co	-	0,71 (1/2)	-	0,50-3,75 (2/2)	-	1,33 (1/2)	-	2,05 (1/2)	-	0,22-3,38 (2/2)	-	n.a.	-	n.a.	-	0,43-2,60 (4/4)	n.a.	n.a.
<sup>110m</sup> Ag	-	0,54 (1/2)	-	0,47 (1/2)	-	0,35-1,05 (2/2)	-	0,23-0,47 (2/2)	-	0,77 (1/2)	-	n.a.	-	n.a.	-	0,390 (1/4)	n.a.	n.a.
<sup>54</sup> Mn	-	-	-	-	0,42 (1/1)	-	-	1,18 (1/2)	-	-	-	n.a.	-	n.a.	-	-	n.a.	n.a.
<sup>124</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	n.a.	-	-	n.a.	n.a.
<sup>125</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	n.a.	-	-	n.a.	n.a.
<sup>131</sup> I <sup>(1)</sup>	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	8,5 (1/1)	5,20-9,4 (2/2)	n.a.	n.a.
<b>Emetteurs beta (<sup>3</sup>H libre : Bq.L<sup>-1</sup> d'eau de dessiccation, <sup>3</sup>H lié : Bq.L<sup>-1</sup> d'eau de combustion, <sup>14</sup>C : Bq.kg<sup>-1</sup> C, autres : Bq.kg<sup>-1</sup> sec)</b>																		
<sup>55</sup> Fe	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
<sup>63</sup> Ni	-	n.a.	-	n.a.	-	n.a.	-	n.a.	-	n.a.	-	-	-	0,226 (1/1)	0,39 (1/1)	-	n.a.	n.a.

n.a. : non analysé ; - : inférieur au seuil de décision. <sup>(1)</sup> Du fait de sa courte période physique, l'<sup>131</sup>I n'est mesuré que dans certains échantillons. Avec analyses en aval de Creys en 2018 et 2019

Rhône en amont du Bugey : blanc

Rhône en aval du Bugey : gris foncé

**Tableau 39 – Activités en radionucléides émetteurs  $\gamma$  et  $\beta$  des échantillons de phanérogames immergées collectés dans l'environnement aquatique du site du Bugey lors des études radioécologiques de 2013 à 2022**

Année	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022										
Fraction	Entier	Entier	Entier	Parties aériennes	Parties aériennes	Parties aériennes	Parties aériennes	Parties aériennes	Parties aériennes	Parties aériennes										
<b>Emetteurs gamma d'origine artificielle (Bq.kg<sup>-1</sup> sec)</b>																				
<sup>134</sup> Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-										
<sup>137</sup> Cs	1,17- 2,26 (2/2)	1,18- 1,41 (1/1)	1,62 (1/1)	2,41- 2,71 (2/2)	1,88- 3,98 (2/2)	1,68- 2,63 (2/2)	1,22- 1,26 (2/2)	0,67- 2,62 (2/2)	1,79- 3,82 (2/2)	1,54- 1,73 (2/2)	0,353- 1,84 (2/2)	0,458- 1,14 (3/3)	0,35 (1/1)	0,73- 1,95 (2/3)	1,41 (1/1)	1,07 (1/1)	0,66- 1,03 (2/2)	0,89- 1,07 (2/2)	0,87 (1/2)	0,80- 1,10 (2/3)
<sup>58</sup> Co	-	1,03 (1/2)	-	1,62- 2,49 (2/2)	-	-	-	1,19 (1/2)	-	-	-	0,63- 1,47 (3/3)	0,36 (1/2)	-	1,19 (1/1)	-	8,40- 9,0 (2/2)	-	-	
<sup>60</sup> Co	-	-	-	1,51- 2,27 (2/2)	-	0,45 (1/2)	-	0,53 (1/2)	-	0,413 (1/2)	-	0,39- 0,87 (2/3)	1,46- 1,48 (2/2)	-	1,98 (1/1)	-	0,80- 0,84 (2/2)	-	0,248 (1/3)	
<sup>110m</sup> Ag	-	0,41 (1/2)	-	0,61 (1/2)	-	0,53 (1/2)	-	0,45- 1,07 (2/2)	-	0,319 (1/2)	-	0,86- 2,22 (3/3)	0,58- 0,62 (2/3)	-	0,40 (1/1)	-	-	-	0,59 (1/3)	
<sup>54</sup> Mn	-	-	-	-	-	-	-	0,39 (1/2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<sup>124</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<sup>125</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<sup>131</sup> I <sup>(1)</sup>	6,5 (1/1)	3,07 (1/1)	4,7 (1/1)	6,6 (1/1)	40,7 (1/1)	13,6 (1/1)	2,10 (1/1)	-	19,0 (1/1)	5,87 (1/1)	1,95 (1/1)	1,65 (1/1)	3,06 (1/1)	2,3 (1/1)	n.a.	n.a.	13,8 (1/1)	9,3 (1/1)	9,9 (1/1)	3,14 (1/1)
<b>Emetteurs beta (<sup>3</sup>H libre : Bq.L<sup>-1</sup> d'eau de dessiccation, <sup>3</sup>H lié : Bq.L<sup>-1</sup> d'eau de combustion, <sup>14</sup>C : Bq.kg<sup>-1</sup> )</b>																				
<sup>3</sup> H libre	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	0,60 (1/1)	1,30 (1/1)	1,10 (1/1)	-	13,15 (1/1)	1,20 (1/1)	0,99 (1/1)	0,9 (1/1)	6,30 (1/1)	-	0,80 (1/1)	-	2,00 (1/1)	0,9 (1/1)	-
<sup>3</sup> H lié	15,9 (1/1)	n.a.	9,3 (1/1)	n.a.	7,6 (1/1)	n.a.	8,70 (1/1)	n.a.	6,19 (1/1)	n.a.	7,32 (1/1)	7,04 (1/1)	5 (1/1)	6,00 (1/1)	n.a.	n.a.	5,6 (1/1)	11,1 (1/1)	2,3 (1/1)	3,6 (1/1)
<sup>14</sup> C	196,7 (1/1)	n.a.	203,3 (1/1)	n.a.	194,3 (1/1)	n.a.	189,8 (1/1)	n.a.	190,8 (1/1)	n.a.	189,4 (1/1)	256,6 (1/1)	189,9 (1/1)	226,1 (1/1)	n.a.	n.a.	190,9 (1/1)	211,5 (1/1)	192,2 (1/1)	202,3 (1/1)

n.a. : non analysé ; - : inférieur au seuil de décision. <sup>(1)</sup> Du fait de sa courte période physique, l'<sup>131</sup>I n'est mesuré que dans certains échantillons.

**Tableau 40 – Activités en radionucléides émetteurs  $\gamma$  et  $\beta$  des échantillons de poissons (muscles) collectés dans l'environnement aquatique du site du Bugey lors des études radioécologiques de 2013 à 2022**

Année	2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022	
Fraction	Muscle		Muscle		Muscle		Muscle		Muscle		Muscle		Muscle		Muscle		Muscle		Muscle	
Chronique	Rhône en amont du Bugey	Rhône en aval du Bugey	Rhône en amont du Bugey	Rhône en aval du Bugey	Rhône en amont du Bugey	Rhône en aval du Bugey	Rhône en amont du Bugey	Rhône en aval du Bugey	Rhône en amont du Bugey	Rhône en aval du Bugey	Rhône en amont du Bugey	Rhône en aval du Bugey	Rhône en amont du Bugey	Rhône en aval du Bugey	Rhône en amont du Bugey	Rhône en aval du Bugey	Rhône en amont du Bugey	Rhône en aval du Bugey	Rhône en amont du Bugey	Rhône en aval du Bugey
Emetteurs gamma d'origine artificielle (Bq.kg <sup>-1</sup> frais)																				
<sup>134</sup> Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>137</sup> Cs	0,068 (1/1)	0,047 (1/1)	0,065 (1/1)	0,0302 (1/1)	0,071 (1/1)	0,034 (1/1)	0,0556 (1/1)	0,0443 (1/1)	0,0964 (1/1)	0,0488 (1/1)	0,0820 (1/1)	0,0481 (1/1)	0,0536 (1/1)	0,0418 (1/1)	0,0800 (1/1)	0,0380 (1/1)	0,0570 (1/1)	0,0420 (1/1)	0,056 (1/1)	0,045 (1/1)
<sup>58</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>60</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>110m</sup> Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>54</sup> Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>124</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>125</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>131</sup> I	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Emetteurs beta ( <sup>3</sup> H libre : Bq.L <sup>-1</sup> d'eau de dessiccation, <sup>3</sup> H lié : Bq.L <sup>-1</sup> d'eau de combustion, <sup>14</sup> C : Bq.kg <sup>-1</sup> , autres : Bq.kg <sup>-1</sup> frais)																				
<sup>3</sup> H libre	-	1,00 (1/1)	-	0,70 (1/1)	0,90 (1/1)	6,70 (1/1)	0,90 (1/1)	2,10 (1/1)	0,94 (1/1)	-	0,75 (1/1)	0,70 (1/1)	-	1,80 (1/1)	-	-	-	1,40 (1/1)	-	2,2 (1/1)
<sup>3</sup> H lié	3,5 (1/1)	7,6 (1/1)	3,80 (1/1)	7,40 (1/1)	3,00 (1/1)	6,56 (1/1)	4,70 (1/1)	12,1 (1/1)	1,89 (1/1)	4,23 (1/1)	2,56 (1/1)	4,83 (1/1)	1,80 (1/1)	2,60 (1/1)	3,30 (1/1)	5,60 (1/1)	2,60 (1/1)	4,00 (1/1)	2,9 (1/1)	3,5 (1/1)
<sup>14</sup> C	264,3 (1/1)	340,2 (1/1)	204,3 (1/1)	269,6 (1/1)	208 (1/1)	290 (1/1)	261 (1/1)	354 (1/1)	207 (1/1)	272 (1/1)	220 (1/1)	282 (1/1)	207 (1/1)	230 (1/1)	237 (1/1)	319 (1/1)	239 (1/1)	264 (1/1)	207 (1/1)	217 (1/1)

n.a. : non analyse, - : inférieur au seuil de décision.



**Tableau 41 - Teneur en matière organique et caractéristiques granulométriques des échantillons de sols récoltés dans l'environnement terrestre du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique en 2022.**

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité	Fractions	%
Vernas	30/03/2022	Sols	<i>Sol de pâturage ou de prairie</i>	Tamisé < 2000 µm	sec	Matière organique	6,07
						Argiles (<2µm)	23,4
						Limons Fins	14,7
						Limons Grossiers	11,1
						Sables Fins	19,0
						Sables Grossiers	31,8

**Tableau 42 – Activités en radionucléides émetteurs γ d'origine naturelle mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du site du Bugey lors du suivi radioécologique 2022**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité	Frais/Sec	Date de mesure	<sup>40</sup> K	Familie du <sup>232</sup> Th		Familie de l' <sup>238</sup> U		<sup>7</sup> Be	Unité
										<sup>228</sup> Ac	<sup>234</sup> Th	<sup>234m</sup> Pa	<sup>210</sup> Pb		
Le bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Vernas	30/03/2022	Sols	Sol de pâturage ou de prairie	Tamisé < 2000 μm	Sec	1,12	25/04/2022	328±28	36±4	26±5	24±9	80±24	2,6±0,9	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le bugey - zone sous les vents (>5 km)	Sainte-Julie	20/09/2022	Céréales	Maïs <i>Zea mays</i>	Graine	Cendre	1,20	21/11/2022	125±10	≤ 0,038	≤ 0,100	≤ 1,3	≤ 0,11	0,18±0,06	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le bugey - zone sous les vents (< 5 km) irriguée par de l'eau du Rhône collectée en aval du cnpe	Loyettes, Carrière	20/09/2022	Céréales	Maïs <i>Zea mays</i>	Graine	Cendre	1,14	26/10/2022	118±9	≤ 0,049	≤ 0,11	≤ 1,6	≤ 0,12	≤ 0,11	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le bugey - zone hors vents dominants (>5 km) irriguée par de l'eau du Rhône collectée en aval du cnpe	Loyettes, les Brotteaux	21/09/2022	Céréales	Maïs <i>Zea mays</i>	Graine	Cendre	1,23	21/11/2022	120±9	≤ 0,080	≤ 0,17	≤ 2,5	≤ 0,21	0,31±0,13	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Saint-Romain-de-Jalionas	29/06/2022	Légumes	Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Parties aériennes	Cendre	18,33	16/09/2022	2 370±180	1,08±0,31	≤ 1,1	≤ 16	15,6±2,1	220±17	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Vernas	03/05/2022	Herbes	Herbe de prairie permanente non id.	Parties aériennes	Cendre	3,09	19/08/2022	591±45	0,36±0,08	≤ 0,26	≤ 3,5	6,3±0,7	36,2±2,9	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Leyrieu	30/03/2022	Mousses terrestres	<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i> <i>Rhytidiadelphus triquetrus</i>		Frais	2,17	06/04/2022	165±17	≤ 1,6	≤ 3,8	≤ 46	392±37	411±27	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Loyettes	03/05/2022	Produits laitiers	Lait de vache		Cendre	-	29/08/2022	48,7±3,7	≤ 0,020	≤ 0,038	≤ 0,60	≤ 0,042	≤ 0,11	Bq.L <sup>-1</sup>
Le bugey - zone hors vents dominants (>5 km)	Le Montellier	04/05/2022	Produits laitiers	Lait de vache		Cendre	-	29/08/2022	48,5±3,7	≤ 0,020	≤ 0,047	≤ 0,60	≤ 0,060	≤ 0,11	Bq.L <sup>-1</sup>

n.a : non analysé.

**Tableau 43 – Activités en radionucléides émetteurs  $\gamma$  d'origine artificielle mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du site du Bugey lors du suivi radioécologique 2022**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité Frais/Sec	Date de mesure	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	<sup>58</sup> Co	<sup>60</sup> Co	<sup>110m</sup> Ag	<sup>54</sup> Mn	<sup>124</sup> Sb	<sup>125</sup> Sb	<sup>131</sup> I*	Unité	
Le buges - zone sous les vents (5 km)	(Saint-Romair de-Jalionas)	29/06/2022	Légumes	Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Parties aériennes	Cendre	18,33	16/09/2022	≤ 0,100	<b>0,17±0,06</b>	≤ 0,24	≤ 0,16	≤ 0,16	≤ 0,13	≤ 0,22	≤ 0,24	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le buges - zone sous les vents (< 5 km)	Vernas	03/05/2022	Herbes	Herbe de prairie permanente non id.	Parties aériennes	Cendre	3,09	19/08/2022	≤ 0,023	<b>0,033±0,012</b>	≤ 0,070	≤ 0,037	≤ 0,038	≤ 0,031	≤ 0,070	≤ 0,050	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le buges - zone sous les vents (< 5 km)	Leyrieu	30/03/2022	Mousses terrestres	<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i>	Entier	Frais	2,17	06/04/2022	≤ 0,39	<b>2,18±0,44</b>	≤ 0,44	≤ 0,48	≤ 0,41	≤ 0,35	≤ 0,37	≤ 1,0	≤ 0,50	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le buges - zone sous les vents (< 5 km)	Vernas	30/03/2022	Sols	Sol de pâturage ou de prairie	Produits de tamisage <i>Tamisé &lt; 2000 μm</i>	Sec	1,12	25/04/2022	≤ 0,13	<b>8,6±0,7</b>	≤ 0,15	≤ 0,14	≤ 0,16	≤ 0,17	≤ 0,16	≤ 0,39	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Zone sous les vents (< 5 km) irriguée par de l'eau du Rhône collectée en aval du cnpe	Loyettes, Carrière	20/09/2022	Céréales	Maïs <i>Zea mays</i>	Graine	Cendre	1,14	26/10/2022	≤ 0,010	<b>0,032±0,007</b>	≤ 0,015	≤ 0,016	≤ 0,014	≤ 0,011	≤ 0,013	≤ 0,023	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le buges - zone sous les vents (>5 km)	Sainte-Julie	20/09/2022	Céréales	Maïs <i>Zea mays</i>	Graine	Cendre	1,20	21/11/2022	≤ 0,0080	≤ 0,0080	≤ 0,016	≤ 0,013	≤ 0,012	≤ 0,010	≤ 0,014	≤ 0,018	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
zone hors vents (>5 km) irriguée par de l'eau du Rhône collectée en aval du cnpe	Loyettes, le Brotteaux	21/09/2022	Céréales	Maïs <i>Zea mays</i>	Graine	Cendre	1,23	21/11/2022	≤ 0,017	≤ 0,016	≤ 0,031	≤ 0,026	≤ 0,024	≤ 0,019	≤ 0,030	≤ 0,039	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le buges - zone sous les vents (< 5 km)	Loyettes	03/05/2022	Produits laitiers	Lait de vache	Entier	Cendre	-	29/08/2022	≤ 0,0042	<b>0,0073±0,0023</b>	≤ 0,014	≤ 0,0070	≤ 0,0070	≤ 0,0060	≤ 0,014	≤ 0,010	n.a.	Bq.L <sup>-1</sup>
Le buges - zone hors vents dominants (>5 km)	Le Montellie	04/05/2022	Produits laitiers	Lait de vache	Entier	Cendre	-	29/08/2022	≤ 0,0042	<b>0,0116±0,0025</b>	≤ 0,013	≤ 0,0060	≤ 0,0070	≤ 0,0050	≤ 0,013	≤ 0,010	n.a.	Bq.L <sup>-1</sup>

n.a. : non analysé.

\* Du fait de sa courte période radioactive, l'<sup>131</sup>I a été analysé sur des échantillons frais.

**Tableau 44 – Activités en tritium libre mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2022**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Date de mesure	<sup>3</sup> H libre (Bq.L <sup>-1</sup> d'eau de dessiccation)	<sup>3</sup> H libre (Bq.kg <sup>-1</sup> sec ou frais ou Bq.L <sup>-1</sup> )	Unité
Le bugéy - zone sous les vents (< 5 km) irriguée par de l'eau du Rhône collectée en aval du CNPE	Loyettes, Carrière	20/09/2022	Céréales	Maïs <i>Zea mays</i>	Eau extraite par lyophilisation	1,10	23/11/2022	3,6±1	0,333±0,092	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Le bugéy - zone sous les vents (>5 km)	Sainte-Julie	20/09/2022	Céréales	Maïs <i>Zea mays</i>	Eau extraite par lyophilisation	1,15	23/11/2022	≤ 0,80	≤ 0,10	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Le bugéy - zone hors vents dominants (>5 km) irriguée par de l'eau du Rhône collectée en aval du CNPE	Loyettes, les Brotteaux	21/09/2022	Céréales	Maïs <i>Zea mays</i>	Eau extraite par lyophilisation	1,22	23/11/2022	6±1,2	1,07±0,21	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Le bugéy - zone sous les vents (< 5 km)	Saint-Romain-de-Jalionas	29/06/2022	Légumes	Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Eau extraite par lyophilisation	14,85	28/09/2022	1,3±0,7	1,21±0,65	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Le bugéy - zone sous les vents (< 5 km)	Vernas	03/05/2022	Herbes	Herbe de prairie permanente non id.	Eau extraite par lyophilisation	3,27	30/05/2022	1,5±0,7	1,04±0,49	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Le bugéy - zone sous les vents (< 5 km)	Loyettes	03/05/2022	Produits laitiers	Lait de vache	Eau extraite par lyophilisation	7,99	14/07/2022	1,2±0,7	1,05±0,61	Bq.L <sup>-1</sup> d'ECH.
Le bugéy - zone hors vents dominants (>5 km)	Le Montellier	04/05/2022	Produits laitiers	Lait de vache	Eau extraite par lyophilisation	7,61	14/07/2022	0,7±0,6	0,61±0,52	Bq.L <sup>-1</sup> d'ECH.

**Tableau 45 – Activités en tritium organiquement lié (TOL) mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2022**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Date de mesure	TOL (Bq.L <sup>-1</sup> d'eau de combustion)	TOL (Bq.kg <sup>-1</sup> sec ou frais ou Bq.L <sup>-1</sup> )	Unité
Le buges - zone sous les vents (< 5 km) irriguée par de l'eau du Rhône collectée en aval du CNPE	Loyettes, Carrière	20/09/2022	Céréales	Maïs <i>Zea mays</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	1,10	16/03/2023	10,9±1,5	6,12±0,88	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Le buges - zone sous les vents (>5 km)	Sainte-Julie	20/09/2022	Céréales	Maïs <i>Zea mays</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	1,15	02/12/2022	1,2±0,7	0,64±0,37	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Le buges - zone hors vents dominants (>5 km) irriguée par de l'eau du Rhône collectée en aval du CNPE	Loyettes, les Brotteaux	21/09/2022	Céréales	Maïs <i>Zea mays</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	1,22	16/03/2023	9,1±1,3	4,55±0,68	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Le buges - zone sous les vents (< 5 km)	Saint-Romain-de-Jalionas	29/06/2022	Légumes	Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	14,85	28/05/2023	3,2±1,0	0,107±0,034	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Le buges - zone sous les vents (< 5 km)	Vernas	03/05/2022	Herbes	Herbe de prairie permanente non id.	Résidu sec obtenu après lyophilisation	3,27	15/09/2022	1,4±1,0	0,26±0,18	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Le buges - zone sous les vents (< 5 km)	Loyettes	03/05/2022	Produits laitiers	Lait de vache	Résidu sec obtenu après lyophilisation	7,99	21/09/2022	3,0±0,7	0,257±0,061	Bq.L <sup>-1</sup> d'ECH.
Le buges - zone hors vents dominants (>5 km)	Le Montellier	04/05/2022	Produits laitiers	Lait de vache	Résidu sec obtenu après lyophilisation	7,61	21/09/2022	2,0±0,7	0,190±0,067	Bq.L <sup>-1</sup> d'ECH.

**Tableau 46 – Activités en <sup>14</sup>C mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2022**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Date de mesure <sup>14</sup> C	<sup>14</sup> C (Bq.kg <sup>-1</sup> de C)	δ <sup>12/13</sup> C (‰)	pMC (%)	<sup>14</sup> C (Bq.kg <sup>-1</sup> sec ou frais ou Bq.L <sup>-1</sup> )	C TOT. (kg.kg <sup>-1</sup> sec ou frais ou kg.L <sup>-1</sup> )	Unité
Le buges - zone sous les vents (< 5 km) irriguée par de l'eau du Rhône collectée en aval du cnpe	Loyettes, Carrière	20/09/2022	Céréales	Maïs <i>Zea mays</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	1,10	17/07/2023	232±11	-12,69	100,1±4,7	88,2±4,2	380	Frais
Le buges - zone sous les vents (>5 km)	Sainte-Julie	20/09/2022	Céréales	Maïs <i>Zea mays</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	1,15	10/03/2023	229,8±2,6	-12,55	99,1±1,1	94,3±1,1	0,41	Sec
Le buges - zone hors vents dominants (>5 km) irriguée par de l'eau du Rhône collectée en aval du cnpe	Loyettes, les Brotteaux	21/09/2022	Céréales	Maïs <i>Zea mays</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	1,22	17/07/2023	229±11	-12,51	98,8±4,7	77,2±3,7	340	Frais
Le buges - zone sous les vents (< 5 km)	Saint-Romain-de-Jalionas	29/06/2022	Légumes	Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	14,85	17/07/2023	211±10	-29,34	94,2±4,5	5,50±0,26	26	Frais
Le buges - zone sous les vents (< 5 km)	Loyettes	03/05/2022	Produits laitiers	Lait de vache	Résidu sec obtenu après lyophilisation	7,99	18/06/2023	216±11	-20,93	94,8±4,8	12,95±0,66	60	Liquide
Le buges - zone hors vents dominants (>5 km)	Le Montellier	04/05/2022	Produits laitiers	Lait de vache	Résidu sec obtenu après lyophilisation	7,61	18/06/2023	226±11	-21,13	99,2±4,8	14,59±0,71	65	Liquide

**Tableau 47 – Activités en <sup>90</sup>Sr mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2022**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Date de mesure	<sup>90</sup> Sr	Unité
Le buges - zone sous les vents (< 5 km)	Vernas	30/03/2022	Sols	Sol de pâturage ou de prairie	Produits de tamisage Tamisé < 2000 µm	1,12	05/12/2022	≤ 0,50	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le buges - zone sous les vents (< 5 km)	Loyettes	03/05/2022	Produits laitiers	Lait de vache	Entier	8,11	06/12/2022	0,0089±0,0023	Bq.L <sup>-1</sup>
Le buges - zone hors vents dominants (>5 km)	Le Montellier	04/05/2022	Produits laitiers	Lait de vache	Entier	7,82	06/12/2022	0,0230±0,0042	Bq.L <sup>-1</sup>

- : inférieur au seuil de décision.

**Tableau 48 – Activités en radionucléides émetteurs  $\alpha$  mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2022**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Date de mesure	$^{238}\text{Pu}$	$^{239+240}\text{Pu}$	$^{241}\text{Am}$	Unité	$^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$	$^{241}\text{Am}/^{239+240}\text{Pu}$	Unité
Le buges - zone sous les vents (< 5 km)	Vernas	30/03/2022	Sols	Sol de pâturage ou de prairie	Produits de tamisage Tamisé < 2000 $\mu\text{m}$	1,12	19/10/2022	5,47±0,8	230±11	90,5±7	mBq.kg <sup>-1</sup> sec	0,0238±0,0037	0,394±0,036	Sans unité
Le buges - zone hors vents dominants (>5 km)	Bressolles	30/03/2022	Sols	Sol de pâturage ou de prairie	Produits de tamisage Tamisé < 2000 $\mu\text{m}$	1,37	19/10/2022	6,9±1	221±11	89,6±7	mBq.kg <sup>-1</sup> sec	0,0310±0,0048	0,404±0,037	Sans unité
Le buges - zone sous les vents (< 5 km)	Vernas	03/05/2022	Herbes	Herbe de prairie permanente	Parties aériennes	3,09	19/10/2022	≤ 0,023	0,198±0,08	0,116±0,05	mBq.kg <sup>-1</sup> sec	-	0,59±0,35	Sans unité

- : inférieur au seuil de décision.



**Tableau 49 - Teneur en matière organique et caractéristiques granulométriques des échantillons de sédiments récoltés dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique en 2022.**

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité	Fractions	%
Porcieu-Amblagnieu	30/03/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	≤ 2 mm	sec	Matière organique	2,97
						Argiles (<2μm)	17,8
						Limons Fins	39,0
						Limons Grossiers	24,4
						Sables Fins	17,0
						Sables Grossiers	1,8
Saint-Romain-de-Jalionas	30/03/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	≤ 2 mm	sec	Matière organique	0,35
						Argiles (<2μm)	2,70
						Limons Fins	0,90
						Limons Grossiers	2,7
						Sables Fins	37,2
						Sables Grossiers	56,5
Niévroz	30/03/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	≤ 2 mm	sec	Matière organique	2,54
						Argiles (<2μm)	9,9
						Limons Fins	21,7
						Limons Grossiers	22,9
						Sables Fins	30,3
						Sables Grossiers	15,2

**Tableau 50 – Activités en radionucléides émetteurs γ d'origine naturelle mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2022**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité	Frais/Sec	Date de mesure	<sup>40</sup> K	Famille du <sup>232</sup> Th	Famille de l' <sup>238</sup> U			<sup>7</sup> Be	Unité
										<sup>228</sup> Ac	<sup>234</sup> Th	<sup>234m</sup> Pa	<sup>210</sup> Pb		
Rhône en amont du bugéy	Porcieu-Ambagnieu	30/03/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Produits de tamisage Tamisé < 2000 µm	Sec	1,86	25/04/2022	515±39	44,7±4,8	51±6	60±13	91±16	9,8±1,4	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en aval du bugéy	Saint-Romain-de-Jalionas	30/03/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Produits de tamisage Tamisé < 2000 µm	Sec	1,32	25/04/2022	429±35	19,3±1,2	21,2±3,7	22±10	26±6	2,9±0,8	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en aval du bugéy	Niévroz	30/03/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Produits de tamisage Tamisé < 2000 µm	Sec	1,60	22/04/2022	388±31	34,4±2,2	41±6	40±13	66±13	2,9±0,9	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en amont du bugéy	Serrières-de-Briord	26/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle <i>Myriophyllum sp.</i>	Parties aériennes	Frais	9,21	01/08/2022	580±46	23,0±4,6	35,0±6,4	≤ 100	26,7±6,4	76,5±8,3	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en amont du bugéy	Serrières-de-Briord	26/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp.</i>	Parties aériennes	Cendre	10,19	28/10/2022	513±39	22,1±2,4	28,7±2,6	29±7	22,5±2,9	41,3±3,6	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en aval du bugéy	Balan	25/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle <i>Myriophyllum sp.</i>	Parties aériennes	Frais	11,21	01/08/2022	695±56	17,9±4,1	13,9±5,2	≤ 100	15,0±5,5	37,0±6,7	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en aval du bugéy	Balan	25/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle <i>Myriophyllum sp.</i>	Parties aériennes	Sec	15,90	15/11/2022	680±50	12,6±2,1	32,1±3,7	≤ 41	10,6±2,3	50±8	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en aval du bugéy	Meyzieu	25/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle <i>Myriophyllum sp.</i>	Parties aériennes	Cendre	11,86	21/11/2022	630±48	21,9±2,5	34,6±3,4	33±11	31,5±4,2	76,8±6,8	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en amont du bugéy	Sault-Brénaz	02/05/2022	Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Muscle	Cendre	4,29	12/08/2022	105±8	≤ 0,035	≤ 0,080	≤ 1,1	≤ 0,090	≤ 0,15	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Rhône en aval du bugéy	Saint-Maurice-de-Gourdans	03/05/2022	Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Muscle	Cendre	4,86	12/08/2022	112±9	≤ 0,047	≤ 0,12	≤ 1,6	≤ 0,13	≤ 0,20	Bq.kg <sup>-1</sup> frais

**Tableau 51 – Activités en radionucléides émetteurs  $\gamma$  d'origine artificielle mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2022**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité	Frais/Sec	Date de mesure	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	<sup>58</sup> Co	<sup>60</sup> Co	<sup>110m</sup> Ag	<sup>54</sup> Mn	<sup>124</sup> Sb	<sup>125</sup> Sb	<sup>131</sup> I	Unité
Rhône en amont du Bugey	Porcieu-Amblagnieu	30/03/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Produits de tamisage Tamisé < 2000 $\mu$ m	Sec	1,86	25/04/2022	$\leq 0,16$	<b>6,5<math>\pm</math>0,5</b>	$\leq 0,19$	$\leq 0,19$	$\leq 0,20$	$\leq 0,21$	$\leq 0,19$	$\leq 0,47$	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> .sec
Rhône en aval du Bugey	Saint-Romain-de-Jalionas	30/03/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Produits de tamisage Tamisé < 2000 $\mu$ m	Sec	1,32	25/04/2022	$\leq 0,12$	<b>0,82<math>\pm</math>0,11</b>	$\leq 0,14$	$\leq 0,15$	$\leq 0,15$	$\leq 0,13$	$\leq 0,15$	$\leq 0,33$	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> .sec
Rhône en aval du Bugey	Niévroz	30/03/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Produits de tamisage Tamisé < 2000 $\mu$ m	Sec	1,60	22/04/2022	$\leq 0,15$	<b>2,98<math>\pm</math>0,25</b>	$\leq 0,18$	$\leq 0,17$	$\leq 0,19$	$\leq 0,18$	$\leq 0,18$	$\leq 0,44$	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> .sec
Rhône en amont du Bugey	Serrières-de-Briord	26/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle <i>Myriophyllum sp.</i>	Parties aériennes	Frais	9,21	01/08/2022	$\leq 0,92$	$\leq 1,1$	$\leq 0,74$	$\leq 0,92$	$\leq 1,0$	$\leq 0,83$	$\leq 0,92$	$\leq 2,3$	<b>9,9<math>\pm</math>1,4</b>	Bq.kg <sup>-1</sup> .sec
Rhône en amont du Bugey	Serrières-de-Briord	26/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp.</i>	Parties aériennes	Cendre	10,19	28/10/2022	$\leq 0,080$	<b>0,87<math>\pm</math>0,08</b>	$\leq 0,18$	$\leq 0,090$	$\leq 0,12$	$\leq 0,100$	$\leq 0,19$	$\leq 0,20$	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> .sec
Rhône en aval du Bugey	Balan	25/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle <i>Myriophyllum sp.</i>	Parties aériennes	Frais	11,21	01/08/2022	$\leq 0,50$	<b>0,80<math>\pm</math>0,49</b>	$\leq 0,56$	$\leq 0,90$	$\leq 0,78$	$\leq 0,67$	$\leq 0,55$	$\leq 1,5$	<b>3,14<math>\pm</math>0,90</b>	Bq.kg <sup>-1</sup> .sec
Rhône en aval du Bugey	Balan	25/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle <i>Myriophyllum sp.</i>	Parties aériennes	Sec	15,90	15/11/2022	$\leq 0,28$	$\leq 0,29$	$\leq 0,80$	$\leq 0,41$	$\leq 0,50$	$\leq 0,35$	$\leq 0,90$	$\leq 0,70$	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> .sec
Rhône en aval du Bugey	Meyzieu	25/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle <i>Myriophyllum sp.</i>	Parties aériennes	Cendre	11,86	21/11/2022	$\leq 0,14$	<b>1,10<math>\pm</math>0,13</b>	$\leq 0,42$	<b>0,248<math>\pm</math>0,084</b>	<b>0,59<math>\pm</math>0,12</b>	$\leq 0,20$	$\leq 0,45$	$\leq 0,37$	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> .sec
Rhône en amont du Bugey	Sault-Brénaz	02/05/2022	Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Muscle	Cendre	4,29	12/08/2022	$\leq 0,0070$	<b>0,056<math>\pm</math>0,006</b>	$\leq 0,021$	$\leq 0,011$	$\leq 0,012$	$\leq 0,0090$	$\leq 0,015$	$\leq 0,016$	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> .frais
Rhône en aval du Bugey	Saint-Maurice-de-Gourdans	03/05/2022	Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Muscle	Cendre	4,86	12/08/2022	$\leq 0,0100$	<b>0,045<math>\pm</math>0,007</b>	$\leq 0,027$	$\leq 0,015$	$\leq 0,016$	$\leq 0,012$	$\leq 0,026$	$\leq 0,027$	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> .frais

n.a. : non analysé.

**Tableau 52 – Activités en tritium libre mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2022**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Date de mesure	<sup>3</sup> H libre (Bq.L <sup>-1</sup> d'eau de dessiccation)	<sup>3</sup> H libre (Bq.kg <sup>-1</sup> sec ou frais ou Bq.L <sup>-1</sup> )	Unité
Rhône en aval du bugey	Chavanoz	29/06/2022	Eaux de boisson	Eau d'adduction publique	Produit de filtration Filtrat < 0.2 µm	-	20/09/2022	2,5±0,8	2,5±0,8	Bq.L <sup>-1</sup> d'ECH.
Rhône en aval du bugey	Loyettes	25/07/2022	Eaux douces	Eau d'irrigation	Produit de filtration Filtrat < 0.2 µm	-	28/09/2022	64±7	64±7	Bq.L <sup>-1</sup> d'ECH.
Rhône en amont du bugey	Serrières-de-Briord	26/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle non identifié <i>Myriophyllum sp.</i>	Eau extraite par lyophilisation	9,21	16/11/2022	0,9±0,7	0,80±0,62	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Rhône en aval du bugey	Balan	25/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle non identifié <i>Myriophyllum sp.</i>	Eau extraite par lyophilisation	11,21	27/09/2022	≤ 0,70	≤ 0,64	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Rhône en amont du bugey	Sault-Brénaz	02/05/2022	Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Eau extraite par lyophilisation	4,36	14/07/2022	≤ 0,70	≤ 0,54	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Rhône en aval du bugey	Saint-Maurice-de-Gourdans	03/05/2022	Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Eau extraite par lyophilisation	4,75	14/07/2022	2,2±0,8	1,74±0,63	Bq.kg <sup>-1</sup> frais

**Tableau 53 – Activités en tritium organiquement lié (TOL) mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2022**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Date de mesure	TOL (Bq.L <sup>-1</sup> d'eau de combustion)	TOL (Bq.kg <sup>-1</sup> sec ou frais ou Bq.L <sup>-1</sup> )	Unité
Rhône en amont du bugey	Serrières-de-Briord	26/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle <i>Myriophyllum sp.</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	9,21	12/11/2022	2,3±0,7	0,115±0,036	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Rhône en aval du bugey	Balan	25/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle <i>Myriophyllum sp.</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	11,21	12/11/2022	3,6±0,8	0,132±0,030	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Rhône en amont du bugey	Sault-Brénaz	02/05/2022	Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	4,36	18/05/2023	2,9±0,8	0,44±0,12	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Rhône en aval du bugey	Saint-Maurice-de-Gourdans	03/05/2022	Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	4,75	18/05/2023	3,5±1,3	0,48±0,18	Bq.kg <sup>-1</sup> frais

**Tableau 54 – Activités en  $^{14}\text{C}$  mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2022**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Date de mesure $^{14}\text{C}$	$^{14}\text{C}$ (Bq.kg <sup>-1</sup> de C)	$\delta^{12/13}\text{C}$ (‰)	pMC (%)	$^{14}\text{C}$ (Bq.kg <sup>-1</sup> sec ou frais ou Bq.L <sup>-1</sup> )	C TOT. (g.kg <sup>-1</sup> sec ou frais ou g.L <sup>-1</sup> )	Unité
Rhône en amont du buges	Serrières-de-Briord	26/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle <i>Myriophyllum</i> sp.	Résidu sec obtenu après lyophilisation	9,21	17/02/2023	192,2±2,2	-14,86	83,32±0,95	7,477±0,086	39	Frais
Rhône en aval du buges	Balan	25/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle <i>Myriophyllum</i> sp.	Résidu sec obtenu après lyophilisation	11,21	17/02/2023	202,3±2,3	-16,59	88,0±1,0	6,098±0,069	30	Frais
Rhône en amont du buges	Sault-Brénaz	02/05/2022	Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	4,36	15/12/2022	207±14	-24,34	91,5±6,2	22,7±1,5	110	Frais
Rhône en aval du buges	Saint-Maurice-de-Gourdans	03/05/2022	Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	4,75	15/12/2022	217±14	-29,54	96,9±6,3	21,7±1,4	100	Frais

**Tableau 55 – Activités en  $^{63}\text{Ni}$  mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2022**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Qualité	Date de mesure $^{63}\text{Ni}$	$^{63}\text{Ni}$ (Bq.kg <sup>-1</sup> sec ou frais ou Bq.L <sup>-1</sup> )	Ni (g.kg <sup>-1</sup> sec ou frais ou g.L <sup>-1</sup> )	Unité
Rhône en amont du bugéy	Serrières-de-Briord	26/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle <i>Myriophyllum</i> sp.	Parties aériennes	10,19	Cendre	30/12/2022	≤ 0,070	0,54	Sec
Rhône en aval du bugéy	Meyzieu	25/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle <i>Myriophyllum</i> sp.	Parties aériennes	11,86	Cendre	30/12/2022	≤ 0,080	0,397	Sec

**Tableau 56 – Activités en  $^{55}\text{Fe}$  mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2022**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité	Frais/Sec	Date de mesure	$^{55}\text{Fe}$	Unité
Rhône en amont du bugéy	Serrières-de-Briord	26/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle <i>Myriophyllum</i> sp.	Parties aériennes	Cendre	10,19	11/02/2023	≤ 4,6	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en aval du bugéy	Meyzieu	25/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle <i>Myriophyllum</i> sp.	Parties aériennes	Cendre	11,86	11/02/2023	≤ 4,5	Bq.kg <sup>-1</sup> sec

## 6 ÉTAT RADIOLOGIQUE DU CNPE DE SAINT-ALBAN-SAINT-MAURICE-L'EXIL

### 6.1 Généralités et chronologie des études radioécologiques antérieures

Le CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil est situé en aval des villes de Lyon (50 km) et de Vienne (20 km). Il est implanté en rive gauche du Rhône (

Figure 19 page 120). En amont du site, se trouvent les installations de Creys-Malville (en déconstruction, à 130 km) et du Bugey (à 100 km) ainsi que les installations du CERN près de Genève (140 km) et les centres hospitaliers de la région lyonnaise. À son aval immédiat, est situé l'aménagement hydraulique de Saint-Pierre-de-Bœuf (Compagnie Nationale du Rhône) qui initie un tronçon canalisé d'une dizaine de kilomètres. Le CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil se compose de deux tranches de la filière des REP de 1300 MWe, couplées au réseau en août 1985 et juillet 1986.

La chronologie des études radioécologiques conduites dans l'environnement du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil est exposée sur la Figure 18 page 116.



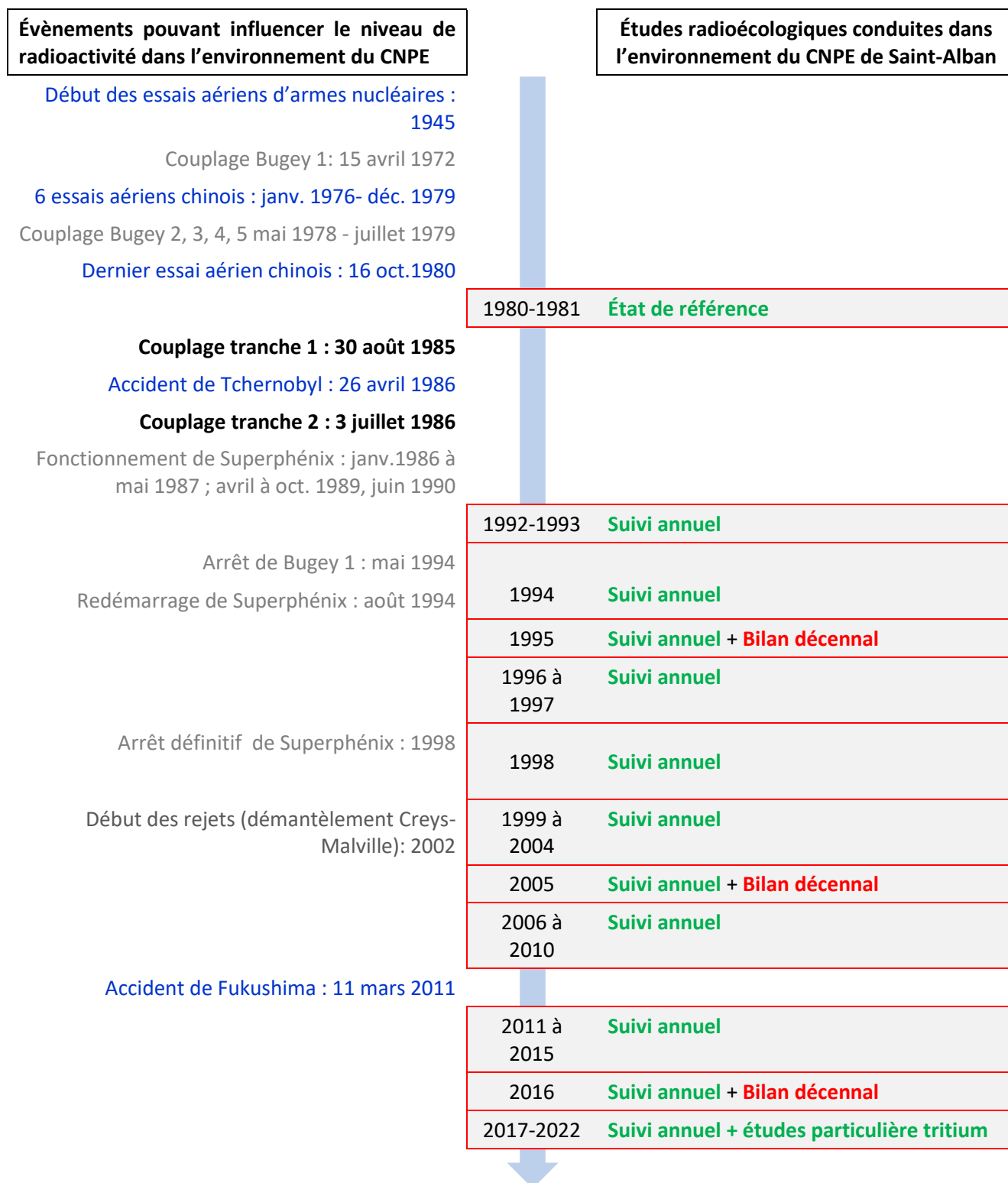


Figure 18 – Chronologie des études radioécologiques conduites dans l'environnement du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil

## 6.2 État radiologique de l'environnement terrestre

### 6.2.1 Stratégie d'échantillonnage

La localisation des stations de prélèvement, ainsi que la nature des échantillons collectés, sont reportées sur la Figure 19 page 120. Les caractéristiques (dates, stations, natures, etc.) identifiant chaque échantillon sont répertoriées dans le Tableau 57 page 118.

Pour l'essentiel, la stratégie de prélèvement et d'analyse est commune à l'ensemble des sites (Annexes). Le choix des stations et de la nature des prélèvements permet la comparaison des résultats avec ceux des études antérieures. Les sols échantillonnés sont des sols non cultivés sur lesquels les cultures, pluriannuelles, ne demandent aucun remaniement (pâturages). Ce type de sol est privilégié dans l'objectif de mesurer l'accumulation potentielle des dépôts atmosphériques sur plusieurs années. Les échantillons sont, en dehors des indicateurs végétaux (mousses terricoles, herbe et lierre), des vecteurs directs ou indirects de radioactivité vers l'homme : le lait et des légumes-feuilles comme les salades. Les végétaux cultivés (salade) sont communs sur l'ensemble du territoire français. Leur cycle végétatif annuel et leur grande surface d'interception en font d'assez bons bioindicateurs pour le suivi des niveaux de radioactivité de l'environnement et caractériser d'éventuels marquages. Du lait de vache est collecté, dans la mesure du possible, sur une commune à proximité du site. Dans la stratégie générale, une mousse terricole, une production agricole, un sol de prairie, de l'herbe et un lait sont prélevés sous les vents dominants (ZI). Hors vents (ZNI), une mousse, un sol de prairie, de l'herbe et deux productions agricoles (lait et salade) sont collectés.

Des contraintes supplémentaires peuvent localement modifier la position, le nombre ou les analyses réalisées.

La dispersion des rejets des effluents dans l'environnement est contrainte par les conditions météorologiques (des vents dominants de secteur nord et des vents secondaires de secteur sud).

Dans la stratégie 2022, une mousse terricole, des feuilles de lierre, une production agricole (un légume-feuille) et un sol de prairie sont prélevés sous les vents dominants, à proximité du CNPE, dans l'axe de la vallée du Rhône (Saint-Maurice-l'Exil, Limony et Saint-Pierre-de-Bœuf). Du lait de vache a été prélevé dans l'exploitation qui subsiste à proximité du CNPE, à Pélussin, dans une zone ouest/nord-ouest en dehors des directions de vents dominants. Les prélèvements de sol de prairie, de salades, de feuilles de lierre, de mousse et de lait de vache ont été mesurés en spectrométrie gamma. L'<sup>131</sup>I est spécifiquement recherché dans les mousses. Le tritium libre et le tritium organiquement lié ont été recherchés dans les échantillons de feuilles de lierre, de salades et de lait de vache. Du <sup>14</sup>C est également recherché dans le lait de vache et les salades. Enfin, les feuilles de lierre ont fait l'objet de quatre mesures en <sup>14</sup>C (une par trimestre) dont les résultats seront présentés dans le rapport simplifié exigé au titre de la réglementation 2022.

Tableau 57 – Identification des échantillons analysés dans l'environnement terrestre du CNPE lors du suivi radioécologique 2022

Situation par rapport au C.N.P.E.	Chronique	Commune	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Commentaire	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
6,6 km ONO	Saint-Alban - Zone hors vents dominants (>5 km)	Pélussin	04,68109	45,43195		Aliments liq. Non transformés	Lait de vache	Entier	27/04/2022	Gamma (Cendre)	8,00	15,69
6,6 km ONO	Saint-Alban - Zone hors vents dominants (>5 km)	Pélussin	04,68109	45,43195		Aliments liq. Non transformés	Lait de vache	Entier	27/04/2022	C-14 par SL (Benzène) (Sec)	7,53	-
6,6 km ONO	Saint-Alban - Zone hors vents dominants (>5 km)	Pélussin	04,68109	45,43195		Aliments liq. Non transformés	Lait de vache	Entier	27/04/2022	C élémentaire (Sec)	7,53	-
6,6 km ONO	Saint-Alban - Zone hors vents dominants (>5 km)	Pélussin	04,68109	45,43195		Aliments liq. Non transformés	Lait de vache	Entier	27/04/2022	Rapport relatif C13/C12 (Sec)	7,53	-
6,6 km ONO	Saint-Alban - Zone hors vents dominants (>5 km)	Pélussin	04,68109	45,43195		Aliments liq. Non transformés	Lait de vache	Entier	27/04/2022	H-3 lié (Sec)	7,53	-
6,6 km ONO	Saint-Alban - Zone hors vents dominants (>5 km)	Pélussin	04,68109	45,43195		Aliments liq. Non transformés	Lait de vache	Entier	27/04/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	7,53	-
6,6 km ONO	Saint-Alban - Zone hors vents dominants (>5 km)	Pélussin	04,68109	45,43195		Aliments liq. Non transformés	Lait de vache	Entier	27/04/2022	H-3 libre (Liquide)	7,53	-
0,95 km SSE	Saint-Alban - Zone sous les vents (<5 km)	Saint-Maurice-l'Exil	04,75881	45,39640		Autres végétaux	Lierre commun <i>Hedera helix</i>	Feuilles annuelles	27/04/2022	Gamma (Cendre)	2,82	10,59
0,95 km SSE	Saint-Alban - Zone sous les vents (<5 km)	Saint-Maurice-l'Exil	04,75881	45,39640		Autres végétaux	Lierre commun <i>Hedera helix</i>	Feuilles annuelles	30/06/2022	H-3 lié (Sec)	3,43	-
0,95 km SSE	Saint-Alban - Zone sous les vents (<5 km)	Saint-Maurice-l'Exil	04,75881	45,39640		Autres végétaux	Lierre commun <i>Hedera helix</i>	Feuilles annuelles	30/06/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	3,43	-
0,95 km SSE	Saint-Alban - Zone sous les vents (<5 km)	Saint-Maurice-l'Exil	04,75881	45,39640		Autres végétaux	Lierre commun <i>Hedera helix</i>	Feuilles annuelles	30/06/2022	H-3 libre (Liquide)	3,43	-
4,25 km SSO	Saint-Alban - Zone sous les vents (<5 km)	Saint-Pierre-de-Boëuf	04,73898	45,36856		Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie	Entier	31/03/2022	Gamma (Sec)	1,17	-
4,25 km SSO	Saint-Alban - Zone sous les vents (<5 km)	Saint-Pierre-de-Boëuf	04,73898	45,36856		Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie	Entier	31/03/2022	Granulométrie INRA (Sec)	1,17	-
4,25 km SSO	Saint-Alban - Zone sous les vents (<5 km)	Saint-Pierre-de-Boëuf	04,73898	45,36856		Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie	Entier	31/03/2022	MO après combustion (Sec)	1,17	-
5,08 km S	Saint-Alban - Zone sous les vents (>5 km)	Limony	04,76001	45,35914	Batavia	Légumes	Laitue, batavia, romaines <i>Lactuca sativa L.</i>	Parties aériennes	30/06/2022	Gamma (Cendre)	22,24	4,78
5,08 km S	Saint-Alban - Zone sous les vents (>5 km)	Limony	04,76001	45,35914	Batavia	Légumes	Laitue, batavia, romaines <i>Lactuca sativa L.</i>	Parties aériennes	30/06/2022	C-14 par SL (Benzène) (Sec)	18,56	-

Situation par rapport au C.N.P.E.	Chronique	Commune	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Commentaire	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
5,08 km S	Saint-Alban - Zone sous les vents (>5 km)	Limony	04,76001	45,35914	Batavia	Légumes	Laitue, batavia, romaines <i>Lactuca sativa L.</i>	Parties aériennes	30/06/2022	C élémentaire (Sec)	18,56	-
5,08 km S	Saint-Alban - Zone sous les vents (>5 km)	Limony	04,76001	45,35914	Batavia	Légumes	Laitue, batavia, romaines <i>Lactuca sativa L.</i>	Parties aériennes	30/06/2022	Rapport relatif C13/C12 (Sec)	18,56	-
5,08 km S	Saint-Alban - Zone sous les vents (>5 km)	Limony	04,76001	45,35914	Batavia	Légumes	Laitue, batavia, romaines <i>Lactuca sativa L.</i>	Parties aériennes	30/06/2022	H-3 lié (Sec)	18,56	-
5,08 km S	Saint-Alban - Zone sous les vents (>5 km)	Limony	04,76001	45,35914	Batavia	Légumes	Laitue, batavia, romaines <i>Lactuca sativa L.</i>	Parties aériennes	30/06/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	18,56	-
5,08 km S	Saint-Alban - Zone sous les vents (>5 km)	Limony	04,76001	45,35914	Batavia	Légumes	Laitue, batavia, romaines <i>Lactuca sativa L.</i>	Parties aériennes	30/06/2022	H-3 libre (Liquide)	18,56	-
6,15 km S	Saint-Alban - Zone sous les vents (>5 km)	Limony	04,74756	45,34975		Mousses terricoles	<i>Scleropodium purum</i>	Entier	31/03/2022	Gamma (Frais)	-	-

- : absence de traitement. Distance au site calculée en ligne droite entre les coordonnées d'un point de référence du site et celles du point de prélèvement

Dans les tableaux terrestres suivants :

Prélèvements hors vents dominants de l'installation
Prélèvements sous les vents dominants de l'installation et à moins de 5 km de l'installation
Prélèvements sous les vents dominants de l'installation et à plus de 5 km de l'installation

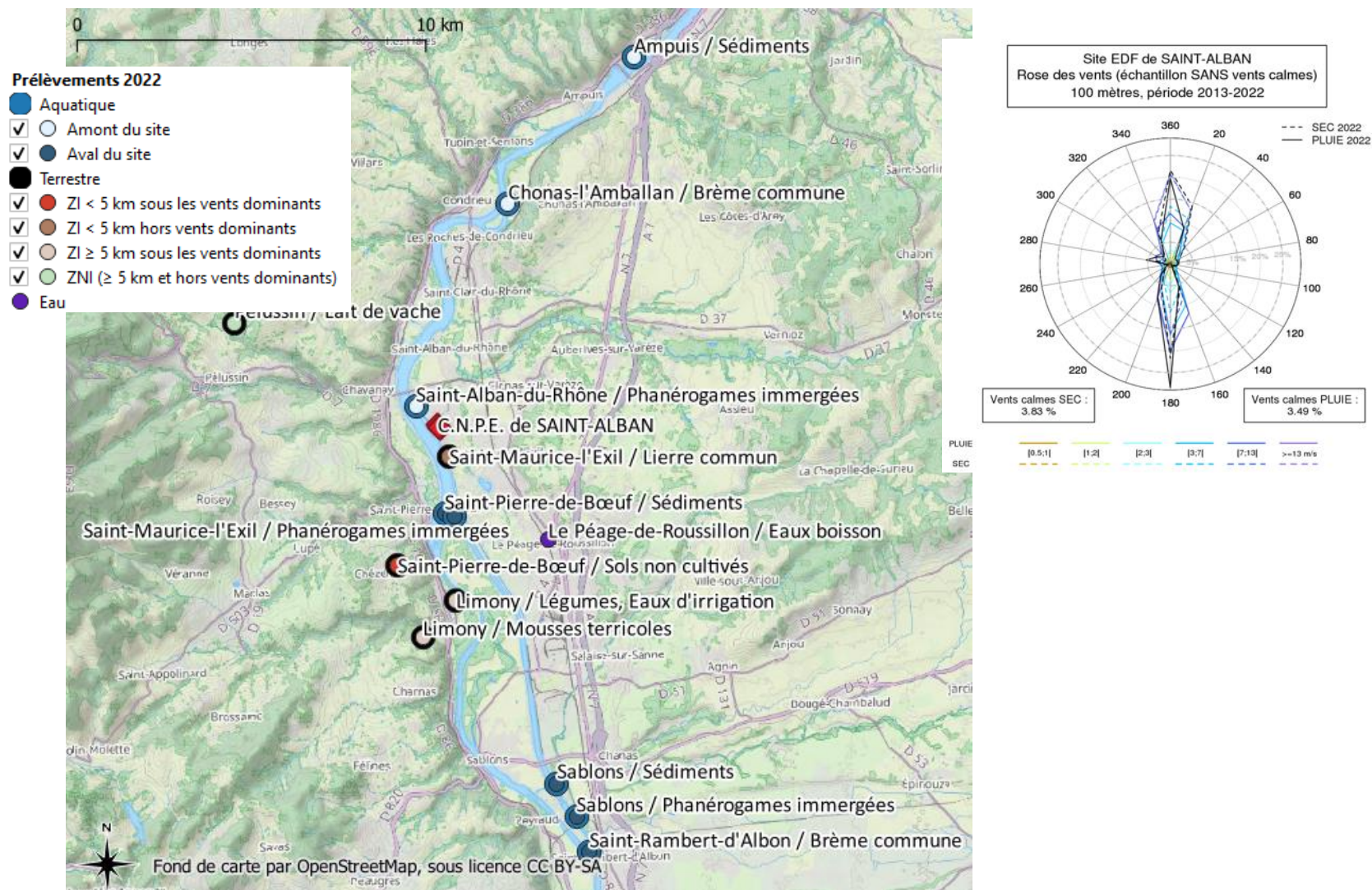


Figure 19 – Localisation générale des stations de prélèvement dans le milieu terrestre et dans le milieu aquatique pour le suivi radioécologique annuel 2022 du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil

## 6.2.2 Résultats et interprétation

### 6.2.2.1 Radionucléides émetteurs gamma

#### 6.2.2.1.1 Radionucléides émetteurs gamma d'origine naturelle

Les résultats d'analyse par spectrométrie  $\gamma$  des activités en radionucléides d'origine naturelle dans l'environnement terrestre du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil sont présentés dans le Tableau 70 page 146.

En 2022, la radioactivité d'origine naturelle quantifiée dans les matrices terrestres prélevées autour du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil est du même ordre de grandeur que les valeurs habituelles [1]. La radioactivité d'origine naturelle provient principalement du  $^{40}\text{K}$  et, dans une moindre mesure, des radionucléides des familles du  $^{232}\text{Th}$  et de  $^{238}\text{U}$ . Dans les sols, les activités massiques en  $^{40}\text{K}$ , en descendants du  $^{232}\text{Th}$  et du  $^{238}\text{U}$  sont proches des valeurs observées en France métropolitaine [1, 17, 18]. La seconde composante, d'origine cosmogénique, est due au  $^7\text{Be}$ , présent principalement dans les végétaux dont la surface foliaire est propice à la captation des retombées atmosphériques. Dans le lait de vache, le  $^{40}\text{K}$  est toujours proche de  $50 \text{ Bq.L}^{-1}$ , quels que soient l'année ou le lieu de prélèvement.

Ces résultats de mesure attestent de l'absence de biais dans les étapes de prélèvements, de préparation et de mesure des échantillons.

#### 6.2.2.1.2 Radionucléides émetteurs gamma d'origine artificielle

Les résultats d'analyse par spectrométrie  $\gamma$  des activités en radionucléides d'origine artificielle dans l'environnement terrestre du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil sont présentés dans le Tableau 71 page 147.

Le  $^{137}\text{Cs}$  est quantifié dans l'ensemble des matrices prélevées avec des activités qui sont dans la gamme des niveaux observés au cours des dix dernières années (Tableau 59 page 132 au Tableau 63 page 136). Aucune contribution des rejets à l'atmosphère du site au marquage de l'environnement terrestre n'est mise en évidence. Les activités des autres émetteurs  $\gamma$  d'origine artificielle sont inférieures aux seuils de décisions dans les matrices prélevées.

### 6.2.2.2 Radionucléides émetteurs bêta

#### 6.2.2.2.1 Tritium

Les résultats d'analyse des activités en tritium libre et en tritium organiquement lié dans l'environnement terrestre du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil sont présentés dans le Tableau 72 page 148 et le Tableau 73 page 149.

Les activités en tritium libre sont proches du bruit de fond attendu en milieu terrestre hors influence d'un apport industriel local (de l'ordre de  $1 \text{ Bq.L}^{-1}$  dans une gamme allant de 0,5 à  $2 \text{ Bq.L}^{-1}$  d'après [1]) pour le lait de vache, les salades et les feuilles de lierre. Il en est de même pour le tritium organiquement lié mesuré dans le lait de vache (de 0,34 à  $1,7 \text{ Bq.L}^{-1}$  pour le tritium organiquement lié d'après [1]). En revanche, les activités en tritium organiquement lié mesurées dans les salades et le lierre prélevés sous les vents dominants (respectivement  $3 \pm 0,9 \text{ Bq.L}^{-1} \text{ EC}$  et  $4 \pm 0,9 \text{ Bq.L}^{-1} \text{ EC}$ ) sont supérieures aux valeurs attendues dans un environnement non soumis à des rejets industriels.

#### 6.2.2.2 Carbone 14

Les résultats d'analyse des activités  $^{14}\text{C}$  dans l'environnement terrestre du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil sont présentés dans le Tableau 74 page 150.

Les activités en  $^{14}\text{C}$  mesurées dans le lait de vache prélevé à Pélussin et les salades collectées à Limony sont proches du bruit de fond attendu hors influence d'un apport industriel local ( $222\pm 7 \text{ Bq.kg}^{-1}\text{C}$  d'après [1]).

En 2021, l'ensemble des échantillons de feuilles de lierre prélevées dans le cadre de la surveillance trimestrielle à Saint-Maurice-l'Exil présentaient des activités en  $^{14}\text{C}$  proches du bruit de fond attendu hors influence d'un apport industriel local ( $222\pm 7 \text{ Bq.kg}^{-1}\text{C}$  d'après [1]).

## 6.3 État radiologique de l'environnement aquatique

### 6.3.1 Stratégie d'échantillonnage

La localisation des stations de prélèvement et la nature des échantillons collectés sont indiquées sur la Figure 19 page 120. Les caractéristiques (dates, stations, natures, etc.) identifiant chaque échantillon sont répertoriées dans le Tableau 58 page 124 et suivantes.

La dispersion des rejets des effluents dans l'environnement est contrainte par les conditions hydrologiques propres au site (la zone de mélange complet commence en aval du barrage de Saint-Pierre-de-Bœuf).

Les stations et la nature des prélèvements permettent la comparaison avec les résultats des études antérieures. Les stations de référence, en amont du site, sont localisées entre Ampuis et Saint-Alban-du-Rhône. En aval, les prélèvements de végétaux et de sédiments sont réalisés à proximité des ouvrages de Saint-Pierre-de-Bœuf et de Saint-Maurice-l'Exil ainsi qu'à Sablons. Les poissons sont collectés à la confluence entre le canal et le Rhône, à Saint-Rambert-d'Albon.

L'eau de boisson, prélevée à la station de Péage-de-Roussillon, en aval du CNPE, provient d'un réseau d'eau potable alimenté par la nappe phréatique située dans une zone potentiellement soumise à l'influence des rejets d'effluents liquides du CNPE. Le captage est situé dans la nappe alluviale, à 600 mètres du Rhône, dans un puits de 15 mètres de profondeur. Ce puits contribue à l'alimentation en eau potable des communes de Roussillon, Péage-de-Roussillon, la partie sud de Saint-Maurice-l'Exil, Chanas, Sablons et Salaises-sur-Sanne. L'eau d'irrigation est prélevée à 26 mètres de profondeur dans un forage situé à Limony. Le prélèvement est représentatif de l'eau issue de la nappe des formations granitiques alimentée par les coteaux situés plus à l'ouest. Une contribution possible des alluvions du Rhône situés au-dessus de la couche granitique n'est pas à exclure. Les rejets liquides du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil ont lieu en rive gauche du Rhône et transitent par le canal de dérivation situé à l'est ainsi que par le vieux Rhône. La répartition entre le vieux Rhône et le canal de dérivation dépend des modalités de gestion du barrage de Saint-Pierre-de-Bœuf et de l'usine des Sablons. Aussi, l'eau d'irrigation prélevée à Limony est sous influence des rejets liquides du CNPE.

Les pêches ont été réalisées au filet à grandes mailles par un pêcheur professionnel. Les poissons collectés sont des brèmes communes<sup>3</sup> de taille moyenne et d'âge proche (plus de 10 ans). Les mesures réalisées sur les poissons ont porté sur les muscles afin d'étudier la fraction susceptible d'être consommée par l'homme et de s'affranchir du contenu du tractus gastro-intestinal.

<sup>3</sup> Dans le CCTP, il était demandé de prélever des chevesnes ou des barbeaux à l'amont et à l'aval du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil. Aucune de ces deux espèces n'a pu être prélevée faute de ressource. Des brèmes communes ont été pêchés à la place. Cela a fait l'objet d'une fiche d'écart.

En 2022, les phanérogames, les poissons et les sédiments prélevés en amont et en aval du site ont été mesurés par spectrométrie  $\gamma$ . L' $^{131}\text{I}$  a été recherché dans les phanérogames immergées sauf dans les prélèvements réalisés en aval lointain. Le tritium organiquement lié et le  $^{14}\text{C}$  sont mesurés sur les échantillons de poissons et de phanérogames (à l'exception de celles prélevées en aval lointain). Du tritium libre est recherché dans les phanérogames immergées (excepté en aval lointain), les poissons, l'eau de boisson et l'eau d'irrigation. Enfin, du  $^{63}\text{Ni}$  et du  $^{55}\text{Fe}$  ont été mesurés dans les phanérogames immergées prélevées en amont et en aval proche du site.



**Tableau 58 – Identification des échantillons analysés dans l'environnement aquatique du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil lors du suivi radioécologique de 2022**

Situation par rapport au C.N.P.E.	Chronique	Commune	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
4,51 km SE	Rhône en aval de Saint-Alban	Le Péage-de-Roussillon	04,79429	45,37424	Eaux boisson	Eau de boisson	Entier Filtrat < 0.2 µm	30/06/2022	H-3 libre (Liquide)	-	-
5,11 km S	Rhône en aval de Saint-Alban	Limony	04,76066	45,35888	Eaux douces	Eau d'irrigation	Entier Filtrat < 0.2 µm	30/06/2022	H-3 libre (Liquide)	-	-
11,87 km amont	Rhône en amont de Saint-Alban	Ampuis	04,82980	45,49823	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Entier	31/03/2022	Gamma (Sec)	2,33	-
11,87 km amont	Rhône en amont de Saint-Alban	Ampuis	04,82980	45,49823	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Entier	31/03/2022	Granulométrie INRA (Sec)	2,33	-
11,87 km amont	Rhône en amont de Saint-Alban	Ampuis	04,82980	45,49823	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Entier	31/03/2022	MO après combustion (Sec)	2,33	-
6,59 km amont	Rhône en amont de Saint-Alban	Chonas-l'Amballan	04,78240	45,46109	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Entier	28/04/2022	Gamma (Cendre)	3,38	28,37
6,59 km amont	Rhône en amont de Saint-Alban	Chonas-l'Amballan	04,78240	45,46109	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Entier	28/04/2022	C-14 par SL (Benzène) (Sec)	3,82	-
6,59 km amont	Rhône en amont de Saint-Alban	Chonas-l'Amballan	04,78240	45,46109	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Entier	28/04/2022	C élémentaire (Sec)	3,82	-
6,59 km amont	Rhône en amont de Saint-Alban	Chonas-l'Amballan	04,78240	45,46109	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Entier	28/04/2022	Rapport relatif C13/C12 (Sec)	3,82	-
6,59 km amont	Rhône en amont de Saint-Alban	Chonas-l'Amballan	04,78240	45,46109	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Entier	28/04/2022	H-3 lié (Sec)	3,82	-
6,59 km amont	Rhône en amont de Saint-Alban	Chonas-l'Amballan	04,78240	45,46109	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Entier	28/04/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	3,82	-
6,59 km amont	Rhône en amont de Saint-Alban	Chonas-l'Amballan	04,78240	45,46109	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Entier	28/04/2022	H-3 libre (Liquide)	3,82	-
0,89 km amont	Rhône en amont de Saint-Alban	Saint-Alban-du-Rhône	04,74695	45,40933	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum L.</i>	Entier	06/07/2022	Ni-63 par Sc. Liq. (Cendre)	12,14	5,02
0,89 km amont	Rhône en amont de Saint-Alban	Saint-Alban-du-Rhône	04,74695	45,40933	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum L.</i>	Entier	06/07/2022	Gamma (Frais)	-	-

Situation par rapport au C.N.P.E.	Chronique	Commune	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
0,89 km amont	Rhône en amont de Saint-Alban	Saint-Alban-du-Rhône	04,74695	45,40933	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum L.</i>	Entier	06/07/2022	Gamma (Cendre)	12,14	5,02
0,89 km amont	Rhône en amont de Saint-Alban	Saint-Alban-du-Rhône	04,74695	45,40933	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum L.</i>	Entier	06/07/2022	C-14 par MS (spectrométrie de masse) (Sec)	8,70	-
0,89 km amont	Rhône en amont de Saint-Alban	Saint-Alban-du-Rhône	04,74695	45,40933	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum L.</i>	Entier	06/07/2022	C élémentaire (Sec)	8,70	-
0,89 km amont	Rhône en amont de Saint-Alban	Saint-Alban-du-Rhône	04,74695	45,40933	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum L.</i>	Entier	06/07/2022	Rapport relatif C13/C12 (Sec)	8,70	-
0,89 km amont	Rhône en amont de Saint-Alban	Saint-Alban-du-Rhône	04,74695	45,40933	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum L.</i>	Entier	06/07/2022	H-3 lié (Sec)	8,70	-
0,89 km amont	Rhône en amont de Saint-Alban	Saint-Alban-du-Rhône	04,74695	45,40933	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum L.</i>	Entier	06/07/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	8,70	-
0,89 km amont	Rhône en amont de Saint-Alban	Saint-Alban-du-Rhône	04,74695	45,40933	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum L.</i>	Entier	06/07/2022	H-3 libre (Liquide)	8,70	-
0,89 km amont	Rhône en amont de Saint-Alban	Saint-Alban-du-Rhône	04,74695	45,40933	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum L.</i>	Entier	06/07/2022	Fe-55 par SL (Cendre)	12,14	5,02
2,6 km aval	Rhône en aval de Saint-Alban	Saint-Pierre-de-Bœuf	04,75660	45,38139	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Entier	31/03/2022	Gamma (Sec)	2,22	-
2,6 km aval	Rhône en aval de Saint-Alban	Saint-Pierre-de-Bœuf	04,75660	45,38139	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Entier	31/03/2022	Granulométrie INRA (Sec)	2,22	-
2,6 km aval	Rhône en aval de Saint-Alban	Saint-Pierre-de-Bœuf	04,75660	45,38139	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Entier	31/03/2022	MO après combustion (Sec)	2,22	-
2,69 km aval	Rhône en aval de Saint-Alban	Saint-Maurice-l'Exil	04,76018	45,38068	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum L.</i>	Entier	06/07/2022	Ni-63 par Sc. Liq. (Cendre)	10,72	6,29
2,69 km aval	Rhône en aval de Saint-Alban	Saint-Maurice-l'Exil	04,76018	45,38068	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum L.</i>	Entier	06/07/2022	Gamma (Frais)	-	-
2,69 km aval	Rhône en aval de Saint-Alban	Saint-Maurice-l'Exil	04,76018	45,38068	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum L.</i>	Entier	06/07/2022	Gamma (Cendre)	10,72	6,29
2,69 km aval	Rhône en aval de Saint-Alban	Saint-Maurice-l'Exil	04,76018	45,38068	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum L.</i>	Entier	06/07/2022	C-14 par MS (spectrométrie de masse) (Sec)	8,42	-
2,69 km aval	Rhône en aval de Saint-Alban	Saint-Maurice-l'Exil	04,76018	45,38068	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum L.</i>	Entier	06/07/2022	C élémentaire (Sec)	8,42	-
2,69 km aval	Rhône en aval de Saint-Alban	Saint-Maurice-l'Exil	04,76018	45,38068	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum L.</i>	Entier	06/07/2022	Rapport relatif C13/C12 (Sec)	8,42	-
2,69 km aval	Rhône en aval de Saint-Alban	Saint-Maurice-l'Exil	04,76018	45,38068	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum L.</i>	Entier	06/07/2022	H-3 lié (Sec)	8,42	-

Situation par rapport au C.N.P.E.	Chronique	Commune	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
2,69 km aval	Rhône en aval de Saint-Alban	Saint-Maurice-l'Exil	04,76018	45,38068	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum L.</i>	Entier	06/07/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	8,42	-
2,69 km aval	Rhône en aval de Saint-Alban	Saint-Maurice-l'Exil	04,76018	45,38068	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum L.</i>	Entier	06/07/2022	H-3 libre (Liquide)	8,42	-
2,69 km aval	Rhône en aval de Saint-Alban	Saint-Maurice-l'Exil	04,76018	45,38068	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum L.</i>	Entier	06/07/2022	Fe-55 par SL (Cendre)	10,72	6,29
10,85 km aval	Rhône en aval de Saint-Alban	Sablons	04,79553	45,31121	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Entier	31/03/2022	Gamma (Sec)	2,18	-
10,85 km aval	Rhône en aval de Saint-Alban	Sablons	04,79553	45,31121	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Entier	31/03/2022	Granulométrie INRA (Sec)	2,18	-
10,85 km aval	Rhône en aval de Saint-Alban	Sablons	04,79553	45,31121	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Entier	31/03/2022	MO après combustion (Sec)	2,18	-
11,93 km aval	Rhône en aval de Saint-Alban	Sablons	04,80233	45,30250	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum L.</i>	Parties aériennes	06/07/2022	Gamma (Cendre)	14,03	5,12
13,01 km aval	Rhône en aval de Saint-Alban	Saint-Rambert-d'Albon	04,80682	45,29324	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Entier	26/04/2022	Gamma (Cendre)	4,96	17,33
13,01 km aval	Rhône en aval de Saint-Alban	Saint-Rambert-d'Albon	04,80682	45,29324	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Entier	26/04/2022	C-14 par SL (Benzène) (Sec)	4,77	-
13,01 km aval	Rhône en aval de Saint-Alban	Saint-Rambert-d'Albon	04,80682	45,29324	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Entier	26/04/2022	C élémentaire (Sec)	4,77	-
13,01 km aval	Rhône en aval de Saint-Alban	Saint-Rambert-d'Albon	04,80682	45,29324	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Entier	26/04/2022	Rapport relatif C13/C12 (Sec)	4,77	-
13,01 km aval	Rhône en aval de Saint-Alban	Saint-Rambert-d'Albon	04,80682	45,29324	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Entier	26/04/2022	H-3 lié (Sec)	4,77	-
13,01 km aval	Rhône en aval de Saint-Alban	Saint-Rambert-d'Albon	04,80682	45,29324	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Entier	26/04/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	4,77	-
13,01 km aval	Rhône en aval de Saint-Alban	Saint-Rambert-d'Albon	04,80682	45,29324	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Entier	26/04/2022	H-3 libre (Liquide)	4,77	-

- : absence de traitement. Distance au site calculée en ligne droite entre les coordonnées d'un point de référence du site et celles du point de prélèvement.

Dans les tableaux aquatiques suivants :

Prélèvements en amont du dispositif de rejets des effluents liquides
Prélèvements en aval du dispositif de rejets des effluents liquides
Prélèvements d'eau en aval du dispositif de rejets des effluents liquides

## 6.3.2 Résultats et interprétation

### 6.3.2.1 Radionucléides émetteurs gamma

#### 6.3.2.1.1 Radionucléides émetteurs gamma d'origine naturelle

Les résultats d'analyse par spectrométrie  $\gamma$  des activités en radionucléides d'origine naturelle dans l'environnement aquatique du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil sont présentés dans le Tableau 76 page 152.

En 2022, la radioactivité d'origine naturelle détectée dans les sédiments, végétaux et poissons est qualitativement et quantitativement du même niveau que celle observée habituellement pour ces matrices [1]. La radioactivité est liée à la présence du  $^{40}\text{K}$  dans l'ensemble des matrices échantillonnées. Les activités en  $^{40}\text{K}$  dans les poissons sont proches des valeurs attendues pour ces animaux dont la teneur en potassium est physiologiquement régulée (activité massique toujours proche de  $100 \text{ Bq.kg}^{-1}$  frais). Les radionucléides des familles de  $^{238}\text{U}$  et du  $^{232}\text{Th}$  ainsi que le  $^7\text{Be}$  sont détectés dans les sédiments et les végétaux.

Ces résultats de mesure attestent de l'absence de biais dans les étapes de prélèvements, de préparation et de mesure des échantillons.

#### 6.3.2.1.2 Radionucléides émetteurs gamma d'origine artificielle

Les résultats d'analyse par spectrométrie  $\gamma$  des activités en radionucléides d'origine artificielle dans l'environnement aquatique du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil sont présentés dans le Tableau 77 page 153.

Le  $^{137}\text{Cs}$  est présent dans tous les compartiments de l'écosystème aquatique. En 2022, les activités en  $^{137}\text{Cs}$  mesurées dans l'environnement aquatique du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil sont dans la gamme des niveaux observés au cours des dix dernières années (Tableau 65 page 138 au Tableau 68 page 144) avec des niveaux d'activité du même ordre de grandeur entre l'amont et l'aval du site. D'autres émetteurs  $\gamma$  d'origine artificielle ont été mesurés dans les échantillons prélevés en milieu aquatique :  $^{110\text{m}}\text{Ag}$  dans les sédiments prélevés en aval proche du site ( $0,17 \pm 0,1 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$ ) et  $^{60}\text{Co}$  dans les phanérogames collectées en aval proche sur site ( $0,54 \pm 0,14 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$ ) mais avec des valeurs proches des seuils de décisions observés en amont. Comme observé ces dernières années, ces détections confirment l'influence des rejets liquides autorisés du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil ainsi que des rejets liquides autorisés des installations situées en amont de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil (Figure 20 et Figure 21). De  $^{131}\text{I}$  est mesuré dans les phanérogames prélevées en amont et en aval du site à des niveaux d'activité équivalents en tenant compte des incertitudes de mesure. Les installations hospitalières en amont du site sont très probablement à l'origine de ce marquage.

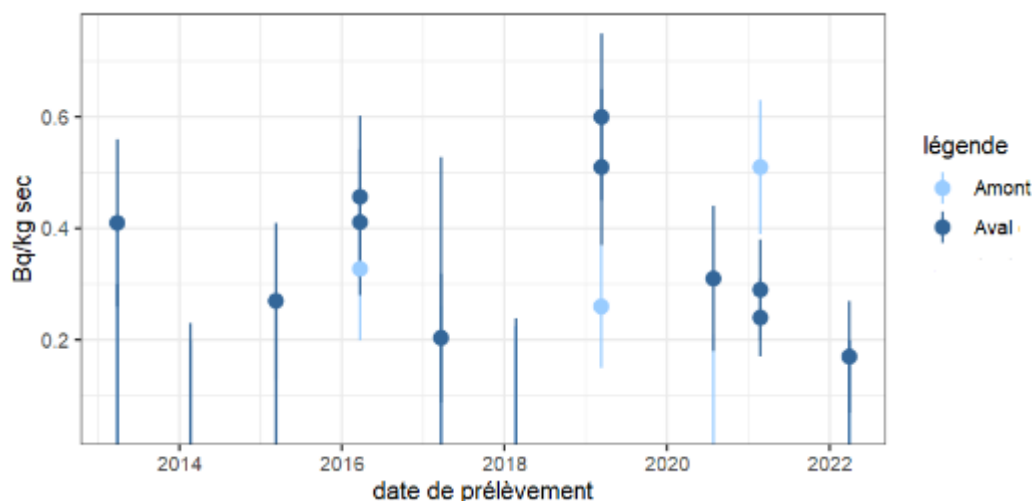


Figure 20 – Variation temporelle des activités en <sup>110m</sup>Ag détecté par spectrométrie gamma dans les sédiments collectés dans l'environnement aquatique du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil de 2013 à 2022

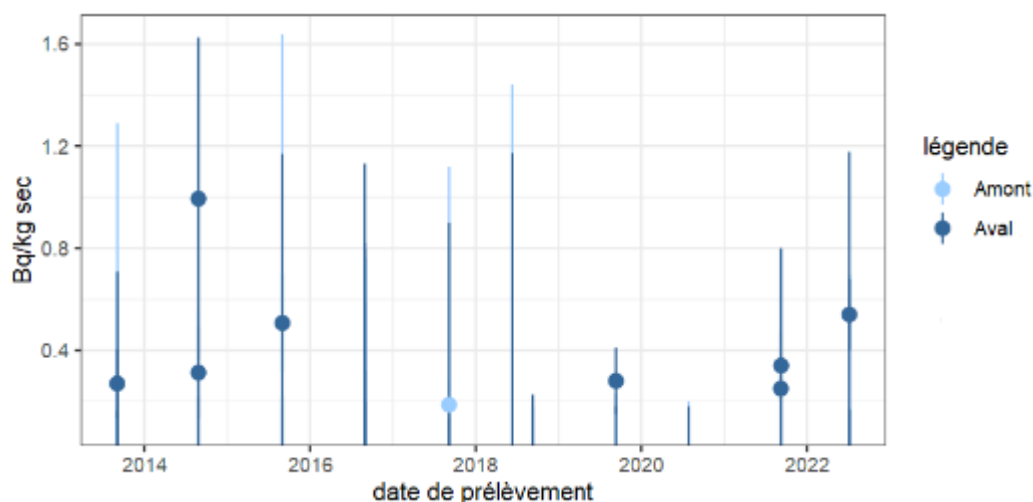


Figure 21 – Variation temporelle des activités en <sup>60</sup>Co détecté par spectrométrie gamma dans les phanérogame collectées dans l'environnement aquatique du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil de 2013 à 2022

### 6.3.2.2 Radionucléides émetteurs bêta

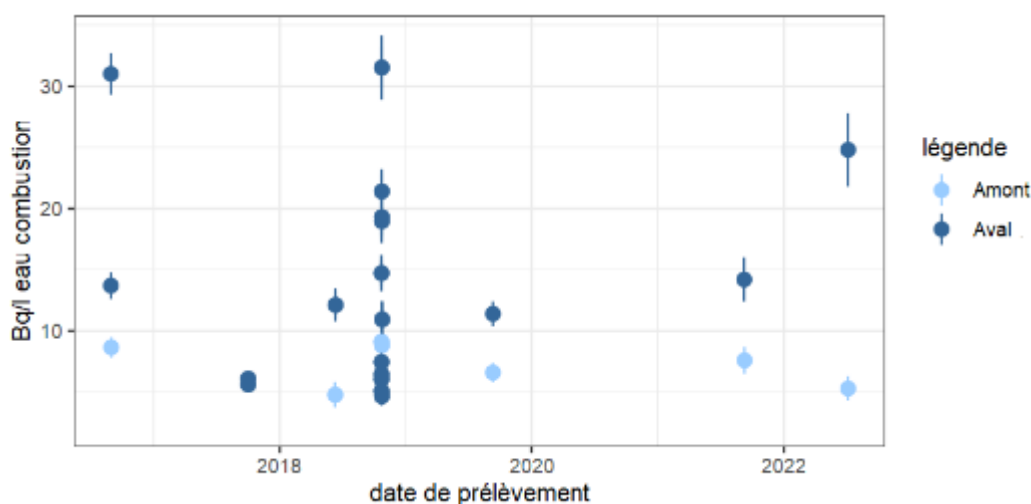
#### 6.3.2.2.1 Tritium

Les résultats d'analyse des activités en tritium libre et en tritium organiquement lié dans l'environnement aquatique du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil sont présentés respectivement dans le Tableau 78 page 154 et le Tableau 79 page 155.

Les activités en tritium libre mesurées dans l'eau de boisson, l'eau d'irrigation, les phanérogame prélevées en amont du site et les poissons pêchés en amont et en aval ne présentent pas de différence significative et sont du même ordre de grandeur que les valeurs attendues dans un environnement non soumis à des rejets industriels (de l'ordre de 1 Bq.L<sup>-1</sup> dans une gamme allant de 0,5 à 2 Bq.L<sup>-1</sup> d'après [1]). L'activité en tritium libre mesurée

dans les phanérogames prélevées en aval ( $42,4 \pm 4,9 \text{ Bq.L}^{-1} \text{ ED}$ ) est quant à elle supérieure aux valeurs attendues dans un environnement non soumis à des rejets industriels (de l'ordre de  $1 \text{ Bq.L}^{-1}$  dans une gamme allant de 0,5 à  $2 \text{ Bq.L}^{-1}$  d'après [1]). En raison de la dilution et du transfert rapide du tritium libre au sein de ce milieu récepteur, le prélèvement de phanérogames en aval a probablement eu lieu dans la concomitance du passage d'un panache de rejet liquide tritié.

Les activités en tritium organiquement lié mesurées dans les phanérogames immergées et les poissons sont supérieures aux valeurs attendues dans un environnement non soumis à des rejets industriels (de l'ordre de  $1 \text{ Bq.L}^{-1}$  dans une gamme allant de 0,5 à  $2 \text{ Bq.L}^{-1}$  d'après [1]) avec une activité plus élevée en aval (respectivement  $24,8 \pm 3 \text{ Bq.L}^{-1} \text{ EC}$  et  $10 \pm 1,2 \text{ Bq.L}^{-1} \text{ EC}$ ) qu'en amont du site (respectivement  $5,3 \pm 1 \text{ Bq.L}^{-1} \text{ EC}$  et  $3,4 \pm 0,8 \text{ Bq.L}^{-1} \text{ EC}$ ), comme observé ces dernières années (Figure 22 page 129 pour les phanérogames).



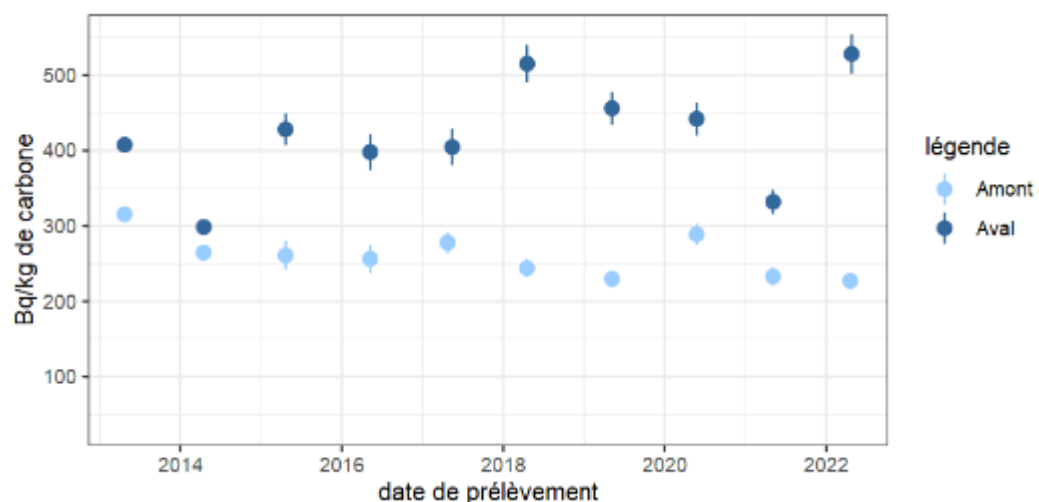
**Figure 22 – Variation temporelle des activités du tritium organiquement lié détecté dans les phanérogames immergées collectées dans l'environnement aquatique du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil de 2016 à 2022**

Ces marquages sont consécutifs aux rejets d'effluents liquides du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil qui s'ajoutent à ceux réalisés par les autres installations situées en amont (CNPE du Bugey et site en démantèlement de Creys-Malville). Les valeurs élevées en tritium organiquement lié trouvent également leur origine dans les rejets liés à l'industrie horlogère implantée par le passé dans le Haut-Rhône.

#### 6.3.2.2.2 Carbone 14

Les résultats d'analyse des activités en  $^{14}\text{C}$  dans l'environnement aquatique du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil sont présentés dans le Tableau 80 page 156.

Les activités en  $^{14}\text{C}$  mesurées dans les poissons et les phanérogames collectés en amont du site sont proche du bruit de fond attendu hors influence industriel (inférieure à  $220 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ C}$  d'après [1]). En revanche, les muscles de poissons et les phanérogames prélevés en aval présentent une activité en  $^{14}\text{C}$  (respectivement  $528 \pm 26 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ C}$  et  $440,1 \pm 4,8 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ C}$ ) supérieure à l'activité amont ainsi qu'à la valeur attendue dans un environnement non soumis à des rejets industriels. Ainsi, un marquage par les rejets liquides du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil est mis en évidence (Figure 23 page 130).



**Figure 23 – Variation temporelle des activités du  $^{14}\text{C}$  détecté dans les poissons pêchés dans l'environnement aquatique du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil de 2013 à 2022**

#### 6.3.2.2.3 Nickel 63 et Fer 55

Les résultats d'analyse des activités en  $^{63}\text{Ni}$  et  $^{55}\text{Fe}$  dans l'environnement aquatique du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil sont présentés respectivement dans le Tableau 81 page 157 et le Tableau 82 page 157.

Les activités en  $^{63}\text{Ni}$  mesurées dans les phanérogames immergées sont plus élevées en aval ( $1,22 \pm 0,18 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{sec}$ ) qu'en amont du site ( $0,11 \pm 0,06 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{sec}$ ). Les résultats obtenus pour le  $^{63}\text{Ni}$ , encore peu nombreux, ne permettent pas de définir la variabilité des activités dans les phanérogames et, le cas échéant, de se prononcer sur un éventuel marquage par les rejets d'effluents du site.

Les activités en  $^{55}\text{Fe}$  mesurées dans les phanérogames immergées sont inférieures au seuil de décision, aussi bien en amont qu'en aval du CNPE. La technique de mesure du  $^{55}\text{Fe}$  fournit pour ces échantillons des limites de détection trop élevées pour affiner le diagnostic.

## 6.4 Conclusion de l'état radiologique de l'environnement du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil

En 2022, la radioactivité d'origine naturelle reste qualitativement et quantitativement équivalente à celle observée avant la mise en service industrielle du CNPE. Le  $^{40}\text{K}$  est le radionucléide d'origine naturelle prépondérant dans tous les échantillons.

La radioactivité gamma d'origine artificielle du milieu terrestre et du milieu aquatique est exclusivement imputable au  $^{137}\text{Cs}$ . La présence de ce radionucléide artificiel dans l'environnement est essentiellement liée aux retombées des essais nucléaires et de Tchernobyl.

Dans le domaine terrestre, les activités en tritium libre dans les salades, le lierre et le lait de vache ainsi que l'activité en tritium organiquement lié dans le lait de vache sont proches du bruit de fond attendu hors influence

d'un apport industriel local. Il en est de même pour les activités en  $^{14}\text{C}$  mesurées dans le lait de vache et les salades. En revanche, les activités en tritium organiquement lié mesurées dans les salades et le lierre prélevés sous les vents dominants témoignent d'un marquage du milieu terrestre par les rejets d'effluents tritiés à l'atmosphère.

Dans le domaine aquatique, l'activité en  $^{131}\text{I}$  mesurée dans les phanérogames immergées provient très probablement des services de médecine nucléaire implantés en amont même si une contribution du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil ne peut être exclue. Les activités mesurées en aval du site de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil en tritium libre, en tritium organiquement lié et en  $^{14}\text{C}$  dans les phanérogames immergées ainsi qu'en tritium organiquement lié et en  $^{14}\text{C}$  dans les poissons témoignent du marquage du milieu aquatique par les rejets d'effluents liquides de ce CNPE. Ce marquage est également mis en évidence par la détection de  $^{60}\text{Co}$  et d' $^{110\text{m}}\text{Ag}$  en aval du site. L'activité en tritium organiquement lié mesurée dans les phanérogames prélevées en amont du site montre que ce marquage s'ajoute à celui lié aux rejets d'effluents liquides des installations situées en amont (site en démantèlement de Creys-Malville et CNPE de Bugey) et rejets liés à l'industrie horlogère implantée par le passé dans le Haut-Rhône. Enfin, la connaissance des niveaux de référence en  $^{63}\text{Ni}$  en milieu aquatique ne permet pas de se prononcer quant à l'origine du marquage de l'environnement aquatique du site.



## 6.5 Tableaux de résultats

**Tableau 59 – Activités en radionucléides émetteurs γ des échantillons de sols collectés dans l’environnement terrestre du site de Saint-Alban-Saint-Maurice-l’Exil lors des études radioécologiques de 2013 à 2022**

Année	2013		2014		2015	2016		2017	2018	2019	2020	2021	2022	
Fraction	Diamètre inférieur à 2 mm		Diamètre inférieur à 2 mm		Diamètre inférieur à 2 mm	Diamètre inférieur à 2 mm		Diamètre inférieur à 2 mm	Diamètre inférieur à 2 mm	Diamètre inférieur à 2 mm	Diamètre inférieur à 2 mm	Diamètre inférieur à 2 mm	Diamètre inférieur à 2 mm	
Chronique	Saint-alban - zone sous les vents (>5 km)	Saint-alban - zone sous les vents (<5 km)	Saint-alban - zone sous les vents (>5 km)	Saint-alban - zone sous les vents (<5 km)	Saint-alban - zone sous les vents (<5 km)	Saint-alban - zone hors vents dominants (>5 km)	Saint-alban - zone sous les vents (>5 km)	Saint-alban - zone sous les vents (<5 km)	Saint-alban - zone sous les vents (<5 km)	Saint-alban - zone sous les vents (<5 km)	Saint-alban - zone sous les vents (<5 km)	Saint-alban - zone sous les vents (<5 km)	Saint-alban - zone sous les vents (<5 km)	
Emetteurs gamma d’origine artificielle (Bq.kg <sup>-1</sup> sec)														
<sup>134</sup> Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<sup>137</sup> Cs	9,20 (1/1)	37,2 (1/1)	8,60 (1/1)	34,9 (1/1)	30,2 (1/1)	9,55-28,8 (3/3)	7,15-8,6 (2/2)	34,1 (1/1)	27,4 (1/1)	27,4 (1/1)	23,6 (1/1)	18,1 (1/1)	19,0 (1/1)	15,3 (1/1)
<sup>58</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<sup>60</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<sup>110m</sup> Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<sup>54</sup> Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<sup>124</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<sup>125</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<sup>131</sup> I	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	

n.a. : non analysé ; - : inférieur au seuil de décision.

**Tableau 60 – Activités en radionucléides émetteurs y des échantillons de mousses collectés dans l’environnement terrestre du site de Saint-Alban-Saint-Maurice-l’Exil lors des études radioécologiques de 2013 à 2022**

Année	2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2021		2022	
Fraction	Entier		Entier		Entier		Entier		Entier		Entier		Parties aériennes		Parties aériennes		Parties aériennes	
Chronique	Saint-alban - zone hors vents dominants (>5 km)	Saint-alban - zone sous les vents (>5 km)	Saint-alban - zone hors vents dominants (>5 km)	Saint-alban - zone sous les vents (>5 km)	Saint-alban - zone hors vents dominants (>5 km)	Saint-alban - zone sous les vents (>5 km)	Saint-alban - zone hors vents dominants (>5 km)	Saint-alban - zone sous les vents (>5 km)	Saint-alban - zone hors vents dominants (>5 km)	Saint-alban - zone hors vents dominants (>5 km)	Saint-alban - zone sous les vents (>5 km)	Saint-alban - zone sous les vents (>5 km)	Saint-alban - zone sous les vents (>5 km)	Saint-alban - zone sous les vents (>5 km)	Saint-alban - zone sous les vents (>5 km)	Saint-alban - zone sous les vents (>5 km)	Saint-alban - zone sous les vents (>5 km)	Saint-alban - zone sous les vents (>5 km)
Emetteurs gamma d’origine artificielle (Bq.kg <sup>-1</sup> sec)																		
<sup>134</sup> Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>137</sup> Cs	89,2 (1/1)	4,74 (1/1)	112,2 (1/1)	5,12 (1/1)	3,46 (1/1)	2,21 (1/1)	2,82 (1/1)	4,32 (1/1)	2,70 (1/1)	4,23 (1/1)	5,13 (1/1)	3,9 (1/1)	1,75 (1/1)	1,6 (1/1)				
<sup>58</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>60</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>110m</sup> Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>54</sup> Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>124</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>125</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>131</sup> I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Emetteurs beta ( <sup>3</sup> H libre : Bq.L <sup>-1</sup> d’eau de dessiccation, <sup>3</sup> H lié : Bq.L <sup>-1</sup> d’eau de combustion, <sup>14</sup> C : Bq.kg <sup>-1</sup> C, autres : Bq.kg <sup>-1</sup> sec)																		
<sup>55</sup> Fe	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
<sup>63</sup> Ni	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Emetteurs alpha (Bq.kg <sup>-1</sup> sec)																		
<sup>239+240</sup> Pu	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,0586 (1/1)	0,0435 (1/1)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
<sup>238</sup> Pu	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,00156 (1/1)	0,00111 (1/1)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
<sup>241</sup> Am	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,0256 (1/1)	0,0174 (1/1)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

n.a. : non analysé ; - : inférieur au seuil de décision.

**Tableau 61 – Activités en radionucléides émetteurs  $\beta$  des échantillons de lierre collectés dans l'environnement terrestre du site de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil lors des études radioécologiques de 2015 à 2022**

Année	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
Fraction	Feuilles annuelles	Feuilles annuelles	Feuilles annuelles	Feuilles annuelles	Feuilles annuelles	Feuilles annuelles	Feuilles annuelles	Feuilles annuelles	
Chronique	Saint-alban - zone sous les vents (<5 km)	Saint-alban - zone hors vents dominants (>5 km)	Saint-alban - zone sous les vents (<5 km)	Saint-alban - zone sous les vents (<5 km)	Saint-alban - zone sous les vents (<5 km)	Saint-alban - zone sous les vents (<5 km)	Saint-alban - zone sous les vents (<5 km)	Saint-alban - zone sous les vents (<5 km)	
<b>Emetteurs gamma d'origine artificielle (Bq.kg<sup>-1</sup> sec)</b>									
<sup>134</sup> Cs	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	-	n.a.	-	-
<sup>137</sup> Cs	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,377 (1/1)	-	n.a.	0,163 (1/1)	0,147 (1/1)
<sup>58</sup> Co	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	-	n.a.	-	-
<sup>60</sup> Co	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	-	n.a.	-	-
<sup>110m</sup> Ag	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	-	n.a.	-	-
<sup>54</sup> Mn	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	-	n.a.	-	-
<sup>124</sup> Sb	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	-	n.a.	-	-
<sup>125</sup> Sb	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	-	n.a.	-	-
<sup>131</sup> I	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
<b>Emetteurs beta (<sup>3</sup>H libre : Bq.L<sup>-1</sup> d'eau de dessiccation, <sup>3</sup>H lié : Bq.L<sup>-1</sup> d'eau de combustion, <sup>14</sup>C : Bq.kg<sup>-1</sup> C)</b>									
<sup>3</sup> H libre	2,7 (1/1)	1 (1/1)	2,2 (1/1)	2,8 (1/1)	2,18 (1/1)	2,3 (1/1)	2,5 (1/1)	2,7 (1/1)	2,7 (1/1)
<sup>3</sup> H lié	n.a.	1,9 (1/1)	2,6 (1/1)	2,9 (1/1)	2,90 (1/1)	4,6 (1/1)	3 (1/1)	2,6 (1/1)	4 (1/1)
<sup>14</sup> C	242-246 (4/4)	229,8 (1/1)	238,5-251 (5/5)	241-253 (4/4)	241,9-266 (5/5)	235-251 (4/4)	239-241 (4/4)	229-239 (4/4)	234-247 (4/4)

n.a. : non analysé ; - : inférieur au seuil de décision

**Tableau 62 – Activités en radionucléides émetteurs  $\gamma$  et  $\beta$  des échantillons de salades collectés dans l’environnement terrestre du site de Saint-Alban-Saint-Maurice-l’Exil lors des études radioécologiques de 2013 à 2022**

Année	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
Fraction	Feuilles	Feuilles	Parties aériennes	Feuilles	Feuilles	Feuilles	Feuilles	Parties aériennes	Parties aériennes	Parties aériennes	
Chronique	Saint-alban - zone sous les vents (>5 km)	Saint-alban - zone sous les vents (>5 km)	Saint-alban - zone sous les vents (>5 km)	Saint-alban - zone hors vents dominants (>5 km)	Saint-alban - zone sous les vents (>5 km)	Saint-alban - zone sous les vents (>5 km)	Saint-alban - zone sous les vents (>5 km)	Saint-alban - zone sous les vents (>5 km)	Saint-alban - zone sous les vents (>5 km)	Saint-alban - zone sous les vents (>5 km)	
<b>Emetteurs gamma d'origine artificielle (Bq.kg<sup>-1</sup> sec)</b>											
<sup>134</sup> Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<sup>137</sup> Cs	0,430 (1/1)	0,72 (1/1)	0,93 (1/1)	0,254 (1/1)	0,293 (1/1)	-	0,62 (1/1)	0,197 (1/1)	-	0,250 (1/1)	0,12 (1/1)
<sup>58</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<sup>60</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<sup>110m</sup> Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<sup>54</sup> Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<sup>124</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<sup>125</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<sup>131</sup> I	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
<b>Emetteurs beta (<sup>3</sup>H libre : Bq.L<sup>-1</sup> d'eau de dessiccation, <sup>3</sup>H lié : Bq.L<sup>-1</sup> d'eau de combustion, <sup>14</sup>C : Bq.kg<sup>-1</sup> C)</b>											
<sup>3</sup> H libre	n.a.	n.a.	1,80 (1/1)	n.a.	1,30 (1/1)	1,44 (1/1)	1,58 (1/1)	1,40 (1/1)	-	1,5 (1/1)	1,4 (1/1)
<sup>3</sup> H lié	n.a.	n.a.	1,6 (1/1)	n.a.	2,23 (1/1)	1,40 (1/1)	2,5 (1/1)	-	1,80 (1/1)	-	3 (1/1)
<sup>14</sup> C	n.a.	n.a.	234 (1/1)	n.a.	238,4 (1/1)	232 (1/1)	230 (1/1)	232 (1/1)	230 (1/1)	227 (1/1)	226 (1/1)

n.a. : non analysé ; - : inférieur au seuil de décision

**Tableau 63 – Activités en radionucléides émetteurs  $\gamma$  et  $\beta$  des échantillons de lait collectés dans l'environnement terrestre du site de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil lors des études radioécologiques de 2013 à 2022**

Année	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Fraction	Entier	Entier	Entier	Entier	Entier	Entier	Entier	Entier	Entier	Entier
Chronique	Saint-alban - zone sous les vents dominants (>5 km)	Saint-alban - zone sous les vents dominants (>5 km)	Saint-alban - zone sous les vents dominants (>5 km)	Saint-alban - zone sous les vents dominants (>5 km)	Saint-alban - zone hors vents dominants (>5 km)	Saint-alban - zone hors vents dominants (>5 km)	Saint-alban - zone hors vents dominants (>5 km)	Saint-alban - zone hors vents dominants (>5 km)	Saint-alban - zone hors vents dominants (>5 km)	Saint-alban - zone hors vents dominants (>5 km)
<b>Emetteurs gamma d'origine artificielle (Bq.L<sup>-1</sup>)</b>										
<sup>134</sup> Cs	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-
<sup>137</sup> Cs	0,0215 (1/1)	0,0225 (1/1)	0,0397 (1/1)	0,015-0,0272 (2/2)	0,0157 (1/1)	0,0183 (1/1)	0,0235 (1/1)	n.a.	0,0145 (1/1)	0,0185 (1/1)
<sup>58</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-
<sup>60</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-
<sup>110m</sup> Ag	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-
<sup>54</sup> Mn	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-
<sup>124</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-
<sup>125</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-
<sup>131</sup> I	n.a.	n.a.	n.a.	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
<b>Emetteurs beta (<sup>3</sup>H libre : Bq.L<sup>-1</sup> d'eau de dessiccation, <sup>3</sup>H lié : Bq.L<sup>-1</sup> d'eau de combustion, <sup>14</sup>C : Bq.kg<sup>-1</sup> C, autres : Bq.L<sup>-1</sup>)</b>										
<sup>3</sup> H libre	1,10 (1/1)	1,20 (1/1)	1,00 (1/1)	1,20-2,00 (2/2)	1,25 (1/1)	0,95 (1/1)	1,00 (1/1)	1,00 (1/1)	0,9 (1/1)	1,3 (1/1)
<sup>3</sup> H lié	1,20 (1/1)	2,30 (1/1)	1,60 (1/1)	2,00 (1/1)	1,45 (1/1)	0,85 (1/1)	3,10 (1/1)	n.a.	1,1 (1/1)	1,9 (1/1)
<sup>14</sup> C	n.a.	n.a.	221-230 (4/4)	225-235 (5/5)	226-232 (4/4)	230 (1/1)	230 (1/1)	227 (1/1)	229 (1/1)	225 (1/1)
<sup>90</sup> Sr	n.a.	n.a.	0,0668 (1/1)	0,075-0,0751 (2/2)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

n.a. : non analysé ; - : inférieur au seuil de décision

**Tableau 64 – Activités en radionucléides émetteurs  $\beta$  des échantillons d'eau (boisson, irrigation et cours d'eau) collectés dans l'environnement du site de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil lors des études radioécologiques de 2013 à 2022**

Année	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2021	2022		
Fraction	Filtrat à 0,2 $\mu\text{m}$	Filtrat à 0,2 $\mu\text{m}$	Filtrat à 0,2 $\mu\text{m}$	Filtrat à 0,2 $\mu\text{m}$	Filtrat à 0,2 $\mu\text{m}$	Filtrat à 0,2 $\mu\text{m}$	Filtrat à 0,2 $\mu\text{m}$	Filtrat à 0,2 $\mu\text{m}$	Filtrat à 0,2 $\mu\text{m}$		
Chronique	Rhône en aval de saint-alban	Rhône en aval de saint-alban	Rhône en aval de saint-alban	Rhône en amont de saint-alban	Rhône en aval de saint-alban	Rhône en aval de saint-alban	Rhône en aval de saint-alban	Rhône en aval de saint-alban	Rhône en amont de saint-alban	Rhône en aval de saint-alban	Rhône en aval de saint-alban
Emetteurs gamma d'origine artificielle (Bq.L <sup>-1</sup> )											
<sup>134</sup> Cs	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
<sup>137</sup> Cs	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
<sup>58</sup> Co	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
<sup>60</sup> Co	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
<sup>110m</sup> Ag	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
<sup>54</sup> Mn	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
<sup>124</sup> Sb	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
<sup>125</sup> Sb	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
<sup>131</sup> I	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Emetteurs beta ( <sup>3</sup> H libre : Bq.L <sup>-1</sup> d'eau de dessiccation, <sup>14</sup> C : Bq.kg <sup>-1</sup> C)											
<sup>3</sup> H libre	1,00 (1/1)	1,20 (1/1)	1,10 (1/1)	1,50 (1/1)	1,3-1,5 (2/2)	1,58 (1/1)	1,62 (1/2)	0,9-1,80 (2/2)	n.a.	0,9-1,30 (2/2)	0,7 (1/2)
<sup>14</sup> C	n.a.	n.a.	n.a.	221,4 (1/1)	232,7 (1/1)	n.a.	n.a.	n.a.	199,7 (1/1)	216,3 (1/1)	n.a.

n.a. : non analysé ; - : inférieur au seuil de décision.

**Tableau 65 – Activités en radionucléides émetteurs γ des échantillons de sédiments collectés dans l’environnement aquatique du site de Saint-Alban-Saint-Maurice-l’Exil lors des études radioécologiques de 2013 à 2022**

Année	2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022	
Fraction	Diamètre inférieur à 2 mm		Diamètre inférieur à 2 mm		Diamètre inférieur à 2 mm		Diamètre inférieur à 2 mm		Diamètre inférieur à 2 mm		Diamètre inférieur à 2 mm		Diamètre inférieur à 2 mm		Diamètre inférieur à 2 mm		Diamètre inférieur à 2 mm		Diamètre inférieur à 2 mm	
Chronique	Rhône en amont de saint-alban	Rhône en aval de saint-alban	Rhône en amont de saint-alban	Rhône en aval de saint-alban	Rhône en amont de saint-alban	Rhône en aval de saint-alban	Rhône en amont de saint-alban	Rhône en aval de saint-alban	Rhône en amont de saint-alban	Rhône en aval de saint-alban	Rhône en amont de saint-alban	Rhône en aval de saint-alban	Rhône en amont de saint-alban	Rhône en aval de saint-alban	Rhône en amont de saint-alban	Rhône en aval de saint-alban	Rhône en amont de saint-alban	Rhône en aval de saint-alban	Rhône en amont de saint-alban	Rhône en aval de saint-alban
Emetteurs gamma d’origine artificielle (Bq.kg <sup>-1</sup> sec)																				
<sup>134</sup> Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>137</sup> Cs	9,40 (1/1)	8,50-9,90 (2/2)	9,40 (1/1)	11,9-12,0 (2/2)	9,80 (1/1)	11,4-11,5 (2/2)	7,70 (1/1)	8,64-9,81 (2/2)	9,52 (1/1)	8,16-10,84 (2/2)	26,9 (1/1)	6,88-8,87 (2/2)	9,10 (1/1)	7,50-9,30 (2/2)	7,70 (1/1)	7,60 (1/1)	8,30 (1/1)	5,75-8,50 (2/2)	7,6 (1/1)	5,63-5,66 (2/2)
<sup>58</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>60</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,20 (1/2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>110m</sup> Ag	-	0,41 (1/2)	-	-	-	0,27 (1/2)	0,33 (1/1)	0,41-0,46 (2/2)	-	0,20 (1/2)	-	-	0,26 (1/1)	0,51-0,60 (2/2)	-	0,31 (1/1)	0,51 (1/1)	0,240-0,290 (2/2)	-	0,17 (1/2)
<sup>54</sup> Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>124</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>125</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>131</sup> I	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	2,47 (1/1)	1,94 (1/2)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

Suite page suivante

Année	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022											
Fraction	Diamètre inférieur à 2 mm		Diamètre inférieur à 2 mm		Diamètre inférieur à 2 mm		Diamètre inférieur à 2 mm		Diamètre inférieur à 2 mm		Diamètre inférieur à 2 mm										
Chronique	Rhône en amont de saint-alban	Rhône en aval de saint-alban	Rhône en amont de saint-alban	Rhône en aval de saint-alban	Rhône en amont de saint-alban	Rhône en aval de saint-alban	Rhône en amont de saint-alban	Rhône en aval de saint-alban	Rhône en amont de saint-alban	Rhône en aval de saint-alban	Rhône en amont de saint-alban	Rhône en aval de saint-alban									
Emetteurs beta ( <sup>3</sup> H libre : Bq.L <sup>-1</sup> d'eau de dessiccation, <sup>3</sup> H lié : Bq.L <sup>-1</sup> d'eau de combustion, <sup>14</sup> C : Bq.kg <sup>-1</sup> C, autres : Bq.kg <sup>-1</sup> sec)																					
<sup>3</sup> H libre	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	3,00 (1/1)	17,2 (1/1)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
<sup>3</sup> H lié	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	440 (1/1)	20,1-320 (6/6)	146 (1/1)	139-194 (2/2)	270 (1/1)	42-43 (2/2)	170-190 (2/2)	14,9-151 (10/10)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	64,8 (1/1)	424 (1/1)	n.a.	n.a.	
<sup>14</sup> C	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	211,2 (1/1)	216,0-216,9 (2/2)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	208,8 (1/1)	220,2 (1/1)	n.a.	n.a.	
<sup>63</sup> Ni	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,38 (1/1)	0,18-0,185 (2/2)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,20 (1/1)	0,65 (1/1)	n.a.	n.a.	
Emetteurs alpha (Bq.kg <sup>-1</sup> sec)																					
<sup>239-240</sup> Pu	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,1324 (1/1)	0,1357-0,1456 (2/2)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
<sup>238</sup> Pu	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,00376 (1/1)	0,00380-0,0049 (2/2)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
<sup>241</sup> Am	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,0582 (1/1)	0,0592-0,0688 (2/2)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

n.a. : non analysé ; - : inférieur au seuil de décision



**Tableau 66 – Activités en radionucléides émetteurs  $\gamma$  et  $\beta$  des échantillons de mousses collectés dans l’environnement aquatique du site de Saint-Alban-Saint-Maurice-l’Exil lors des études radioécologiques de 2013 à 2022**

Année	2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2021		2022	
Fraction	Entier		Entier		Entier		Parties aériennes		Parties aériennes		Parties aériennes		Parties aériennes		Parties aériennes		Parties aériennes	
Chronique	Rhône en amont de saint-alban	Rhône en aval de saint-alban	Rhône en amont de saint-alban	Rhône en aval de saint-alban	Rhône en amont de saint-alban	Rhône en aval de saint-alban	Rhône en amont de saint-alban	Rhône en aval de saint-alban	Rhône en amont de saint-alban	Rhône en aval de saint-alban	Rhône en amont de saint-alban	Rhône en aval de saint-alban	Rhône en amont de saint-alban	Rhône en aval de saint-alban	Rhône en amont de saint-alban	Rhône en aval de saint-alban	Rhône en amont de saint-alban	Rhône en aval de saint-alban
Emetteurs gamma d’origine artificielle (Bq.kg <sup>-1</sup> sec)																		
<sup>134</sup> Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
<sup>137</sup> Cs	5,49 (1/1)	1,77- 3,80 (2/2)	4,33 (1/1)	2,63- 4,56 (2/2)	6,27 (1/1)	2,17- 4,32 (2/2)	1,55 (1/1)	2,72- 3,02 (2/2)	3,63 (1/1)	1,57 (1/1)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
<sup>58</sup> Co	-	0,63 (1/2)	0,59 (1/1)	0,53- 1,23 (2/2)	-	0,64- 1,28 (2/2)	-	0,68- 0,69 (2/2)	-	0,33 (1/1)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
<sup>60</sup> Co	-	0,31 (1/2)	0,62 (1/1)	0,42- 0,69 (2/2)	-	0,37- 0,86 (2/2)	-	0,39 (1/2)	1,44 (1/1)	0,29 (1/1)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
<sup>110m</sup> Ag	-	-	-	0,38 (1/2)	0,94 (1/1)	0,35- 0,41 (2/2)	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
<sup>54</sup> Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
<sup>124</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
<sup>125</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
<sup>131</sup> I <sup>(1)</sup>	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	9,0 (1/1)	12,7 (1/1)	29 (1/1)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Emetteurs beta ( <sup>3</sup> H libre : Bq.L <sup>-1</sup> d’eau de dessiccation, <sup>3</sup> H lié : Bq.L <sup>-1</sup> d’eau de combustion, <sup>14</sup> C : Bq.kg <sup>-1</sup> C, autres : Bq.kg <sup>-1</sup> sec)																		
<sup>3</sup> H libre	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,20 (1/1)	5,50 (1/1)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
<sup>3</sup> H lié	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	5,80 (1/1)	12,3 (1/1)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

<sup>14</sup> C	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	222,6 (1/1)	246,5 (1/1)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
<sup>55</sup> Fe	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
<sup>63</sup> Ni	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	0,148 (1/1)	0,430 (1/1)	0,550 (1/1)	0,47 (1/1)	0,410 (1/1)	n.a.	n.a.

n.a. : non analysé ; - : inférieur au seuil de décision. <sup>(1)</sup> Du fait de sa courte période physique, l'<sup>131</sup>I n'est mesuré que dans certains échantillons.

**Tableau 67 – Activités en radionucléides émetteurs  $\gamma$  et  $\beta$  des échantillons de végétaux (phanérogames immergées) collectés dans l'environnement aquatique du site de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil lors des études radioécologiques de 2013 à 2022**

Année	2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022	
Fraction	Entier		Entier		Entier		Parties aériennes		Parties aériennes		Parties aériennes		Parties aériennes		Parties aériennes		Parties aériennes		Parties aériennes	
Chronique	Rhône en amont de saint-alban	Rhône en aval de saint-alban	Rhône en amont de saint-alban	Rhône en aval de saint-alban	Rhône en amont de saint-alban	Rhône en aval de saint-alban	Rhône en amont de saint-alban	Rhône en aval de saint-alban	Rhône en amont de saint-alban	Rhône en aval de saint-alban	Rhône en amont de saint-alban	Rhône en aval de saint-alban	Rhône en amont de saint-alban	Rhône en aval de saint-alban	Rhône en amont de saint-alban	Rhône en aval de saint-alban	Rhône en amont de saint-alban	Rhône en aval de saint-alban	Rhône en amont de saint-alban	Rhône en aval de saint-alban
Emetteurs gamma d'origine artificielle (Bq.kg <sup>-1</sup> sec)																				
<sup>134</sup> Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>137</sup> Cs	1,05 (1/2)	0,86-0,90 (2/3)	1,37-3,39 (2/2)	1,31-3,17 (3/3)	0,83 (1/2)	1,06-4,0 (3/3)	0,72-1,44 (3/3)	0,55-2,46 (5/5)	3,05-3,42 (2/2)	1,25-1,75 (3/3)	1,48 (1/2)	0,77-0,85 (2/3)	1,10 (1/2)	0,63-2,23 (3/3)	0,75 (1/1)	0,48 (1/1)	0,480-0,95 (2/2)	0,50-0,610 (2/3)	0,41 (1/2)	0,34-0,47 (2/3)
<sup>58</sup> Co	-	-	-	0,58 (1/2)	-	1,30-1,76 (2/3)	0,34 (1/2)	0,44 (1/2)	-	-	-	-	-	-	-	0,53 (1/1)	0,81 (1/2)	0,480-1,55 (3/3)	-	-
<sup>60</sup> Co	-	0,27 (1/2)	-	0,31-0,99 (2/3)	-	0,51 (1/2)	-	-	0,187 (1/2)	-	-	-	-	0,28 (1/2)	-	-	-	0,250-0,34 (2/3)	-	0,54 (1/3)
<sup>110m</sup> Ag	-	-	-	-	-	0,63 (1/2)	-	-	0,26 (1/2)	0,263 (1/2)	-	-	-	0,41 (1/2)	-	-	-	-	-	-
<sup>54</sup> Mn	-	-	-	-	-	-	0,21 (1/2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>124</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>125</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>131</sup> I <sup>(1)</sup>	5,0 (1/1)	24,9 (1/1)	2,21 (1/1)	3,43 (1/1)	12,8 (1/1)	18,1 (1/1)	14,8 (1/1)	5,9-12,0 (2/2)	7,66 (1/1)	8,9 (1/1)	7,9 (1/1)	14,0 (1/1)	9,5 (1/1)	10,4 (1/1)	n.a.	n.a.	9,4 (1/1)	7,2 (1/1)	9,7 (1/1)	11,0 (1/1)
Emetteurs beta ( <sup>3</sup> H libre : Bq.L <sup>-1</sup> d'eau de dessiccation, <sup>3</sup> H lié : Bq.L <sup>-1</sup> d'eau de combustion, <sup>14</sup> C : Bq.kg <sup>-1</sup> C, autres : Bq.kg <sup>-1</sup> sec)																				
<sup>3</sup> H libre	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	12,40 (1/1)	9,80 (1/1)	3,90 (1/1)	20,9-51,5 (1/1)	8,78 (1/1)	21,1 (1/1)	5,3 (1/1)	1,3 (1/1)	2,10 (1/1)	1,10 (1/1)	1,30 (1/1)	2,40 (1/1)	1,1 (1/1)	17,6 (1/1)	1,2 (1/1)	42,4 (1/1)

<sup>3</sup> H lié	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	8,66 (1/1)	13,7- 31,0 (2/2)	n.a.	n.a.	4,78 (1/1)	12,1 (1/1)	6,60 (1/1)	11,4 (1/1)	n.a.	n.a.	7,6 (1/1)	14,2 (1/1)	5,3 (1/1)	24,8 (1/1)
<sup>14</sup> C	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	254,1 (1/1)	272,8- 328,3 (2/2)	n.a.	n.a.	216,2 (1/1)	222,3 (1/1)	219,7 (1/1)	303,2 (1/1)	n.a.	n.a.	210,3 (1/1)	361,0 (1/1)	210,7 (1/1)	440,1 (1/1)
<sup>59</sup> Fe	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	-
<sup>63</sup> Ni	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,078 (1/1)	0,355 (1/1)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,11 (1/1)	1,22 (1/1)
Emetteurs alpha (Bq.kg <sup>-1</sup> sec)																			
<sup>239+240</sup> Pu	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,0224 (1/1)	0,0170- 0,0415 (2/2)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
<sup>238</sup> Pu	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,00070 (1/1)	0,00023- 0,00081 (2/2)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
<sup>241</sup> Am	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,00850 (1/1)	0,00648- 0,0148 (2/2)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

n.a. : non analysé ; - : inférieur au seuil de décision. <sup>(1)</sup> Du fait de sa courte période physique, l'<sup>131</sup>I n'est mesuré que dans certains échantillons.

**Tableau 68 – Activités en radionucléides émetteurs  $\gamma$  et  $\beta$  des échantillons de poissons (muscles) collectés dans l’environnement aquatique du site de Saint-Alban-Saint-Maurice-l’Exil lors des études radioécologiques de 2013 à 2022**

Année	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022										
Fraction	Muscle		Muscle		Muscle		Muscle		Muscle											
Chronique	Rhône en amont de saint-alban	Rhône en aval de saint-alban	Rhône en amont de saint-alban	Rhône en aval de saint-alban	Rhône en amont de saint-alban	Rhône en aval de saint-alban	Rhône en amont de saint-alban	Rhône en aval de saint-alban	Rhône en amont de saint-alban	Rhône en aval de saint-alban										
Emetteurs gamma d’origine artificielle (Bq.kg <sup>-1</sup> frais)																				
<sup>134</sup> Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-										
<sup>137</sup> Cs	0,0219 (1/1)	0,0373 (1/1)	0,046 (1/1)	0,046 (1/1)	0,0440 (1/1)	0,0386 (1/1)	0,0507 (1/1)	0,0473 (1/1)	0,0470 (1/1)	0,053 (1/1)	0,0441 (1/1)	0,0513 (1/1)	0,0398 (1/1)	0,0400 (1/1)	0,0320 (1/1)	0,0304 (1/1)	0,0305 (1/1)	0,0420 (1/1)	0,0158 (1/1)	0,031 (1/1)
<sup>58</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>60</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>110m</sup> Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>54</sup> Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>124</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>125</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>131</sup> I	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Emetteurs beta ( <sup>3</sup> H libre : Bq.L <sup>-1</sup> d’eau de dessiccation, <sup>3</sup> H lié : Bq.L <sup>-1</sup> d’eau de combustion, <sup>14</sup> C : Bq.kg <sup>-1</sup> C, autres : Bq.kg <sup>-1</sup> frais)																				
<sup>3</sup> H libre	1,30 (1/1)	1,00 (1/1)	0,70 (1/1)	1,00 (1/1)	3,40 (1/1)	4,50 (1/1)	3,30 (1/1)	1,30 (1/1)	2,23 (1/1)	1,69 (1/1)	-	-	1,60 (1/1)	9,30 (1/1)	0,80 (1/1)	1,70 (1/1)	3,90 (1/1)	1,70 (1/1)	0,7 (1/1)	2,2 (1/1)
<sup>3</sup> H lié	6,0 (1/1)	10,8 (1/1)	5,20 (1/1)	5,40 (1/1)	4,70 (1/1)	10,20 (1/1)	5,10 (1/1)	6,50 (1/1)	5,46 (1/1)	5,99 (1/1)	3,50 (1/1)	7,59 (1/1)	3,40 (1/1)	9,80 (1/1)	4,90 (1/1)	6,70 (1/1)	4,00 (1/1)	5,20 (1/1)	3,4 (1/1)	10 (1/1)
<sup>14</sup> C	315,5 (1/1)	407,5 (1/1)	264,8 (1/1)	298,6 (1/1)	261 (1/1)	428 (1/1)	256 (1/1)	398 (1/1)	278 (1/1)	405 (1/1)	244 (1/1)	515 (1/1)	230 (1/1)	456 (1/1)	289 (1/1)	442 (1/1)	233 (1/1)	332 (1/1)	221 (1/1)	528 (1/1)
<sup>59</sup> Fe	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
<sup>63</sup> Ni	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

n.a. : non analysé ; - : inférieur au seuil de décision.

**Tableau 69 - Teneur en matière organique et caractéristiques granulométriques de l'échantillon des sols récoltés dans l'environnement aquatique du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil lors du suivi radioécologique en 2022.**

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Date de mesure	Qualité	Fractions	%
Saint-Pierre-de-Bœuf	31/03/2022	Sols	<i>Sol de pâturage ou de prairie</i>	Tamisé < 2000 µm	Sec	sec	Matière organique	5,90
							Argiles (<2µm)	10,5
							Limons Fins	12,3
							Limons Grossiers	7,6
							Sables Fins	11,2
Sables grossiers	58,4							

**Tableau 70 – Activités en radionucléides émetteurs  $\gamma$  d'origine naturelle mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du site de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil lors du suivi radioécologique 2022**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité	Frais/Sec	Date de mesure	$^{40}\text{K}$	Famille du $^{232}\text{Th}$	Famille de $^{238}\text{U}$			$^7\text{Be}$	Unité
										$^{228}\text{Ac}$	$^{234}\text{Th}$	$^{234\text{m}}\text{Pa}$	$^{210}\text{Pb}$		
Saint-alban - zone sous les vents (<5 km)	Saint-Pierre-de-Bœuf	31/03/2022	Sols	Sol de pâturage ou de prairie	Produits de tamisage Tamisé < 2000 $\mu\text{m}$	Sec	1,17	26/04/2022	910 $\pm$ 70	60 $\pm$ 7	51,9 $\pm$ 3,8	36 $\pm$ 15	80 $\pm$ 24	$\leq$ 2,0	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Saint-alban - zone sous les vents (>5 km)	Limony	30/06/2022	Légumes	Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Parties aériennes	Cendre	22,24	16/09/2022	2 240 $\pm$ 180	1,17 $\pm$ 0,32	$\leq$ 1,3	$\leq$ 17	15,9 $\pm$ 2	258 $\pm$ 21	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Saint-alban - zone sous les vents (<5 km)	Saint-Maurice-l'Exil	27/04/2022	Végétaux terrestre non consommés	Lierre commun <i>Hedera helix</i>	Feuilles annuelles	Cendre	-	19/08/2022	537 $\pm$ 41	3,55 $\pm$ 0,4	$\leq$ 0,33	$\leq$ 4,1	18 $\pm$ 2,4	52,1 $\pm$ 4,2	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Saint-alban - zone sous les vents (>5 km)	Limony	31/03/2022	Mousses terrestres	<i>Scleropodium purum</i> <i>Scleropodium purum</i>	Entier	Frais	5,38	06/04/2022	273 $\pm$ 27	$\leq$ 3,8	$\leq$ 7,0	$\leq$ 100	268 $\pm$ 29	268 $\pm$ 19	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Saint-alban - zone hors vents dominants (>5 km)	Pélussin	27/04/2022	Produits laitiers	Lait de vache	Entier	Cendre	-	19/08/2022	49,7 $\pm$ 3,7	$\leq$ 0,012	$\leq$ 0,029	$\leq$ 0,40	$\leq$ 0,036	$\leq$ 0,060	Bq.L <sup>-1</sup>

**Tableau 71 – Activités en radionucléides émetteurs  $\gamma$  d'origine artificielle mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du site de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil lors du suivi radioécologique 2022**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité	Frais/Sec	Date de mesure	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	<sup>58</sup> Co	<sup>60</sup> Co	<sup>110m</sup> Ag	<sup>54</sup> Mn	<sup>124</sup> Sb	<sup>125</sup> Sb	<sup>131</sup> I*	Unité
Saint-alban - zone sous les vents (<5 km)	Saint-Pierre de-Bœuf	31/03/2022	Sols	Sol de pâturage ou de prairie	Produits de tamisage Tamisé < 2000 $\mu$ m	Sec	1,17	26/04/2022	$\leq 0,19$	<b>15,3<math>\pm</math>1</b>	$\leq 0,23$	$\leq 0,22$	$\leq 0,24$	$\leq 0,24$	$\leq 0,23$	$\leq 0,50$	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Saint-alban - zone sous les vents (>5 km)	Limony	30/06/2022	Légumes	Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Parties aériennes	Cendre	22,24	16/09/2022	$\leq 0,11$	<b>0,12<math>\pm</math>0,06</b>	$\leq 0,25$	$\leq 0,16$	$\leq 0,16$	$\leq 0,13$	$\leq 0,22$	$\leq 0,26$	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Saint-alban - zone sous les vents (<5 km)	Saint-Maurice-l'Exil	27/04/2022	Végétaux terrestres non consommés	Lierre commun <i>Hedera helix</i>	Feuilles annuelles	Cendre	-	19/08/2022	$\leq 0,028$	<b>0,147<math>\pm</math>0,018</b>	$\leq 0,090$	$\leq 0,040$	$\leq 0,044$	$\leq 0,038$	$\leq 0,080$	$\leq 0,070$	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Saint-alban - zone sous les vents (>5 km)	Limony	31/03/2022	Mousses terrestres	<i>Scleropodium purum</i> <i>Scleropodium purum</i>	Entier	Frais	5,38	06/04/2022	$\leq 0,60$	<b>1,6<math>\pm</math>0,5</b>	$\leq 0,70$	$\leq 0,80$	$\leq 0,80$	$\leq 0,70$	$\leq 0,60$	$\leq 1,7$	$\leq 0,9$	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Saint-alban - zone hors vents dominants (>5 km)	Pélussin	27/04/2022	Produits laitiers	Lait de vache	Entier	Cendre	-	19/08/2022	$\leq 0,0025$	<b>0,0185<math>\pm</math>0,002</b>	$\leq 0,0080$	$\leq 0,0040$	$\leq 0,0040$	$\leq 0,0033$	$\leq 0,0080$	$\leq 0,0060$	n.a.	Bq.L <sup>-1</sup>

\* Du fait de sa courte période radioactive, l'<sup>131</sup>I a été analysé sur des échantillons frais.



**Tableau 72 – Activités en tritium libre mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du site de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil lors du suivi radioécologique 2022**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Date de mesure	<sup>3</sup> H libre (Bq.L <sup>-1</sup> d'eau de dessiccation)	<sup>3</sup> H libre (Bq.kg <sup>-1</sup> sec ou frais ou Bq.L <sup>-1</sup> )	Unité
Saint-alban - zone sous les vents (>5 km)	Limony	30/06/2022	Légumes	Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Eau extraite par lyophilisation	18,56	28/09/2022	1,4±0,7	1,32±0,66	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Saint-alban - zone sous les vents (<5 km)	Saint-Maurice-l'Exil	30/06/2022	Végétaux terrestre non consommés	Lierre commun <i>Hedera helix</i>	Eau extraite par lyophilisation	3,43	28/09/2022	2,7±0,8	1,91±0,57	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Saint-alban - zone hors vents dominants (>5 km)	Pélussin	27/04/2022	Produits laitiers	Lait de vache	Eau extraite par lyophilisation	7,53	14/07/2022	1,3±0,7	1,13±0,61	Bq.L <sup>-1</sup> d'ECH.

**Tableau 73 – Activités en tritium organiquement lié (TOL) mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement terrestre du site de Saint-Alban-Saint-Maurice-l’Exil lors du suivi radioécologique 2022**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Date de mesure	TOL (Bq.L <sup>-1</sup> d'eau de combustion)	TOL (Bq.kg <sup>-1</sup> sec ou frais ou Bq.L <sup>-1</sup> )	Unité
Saint-alban - zone sous les vents (>5 km)	Limony	30/06/2022	Légumes	Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	18,56	28/05/2023	3,0±0,9	0,084±0,025	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Saint-alban - zone sous les vents (<5 km)	Saint-Maurice-l'Exil	30/06/2022	Végétaux terrestre non consommés	Lierre commun <i>Hedera helix</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	3,43	28/05/2023	4,0±0,9	0,68±0,16	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Saint-alban - zone hors vents dominants (>5 km)	Pélussin	27/04/2022	Produits laitiers	Lait de vache	Résidu sec obtenu après lyophilisation	7,53	21/09/2022	1,9±0,7	0,180±0,067	Bq.L <sup>-1</sup> d'ECH.

**Tableau 74 – Activités en <sup>14</sup>C mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement terrestre du site de Saint-Alban-Saint-Maurice- l’Exil lors du suivi radioécologique 2022**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Date de mesure <sup>14</sup> C	<sup>14</sup> C (Bq.kg <sup>-1</sup> de C)	δ <sup>12/13</sup> C (‰)	pMC (%)	<sup>14</sup> C (Bq.kg <sup>-1</sup> sec ou frais ou Bq.L <sup>-1</sup> )	C TOT. (g.kg <sup>-1</sup> sec ou frais ou g.L <sup>-1</sup> )	Unité
Saint-alban - zone sous les vents (>5 km)	Limony	30/06/2022	Légumes	Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	18,56	17/07/2023	226±11	-29,42	100,9±4,9	4,71±0,23	21	Frais
Saint-alban - zone hors vents dominants (>5 km)	Pélussin	27/04/2022	Produits laitiers	Lait de vache	Résidu sec obtenu après lyophilisation	7,53	18/06/2023	225±11	-29,02	100,4±4,9	14,83±0,72	66	Liquide

**Tableau 75 - Teneur en matière organique et caractéristiques granulométriques des échantillons de sédiments récoltés dans l'environnement aquatique du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil lors du suivi radioécologique en 2022.**

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Date de mesure	Qualité	Fractions	%
Ampuis	31/03/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	≤ 2 mm	13/03/2023	sec	Matière organique	4,49
							Argiles (<2µm)	19,1
							Limons Fins	22,8
							Limons Grossiers	23,1
							Sables Fins	23,6
							Sables Grossiers	11,4
Saint-Pierre-de-Bœuf	31/03/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	≤ 2 mm	13/03/2023	sec	Matière organique	4,43
							Argiles (<2µm)	23,0
							Limons Fins	24,3
							Limons Grossiers	23,6
							Sables Fins	27,9
							Sables Grossiers	1,2
Sablons	31/03/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	≤ 2 mm	13/03/2023	sec	Matière organique	4,12
							Argiles (<2µm)	20,8
							Limons Fins	31,2
							Limons Grossiers	27,3
							Sables Fins	20,0
							Sables Grossiers	0,7

**Tableau 76 – Activités en radionucléides émetteurs  $\gamma$  d'origine naturelle mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil lors du suivi radioécologique 2022**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité	Frais/Sec	Date de mesure	<sup>40</sup> K	Famille du <sup>232</sup> Th		Famille de l' <sup>238</sup> U			<sup>7</sup> Be	Unité
										<sup>228</sup> Ac	<sup>234</sup> Th	<sup>234m</sup> Pa	<sup>210</sup> Pb			
Rhône en amont de saint-alban	Ampuis	31/03/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Produits de tamisage Tamisé < 2000 $\mu$ m	Sec	2,33	22/04/2022	441±30	41,1±4,4	42±6	21±11	96±18	19,8±1,7	Bq.kg <sup>-1</sup> sec	
Rhône en aval de saint-alban	Saint-Pierre-de-Bœuf	31/03/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Produits de tamisage Tamisé < 2000 $\mu$ m	Sec	2,22	25/04/2022	446±29	44±4,7	46±6	52±11	102±19	32,3±2,7	Bq.kg <sup>-1</sup> sec	
Rhône en aval de saint-alban	Sablons	31/03/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Produits de tamisage Tamisé < 2000 $\mu$ m	Sec	2,18	22/04/2022	480±31	43,3±4,6	50±6	40±11	106±19	20,6±1,7	Bq.kg <sup>-1</sup> sec	
Rhône en amont de saint-alban	Saint-Alban-du-Rhône	06/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle <i>Myriophyllum sp.</i>	aériennes	Frais	8,70	12/07/2022	476±39	11,2±2,7	15,7±4,4	≤ 70	17,4±5,2	157±14	Bq.kg <sup>-1</sup> sec	
Rhône en amont de saint-alban	Saint-Alban-du-Rhône	06/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle <i>Myriophyllum sp.</i>	aériennes	Cendre	12,14	15/11/2022	527±41	15,6±1,8	14,9±1,6	≤ 16	18,8±2,6	131±12	Bq.kg <sup>-1</sup> sec	
Rhône en aval de saint-alban	Saint-Maurice-l'Exil	06/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle <i>Myriophyllum sp.</i>	aériennes	Frais	8,42	12/07/2022	480±42	16,2±4,0	13,5±5,1	≤ 100	21,0±5,1	120±11	Bq.kg <sup>-1</sup> sec	
Rhône en aval de saint-alban	Saint-Maurice-l'Exil	06/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle <i>Myriophyllum sp.</i>	Parties aériennes	Cendre	10,72	19/09/2022	610±48	12±1,6	12,2±1,6	≤ 26	13,9±1,9	125±11	Bq.kg <sup>-1</sup> sec	
Rhône en aval de saint-alban	Sablons	06/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle <i>Myriophyllum sp.</i>	Parties aériennes	Cendre	14,03	22/11/2022	587±46	10,6±1,3	15±1,4	≤ 19	19±2	115±9	Bq.kg <sup>-1</sup> sec	
Rhône en amont de saint-alban	Chonas-l'Amballan	28/04/2022	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Muscle	Cendre	3,38	04/08/2022	105±8	≤ 0,041	≤ 0,10	≤ 1,3	≤ 0,12	≤ 0,17	Bq.kg <sup>-1</sup> frais	
Rhône en aval de saint-alban	Saint-Rambert-d'Albon	26/04/2022	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Muscle	Cendre	4,96	12/08/2022	105±8	≤ 0,042	≤ 0,090	≤ 1,3	≤ 0,11	≤ 0,21	Bq.kg <sup>-1</sup> frais	

**Tableau 77 – Activités en radionucléides émetteurs  $\gamma$  d'origine artificielle mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil lors du suivi radioécologique 2022**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité	Frais/Sec	Date de mesure	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	<sup>58</sup> Co	<sup>60</sup> Co	<sup>110m</sup> Ag	<sup>54</sup> Mn	<sup>124</sup> Sb	<sup>125</sup> Sb	<sup>131</sup> I*	Unité
Rhône en amont de saint-alban	Ampuis	31/03/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Produits de tamisage Tamisé < 2000 $\mu$ m	Sec	2,33	22/04/2022	$\leq 0,16$	<b>7,6<math>\pm</math>0,5</b>	$\leq 0,18$	$\leq 0,19$	$\leq 0,20$	$\leq 0,20$	$\leq 0,19$	$\leq 0,45$	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en aval de saint-alban	Saint-Pierre-de-Bœuf	31/03/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Produits de tamisage Tamisé < 2000 $\mu$ m	Sec	2,22	25/04/2022	$\leq 0,15$	<b>5,66<math>\pm</math>0,46</b>	$\leq 0,18$	$\leq 0,17$	<b>0,17<math>\pm</math>0,1</b>	$\leq 0,18$	$\leq 0,18$	$\leq 0,45$	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en aval de saint-alban	Sablons	31/03/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Produits de tamisage Tamisé < 2000 $\mu$ m	Sec	2,18	22/04/2022	$\leq 0,15$	<b>5,63<math>\pm</math>0,46</b>	$\leq 0,17$	$\leq 0,18$	$\leq 0,20$	$\leq 0,19$	$\leq 0,18$	$\leq 0,47$	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en amont de saint-alban	Saint-Alban-du-Rhône	06/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle <i>Myriophyllum sp.</i>	aériennes	Frais	8,70	12/07/2022	$\leq 0,43$	$\leq 0,61$	$\leq 0,52$	$\leq 0,70$	$\leq 0,61$	$\leq 0,52$	$\leq 0,41$	$\leq 1,2$	<b>9,7<math>\pm</math>1,3</b>	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en amont de saint-alban	Saint-Alban-du-Rhône	06/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle <i>Myriophyllum sp.</i>	aériennes	Cendre	12,14	15/11/2022	$\leq 0,13$	<b>0,41<math>\pm</math>0,08</b>	$\leq 0,40$	$\leq 0,16$	$\leq 0,22$	$\leq 0,19$	$\leq 0,46$	$\leq 0,33$	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en aval de saint-alban	Saint-Maurice-l'Exil	06/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle <i>Myriophyllum sp.</i>	aériennes	Frais	8,42	12/07/2022	$\leq 0,84$	$\leq 0,93$	$\leq 0,84$	$\leq 1,2$	$\leq 1,1$	$\leq 0,84$	$\leq 0,84$	$\leq 2,3$	<b>11,0<math>\pm</math>1,5</b>	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en aval de saint-alban	Saint-Maurice-l'Exil	06/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle <i>Myriophyllum sp.</i>	Parties aériennes	Cendre	10,72	19/09/2022	$\leq 0,21$	<b>0,34<math>\pm</math>0,12</b>	$\leq 0,60$	<b>0,54<math>\pm</math>0,14</b>	$\leq 0,31$	$\leq 0,25$	$\leq 0,40$	$\leq 0,50$	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en aval de saint-alban	Sablons	06/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle <i>Myriophyllum sp.</i>	Parties aériennes	Cendre	14,03	22/11/2022	$\leq 0,11$	<b>0,47<math>\pm</math>0,08</b>	$\leq 0,42$	$\leq 0,17$	$\leq 0,20$	$\leq 0,14$	$\leq 0,43$	$\leq 0,26$	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en amont de saint-alban	Chonas-l'Amballan	28/04/2022	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Muscle	Cendre	3,38	04/08/2022	$\leq 0,0080$	<b>0,0158<math>\pm</math>0,0048</b>	$\leq 0,023$	$\leq 0,014$	$\leq 0,014$	$\leq 0,011$	$\leq 0,021$	$\leq 0,021$	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Rhône en aval de saint-alban	Saint-Rambert-d'Albon	26/04/2022	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Muscle	Cendre	4,96	12/08/2022	$\leq 0,0090$	<b>0,031<math>\pm</math>0,006</b>	$\leq 0,026$	$\leq 0,013$	$\leq 0,014$	$\leq 0,011$	$\leq 0,026$	$\leq 0,021$	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> frais

n.a. : non analysé.

\* Du fait de sa courte période radioactive, l'<sup>131</sup>I a été analysé sur des échantillons frais.

**Tableau 78 – Activités en tritium libre mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil lors du suivi radioécologique 2022**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Date de mesure	<sup>3</sup> H libre (Bq.L <sup>-1</sup> d'eau de dessiccation)	<sup>3</sup> H libre (Bq.kg <sup>-1</sup> sec ou frais ou Bq.L <sup>-1</sup> )	Unité
Rhône en aval de saint-alban	Le Péage-de-Roussillon	30/06/2022	Eaux de boisson	Eau de boisson non identifiée	Produit de filtration Filtrat < 0.2 µm	-	20/09/2022	0,7±0,7	0,7±0,7	Bq.L <sup>-1</sup> d'ECH.
Rhône en aval de saint-alban	Limony	30/06/2022	Eaux douces	Eau d'irrigation	Produit de filtration Filtrat < 0.2 µm	-	20/09/2022	≤ 0,70	≤ 0,70	Bq.L <sup>-1</sup> d'ECH.
Rhône en amont de saint-alban	Saint-Alban-du-Rhône	06/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle <i>Myriophyllum sp.</i>	Eau extraite par lyophilisation	8,70	28/09/2022	1,2±0,7	1,06±0,62	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Rhône en aval de saint-alban	Saint-Maurice-l'Exil	06/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle <i>Myriophyllum sp.</i>	Eau extraite par lyophilisation	8,42	27/09/2022	42,4±4,9	37,4±4,3	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Rhône en amont de saint-alban	Chonas-l'Amballan	28/04/2022	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Eau extraite par lyophilisation	3,82	14/07/2022	0,7±0,7	0,52±0,52	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Rhône en aval de saint-alban	Saint-Rambert-d'Albon	26/04/2022	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Eau extraite par lyophilisation	4,77	13/07/2022	2,2±0,8	1,74±0,63	Bq.kg <sup>-1</sup> frais

**Tableau 79 – Activités en tritium organiquement lié (TOL) mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil lors du suivi radioécologique 2022**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Date de mesure	TOL (Bq.L <sup>-1</sup> d'eau de combustion)	TOL (Bq.kg <sup>-1</sup> sec ou frais ou Bq.L <sup>-1</sup> )	Unité
Rhône en amont de saint-alban	Saint-Alban-du-Rhône	06/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle <i>Myriophyllum sp.</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	8,70	27/10/2022	5,3±1	0,267±0,053	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Rhône en aval de saint-alban	Saint-Maurice-l'Exil	06/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle <i>Myriophyllum sp.</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	8,42	27/10/2022	24,8±3	1,40±0,19	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Rhône en amont de saint-alban	Chonas-l'Amballan	28/04/2022	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	3,82	18/05/2023	3,4±0,8	0,64±0,15	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Rhône en aval de saint-alban	Saint-Rambert-d'Albon	26/04/2022	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	4,77	11/04/2023	10±1,2	1,40±0,18	Bq.kg <sup>-1</sup> frais



**Tableau 80 – Activités en  $^{14}\text{C}$  mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-  
l'Exil lors du suivi radioécologique 2022**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Date de mesure $^{14}\text{C}$	$^{14}\text{C}$ (Bq.kg <sup>-1</sup> de C)	$\delta^{12/13}\text{C}$ (‰)	pMC (%)	$^{14}\text{C}$ (Bq.kg <sup>-1</sup> sec ou frais ou Bq.L <sup>-1</sup> )	C TOT. (g.kg <sup>-1</sup> sec ou frais ou g.L <sup>-1</sup> )	Unité
Rhône en amont de saint-alban	Saint-Alban-du-Rhône	06/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle <i>Myriophyllum</i> sp.	Résidu sec obtenu après lyophilisation	8,70	17/02/2023	210,7±2,4	-20,29	92,4±1,1	8,182±0,093	39	Frais
Rhône en aval de saint-alban	Saint-Maurice-l'Exil	06/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle <i>Myriophyllum</i> sp.	Résidu sec obtenu après lyophilisation	8,42	17/02/2023	440,1±4,8	-21,62	193,4±2,1	18,97±0,21	43	Frais
Rhône en amont de saint-alban	Chonas-l'Amballan	28/04/2022	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	3,82	09/01/2023	221±22	-25,99	98,0±9,8	29,1±2,9	130	Frais
Rhône en aval de saint-alban	Saint-Rambert-d'Albon	26/04/2022	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	4,77	05/09/2022	528±26	-25,05	234±12	52,6±2,6	100	Frais

**Tableau 81 – Activités en  $^{63}\text{Ni}$  mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil lors du suivi radioécologique 2022**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Qualité	Date de mesure $^{63}\text{Ni}$	$^{63}\text{Ni}$ (Bq.kg <sup>-1</sup> sec ou frais ou Bq.L <sup>-1</sup> )	Ni (g.kg <sup>-1</sup> sec ou frais ou g.L <sup>-1</sup> )	Unité
Rhône en amont de saint-alban	Saint-Alban-du-Rhône	06/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle <i>Myriophyllum sp.</i>	Parties aériennes	12,14	Cendre	09/02/2023	0,11±0,06	0,367	Sec
Rhône en aval de saint-alban	Saint-Maurice-l'Exil	06/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle <i>Myriophyllum sp.</i>	Parties aériennes	10,72	Cendre	09/02/2023	1,22±0,18	0,38	Sec

**Tableau 82 – Activités en  $^{55}\text{Fe}$  mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil lors du suivi radioécologique 2022**

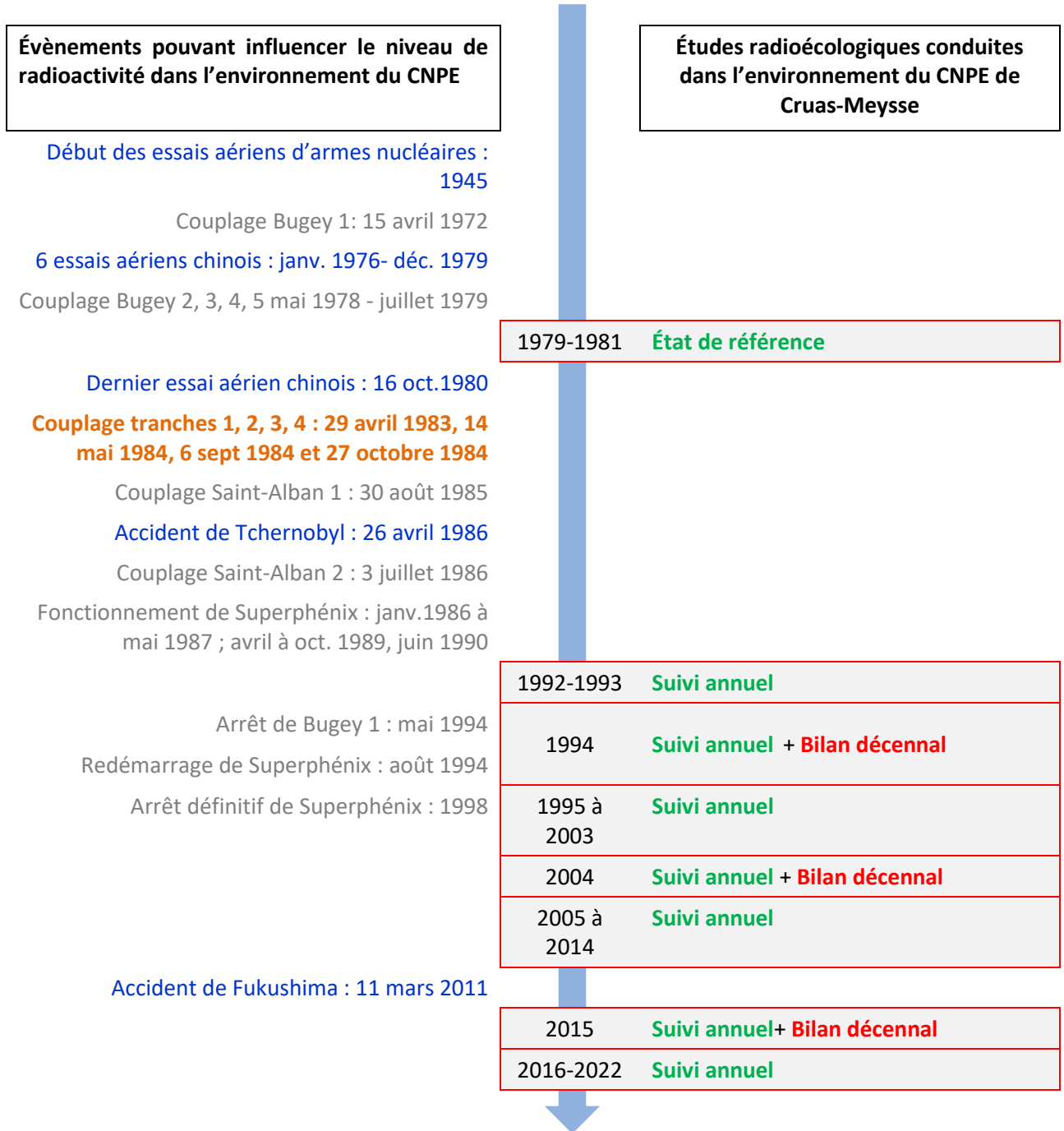
Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité	Frais/Sec	Date de mesure	$^{55}\text{Fe}$	Unité
Rhône en amont de saint-alban	Saint-Alban-du-Rhône	06/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle <i>Myriophyllum sp.</i>	Parties aériennes	Cendre	12,14	11/02/2023	≤ 5,0	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en aval de saint-alban	Saint-Maurice-l'Exil	06/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle <i>Myriophyllum sp.</i>	Parties aériennes	Cendre	10,72	10/02/2023	≤ 4,6	Bq.kg <sup>-1</sup> sec

## 7 ÉTAT RADIOLOGIQUE DU CNPE DE CRUAS-MEYSSE

### 7.1 Généralités et chronologie des études radioécologiques antérieures

Le CNPE de Cruas-Meyssse est localisé en rive droite du Rhône (Figure 25 page 163), à 8 km au nord de Montélimar. Il se compose de quatre tranches de 900 MWe de la filière des REP, couplées au réseau en 1983 et 1984. Il est situé à l'aval des installations EDF de Creys-Malville, du Bugey et de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil ainsi que des installations du CERN, d'ORANO (Romans-sur-Isère), du CEA (Grenoble) et de l'ILL (Institut Laue-Langevin). Plusieurs services de médecine nucléaire sont également localisés sur le bassin versant du Rhône en amont du site de Cruas-Meyssse.

La chronologie des études radioécologiques conduites dans l'environnement du CNPE de Cruas-Meyssse est présentée sur la Figure 24 page 159.



**Figure 24 – Chronologie des études radioécologiques conduites dans l'environnement du CNPE de Cruas-Meysse**

## 7.2 État radiologique de l'environnement terrestre

### 7.2.1 Stratégie d'échantillonnage

La localisation des stations de prélèvement, ainsi que la nature des échantillons collectés, sont reportées sur la Figure 25 page 163. Les caractéristiques (dates, stations, natures, etc.) identifiant chaque échantillon sont répertoriées dans le Tableau 83 page 161 et suivante.

Pour l'essentiel, la stratégie de prélèvement et d'analyse est commune à l'ensemble des sites (Annexes). Le choix des stations et de la nature des prélèvements permet la comparaison des résultats avec ceux des études antérieures. Les sols échantillonnés sont des sols non cultivés sur lesquels les cultures, pluriannuelles, ne demandent aucun remaniement (pâturages). Ce type de sol est privilégié dans l'objectif de mesurer l'accumulation potentielle des dépôts atmosphériques sur plusieurs années. Les échantillons sont, en dehors des indicateurs végétaux (mousses terricoles, herbe), des vecteurs directs ou indirects de radioactivité vers l'homme : le lait et des légumes-feuilles comme les salades. Les végétaux cultivés (salade) sont communs sur l'ensemble du territoire français. Leur cycle végétatif annuel et leur grande surface d'interception en font d'assez bons bioindicateurs pour le suivi des niveaux de radioactivité de l'environnement et caractériser d'éventuels marquages. Du lait est collecté, dans la mesure du possible, sur une commune à proximité du site. Dans la stratégie générale, une mousse terricole, une production agricole, un sol de prairie, de l'herbe et un lait sont prélevés sous les vents dominants (ZI). Hors vents (ZNI) une production agricole est collectée.

Des contraintes supplémentaires peuvent localement modifier la position, le nombre ou les analyses réalisées.

La dispersion des rejets d'effluents dans l'environnement est contrainte par les conditions météorologiques propres au site. Pour le CNPE de Cruas-Meysses, les vents dominants sont orientés au nord/nord-est. Les vents secondaires sont de secteur sud/sud-ouest. Dans la stratégie 2022, un sol non cultivé, de l'herbe<sup>4</sup>, une production agricole (salades) et une mousse terricole sont prélevés sous les vents dominants du CNPE dans l'axe de la vallée du Rhône (Meysses, Rochemaure et Montélimar). L'herbe et les sols prélevés à Meysses ont pu être collectés à moins de 5 km du site.

Le prélèvement de lait de chèvre a été réalisé à distance du CNPE, à Châteauneuf-du-Rhône (à environ 13 km au sud du site, dans l'axe des vents dominants). Hors vents dominants, une production agricole (salades) est collectée à Saint-Didier-sous-Aubenas, à l'ouest du site.

Les mousses récoltées sous les vents dominants ont fait l'objet d'une mesure par spectrométrie gamma, l'<sup>131</sup>I y est spécifiquement recherché. Les échantillons de salades, d'herbe, de lait de chèvre et de sol de prairie ont également été mesurés en spectrométrie gamma. Du tritium libre, du tritium organiquement lié et du <sup>14</sup>C sont recherchés dans le lait de chèvre et les deux prélèvements de salades. Dans l'herbe prélevée sous les vents, le tritium libre et le tritium organiquement lié sont recherchés. Enfin, l'herbe a fait l'objet de quatre mesures (une par trimestre) dont les résultats seront présentés dans le rapport simplifié exigé au titre de la réglementation 2022.

---

<sup>4</sup> Le lyophilisateur contenant les échantillons d'herbe prélevée à Meysses le 22 avril 2022 a rencontré un problème à cause d'une panne de climatisation dans le local. Les échantillons ont été détruits. De l'herbe a de nouveau été prélevée à Meysses le 13 juin 2022 afin d'y rechercher du tritium libre et du tritium organiquement lié.

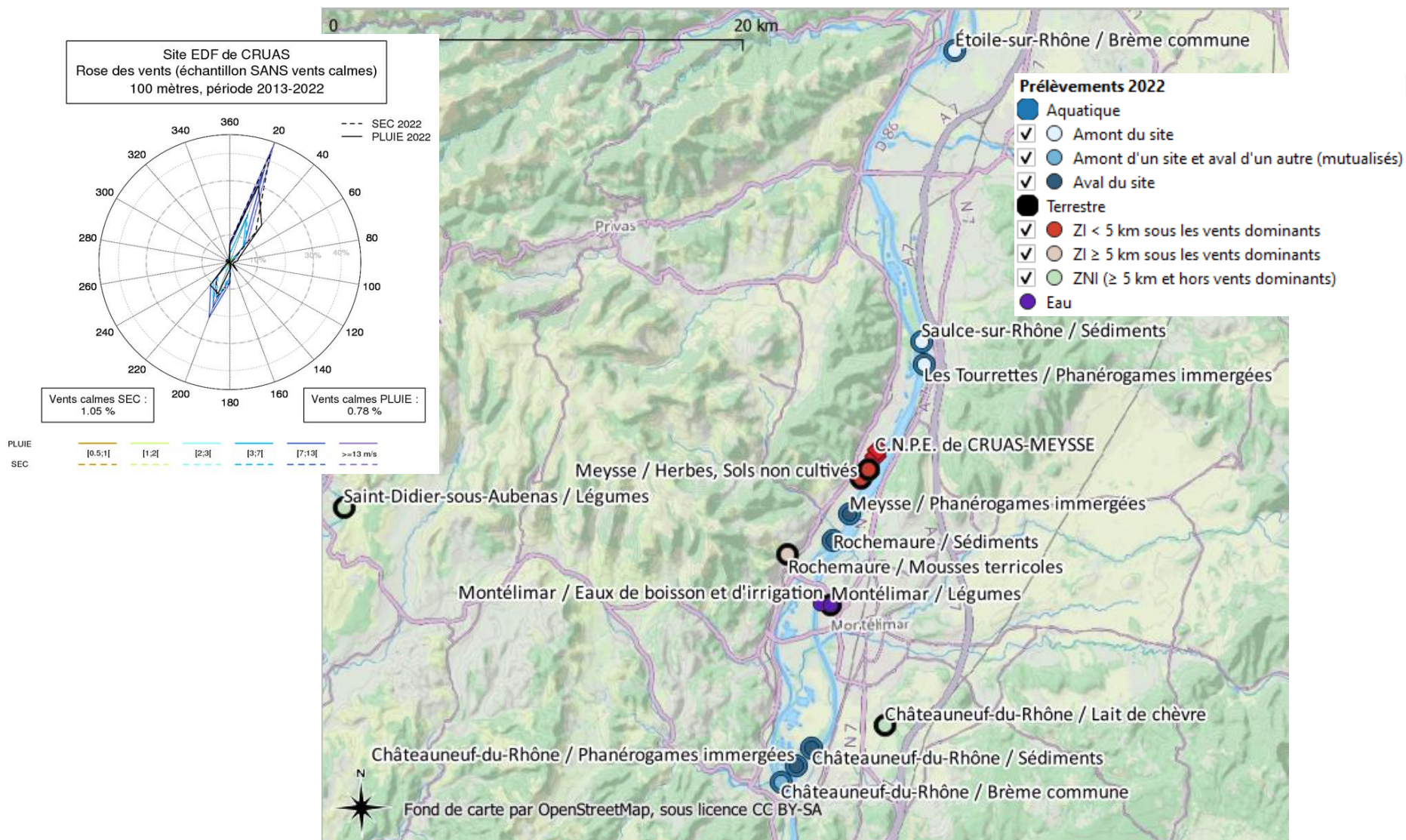
**Tableau 83 – Identification des échantillons prélevés dans l’environnement terrestre du CNPE de Cruas-Meyssse lors du suivi radioécologique de 2022**

Situation par rapport au C.N.P.E.	Chronique	Commune	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Commentaire	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
26,1 km O	Cruas - Zone hors vents dominants (>5 km)	Saint-Didier-sous-Aubenas	04,42762	44,61394	Batavia	Légumes	Laitue, batavia, romaines <i>Lactuca sativa L.</i>	Parties aériennes	14/06/2022	Gamma (Cendre)	14,27	3,55
26,1 km O	Cruas - Zone hors vents dominants (>5 km)	Saint-Didier-sous-Aubenas	04,42762	44,61394	Batavia	Légumes	Laitue, batavia, romaines <i>Lactuca sativa L.</i>	Parties aériennes	14/06/2022	C-14 par SL (Benzène) (Sec)	12,03	-
26,1 km O	Cruas - Zone hors vents dominants (>5 km)	Saint-Didier-sous-Aubenas	04,42762	44,61394	Batavia	Légumes	Laitue, batavia, romaines <i>Lactuca sativa L.</i>	Parties aériennes	14/06/2022	C élémentaire (Sec)	12,03	-
26,1 km O	Cruas - Zone hors vents dominants (>5 km)	Saint-Didier-sous-Aubenas	04,42762	44,61394	Batavia	Légumes	Laitue, batavia, romaines <i>Lactuca sativa L.</i>	Parties aériennes	14/06/2022	Rapport relatif C13/C12 (Sec)	12,03	-
26,1 km O	Cruas - Zone hors vents dominants (>5 km)	Saint-Didier-sous-Aubenas	04,42762	44,61394	Batavia	Légumes	Laitue, batavia, romaines <i>Lactuca sativa L.</i>	Parties aériennes	14/06/2022	H-3 lié (Sec)	12,03	-
26,1 km O	Cruas - Zone hors vents dominants (>5 km)	Saint-Didier-sous-Aubenas	04,42762	44,61394	Batavia	Légumes	Laitue, batavia, romaines <i>Lactuca sativa L.</i>	Parties aériennes	14/06/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	12,03	-
26,1 km O	Cruas - Zone hors vents dominants (>5 km)	Saint-Didier-sous-Aubenas	04,42762	44,61394	Batavia	Légumes	Laitue, batavia, romaines <i>Lactuca sativa L.</i>	Parties aériennes	14/06/2022	H-3 libre (Liquide)	12,03	-
1,3 km SO	Cruas - Zone sous les vents (<5 km)	Meyssse	04,74620	44,62310	0-5 cm	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie	Entier	24/02/2022	Gamma (Sec)	1,23	-
1,3 km SO	Cruas - Zone sous les vents (<5 km)	Meyssse	04,74620	44,62310	0-5 cm	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie	Entier	24/02/2022	Granulométrie INRA (Sec)	1,23	-
1,3 km SO	Cruas - Zone sous les vents (<5 km)	Meyssse	04,74620	44,62310	0-5 cm	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie	Entier	24/02/2022	MO après combustion (Sec)	1,23	-
1,3 km SO	Cruas - Zone sous les vents (<5 km)	Meyssse	04,74647	44,62302		Herbes	Herbe de prairie permanente	Parties aériennes	22/04/2022	Gamma (Cendre)	4,11	11,58
1,39 km SO	Cruas - Zone sous les vents (<5 km)	Meyssse	04,74650	44,62203		Herbes	Herbe de prairie permanente	Parties aériennes	13/06/2022	H-3 lié (Sec)	3,44	-
1,39 km SO	Cruas - Zone sous les vents (<5 km)	Meyssse	04,74650	44,62203		Herbes	Herbe de prairie permanente	Parties aériennes	13/06/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	3,44	-
1,39 km SO	Cruas - Zone sous les vents (<5 km)	Meyssse	04,74650	44,62203		Herbes	Herbe de prairie permanente	Parties aériennes	13/06/2022	H-3 libre (Liquide)	3,44	-
6,49 km SO	Cruas - Zone sous les vents (>5 km)	Rochemaure	04,70056	44,58957		Mousses terricoles	<i>Homalothecium lutescens Hedw.</i>	Entier	24/02/2022	Gamma (Frais)	2,90	-
7,67 km SSO	Cruas - Zone sous les vents (>5 km)	Montélimar	04,72619	44,56676		Légumes	Laitue, batavia, romaines <i>Lactuca sativa L.</i>	Parties aériennes	14/06/2022	Gamma (Cendre)	13,80	5,00
7,67 km SSO	Cruas - Zone sous les vents (>5 km)	Montélimar	04,72619	44,56676		Légumes	Laitue, batavia, romaines <i>Lactuca sativa L.</i>	Parties aériennes	14/06/2022	C-14 par SL (Benzène) (Sec)	11,30	-

Situation par rapport au C.N.P.E.	Chronique	Commune	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Commentaire	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
7,67 km SSO	Cruas - Zone sous les vents (>5 km)	Montélimar	04,72619	44,56676		Légumes	Laitue, batavia, romaines <i>Lactuca sativa L.</i>	Parties aériennes	14/06/2022	C élémentaire (Sec)	11,30	-
7,67 km SSO	Cruas - Zone sous les vents (>5 km)	Montélimar	04,72619	44,56676		Légumes	Laitue, batavia, romaines <i>Lactuca sativa L.</i>	Parties aériennes	14/06/2022	Rapport relatif C13/C12 (Sec)	11,30	-
7,67 km SSO	Cruas - Zone sous les vents (>5 km)	Montélimar	04,72619	44,56676		Légumes	Laitue, batavia, romaines <i>Lactuca sativa L.</i>	Parties aériennes	14/06/2022	H-3 lié (Sec)	11,30	-
7,67 km SSO	Cruas - Zone sous les vents (>5 km)	Montélimar	04,72619	44,56676		Légumes	Laitue, batavia, romaines <i>Lactuca sativa L.</i>	Parties aériennes	14/06/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	11,30	-
7,67 km SSO	Cruas - Zone sous les vents (>5 km)	Montélimar	04,72619	44,56676		Légumes	Laitue, batavia, romaines <i>Lactuca sativa L.</i>	Parties aériennes	14/06/2022	H-3 libre (Liquide)	11,30	-
13,24 km S	Cruas - Zone sous les vents (>5 km)	Châteauneuf-du-Rhône	04,75758	44,51324		Aliments liq. Non transformés	Lait de chèvre	Entier	22/04/2022	Gamma (Cendre)	8,33	14,46
13,24 km S	Cruas - Zone sous les vents (>5 km)	Châteauneuf-du-Rhône	04,75758	44,51324		Aliments liq. Non transformés	Lait de chèvre	Entier	22/04/2022	C-14 par SL (Benzène) (Sec)	7,78	-
13,24 km S	Cruas - Zone sous les vents (>5 km)	Châteauneuf-du-Rhône	04,75758	44,51324		Aliments liq. Non transformés	Lait de chèvre	Entier	22/04/2022	C élémentaire (Sec)	7,78	-
13,24 km S	Cruas - Zone sous les vents (>5 km)	Châteauneuf-du-Rhône	04,75758	44,51324		Aliments liq. Non transformés	Lait de chèvre	Entier	22/04/2022	Rapport relatif C13/C12 (Sec)	7,78	-
13,24 km S	Cruas - Zone sous les vents (>5 km)	Châteauneuf-du-Rhône	04,75758	44,51324		Aliments liq. Non transformés	Lait de chèvre	Entier	22/04/2022	H-3 lié (Sec)	7,78	-
13,24 km S	Cruas - Zone sous les vents (>5 km)	Châteauneuf-du-Rhône	04,75758	44,51324		Aliments liq. Non transformés	Lait de chèvre	Entier	22/04/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	7,78	-
13,24 km S	Cruas - Zone sous les vents (>5 km)	Châteauneuf-du-Rhône	04,75758	44,51324		Aliments liq. Non transformés	Lait de chèvre	Entier	22/04/2022	H-3 libre (Liquide)	7,78	-

- : absence de traitement. Distance au site calculée en ligne droite entre les coordonnées d'un point de référence du site et celles du point de prélèvement  
 Dans les tableaux terrestres suivants :

Prélèvements hors vents dominants de l'installation
Prélèvements sous les vents dominants de l'installation et à moins de 5 km de l'installation
Prélèvements sous les vents dominants de l'installation et à plus de 5 km de l'installation



**Figure 25 – Localisation générale des stations de prélèvement dans le milieu terrestre et dans le milieu aquatique pour le suivi radioécologique annuel 2022 du CNPE de Cruas-Meysses**



## 7.2.2 Résultats et interprétation

### 7.2.2.1 Radionucléides émetteurs gamma

#### 7.2.2.1.1 Radionucléides émetteurs gamma d'origine naturelle

Les résultats d'analyse par spectrométrie  $\gamma$  des activités en radionucléides d'origine naturelle dans l'environnement terrestre du CNPE de Cruas-Meysses sont présentés dans le Tableau 95 page 185.

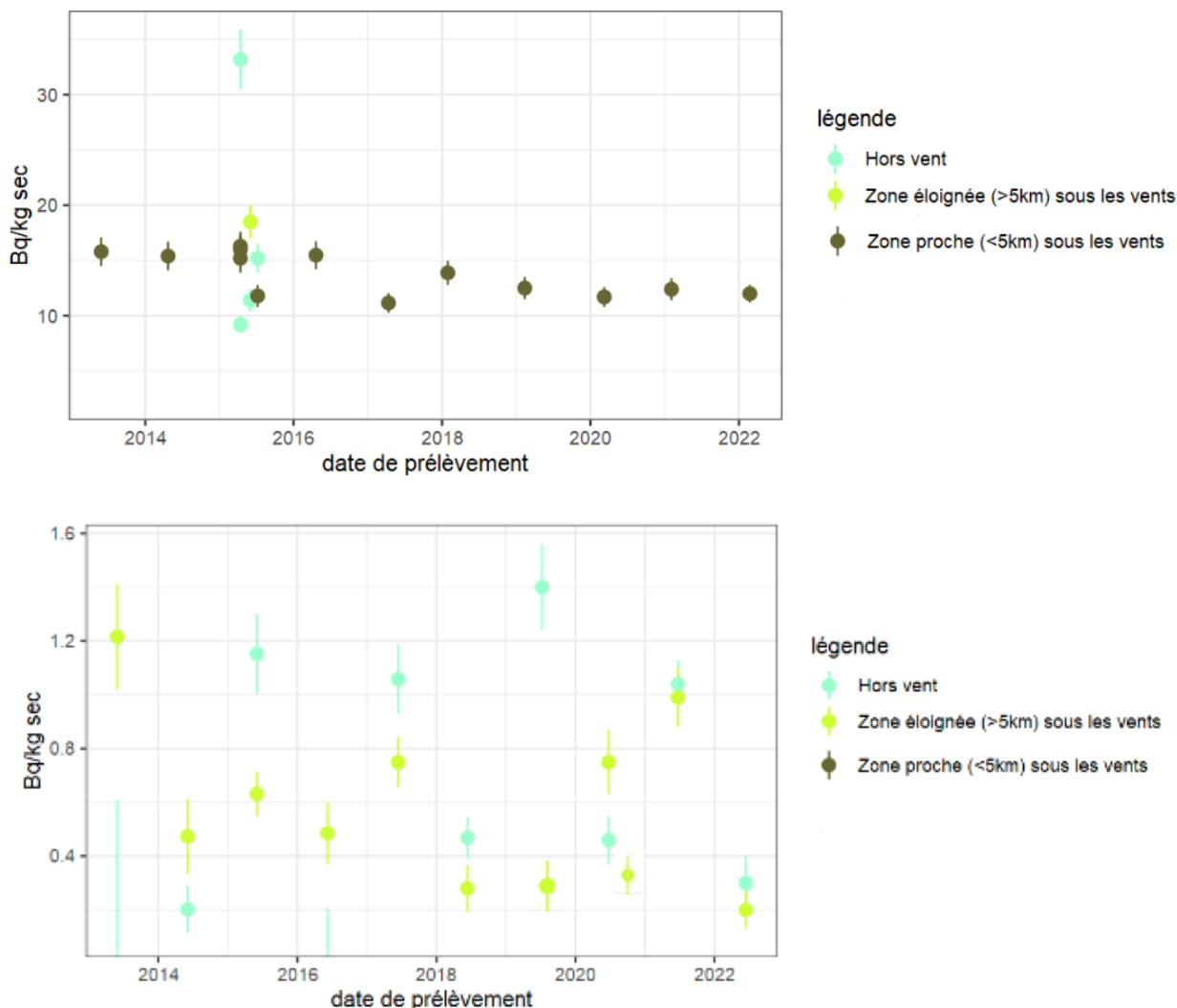
En 2022, la radioactivité d'origine naturelle mesurée dans les matrices terrestres prélevées autour du CNPE de Cruas-Meysses s'inscrit dans la gamme des valeurs habituellement mesurées pour ces matrices [1]. La radioactivité d'origine naturelle présente une composante tellurique prépondérante dans les sols et les végétaux. Elle est principalement due au  $^{40}\text{K}$  et, dans une moindre mesure, aux radionucléides des familles du  $^{232}\text{Th}$  et de  $^{238}\text{U}$ . Dans les sols, les activités massiques en  $^{40}\text{K}$ , en descendants du  $^{232}\text{Th}$  et du  $^{238}\text{U}$  sont similaires aux valeurs observées en France métropolitaine [1, 17, 18]. La seconde composante, d'origine cosmogénique, est due au  $^7\text{Be}$ , présent principalement dans les végétaux dont la surface foliaire est propice à la captation des retombées atmosphériques. Dans le lait de chèvre, le  $^{40}\text{K}$  est toujours proche de  $50 \text{ Bq}\cdot\text{L}^{-1}$ , quels que soient l'année ou le lieu du prélèvement.

Ces résultats de mesure attestent de l'absence de biais dans les étapes de prélèvements, de préparation et de mesure des échantillons.

#### 7.2.2.1.2 Radionucléides émetteurs gamma d'origine artificielle

Les résultats d'analyse par spectrométrie  $\gamma$  des activités en radionucléides d'origine artificielle dans l'environnement terrestre du CNPE de Cruas-Meysses sont présentés dans le Tableau 96 page 186.

Le  $^{137}\text{Cs}$  est le seul radionucléide d'origine artificielle mesuré dans l'ensemble des matrices prélevées. Les autres radionucléides recherchés sont sous les seuils de décision. En 2022, les activités en  $^{137}\text{Cs}$  mesurées dans l'environnement terrestre du CNPE de Cruas-Meysses s'inscrivent dans la gamme des niveaux observés au cours des dix dernières années (Figures ci-dessous). L' $^{131}\text{I}$  mesuré dans les mousses terrestres prélevées à Rochemaure a une activité inférieure au seuil de décision. Ces résultats n'indiquent aucune contribution des rejets du site au marquage de l'environnement terrestre en émetteurs gamma.



**Figure 26 – Variation temporelle des activités en <sup>137</sup>Cs détecté dans les sols de surface (en haut) et les salades (en bas) de 2013 à 2022**

### 7.2.2.2 Radionucléides émetteurs bêta

#### 7.2.2.2.1 Tritium

Les résultats d’analyse des activités en tritium libre et en tritium organiquement lié dans l’environnement terrestre du CNPE de Cruas-Meysses sont présentés respectivement dans le Tableau 97 page 187 et le Tableau 98 page 188.

Les activités en tritium libre et en tritium organiquement lié mesurées dans les deux prélèvements de salades et dans l’herbe sont du même ordre de grandeur que les valeurs attendues dans un environnement non soumis à des rejets industriels (de l’ordre de 1 Bq.L<sup>-1</sup> dans une gamme allant de 0,5 à 2 Bq.L<sup>-1</sup> d’après [1] pour le tritium libre et de 0,34 à 1,7 Bq.L<sup>-1</sup> d’après [1] pour le tritium organiquement

lié). En revanche, les activités en tritium libre et en tritium organiquement lié mesurées dans le lait de chèvre prélevé à Châteauneuf-du-Rhône (respectivement  $3,1 \pm 0,8$  Bq.L<sup>-1</sup> d'ED et  $4,1 \pm 0,7$  Bq.L<sup>-1</sup> d'EC) sont supérieures aux niveaux attendus en milieu terrestre hors influence d'un apport industriel local.

Ces résultats sont liés aux rejets d'effluents atmosphériques tritiés sur l'environnement autour du CNPE de Cruas-Meysse.

#### 7.2.2.2 Carbone 14

Les résultats d'analyse des activités en <sup>14</sup>C dans l'environnement terrestre du CNPE de Cruas-Meysse sont présentés dans le Tableau 99 page 189.

En 2022, les activités en <sup>14</sup>C mesurées dans le lait de chèvre prélevé à Châteauneuf-du-Rhône et les salades prélevées hors et sous les vents dominants sont proche du bruit de fond attendu hors influence d'un apport industriel local ( $222 \pm 7$  Bq.kg<sup>-1</sup> C d'après [1]).

Trois des quatre prélèvements d'herbe de prairie réalisés à Meysse sous les vents dominants dans le cadre de la surveillance trimestrielle du site présentaient en 2021 des activités en <sup>14</sup>C ( $276 \pm 14$  à  $322 \pm 16$  Bq.kg<sup>-1</sup> C) supérieures au bruit de fond attendu hors influence d'un apport industriel local. Ceci démontre l'occurrence d'un marquage par les rejets à l'atmosphère du CNPE.

## 7.3 État radiologique de l'environnement aquatique

### 7.3.1 Stratégie d'échantillonnage

La localisation des stations de prélèvement et la nature des échantillons collectés sont indiquées sur la Figure 25 page 163. Les caractéristiques (dates, stations, natures, etc.) identifiant chaque échantillon sont répertoriées dans le Tableau 84 page 168 et suivantes.

La dispersion des rejets d'effluents dans l'environnement est contrainte par les conditions hydrologiques propres au site. Les rejets d'effluents liquides du CNPE sont réalisés en rive droite du Rhône. Le barrage de Rochemaure (situé à 4,6 km en aval du dispositif de rejet) sépare sur 13 km les eaux du Rhône entre le canal de dérivation de Montélimar et le vieux Rhône. Le rejet emprunterait plus préférentiellement le vieux Rhône à l'ouest que le canal. Les stations et la nature des prélèvements permettent la comparaison avec les résultats des études antérieures. Les stations de référence, en amont du site, sont localisées à Etoile-sur-Rhône (poissons), Saulce-sur-Rhône (sédiments) et Les Tournettes (phanérogames immergées). En aval, les prélèvements de végétaux et de sédiments sont réalisés à Meysse, Rochemaure et Châteauneuf-du-Rhône, les poissons sont collectés à Châteauneuf-du-Rhône, après la confluence entre le canal et le Rhône.

Les eaux de boissons et d'irrigation sont collectées sur la commune de Montélimar. L'eau de boisson, prélevée à la station de Montélimar, provient d'un réseau d'eau potable qui fournit une partie de l'agglomération. La nappe phréatique qui l'alimente est la nappe d'accompagnement du canal de dérivation qui est probablement faiblement soumise à l'influence du CNPE. Les eaux d'irrigation sont prélevées à 7-8 mètres de profondeur dans un forage situé à Montélimar. Ce forage capte vraisemblablement la nappe des alluvions du Rhône de par la présence de marnes bleues sous une dizaine de mètres d'alluvions et de la profondeur de la nappe mesurée (11 mètres en pompage). Il est probable que l'eau d'irrigation captée au forage de Montélimar provienne des coteaux à l'est du fait de

son éloignement par rapport aux rives du Rhône (environ 700 mètres). L'eau d'irrigation captée à Montélimar serait ainsi hors influence des rejets liquides du CNPE.

Les pêches ont été réalisées au filet à grandes mailles par un pêcheur professionnel. Les poissons<sup>5</sup> collectés sont des brèmes de taille moyenne et d'âge proche (plus de 10 ans). Les mesures réalisées sur les poissons ont porté sur les muscles afin d'étudier la fraction susceptible d'être consommée par l'homme et de s'affranchir du contenu du tractus gastro-intestinal.

Tous les échantillons prélevés ont été mesurés par spectrométrie  $\gamma$  à l'exception de l'eau d'irrigation et de l'eau de rivière. L' $^{131}\text{I}$  a été recherché dans les phanérogames immergées prélevées en amont et en aval proche. Le tritium libre, le tritium organiquement lié ainsi que le  $^{14}\text{C}$  ont été mesurés dans les échantillons de phanérogames immergées (excepté pour l'aval lointain) et de poissons. Le tritium libre a également été mesuré dans l'eau de boisson et l'eau d'irrigation. Des mesures en  $^{63}\text{Ni}$  et  $^{55}\text{Fe}$  ont enfin été réalisées dans les phanérogames collectées en amont et en aval proche.

---

<sup>5</sup> Dans le CCTP, il était demandé de prélever des chevesnes ou des barbeaux à l'amont et à l'aval du CNPE de Cruas-Meysses. Aucune de ces deux espèces n'a pu être prélevée faute de ressource. Des brèmes communes ont été pêchées à la place. Cela a fait l'objet d'une fiche d'écart.

**Tableau 84 – Identification des échantillons prélevés dans l'environnement aquatique du CNPE de Cruas-Meyssse lors du suivi radioécologique de 2022**

Situation par rapport au C.N.P.E.	Chronique	Commune	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Commentaire	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
7,67 km SSO	Rhône en aval de Cruas	Montélimar	04,72619	44,56676		Eaux douces	Eau d'irrigation	Entier/pdtfiltr Filtrat < 0.2 µm	14/06/2022	H-3 libre (Liquide)	-	-
7,78 km SSO	Rhône en aval de Cruas	Montélimar	04,71970	44,56738		Eaux boisson	Eau d'adduction publique	Entier/pdtfiltr	09/08/2022	Gamma (Sec)	4294,10	-
7,78 km SSO	Rhône en aval de Cruas	Montélimar	04,71970	44,56738		Eaux boisson	Eau d'adduction publique	Entier/pdtfiltr	09/08/2022	H-3 libre (Liquide)	-	-
4,95 km amont	Rhône en amont de Cruas	Les Tourrettes	04,78664	44,67129	Rive droite	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Entier	07/07/2022	Ni-63 par Sc. Liq. (Cendre)	7,24	6,70
4,95 km amont	Rhône en amont de Cruas	Les Tourrettes	04,78664	44,67129	Rive droite	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Entier	07/07/2022	Gamma (Cendre)	7,24	6,70
4,95 km amont	Rhône en amont de Cruas	Les Tourrettes	04,78664	44,67129	Rive droite	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Entier	07/07/2022	Gamma (Frais)	-	-
4,95 km amont	Rhône en amont de Cruas	Les Tourrettes	04,78664	44,67129	Rive droite	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Entier	07/07/2022	C-14 par MS (spectrométrie de masse) (Sec)	6,34	-
4,95 km amont	Rhône en amont de Cruas	Les Tourrettes	04,78664	44,67129	Rive droite	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Entier	07/07/2022	C élémentaire (Sec)	6,34	-
4,95 km amont	Rhône en amont de Cruas	Les Tourrettes	04,78664	44,67129	Rive droite	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Entier	07/07/2022	Rapport relatif C13/C12 (Sec)	6,34	-
4,95 km amont	Rhône en amont de Cruas	Les Tourrettes	04,78664	44,67129	Rive droite	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Entier	07/07/2022	H-3 lié (Sec)	6,34	-
4,95 km amont	Rhône en amont de Cruas	Les Tourrettes	04,78664	44,67129	Rive droite	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Entier	07/07/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	6,34	-
4,95 km amont	Rhône en amont de Cruas	Les Tourrettes	04,78664	44,67129	Rive droite	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Entier	07/07/2022	H-3 libre (Liquide)	6,34	-
4,95 km amont	Rhône en amont de Cruas	Les Tourrettes	04,78664	44,67129	Rive droite	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Entier	07/07/2022	Fe-55 par SL (Cendre)	7,24	6,70
5,95 km amont	Rhône en amont de Cruas	Saulce-sur-Rhône	04,78553	44,68162	Rive droite	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Entier	24/02/2022	Gamma (Sec)	1,71	-
5,95 km amont	Rhône en amont de Cruas	Saulce-sur-Rhône	04,78553	44,68162	Rive droite	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Entier	24/02/2022	Granulométrie INRA (Sec)	1,71	-

Situation par rapport au C.N.P.E.	Chronique	Commune	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Commentaire	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
5,95 km amont	Rhône en amont de Cruas	Saulce-sur-Rhône	04,78553	44,68162	Rive droite	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Entier	24/02/2022	MO après combustion (Sec)	1,71	-
20,12 km amont	Rhône en amont de Cruas	Étoile-sur-Rhône	04,81030	44,80912	Rive droite	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Entier	25/04/2022	Gamma (Cendre)	4,35	19,62
20,12 km amont	Rhône en amont de Cruas	Étoile-sur-Rhône	04,81030	44,80912	Rive droite	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Entier	25/04/2022	C-14 par SL (Benzène) (Sec)	4,58	-
20,12 km amont	Rhône en amont de Cruas	Étoile-sur-Rhône	04,81030	44,80912	Rive droite	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Entier	25/04/2022	C élémentaire (Sec)	4,58	-
20,12 km amont	Rhône en amont de Cruas	Étoile-sur-Rhône	04,81030	44,80912	Rive droite	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Entier	25/04/2022	Rapport relatif C13/C12 (Sec)	4,58	-
20,12 km amont	Rhône en amont de Cruas	Étoile-sur-Rhône	04,81030	44,80912	Rive droite	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Entier	25/04/2022	H-3 lié (Sec)	4,58	-
20,12 km amont	Rhône en amont de Cruas	Étoile-sur-Rhône	04,81030	44,80912	Rive droite	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Entier	25/04/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	4,58	-
20,12 km amont	Rhône en amont de Cruas	Étoile-sur-Rhône	04,81030	44,80912	Rive droite	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Entier	25/04/2022	H-3 libre (Liquide)	4,58	-
3,21 km aval	Rhône en aval de Cruas	Meyssse	04,73882	44,60630	Rive droite	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Entier	07/07/2022	Ni-63 par Sc. Liq. (Cendre)	7,72	5,98
3,21 km aval	Rhône en aval de Cruas	Meyssse	04,73882	44,60630	Rive droite	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Entier	07/07/2022	Gamma (Frais)	-	-
3,21 km aval	Rhône en aval de Cruas	Meyssse	04,73882	44,60630	Rive droite	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Entier	07/07/2022	Gamma (Cendre)	7,72	5,98
3,21 km aval	Rhône en aval de Cruas	Meyssse	04,73882	44,60630	Rive droite	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Entier	07/07/2022	C-14 par MS (spectrométrie de masse) (Sec)	7,43	-
3,21 km aval	Rhône en aval de Cruas	Meyssse	04,73882	44,60630	Rive droite	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Entier	07/07/2022	C élémentaire (Sec)	7,43	-
3,21 km aval	Rhône en aval de Cruas	Meyssse	04,73882	44,60630	Rive droite	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Entier	07/07/2022	Rapport relatif C13/C12 (Sec)	7,43	-
3,21 km aval	Rhône en aval de Cruas	Meyssse	04,73882	44,60630	Rive droite	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Entier	07/07/2022	H-3 lié (Sec)	7,43	-
3,21 km aval	Rhône en aval de Cruas	Meyssse	04,73882	44,60630	Rive droite	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Entier	07/07/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	7,43	-
3,21 km aval	Rhône en aval de Cruas	Meyssse	04,73882	44,60630	Rive droite	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Entier	07/07/2022	H-3 libre (Liquide)	7,43	-
3,21 km aval	Rhône en aval de Cruas	Meyssse	04,73882	44,60630	Rive droite	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Entier	07/07/2022	Fe-55 par SL (Cendre)	7,72	5,98

Situation par rapport au C.N.P.E.	Chronique	Commune	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Commentaire	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
4,72 km aval	Rhône en aval de Cruas	Rochemaure	04,72843	44,59484	Rive droite	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Entier	24/02/2022	Gamma (Sec)	1,64	-
4,72 km aval	Rhône en aval de Cruas	Rochemaure	04,72843	44,59484	Rive droite	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Entier	24/02/2022	Granulométrie INRA (Sec)	1,64	-
4,72 km aval	Rhône en aval de Cruas	Rochemaure	04,72843	44,59484	Rive droite	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Entier	24/02/2022	MO après combustion (Sec)	1,64	-
14,69 km aval	Rhône en aval de Cruas	Châteauneuf-du-Rhône	04,71256	44,50396	Rive droite	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Entier	24/02/2022	Gamma (Sec)	1,83	-
14,69 km aval	Rhône en aval de Cruas	Châteauneuf-du-Rhône	04,71256	44,50396	Rive droite	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Entier	24/02/2022	Granulométrie INRA (Sec)	1,83	-
14,69 km aval	Rhône en aval de Cruas	Châteauneuf-du-Rhône	04,71256	44,50396	Rive droite	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Entier	24/02/2022	MO après combustion (Sec)	1,83	-
15,7 km aval	Rhône en aval de Cruas	Châteauneuf-du-Rhône	04,70315	44,49632	Rive droite	Phanérogames immergées	Potamogeton pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Parties aériennes	07/07/2022	Gamma (Cendre)	6,62	6,34
16,67 km aval	Rhône en aval de Cruas	Châteauneuf-du-Rhône	04,69296	44,48934	Rives droite et gauche	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Entier	21/04/2022	Gamma (Cendre)	4,23	20,20
16,67 km aval	Rhône en aval de Cruas	Châteauneuf-du-Rhône	04,69296	44,48934	Rives droite et gauche	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Entier	21/04/2022	C-14 par SL (Benzène) (Sec)	4,48	-
16,67 km aval	Rhône en aval de Cruas	Châteauneuf-du-Rhône	04,69296	44,48934	Rives droite et gauche	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Entier	21/04/2022	C élémentaire (Sec)	4,48	-
16,67 km aval	Rhône en aval de Cruas	Châteauneuf-du-Rhône	04,69296	44,48934	Rives droite et gauche	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Entier	21/04/2022	Rapport relatif C13/C12 (Sec)	4,48	-
16,67 km aval	Rhône en aval de Cruas	Châteauneuf-du-Rhône	04,69296	44,48934	Rives droite et gauche	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Entier	21/04/2022	H-3 lié (Sec)	4,48	-
16,67 km aval	Rhône en aval de Cruas	Châteauneuf-du-Rhône	04,69296	44,48934	Rives droite et gauche	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Entier	21/04/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	4,48	-
16,67 km aval	Rhône en aval de Cruas	Châteauneuf-du-Rhône	04,69296	44,48934	Rives droite et gauche	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Entier	21/04/2022	H-3 libre (Liquide)	4,48	-

- : absence de traitement. Distance au site calculée en ligne droite entre les coordonnées d'un point de référence du site et celles du point de prélèvement

Dans les tableaux aquatiques suivants :

Prélèvements en amont du dispositif de rejets des effluents liquides
Prélèvements en aval du dispositif de rejets des effluents liquides
Prélèvements d'eau en aval du dispositif de rejets des effluents liquides

## 7.3.2 Résultats et interprétation

### 7.3.2.1 Radionucléides émetteurs gamma

#### 7.3.2.1.1 Radionucléides émetteurs gamma d'origine naturelle

Les résultats d'analyse par spectrométrie  $\gamma$  des activités en radionucléides d'origine naturelle dans l'environnement aquatique du CNPE de Cruas-Meysses sont présentés dans le Tableau 101 page 191.

En 2022, la radioactivité d'origine naturelle mesurée dans les sédiments, les végétaux, les poissons et l'eau de boisson est qualitativement et quantitativement cohérente avec les valeurs généralement observées dans ces matrices [1]. La radioactivité est essentiellement liée à la présence du  $^{40}\text{K}$  dans l'ensemble des matrices échantillonnées. Les activités en  $^{40}\text{K}$  dans les poissons sont celles attendues pour ces animaux dont la teneur en potassium est physiologiquement régulée (activité massique toujours proche de  $100 \text{ Bq.kg}^{-1}$  frais). Les éléments des familles de  $^{238}\text{U}$  et du  $^{232}\text{Th}$  sont détectés dans les sédiments, les végétaux et l'eau de boisson. Le  $^7\text{Be}$  est détecté dans tous les échantillons prélevés excepté les poissons.

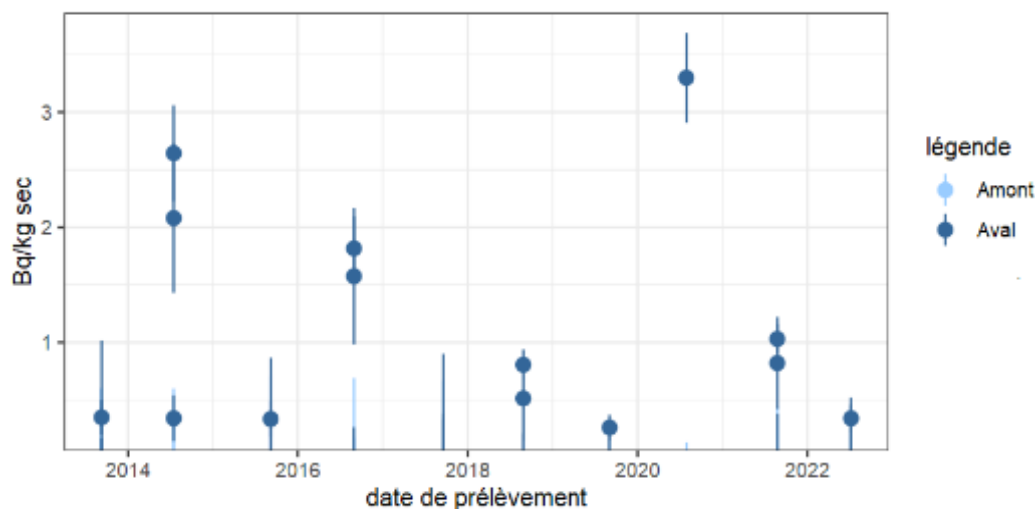
Ces résultats de mesure attestent de l'absence de biais dans les étapes de prélèvements, de préparation et de mesure des échantillons.

#### 7.3.2.1.2 Radionucléides émetteurs gamma d'origine artificielle

Les résultats d'analyse par spectrométrie  $\gamma$  des activités en radionucléides d'origine artificielle dans l'environnement aquatique du CNPE de Cruas-Meysses sont présentés dans le Tableau 102 page 192.

Le  $^{137}\text{Cs}$  est présent dans tous les compartiments de l'écosystème aquatique excepté l'eau de boisson prélevée à Montélimar et les phanérogames prélevées à Meysses. En 2022, les activités en  $^{137}\text{Cs}$  mesurées dans l'environnement aquatique du CNPE de Cruas-Meysses sont dans la gamme des niveaux observés au cours des dix dernières années (Tableau 91 page 181 au Tableau 93 page 183) et il n'existe aucune différence significative entre les niveaux d'activité mesurés à l'amont et à l'aval du CNPE dans les sédiments, les phanérogames et les poissons. Du  $^{58}\text{Co}$  et du  $^{60}\text{Co}$  ont été mesurés respectivement dans les phanérogames immergées prélevées à Meysses et dans les sédiments collectés à Rochemaure, en aval du site. Ces détections témoignent de l'influence des rejets liquides autorisés du CNPE de Cruas-Meysses comme observé ces dernières années pour les radiocobalts (Figure 27 page 172). L' $^{131}\text{I}$  est détecté dans les échantillons de phanérogames immergées prélevés en amont et en aval immédiat du CNPE, sans différence significative dans les niveaux d'activité mesurés. Sa présence est très probablement liée aux activités médicales qui utilisent ce radionucléide, toutefois la contribution des rejets liquides du CNPE de Cruas-Meysses ne peut être écartée.





**Figure 27 – Variation temporelle des activités en  $^{58}\text{Co}$  détecté par spectrométrie  $\gamma$  dans les phanérogames immergées collectées dans l'environnement aquatique du CNPE de Cruas-Meyssse de 2013 à 2022**

### 7.3.2.2 Radionucléides émetteurs bêta

#### 7.3.2.2.1 Tritium

Les résultats d'analyse des activités en tritium libre et en tritium organiquement lié dans l'environnement aquatique du CNPE de Cruas-Meyssse sont présentés dans le Tableau 103 page 193 et le Tableau 104 page 194.

Les activités en tritium libre mesurées dans l'ensemble des échantillons prélevés sont du même ordre de grandeur que les valeurs attendues dans un environnement non soumis à des rejets industriels (de l'ordre de  $1 \text{ Bq.L}^{-1}$  dans une gamme allant de  $0,5$  à  $2 \text{ Bq.L}^{-1}$  d'après [1]) à l'exception de l'eau de boisson prélevée à Montélimar ( $4,4 \pm 1,2 \text{ Bq.L}^{-1}$  ED) et des poissons dont les activités en amont ( $7,5 \pm 1,2 \text{ Bq.L}^{-1}$  ED) et en aval du CNPE de Cruas-Meyssse ( $9,6 \pm 1,4 \text{ Bq.L}^{-1}$  ED) sont proches compte tenu des incertitudes de mesure.

Les activités en tritium organiquement lié mesurées dans les deux prélèvements de phanérogames immergées sont supérieures au niveau attendu hors influence de rejets liquides (de l'ordre de  $1 \text{ Bq.L}^{-1}$  dans une gamme allant de  $0,5$  à  $2 \text{ Bq.L}^{-1}$  d'après [1]) avec des activités qui sont du même ordre de grandeur entre l'amont ( $4,6 \pm 0,9 \text{ Bq.L}^{-1}$  EC) et l'aval ( $4,3 \pm 0,9 \text{ Bq.L}^{-1}$  EC) du CNPE de Cruas-Meyssse. Les poissons présentent également des activités en tritium organiquement lié supérieures au niveau attendu hors influence de rejets liquides avec une activité plus élevée en aval ( $11,7 \pm 1,1 \text{ Bq.L}^{-1}$  EC) qu'en amont ( $4,6 \pm 0,9 \text{ Bq.L}^{-1}$  EC) du site.

Ces marquages sont consécutifs aux rejets d'effluents liquides du CNPE de Cruas-Meyssse qui s'ajoutent à ceux réalisés par les CNPE situés en amont. Les valeurs élevées en tritium organiquement lié mesurées dans les phanérogames trouvent également leur origine dans les rejets liés à l'industrie horlogère implantée par le passé dans le Haut-Rhône.

#### 7.3.2.2.2 Carbone 14

Les résultats d'analyse des activités en  $^{14}\text{C}$  dans l'environnement aquatique du CNPE de Cruas-Meyssse sont présentés dans le Tableau 105 page 195.

Les activités en  $^{14}\text{C}$  mesurées dans les phanérogames immergées et les poissons sont supérieures au bruit de fond radiologique en milieu aquatique sur le territoire français hors influence industrielle (inférieure à  $220 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ C}$  d'après [1]) avec des activités plus élevées en aval (respectivement  $264 \pm 13 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ de C}$  et  $837 \pm 47 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ de C}$ ) qu'en amont du CNPE de Cruas-Meysses (respectivement  $229,4 \pm 2,6 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ de C}$  et  $370,3 \pm 4 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ de C}$ ).

Un marquage par les rejets liquides du CNPE de Cruas-Meysses ainsi que par ceux des CNPE situés en amont (Le Bugey et Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil) est mis en évidence.

#### 7.3.2.2.3 Nickel-63 et Fer-55

Les résultats d'analyse des activités en  $^{63}\text{Ni}$  et  $^{55}\text{Fe}$  sont respectivement présentés dans le Tableau 106 page 196 et le Tableau 107 page 196.

Le  $^{63}\text{Ni}$  est mesuré dans les deux échantillons de phanérogames immergées avec une activité du même ordre de grandeur entre l'amont et l'aval (respectivement  $0,3 \pm 0,06 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$  et  $0,26 \pm 0,06 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$ ). Les résultats obtenus pour le  $^{63}\text{Ni}$ , encore peu nombreux, ne permettent pas de définir la variabilité des activités dans les différentes matrices prélevées et, le cas échéant, de se prononcer sur un éventuel marquage par les rejets d'effluents du site.

L'activité en  $^{55}\text{Fe}$  mesurée dans les phanérogames immergées prélevées en amont et en aval du site est inférieure au seuil de décision. La technique de mesure du  $^{55}\text{Fe}$  fournit pour ces échantillons des limites de détection trop élevées pour affiner le diagnostic.

## 7.4 Conclusion de l'état radiologique de l'environnement du CNPE de Cruas-Meyssse

En 2022, la radioactivité d'origine naturelle mesurée dans les échantillons des milieux terrestre et aquatique reste qualitativement et quantitativement équivalente à celle observée avant la mise en service industrielle du CNPE. Le  $^{40}\text{K}$  est le radionucléide d'origine naturelle prépondérant dans tous les échantillons.

La radioactivité gamma d'origine artificielle du milieu terrestre et du milieu aquatique est exclusivement imputable au  $^{137}\text{Cs}$ . La présence de ce radionucléide artificiel dans l'environnement est essentiellement liée aux retombées des essais nucléaires et de Tchernobyl.

Dans le domaine terrestre, les activités en tritium libre et en tritium organiquement lié mesurées dans l'herbe et les salades ne mettent pas en évidence de contribution des rejets d'effluents atmosphériques du site de Cruas-Meyssse. Il en est de même pour le  $^{14}\text{C}$  mesuré dans les salades et le lait de chèvre. En revanche, les activités en tritium libre et en tritium organiquement lié mesurées dans le lait de chèvre attestent d'un marquage imputable aux rejets à l'atmosphère du site de Cruas-Meyssse.

Dans l'environnement aquatique, les activités en  $^{131}\text{I}$  mesurées dans les phanérogames prélevées en amont et en aval du site sont caractéristiques d'un marquage par des rejets récents. Les valeurs amont et aval étant du même ordre de grandeur compte tenu des incertitudes liées à la mesure, il semble que l'origine de ce marquage soit imputable aux rejets hospitaliers en amont du site, toutefois la contribution des rejets liquides du CNPE de Cruas-Meyssse ne peut être écartée. L'activité en tritium libre mesurée en aval du site dans l'eau de boisson et dans les poissons ainsi que les activités mesurées en tritium organiquement lié dans les phanérogames et dans les poissons et en  $^{14}\text{C}$  mesurées dans l'ensemble des échantillons prélevés témoignent du marquage du milieu aquatique par les rejets d'effluents liquides du CNPE de Cruas-Meyssse. Ce marquage est également mis en évidence par la détection de  $^{58}\text{Co}$  et de  $^{60}\text{Co}$  uniquement en aval du site respectivement dans les phanérogames et les sédiments. Les activités en tritium libre dans les poissons, en tritium organiquement lié dans les phanérogames et les poissons et en  $^{14}\text{C}$  mesurées dans l'ensemble des échantillons prélevés en amont du site sont supérieures aux activités mesurées hors influence et mettent ainsi en évidence un marquage déjà existant en amont du site imputable aux rejets d'effluents liquides des installations situées en amont de Cruas-Meyssse ainsi qu'aux rejets liés à l'industrie horlogère implantée par le passé dans le Haut-Rhône. Enfin, la connaissance des niveaux de référence en  $^{63}\text{Ni}$  en milieu aquatique ne permet pas de se prononcer quant à l'origine du marquage de l'environnement aquatique du site.

## 7.5 Tableaux de résultats

**Tableau 85 – Activités en radionucléides émetteurs  $\gamma$  des échantillons de sols collectés dans l'environnement terrestre du site de Cruas-Meyse lors des études radioécologiques de 2013 à 2022**

Année	2013	2014	2015		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
Fraction	Diamètre inférieur à 2 mm	Diamètre inférieur à 2 mm	Diamètre inférieur à 2 mm		Diamètre inférieur à 2 mm	Diamètre inférieur à 2 mm	Diamètre inférieur à 2 mm	Diamètre inférieur à 2 mm	Diamètre inférieur à 2 mm	Diamètre inférieur à 2 mm	Diamètre inférieur à 2 mm	
Chronique	Cruas - zone sous les vents (<5 km)	Cruas - zone sous les vents (<5 km)	Cruas - zone hors vents dominants (>5 km)	Cruas - zone sous les vents (>5 km)	Cruas - zone sous les vents (<5 km)	Cruas - zone sous les vents (<5 km)	Cruas - zone sous les vents (<5 km)	Cruas - zone sous les vents (<5 km)	Cruas - zone sous les vents (<5 km)	Cruas - zone sous les vents (<5 km)	Cruas - zone sous les vents (<5 km)	
<b>Emetteurs gamma d'origine artificielle (Bq.kg<sup>-1</sup> sec)</b>												
<sup>134</sup> Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<sup>137</sup> Cs	15,8 (1/1)	15,4 (1/1)	11,4-33,2 (3/3)	18,5 (1/1)	11,8-15,2 (2/2)	15,5 (1/1)	11,16 (1/1)	13,9 (1/1)	12,5 (1/1)	11,7 (1/1)	12,4 (1/1)	12 (1/1)
<sup>58</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<sup>60</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<sup>110m</sup> Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<sup>54</sup> Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<sup>124</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<sup>125</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<sup>131</sup> I	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
<b>Emetteurs beta (<sup>3</sup>H libre : Bq.L<sup>-1</sup> d'eau de dessiccation, <sup>3</sup>H lié : Bq.L<sup>-1</sup> d'eau de combustion, <sup>14</sup>C : Bq.kg<sup>-1</sup> C, autres : Bq.kg<sup>-1</sup> sec)</b>												
<sup>90</sup> Sr	n.a.	n.a.	3,56 (1/1)	n.a.	0,74 (1/1)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

n.a. : non analysé ; - : inférieur au seuil de décision

**Tableau 86 – Activités en radionucléides émetteurs  $\gamma$  des échantillons de mousses collectés dans l’environnement terrestre du site de Cruas-Meyse lors des études radioécologiques de 2013 à 2022**

Année	2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022	
Fraction	Entier		Entier		Entier		Entier		Entier		Entier		Parties aériennes		Parties aériennes		Parties aériennes		Parties aériennes	
Chronique	Cruas - zone hors vents dominants (>5 km)	Cruas - zone sous les vents (>5 km)	Cruas - zone hors vents dominants (>5 km)	Cruas - zone sous les vents (>5 km)	Cruas - zone hors vents dominants (>5 km)	Cruas - zone sous les vents (>5 km)	Cruas - zone hors vents dominants (>5 km)	Cruas - zone sous les vents (>5 km)	Cruas - zone hors vents dominants (>5 km)	Cruas - zone sous les vents (>5 km)	Cruas - zone hors vents dominants (>5 km)	Cruas - zone sous les vents (>5 km)	Cruas - zone hors vents dominants (>5 km)	Cruas - zone sous les vents (>5 km)	Cruas - zone hors vents dominants (>5 km)	Cruas - zone sous les vents (>5 km)	Cruas - zone hors vents dominants (>5 km)	Cruas - zone sous les vents (>5 km)	Cruas - zone hors vents dominants (>5 km)	Cruas - zone sous les vents (>5 km)
<b>Emetteurs gamma d’origine artificielle (Bq.kg<sup>-1</sup> sec)</b>																				
<sup>134</sup> Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>137</sup> Cs	2,04 (1/1)	6,98 (1/1)	14,7 (1/1)	3,83 (1/1)	19,3 (1/1)	8,22 (1/1)	15,6 (1/1)	12,9 (1/1)	4,71 (1/1)	3,56 (1/1)	2,84 (1/1)	2,00 (1/1)	6,44 (1/1)	4,60 (1/1)	9,90 (1/1)					
<sup>58</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>60</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>110m</sup> Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>54</sup> Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>124</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>125</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>131</sup> I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

- : inférieur au seuil de décision.

**Tableau 87 – Activités en radionucléides émetteurs  $\gamma$  et  $\beta$  des échantillons de salades collectés dans l'environnement terrestre du site de Cruas-Meysses lors des études radioécologiques de 2013 à 2022**

Année	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022									
Fraction	Feuilles	Feuilles	Feuilles	Feuilles	Feuilles	Feuilles	Parties aériennes	Parties aériennes	Parties aériennes	Parties aériennes									
<b>Emetteurs gamma d'origine artificielle (Bq.kg<sup>-1</sup> sec)</b>																			
<sup>134</sup> Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-									
<sup>137</sup> Cs	1,22 (1/1)	0,202 (1/1)	0,47 (1/1)	1,15 (1/1)	0,631 (1/1)	-	0,49 (1/1)	1,06 (1/1)	0,749 (1/1)	0,469 (1/1)	0,280 (1/1)	1,40 (1/1)	0,280 (1/1)	0,460 (1/1)	0,75 (1/1)	1,040 (1/1)	0,99 (1/1)	0,3 (1/1)	0,2 (1/1)
<sup>58</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>60</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>110m</sup> Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>54</sup> Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>124</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>125</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>131</sup> I	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
<b>Emetteurs beta (<sup>3</sup>H libre : Bq.L<sup>-1</sup> d'eau de dessiccation, <sup>3</sup>H lié : Bq.L<sup>-1</sup> d'eau de combustion, <sup>14</sup>C : Bq.kg<sup>-1</sup> C)</b>																			
<sup>3</sup> H libre	n.a.	n.a.	n.a.	1,30 (1/1)	1,30 (1/1)	n.a.	2,00 (1/1)	-	0,81 (1/1)	1,41 (1/1)	1,43 (1/1)	0,80 (1/1)	-	-	1,20 (1/1)	-	-	1,2 (1/1)	1,1 (1/1)
<sup>3</sup> H lié	n.a.	n.a.	n.a.	1,70 (1/1)	1,50 (1/1)	n.a.	1,30 (1/1)	-	0,92 (1/1)	1,9 (1/1)	1,47 (1/1)	1,60 (1/1)	2,20 (1/1)	-	1,5 (1/1)	1,10 (1/1)	1,20 (1/1)	1,4 (1/1)	2,2 (1/1)
<sup>14</sup> C	n.a.	n.a.	n.a.	227,3 (1/1)	234,1 (1/1)	226 (1/1)	227 (1/1)	227 (1/1)	229 (1/1)	227 (1/1)	247 (1/1)	229 (1/1)	233 (1/1)	227 (1/1)	231 (1/1)	227 (1/1)	234 (1/1)	230 (1/1)	234 (1/1)

n.a. : non analysé. - : inférieur au seuil de décision.

**Tableau 88 – Activités en radionucléides émetteurs  $\gamma$  et  $\beta$  des échantillons d'herbe collectés dans l'environnement terrestre du site de Cruas-Meysses lors des études radioécologiques de 2013 à 2022**

Année	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
Fraction	Parties aériennes	Parties aériennes	Parties aériennes	Parties aériennes	Parties aériennes	Parties aériennes	Parties aériennes	Parties aériennes	Parties aériennes	Parties aériennes	
Chronique	Cruas - zone sous les vents (<5 km)	Cruas - zone sous les vents (<5 km)	Cruas - zone hors vents dominants (>5 km)	Cruas - zone sous les vents (<5 km)	Cruas - zone sous les vents (<5 km)	Cruas - zone sous les vents (<5 km)	Cruas - zone sous les vents (<5 km)	Cruas - zone sous les vents (<5 km)	Cruas - zone sous les vents (<5 km)	Cruas - zone sous les vents (<5 km)	
<b>Emetteurs gamma d'origine artificielle (Bq.kg<sup>-1</sup> sec)</b>											
<sup>134</sup> Cs	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-	
<sup>137</sup> Cs	0,088 (1/1)	0,197 (1/1)	0,429 (1/2)	0,094 (1/2)	0,100 (1/1)	0,198 (1/1)	0,223 (1/1)	0,149 (1/1)	n.a.	0,091 (1/1)	0,169 (1/1)
<sup>58</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-
<sup>60</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-
<sup>110m</sup> Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-
<sup>54</sup> Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-
<sup>124</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-
<sup>125</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-
<sup>131</sup> I	n.a.	n.a.	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
<b>Emetteurs beta (<sup>3</sup>H libre : Bq.L<sup>-1</sup> d'eau de dessiccation, <sup>3</sup>H lié : Bq.L<sup>-1</sup> d'eau de combustion, <sup>14</sup>C : Bq.kg<sup>-1</sup> C)</b>											
<sup>3</sup> H libre	n.a.	n.a.	n.a.	2,60 (1/1)	6,40 (1/1)	2,58 (1/1)	3,24 (1/1)	1,00 (1/1)	1,10 (1/1)	2,8 (1/1)	1,4 (1/1)
<sup>3</sup> H lié	n.a.	n.a.	n.a.	2,20 (1/1)	3,00 (1/1)	1,45 (1/1)	1,97 (1/1)	2,00 (1/1)	1,30 (1/1)	2,3 (1/1)	279-310 (« /3)
<sup>14</sup> C	247,8 (1/1)	244,1 (1/1)	n.a.	224-336 (5/5)	230-240,3 (4/4)	236,1-295 (3/3)	229-311 (4/4)	269-283 (2/2)	257-319 (4/4)	228-322 (4/4)	En cours

n.a. : non analysé. - : inférieur au seuil de décision.

**Tableau 89 – Activités en radionucléides émetteurs  $\gamma$  et  $\beta$  des échantillons de lait collectés dans l'environnement terrestre du site de Cruas-Meysses lors des études radioécologiques de 2013 à 2022**

Année	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Fraction	Entier	Entier	Entier	Entier	Entier	Entier	Entier	Entier	Entier	Entier
Chronique	Cruas - zone sous les vents (>5 km)	Cruas - zone sous les vents (>5 km)	Cruas - zone sous les vents (>5 km)	Cruas - zone sous les vents dominants (>5 km)	Cruas - zone sous les vents (>5 km)	Cruas - zone sous les vents dominants (>5 km)	Cruas - zone sous les vents (>5 km)	Cruas - zone sous les vents (>5 km)	Cruas - zone sous les vents (>5 km)	Cruas - zone sous les vents (>5 km)
<b>Emetteurs gamma d'origine artificielle (Bq.L<sup>-1</sup>)</b>										
<sup>134</sup> Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>137</sup> Cs	0,0151 (1/1)	0,0155 (1/1)	0,0101 (1/1)	0,0148 (1/1)	0,0245 (1/1)	0,0369 (1/1)	0,0303 (1/1)	0,0197 (1/1)	0,0361 (1/1)	0,064 (1/1)
<sup>58</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>60</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>110m</sup> Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>54</sup> Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>124</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>125</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>131</sup> I	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
<b>Emetteurs beta (<sup>3</sup>H libre : Bq.L<sup>-1</sup> d'eau de dessiccation, <sup>3</sup>H lié : Bq.L<sup>-1</sup> d'eau de combustion, <sup>14</sup>C : Bq.kg<sup>-1</sup> C)</b>										
<sup>3</sup> H libre	3,40 (1/1)	0,70 (1/1)	0,90 (1/1)	1,50 (1/1)	1,80 (1/1)	3,94 (1/1)	2,00 (1/1)	2,20 (1/1)	2,90 (1/1)	3,1 (1/1)
<sup>3</sup> H lié	2,60 (1/1)	2,00 (1/1)	1,60 (1/1)	2,60 (1/1)	1,40 (1/1)	3,20 (1/1)	1,10 (1/1)	n.a.	2,2 (1/1)	4,1 (1/1)
<sup>14</sup> C	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	225 (1/1)	232 (1/1)	228 (1/1)	229 (1/1)	230 (1/1)	226 (1/1)

n.a. : non analysé. - : inférieur au seuil de décision.



**Tableau 90 – Activités en radionucléides émetteurs  $\gamma$  et  $\beta$  des échantillons d'eau (boisson, irrigation, cours d'eau) collectés dans l'environnement du site de Cruas-Meysses lors des études radioécologiques de 2013 à 2022**

Année	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
Fraction	Filtrat à 0,2 $\mu\text{m}$	Filtrat à 0,2 $\mu\text{m}$	Filtrat à 0,2 $\mu\text{m}$	Filtrat à 0,2 $\mu\text{m}$	Filtrat à 0,2 $\mu\text{m}$	Filtrat à 0,2 $\mu\text{m}$	Filtrat à 0,2 $\mu\text{m}$	Filtrat à 0,2 $\mu\text{m}$	Filtrat à 0,2 $\mu\text{m}$	Filtrat à 0,2 $\mu\text{m}$	
Chronique	Rhône en aval de Cruas	Rhône en aval de Cruas	Rhône en amont de Cruas	Rhône en aval de Cruas	Rhône en aval de Cruas	Rhône en aval de Cruas	Rhône en aval de Cruas	Rhône en aval de Cruas	Rhône en aval de Cruas	Rhône en aval de Cruas	
<b>Emetteurs beta (<math>^3\text{H}</math> libre : Bq.L<sup>-1</sup> d'eau de dessiccation)</b>											
$^3\text{H}$ libre	2,80 (1/1)	4,50 (1/1)	3,90 (1/2)	2,40-4,2 (2/3)	2,40 (1/1)	4,38 (1/1)	0,90-7,41 (2/2)	0,80-4,50 (3/3)	4,70 (1/1)	0,80-2,50 (2/2)	1,1-4,4 (2/2)

n.a. : non analysé ; - : inférieur au seuil de décision.

**Tableau 91 – Activités en radionucléides émetteurs γ des échantillons de sédiments collectés dans l’environnement aquatique du site de Cruas-Meyse lors des études radioécologiques de 2013 à 2022**

Année	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022										
Fraction	Diamètre inférieur à 2 mm		Diamètre inférieur à 2 mm		Diamètre inférieur à 2 mm		Diamètre inférieur à 2 mm		Diamètre inférieur à 2 mm											
Chronique	Rhône en amont de Cruas	Rhône en aval de Cruas	Rhône en amont de Cruas	Rhône en aval de Cruas	Rhône en amont de Cruas	Rhône en aval de Cruas	Rhône en amont de Cruas	Rhône en aval de Cruas	Rhône en amont de Cruas	Rhône en aval de Cruas										
<b>Emetteurs gamma d’origine artificielle (Bq.kg<sup>-1</sup> sec)</b>																				
<sup>134</sup> Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-										
<sup>137</sup> Cs	8,00 (1/1)	4,70-7,40 (2/2)	10,8 (1/1)	6,50-7,90 (2/2)	7,40 (1/1)	3,70-9,10 (2/2)	5,50 (1/1)	4,10-6,80 (2/2)	5,51 (1/1)	2,64-4,26 (2/2)	4,03 (1/1)	3,51-4,74 (2/2)	3,63 (1/1)	2,37-3,93 (2/2)	4,26 (1/1)	3,05 (1/1)	3,27 (1/1)	2,77-4,35 (2/2)	3,55 (1/1)	2,83-3,76 (2/2)
<sup>58</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-										
<sup>60</sup> Co	-	-	-	-	-	0,25 (1/2)	-	0,30 (1/2)	-	-	-	-	-	0,160 (1/2)	-	0,44 (1/1)	-	-	-	0,27 (1/2)
<sup>110m</sup> Ag	0,31 (1/1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>54</sup> Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>124</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>125</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>131</sup> I	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
<b>Emetteurs beta (<sup>3</sup>H libre : Bq.L<sup>-1</sup> d’eau de dessiccation, <sup>3</sup>H lié : Bq.L<sup>-1</sup> d’eau de combustion, <sup>14</sup>C : Bq.kg<sup>-1</sup> C, autres : Bq.kg<sup>-1</sup> sec)</b>																				
<sup>3</sup> H libre	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	6,70 (1/1)	9,90 (1/1)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
<sup>3</sup> H lié	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	80 (1/1)	40 (1/1)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	19 (1/1)	40 (1/1)	n.a.	n.a.
<sup>14</sup> C	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	223,1 (1/1)	363,3 (1/1)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	164,7 (1/1)	231,2 (1/1)	n.a.	n.a.
<sup>63</sup> Ni	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,22 (1/1)	-	n.a.	n.a.

n.a. : non analysé ; - : inférieur au seuil de décision.

**Tableau 92 – Activités en radionucléides émetteurs  $\gamma$  et  $\beta$  des échantillons de végétaux (phanérogames immergées) collectés dans l'environnement aquatique du site de Cruas-Meysses lors des études radioécologiques de 2013 à 2022**

Année	2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022	
Fraction	Entier		Parties aériennes		Entier		Parties aériennes		Parties aériennes		Parties aériennes		Parties aériennes		Parties aériennes		Parties aériennes		Parties aériennes	
Chronique	Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval
<b>Emetteurs gamma d'origine artificielle (Bq.kg<sup>-1</sup> sec)</b>																				
<sup>134</sup> Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>137</sup> Cs	0,81-1,20 (2/2)	0,261-0,85 (2/3)	0,92-1,33 (2/2)	0,83-1,11 (3/3)	1,97-2,49 (2/2)	0,334-0,55 (2/3)	0,519 (1/2)	0,45-1,18 (3/3)	1,04-2,84 (2/2)	2,06-3,36 (3/3)	0,529-2,19 (2/2)	0,106-0,372 (2/3)	0,400-0,69 (2/2)	0,076-0,136 (2/3)	0,207 (1/1)	0,079 (1/1)	0,268 (1/2)	0,180-0,58 (2/3)	0,133 (1/2)	0,152 (1/3)
<sup>57</sup> Co	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,059 (1/1)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
<sup>58</sup> Co	-	0,35 (1/2)	-	0,34-2,64 (3/3)	-	0,33 (1/2)	-	1,57-1,82 (2/3)	-	-	-	0,51-0,81 (2/3)	-	0,26 (1/2)	-	3,30 (1/1)	-	0,82-1,03 (2/3)	-	0,34 (1/3)
<sup>60</sup> Co	-	-	-	0,69 (1/2)	-	0,18 (1/2)	-	-	-	0,33 (1/2)	-	0,197 (1/2)	-	-	-	1,55 (1/1)	-	0,220 (1/2)	-	-
<sup>110m</sup> Ag	-	-	-	-	-	-	-	0,22 (1/2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>54</sup> Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,120 (1/1)	-	-	-	-
<sup>124</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>125</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>131</sup> I	6,1 (1/1)	-	4,06 (1/1)	3,06 (1/1)	7,3 (1/1)	3,33 (1/1)	3,07 (1/1)	2,98 (1/1)	9,0 (1/1)	6,0 (1/1)	4,77 (1/1)	0,97 (1/1)	2,26 (1/1)	0,80 (1/1)	n.a.	n.a.	1,16 (1/1)	1,20 (1/1)	2,03 (1/1)	1,34 (1/1)
<b>Emetteurs beta (<sup>3</sup>H libre : Bq.L<sup>-1</sup> d'eau de dessiccation, <sup>3</sup>H lié : Bq.L<sup>-1</sup> d'eau de combustion, <sup>14</sup>C : Bq.kg<sup>-1</sup> C, autres : Bq.kg<sup>-1</sup> sec)</b>																				
<sup>3</sup> H libre	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	5,40 (1/1)	5,60 (1/1)	2,00 (1/1)	2,30 (1/1)	4,15 (1/1)	14,7 (1/1)	3,80 (1/1)	10,41 (1/1)	2,50 (1/1)	4,20 (1/1)	1,90 (1/1)	6,40 (1/1)	12,0 (1/1)	20,9 (1/1)	1,4 (1/1)	1,7 (1/1)
<sup>3</sup> H lié	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	7,00 (1/1)	9,20 (1/1)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	7,55 (1/1)	13,08 (1/1)	5,20 (1/1)	9,60 (1/1)	n.a.	n.a.	6,7 (1/1)	12,0 (1/1)	4,6 (1/1)	4,3 (1/1)
<sup>14</sup> C	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	230,0 (1/1)	414,8 (1/1)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	228,5 (1/1)	530,6 (1/1)	231,5 (1/1)	716,1 (1/1)	n.a.	n.a.	220,9 (1/1)	430,6 (1/1)	229,4 (1/1)	370,3 (1/1)
<sup>55</sup> Fe	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	-	n.a.	n.a.	-	-	-	-
<sup>63</sup> Ni	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	0,267 (1/1)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,080 (1/1)	0,130 (1/1)	n.a.	n.a.	0,088 (1/1)	0,370 (1/1)	0,3 (1/1)	0,26 (1/1)

**Tableau 93 – Activités en radionucléides émetteurs  $\gamma$  et  $\beta$  des échantillons de poissons (muscles) pêchés dans l’environnement aquatique du site de Cruas-Meyssse lors des études radioécologiques de 2013 à 2022**

Année	2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022	
Fraction	Muscle		Muscle		Muscle		Muscle		Muscle		Muscle		Muscle		Muscle		Muscle		Muscle	
Chronique	Rhône en amont de Cruas	Rhône en aval de Cruas	Rhône en amont de Cruas	Rhône en aval de Cruas	Rhône en amont de Cruas	Rhône en aval de Cruas	Rhône en amont de Cruas	Rhône en aval de Cruas	Rhône en amont de Cruas	Rhône en aval de Cruas	Rhône en amont de Cruas	Rhône en aval de Cruas	Rhône en amont de Cruas	Rhône en aval de Cruas	Rhône en amont de Cruas	Rhône en aval de Cruas	Rhône en amont de Cruas	Rhône en aval de Cruas	Rhône en amont de Cruas	Rhône en aval de Cruas
<b>Emetteurs gamma d’origine artificielle (Bq.kg<sup>-1</sup> sec)</b>																				
<sup>134</sup> Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>137</sup> Cs	0,0522 (1/1)	0,083 (1/1)	0,051 (1/1)	0,041 (1/1)	0,0348 (1/1)	0,055 (1/1)	0,0283 (1/1)	0,0296 (1/1)	0,0552 (1/1)	0,0390 (1/1)	0,0501 (1/1)	0,0650 (1/1)	0,0228 (1/1)	0,0217- 0,0290 (2/2)	0,0260 (1/1)	0,0180 (1/1)	0,0240 (1/1)	0,0370 (1/1)	0,018 (1/1)	0,063 (1/1)
<sup>58</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>60</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>110m</sup> Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>54</sup> Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>124</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>125</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>131</sup> I	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
<b>Emetteurs beta (<sup>3</sup>H libre : Bq.L<sup>-1</sup> d’eau de dessiccation, <sup>3</sup>H lié : Bq.L<sup>-1</sup> d’eau de combustion, <sup>14</sup>C : Bq.kg<sup>-1</sup> C)</b>																				
<sup>3</sup> H libre	2,60 (1/1)	3,8 (1/1)	0,80 (1/1)	1,2 (1/1)	1,30 (1/1)	7,00 (1/1)	0,90 (1/1)	3,10 (1/1)	2,39 (1/1)	2,84 (1/1)	2,11 (1/1)	1,42 (1/1)	3,70 (1/1)	11,10 (1/1)	2,60 (1/1)	4,30 (1/1)	1,8 (1/1)	2,2 (1/1)	7,5 (1/1)	9,6 (1/1)
<sup>3</sup> H lié	5,8 (1/1)	10,2 (1/1)	7,30 (1/1)	11,6 (1/1)	4,20 (1/1)	8,40 (1/1)	4,20 (1/1)	9,10 (1/1)	4,12 (1/1)	5,61 (1/1)	4,42 (1/1)	5,31 (1/1)	5,00 (1/1)	8,40 (1/1)	4,30 (1/1)	7,50 (1/1)	4,1 (1/1)	7,6 (1/1)	4,6 (1/1)	11,7 (1/1)
<sup>14</sup> C	285,7 (1/1)	969 (1/1)	605,9 (1/1)	1 065,4 (1/1)	271 (1/1)	868 (1/1)	274 (1/1)	982 (1/1)	350 (1/1)	662 (1/1)	496 (1/1)	746 (1/1)	314 (1/1)	602 (1/1)	295 (1/1)	895 (1/1)	341 (1/1)	1 090 (1/1)	264 (1/1)	837 (1/1)

n.a. : non analysé ; - : inférieur au seuil de décision.

**Tableau 94 - Teneur en matière organique et caractéristiques granulométriques de l'échantillon des sols récoltés dans l'environnement aquatique du CNPE de Cruas-Meyse lors du suivi radioécologique en 2022.**

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Date de mesure	Qualité	Fractions	%
Meyse	24/02/2022	Sols non cultivés	So de pâturage ou de prairie Strate 0-5 cm	≤ 2 mm	13/03/2023	sec	Matière organique	3,68
							Argiles (<2µm)	11,4
							Limons Fins	16,5
							Limons Grossiers	19,5
							Sables Fins	44,2
							Sables grossiers	8,4

**Tableau 95 – Activités en radionucléides émetteurs  $\gamma$  d'origine naturelle mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du site de Cruas-Meyssse lors du suivi radioécologique 2022**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité	Frais/Sec	Date de mesure	<sup>40</sup> K	Famille du <sup>232</sup> Th	Famille de l' <sup>238</sup> U			<sup>7</sup> Be	Unité
										<sup>228</sup> Ac	<sup>234</sup> Th	<sup>234m</sup> Pa	<sup>210</sup> Pb		
Cruas - zone sous les vents (<5 km)	Meyssse	24/02/2022	Sols	Sol de pâturage ou de prairie	Produits de tamisage Tamisé < 2000 $\mu$ m	Sec	1,23	25/03/2022	554 $\pm$ 39	47,1 $\pm$ 2,9	43 $\pm$ 8	38 $\pm$ 11	67 $\pm$ 19	3,6 $\pm$ 1	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Cruas - zone hors vents dominants (>5 km)	Saint-Didier-sous-Aubenas	14/06/2022	Légumes	Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Parties aériennes	Cendre	14,27	08/08/2022	2 960 $\pm$ 230	0,74 $\pm$ 0,5	$\leq$ 1,6	$\leq$ 30	3,5 $\pm$ 1	28,6 $\pm$ 2,6	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Cruas - zone sous les vents (>5 km)	Montélimar	14/06/2022	Légumes	Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Parties aériennes	Cendre	13,80	08/08/2022	2 040 $\pm$ 160	0,52 $\pm$ 0,36	1,9 $\pm$ 0,8	$\leq$ 20	9 $\pm$ 1,4	91 $\pm$ 7	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Cruas - zone sous les vents (<5 km)	Meyssse	22/04/2022	Herbes	Herbe de prairie permanente		Frais	4,11	19/08/2022	740 $\pm$ 60	0,38 $\pm$ 0,09	$\leq$ 0,31	$\leq$ 4,7	5,8 $\pm$ 0,8	40,6 $\pm$ 3,3	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Cruas - zone sous les vents (>5 km)	Rochemaure	24/02/2022	Mousses terrestres	<i>Homalothecium lutescens</i>		Frais	2,90	01/03/2022	273 $\pm$ 26	4,6 $\pm$ 1,5	$\leq$ 4,9	$\leq$ 52	360 $\pm$ 35	555 $\pm$ 38	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Cruas - zone sous les vents (>5 km)	Châteauneuf-du-Rhône	22/04/2022	Produits laitiers	Lait de chèvre	Entier	Cendre	8,33	08/08/2022	53,3 $\pm$ 4,1	$\leq$ 0,021	0,05 $\pm$ 0,03	$\leq$ 0,80	$\leq$ 0,080	$\leq$ 0,100	Bq.L <sup>-1</sup>

n.a : non analysé

**Tableau 96 – Activités en radionucléides émetteurs  $\gamma$  d'origine artificielle mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du site de Cruas-Meyse lors du suivi radioécologique 2022**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité Frais/Sec	Date de mesure	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	<sup>58</sup> Co	<sup>60</sup> Co	<sup>110m</sup> Ag	<sup>54</sup> Mn	<sup>124</sup> Sb	<sup>125</sup> Sb	<sup>131</sup> I*	Unité	
Cruas - zone sous les vents (<5 km)	Meyse	24/02/2022	Sols	Sol de pâturage ou de prairie	Produits de tamisage Tamisé < 2000 $\mu$ m	Sec	1,23	25/03/2022	$\leq 0,15$	<b>12<math>\pm</math>0,8</b>	$\leq 0,19$	$\leq 0,17$	$\leq 0,19$	$\leq 0,19$	$\leq 0,20$	$\leq 0,47$	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Cruas - zone hors vents dominants (>5 km)	Saint-Didier-sous-Aubenas	14/06/2022	Légumes	Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Parties aériennes	Cendre	14,27	08/08/2022	$\leq 0,18$	<b>0,3<math>\pm</math>0,1</b>	$\leq 0,34$	$\leq 0,29$	$\leq 0,25$	$\leq 0,22$	$\leq 0,30$	$\leq 0,42$	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Cruas - zone sous les vents (>5 km)	Montélimar	14/06/2022	Légumes	Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Parties aériennes	Cendre	13,80	08/08/2022	$\leq 0,12$	<b>0,2<math>\pm</math>0,07</b>	$\leq 0,23$	$\leq 0,20$	$\leq 0,18$	$\leq 0,15$	$\leq 0,21$	$\leq 0,31$	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Cruas - zone sous les vents (<5 km)	Meyse	22/04/2022	Herbes	Herbe de prairie permanente non id.	Parties aériennes	Frais	4,11	19/08/2022	$\leq 0,029$	<b>0,169<math>\pm</math>0,022</b>	$\leq 0,100$	$\leq 0,048$	$\leq 0,050$	$\leq 0,040$	$\leq 0,100$	$\leq 0,070$	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Cruas - zone sous les vents (>5 km)	Rochemaure	24/02/2022	Mousses terrestres	<i>Homalothecium lutescens</i> <i>Homalothecium lutescens</i>		Frais	2,90	01/03/2022	$\leq 0,44$	<b>9,90<math>\pm</math>0,99</b>	$\leq 0,38$	$\leq 0,49$	$\leq 0,44$	$\leq 0,46$	$\leq 0,44$	$\leq 1,2$	$\leq 0,55$	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Cruas - zone sous les vents (>5 km)	Châteauneuf-du-Rhône	22/04/2022	Produits laitiers	Lait de chèvre	Entier	Cendre	8,33	08/08/2022	$\leq 0,0046$	<b>0,064<math>\pm</math>0,006</b>	$\leq 0,013$	$\leq 0,0070$	$\leq 0,0070$	$\leq 0,0060$	$\leq 0,013$	$\leq 0,011$	n.a.	Bq.L <sup>-1</sup>

n.a : non analysé

\* Du fait de sa courte période radioactive, l'<sup>131</sup>I a été analysé sur des échantillons frais.

**Tableau 97 – Activités en tritium libre mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du site de Cruas-Meyse lors du suivi radioécologique 2022**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Date de mesure	<sup>3</sup> H libre (Bq.L <sup>-1</sup> d'eau de dessiccation)	<sup>3</sup> H libre (Bq.kg <sup>-1</sup> frais ou Bq.L <sup>-1</sup> )	Unité
Cruas - zone hors vents dominants (>5 km)	Saint-Didier-sous-Aubenas	14/06/2022	Légumes	Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Eau extraite par lyophilisation	12,03	15/08/2022	1,2±0,8	1,10±0,73	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Cruas - zone sous les vents (>5 km)	Montélimar	14/06/2022	Légumes	Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Eau extraite par lyophilisation	11,30	15/08/2022	1,1±0,8	1,00±0,73	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Cruas - zone sous les vents (<5 km)	Meyse	13/06/2022	Herbes	Herbe de prairie permanente	Eau extraite par lyophilisation	3,44	14/07/2022	1,4±0,8	0,99±0,57	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Cruas - zone sous les vents (>5 km)	Châteauneuf-du-Rhône	22/04/2022	Produits laitiers	Lait de chèvre	Eau extraite par lyophilisation	7,78	30/05/2022	3,1±0,8	2,70±0,70	Bq.L <sup>-1</sup> d'ECH.



**Tableau 98 – Activités en tritium organiquement lié (TOL) mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du site de Cruas-Meyse lors du suivi radioécologique 2022**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Date de mesure	TOL (Bq.L <sup>-1</sup> d'eau de combustion)	TOL (Bq.kg <sup>-1</sup> sec ou frais ou Bq.L <sup>-1</sup> )	Unité
Cruas - zone hors vents dominants (>5 km)	Saint-Didier-sous-Aubenas	14/06/2022	Légumes	Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	12,03	18/05/2023	1,4±0,7	0,057±0,029	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Cruas - zone sous les vents (>5 km)	Montélimar	14/06/2022	Légumes	Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	11,30	18/05/2023	2,2±0,8	0,100±0,037	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Cruas - zone sous les vents (<5 km)	Meyse	13/06/2022	Herbes	Herbe de prairie permanente	Résidu sec obtenu après lyophilisation	3,44	18/05/2023	2,3±0,8	0,37±0,13	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Cruas - zone sous les vents (>5 km)	Châteauneuf-du-Rhône	22/04/2022	Produits laitiers	Lait de chèvre	Résidu sec obtenu après lyophilisation	7,78	21/09/2022	4,1±0,7	0,382±0,067	Bq.L <sup>-1</sup> d'ECH.

**Tableau 99 – Activités en  $^{14}\text{C}$  mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du site de Cruas-Meysses lors du suivi radioécologique 2022**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Date de mesure $^{14}\text{C}$	$^{14}\text{C}$ (Bq.kg <sup>-1</sup> de C)	$\delta^{12/13}\text{C}$ (‰)	pMC (%)	$^{14}\text{C}$ (Bq.kg <sup>-1</sup> frais ou Bq.L <sup>-1</sup> )	C TOT. (g.kg <sup>-1</sup> frais ou g.L <sup>-1</sup> )	Unité
Cruas - zone hors vents dominants (>5 km)	Saint-Didier-sous-Aubenas	14/06/2022	Légumes	Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	12,03	25/06/2023	230±11	-27,3	102,2±4,9	7,17±0,34	31	Frais
Cruas - zone sous les vents (>5 km)	Montélimar	14/06/2022	Légumes	Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	11,30	25/06/2023	234±12	-29,07	104,4±5,4	8,04±0,41	34	Frais
Cruas - zone hors vents dominants (>5 km)	Châteauneuf-du-Rhône	22/04/2022	Produits laitiers	Lait de chèvre	Résidu sec obtenu après lyophilisation	7,78	18/06/2023	226±11	-27,38	100,5±4,9	14,71±0,72	65	Liquide

**Tableau 100 - Teneur en matière organique et caractéristiques granulométriques des échantillons de sédiments récoltés dans l'environnement aquatique du CNPE de Cruas-Meysses lors du suivi radioécologique en 2022.**

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Date de mesure	Qualité	Fractions	%
Saulce-sur-Rhône	24/02/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	≤ 2 mm	13/03/2023	sec	Matière organique	2,66
							Argiles (<2µm)	14,0
							Limons Fins	34,0
							Limons Grossiers	25,1
							Sables Fins	26,1
							Sables Grossiers	0,8
Rochemaure	24/02/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	≤ 2 mm	13/03/2023	sec	Matière organique	2,51
							Argiles (<2µm)	8,6
							Limons Fins	18,5
							Limons Grossiers	35,5
							Sables Fins	36,8
							Sables Grossiers	0,6
Châteauneuf-du-Rhône	24/02/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	≤ 2 mm	13/03/2023	sec	Matière organique	2,91
							Argiles (<2µm)	13,8
							Limons Fins	31,0
							Limons Grossiers	27,6
							Sables Fins	26,8
							Sables Grossiers	0,8

**Tableau 101 – Activités en radionucléides émetteurs  $\gamma$  d'origine naturelle mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE de Cruas-Meysses lors du suivi radioécologique 2022**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité	Frais/Sec	Date de mesure	$^{40}\text{K}$	Famille du $^{232}\text{Th}$	Famille de l' $^{238}\text{U}$			$^7\text{Be}$	Unité
										$^{228}\text{Ac}$	$^{234}\text{Th}$	$^{234\text{m}}\text{Pa}$	$^{210}\text{Pb}$		
Rhône en aval de cruas	Montélimar	09/08/2022	Eaux de boisson	Eau d'adduction publique	Produit de filtration Filtrat < 0.5 $\mu\text{m}$	Sec	4294,10	22/11/2022	35,3 $\pm$ 3,1	1,91 $\pm$ 0,27	10,6 $\pm$ 1,0	11,5 $\pm$ 2,9	2,33 $\pm$ 0,40	5,2 $\pm$ 0,8	mBq.L <sup>-1</sup>
Rhône en amont de cruas	Saulce-sur-Rhône	24/02/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Produits de tamisage Tamisé < 2000 $\mu\text{m}$	Sec	1,71	25/03/2022	498 $\pm$ 38	38,6 $\pm$ 2,4	36 $\pm$ 5	44 $\pm$ 12	72 $\pm$ 13	8,1 $\pm$ 1,2	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en aval de cruas	Rochemaure	24/02/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Produits de tamisage Tamisé < 2000 $\mu\text{m}$	Sec	1,64	25/03/2022	458 $\pm$ 31	38,1 $\pm$ 2,4	39 $\pm$ 6	32 $\pm$ 10	62 $\pm$ 12	10,4 $\pm$ 1,2	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en aval de cruas	Châteauneuf-du-Rhône	24/02/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Produits de tamisage Tamisé < 2000 $\mu\text{m}$	Sec	1,83	28/03/2022	481 $\pm$ 31	38 $\pm$ 2,4	35,7 $\pm$ 3,1	44 $\pm$ 11	70 $\pm$ 13	16,6 $\pm$ 1,7	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en amont de cruas	Les Tournettes	07/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Parties aériennes	Frais	6,34	12/07/2022	558 $\pm$ 44	$\leq$ 2,7	$\leq$ 5,1	$\leq$ 63	5,1 $\pm$ 3,2	55,8 $\pm$ 6,3	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en amont de cruas	Les Tournettes	07/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Parties aériennes	Cendre	7,24	19/09/2022	557 $\pm$ 43	3,8 $\pm$ 0,5	11,5 $\pm$ 1,3	13 $\pm$ 7	4,8 $\pm$ 0,9	72 $\pm$ 6	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en aval de cruas	Meysses	07/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Parties aériennes	Frais	7,43	12/07/2022	676 $\pm$ 52	$\leq$ 3,0	7,8 $\pm$ 3,2	$\leq$ 59	$\leq$ 4,5	45,3 $\pm$ 6,7	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en aval de cruas	Meysses	07/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Parties aériennes	Cendre	7,72	19/09/2022	627 $\pm$ 48	3,3 $\pm$ 0,5	9,1 $\pm$ 1,1	$\leq$ 13	2,6 $\pm$ 0,7	48,4 $\pm$ 4,2	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en aval de cruas	Châteauneuf-du-Rhône	07/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Parties aériennes	Cendre	6,62	21/11/2022	518 $\pm$ 40	3,1 $\pm$ 0,27	9,1 $\pm$ 1,1	$\leq$ 11	5,2 $\pm$ 0,9	36 $\pm$ 3,6	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en amont de cruas	Étoile-sur-Rhône	25/04/2022	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Muscle	Cendre	4,35	04/08/2022	109 $\pm$ 8	$\leq$ 0,050	$\leq$ 0,100	$\leq$ 1,7	$\leq$ 0,11	$\leq$ 0,23	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Rhône en aval de cruas	Châteauneuf-du-Rhône	21/04/2022	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Muscle	Cendre	4,23	12/08/2022	106 $\pm$ 8	$\leq$ 0,033	$\leq$ 0,080	$\leq$ 1,1	$\leq$ 0,12	$\leq$ 0,17	Bq.kg <sup>-1</sup> frais

n.a : non analysé.

**Tableau 102 – Activités en radionucléides émetteurs  $\gamma$  d'origine artificielle mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE de Cruas-Meysses lors du suivi radioécologique 2022**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité	Frais/Sec	Date de mesure	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	<sup>58</sup> Co	<sup>60</sup> Co	<sup>110m</sup> Ag	<sup>54</sup> Mn	<sup>124</sup> Sb	<sup>125</sup> Sb	<sup>131</sup> I*	Unité
Rhône en aval de cruas	Montélimar	09/08/2022	Eaux de boisson	Eau d'adduction publique	Produit de filtration Filtrat < 0.5 $\mu$ m	Sec	4294,10	22/11/2022	$\leq 0,033$	$\leq 0,025$	$\leq 0,07$	$\leq 0,04$	$\leq 0,045$	$\leq 0,035$	$\leq 0,09$	$\leq 0,07$	n.a.	mBq.L <sup>-1</sup>
Rhône en amont de cruas	Saulce-sur-Rhône	24/02/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Produits de tamisage Tamisé < 2000 $\mu$ m	Sec	1,71	25/03/2022	$\leq 0,14$	<b>3,55<math>\pm</math>0,28</b>	$\leq 0,18$	$\leq 0,17$	$\leq 0,19$	$\leq 0,18$	$\leq 0,18$	$\leq 0,42$	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en aval de cruas	Rocheмаure	24/02/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Produits de tamisage Tamisé < 2000 $\mu$ m	Sec	1,64	25/03/2022	$\leq 0,15$	<b>2,83<math>\pm</math>0,23</b>	$\leq 0,19$	<b>0,27<math>\pm</math>0,08</b>	$\leq 0,19$	$\leq 0,20$	$\leq 0,19$	$\leq 0,43$	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en aval de cruas	Châteauneuf-du-Rhône	24/02/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Produits de tamisage Tamisé < 2000 $\mu$ m	Sec	1,83	28/03/2022	$\leq 0,14$	<b>3,76<math>\pm</math>0,29</b>	$\leq 0,18$	$\leq 0,16$	$\leq 0,18$	$\leq 0,18$	$\leq 0,19$	$\leq 0,44$	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en amont de cruas	Les Tourrettes	07/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Parties aériennes	Frais	6,34	12/07/2022	$\leq 0,44$	$\leq 0,44$	$\leq 0,44$	$\leq 0,51$	$\leq 0,51$	$\leq 0,44$	$\leq 0,44$	$\leq 0,82$	<b>2,03<math>\pm</math>0,51</b>	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en amont de cruas	Les Tourrettes	07/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Parties aériennes	Cendre	7,24	19/09/2022	$\leq 0,070$	<b>0,133<math>\pm</math>0,045</b>	$\leq 0,17$	$\leq 0,12$	$\leq 0,11$	$\leq 0,090$	$\leq 0,15$	$\leq 0,18$	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en aval de cruas	Meysses	07/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Parties aériennes	Frais	7,43	12/07/2022	$\leq 0,45$	$\leq 0,45$	$\leq 0,52$	$\leq 0,67$	$\leq 0,45$	$\leq 0,52$	$\leq 0,45$	$\leq 1,1$	<b>1,34<math>\pm</math>0,52</b>	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en aval de cruas	Meysses	07/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Parties aériennes	Cendre	7,72	19/09/2022	$\leq 0,090$	$\leq 0,090$	<b>0,34<math>\pm</math>0,12</b>	$\leq 0,13$	$\leq 0,13$	$\leq 0,11$	$\leq 0,18$	$\leq 0,22$	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en aval de cruas	Châteauneuf-du-Rhône	07/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Parties aériennes	Cendre	6,62	21/11/2022	$\leq 0,070$	<b>0,152<math>\pm</math>0,042</b>	$\leq 0,25$	$\leq 0,100$	$\leq 0,12$	$\leq 0,090$	$\leq 0,26$	$\leq 0,15$	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en amont de cruas	Étoile-sur-Rhône	25/04/2022	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Muscle	Cendre	4,35	04/08/2022	$\leq 0,011$	<b>0,018<math>\pm</math>0,006</b>	$\leq 0,031$	$\leq 0,018$	$\leq 0,017$	$\leq 0,013$	$\leq 0,028$	$\leq 0,025$	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Rhône en aval de cruas	Châteauneuf-du-Rhône	21/04/2022	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Muscle	Cendre	4,23	12/08/2022	$\leq 0,00700$	<b>0,063<math>\pm</math>0,006</b>	$\leq 0,021$	$\leq 0,012$	$\leq 0,012$	$\leq 0,0090$	$\leq 0,021$	$\leq 0,016$	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> frais

n.a. : non analysé.

\* Du fait de sa courte période radioactive, l'<sup>131</sup>I a été analysé sur des échantillons frais.

**Tableau 103 – Activités en tritium libre mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE de Cruas-Meyssse lors du suivi radioécologique 2022**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Date de mesure	<sup>3</sup> H libre (Bq.L <sup>-1</sup> d'eau de dessiccation)	<sup>3</sup> H libre (Bq.kg <sup>-1</sup> frais ou Bq.L <sup>-1</sup> )	Unité
Rhône en aval de cruas	Montélimar	09/08/2022	Eaux de boisson	Eau d'adduction publique	Produit de filtration Filtrat < 0.2 µm	-	16/11/2022	4,4±1	4,4±1	Bq.L <sup>-1</sup> d'ECH.
Rhône en aval de cruas	Montélimar	14/06/2022	Eaux douces	Eau d'irrigation	Produit de filtration Filtrat < 0.2 µm	-	14/07/2022	1,1±0,6	1,1±0,6	Bq.L <sup>-1</sup> d'ECH.
Rhône en amont de cruas	Les Tourrettes	07/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Eau extraite par lyophilisation	6,34	28/09/2022	1,4±0,7	1,18±0,59	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Rhône en aval de cruas	Meyssse	07/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Eau extraite par lyophilisation	7,43	27/09/2022	1,7±0,8	1,47±0,69	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Rhône en amont de cruas	Étoile-sur-Rhône	25/04/2022	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Eau extraite par lyophilisation	4,58	13/07/2022	7,5±1,2	5,86±0,94	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Rhône en aval de cruas	Châteauneuf-du-Rhône	21/04/2022	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Eau extraite par lyophilisation	4,48	13/07/2022	9,6±1,4	7,5±1,1	Bq.kg <sup>-1</sup> frais

**Tableau 104 – Activités en tritium lié (TOL) mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE de Cruas-Meyse lors du suivi radioécologique 2022**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Date de mesure	TOL (Bq.L <sup>-1</sup> d'eau de combustion)	TOL (Bq.kg <sup>-1</sup> frais ou Bq.L <sup>-1</sup> )	Unité
Rhône en amont de cruas	Les Tourrettes	07/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	6,34	27/10/2022	4,6±0,9	0,374±0,076	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Rhône en aval de cruas	Meyse	07/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	7,43	27/10/2022	4,3±0,9	0,287±0,062	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Rhône en amont de cruas	Étoile-sur-Rhône	25/04/2022	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	4,58	11/04/2023	4,6±0,9	0,66±0,13	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Rhône en aval de cruas	Châteauneuf-du-Rhône	21/04/2022	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	4,48	11/04/2023	11,7±1,1	1,79±0,18	Bq.kg <sup>-1</sup> frais

**Tableau 105 – Activités en  $^{14}\text{C}$  mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE de Cruas-Meyssse lors du suivi radioécologique 2022**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Date de mesure $^{14}\text{C}$	$^{14}\text{C}$ (Bq.kg <sup>-1</sup> de C)	$\delta^{12/13}\text{C}$ (‰)	pMC (%)	$^{14}\text{C}$ (Bq.kg <sup>-1</sup> frais ou Bq.L <sup>-1</sup> )	C TOT. (g.kg <sup>-1</sup> frais ou g.L <sup>-1</sup> )	Unité
Rhône en amont de cruas	Les Tourrettes	07/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	6,34	17/02/2023	229,4±2,6	-19,55	100,4±1,1	13,61±0,15	59	Frais
Rhône en aval de cruas	Meyssse	07/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	7,43	17/02/2023	370,3±4	-17,51	161,4±1,7	18,48±0,20	50	Frais
Rhône en amont de cruas	Étoile-sur-Rhône	25/04/2022	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	4,58	05/09/2022	264±13	-25,32	116,9±5,8	26,9±1,3	100	Frais
Rhône en aval de cruas	Châteauneuf-du-Rhône	21/04/2022	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	4,48	15/12/2022	837±47	-25,52	371±21	93,2±5,2	110	Frais



**Tableau 106 – Activités en <sup>63</sup>Ni mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE de Cruas-Meyssse lors du suivi radioécologique 2022**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Qualité	Date de mesure <sup>63</sup> Ni	<sup>63</sup> Ni (Bq.kg <sup>-1</sup> sec ou frais ou Bq.L <sup>-1</sup> )	Ni (g.kg <sup>-1</sup> sec ou frais ou g.L <sup>-1</sup> )	Unité
Rhône en amont de cruas	Les Tourrettes	07/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Parties aériennes	7,24	Cendre	09/02/2023	0,3±0,06	0,66	Sec
Rhône en aval de cruas	Meyssse	07/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Parties aériennes	7,72	Cendre	09/02/2023	0,26±0,06	0,342	Sec
Rhône en aval de cruas	Châteauneuf-du-Rhône	21/04/2022	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Muscle	4,23	Cendre	22/11/2022	0,006±0,006	1,561513E-03	Frais

**Tableau 107 – Activités en <sup>55</sup>Fe mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE de Cruas-Meyssse lors du suivi radioécologique 2022**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité	Frais/Sec	Date de mesure	<sup>55</sup> Fe	Unité
Rhône en amont de cruas	Les Tourrettes	07/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Parties aériennes	Cendre	7,24	11/02/2023	≤ 4,4	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en aval de cruas	Meyssse	07/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Parties aériennes	Cendre	7,72	11/02/2023	≤ 4,3	Bq.kg <sup>-1</sup> sec

## 8 ÉTAT RADIOLOGIQUE DU CNPE DU TRICASTIN

### 8.1 Généralités et chronologie des études radioécologiques antérieures

Le CNPE du Tricastin est situé dans la basse vallée du Rhône, à environ 120 km de son embouchure, sur les communes de Bollène et de Saint-Paul-Trois-Châteaux (Figure 29 et Figure 30 Pages 205 et 206). Il est situé en aval de quatre autres installations d'EDF (Creys-Malville, Le Bugey, Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil et Cruas-Meyssse) ainsi que des installations du CERN, d'ORANO de Romans-sur-Isère, du CEA de Grenoble et de l'ILL (Institut Laue-Langevin) [22]. De nombreux services de médecine nucléaire sont aussi implantés sur le bassin versant (Figure 1 page 20). Le site de Cruas-Meyssse, le plus proche, est situé à 30 km en amont. Les eaux du Rhône divergent en deux chenaux, le lit originel et le canal de Donzère-Mondragon, à 18 km en amont du CNPE. L'installation est située en rive droite du canal. La confluence des deux cours d'eau s'effectue à environ 15 km en aval du point de rejet des effluents liquides, c'est à dire en amont de Saint-Etienne-des-Sorts. Le CNPE du Tricastin se compose de quatre tranches de 900 MWe de la filière des REP, respectivement couplées au réseau en mai 1980, août 1980, février 1981 et juin 1981.

La chronologie des études radioécologiques conduites dans l'environnement du CNPE du Tricastin est présentée sur la Figure 28 page 198.

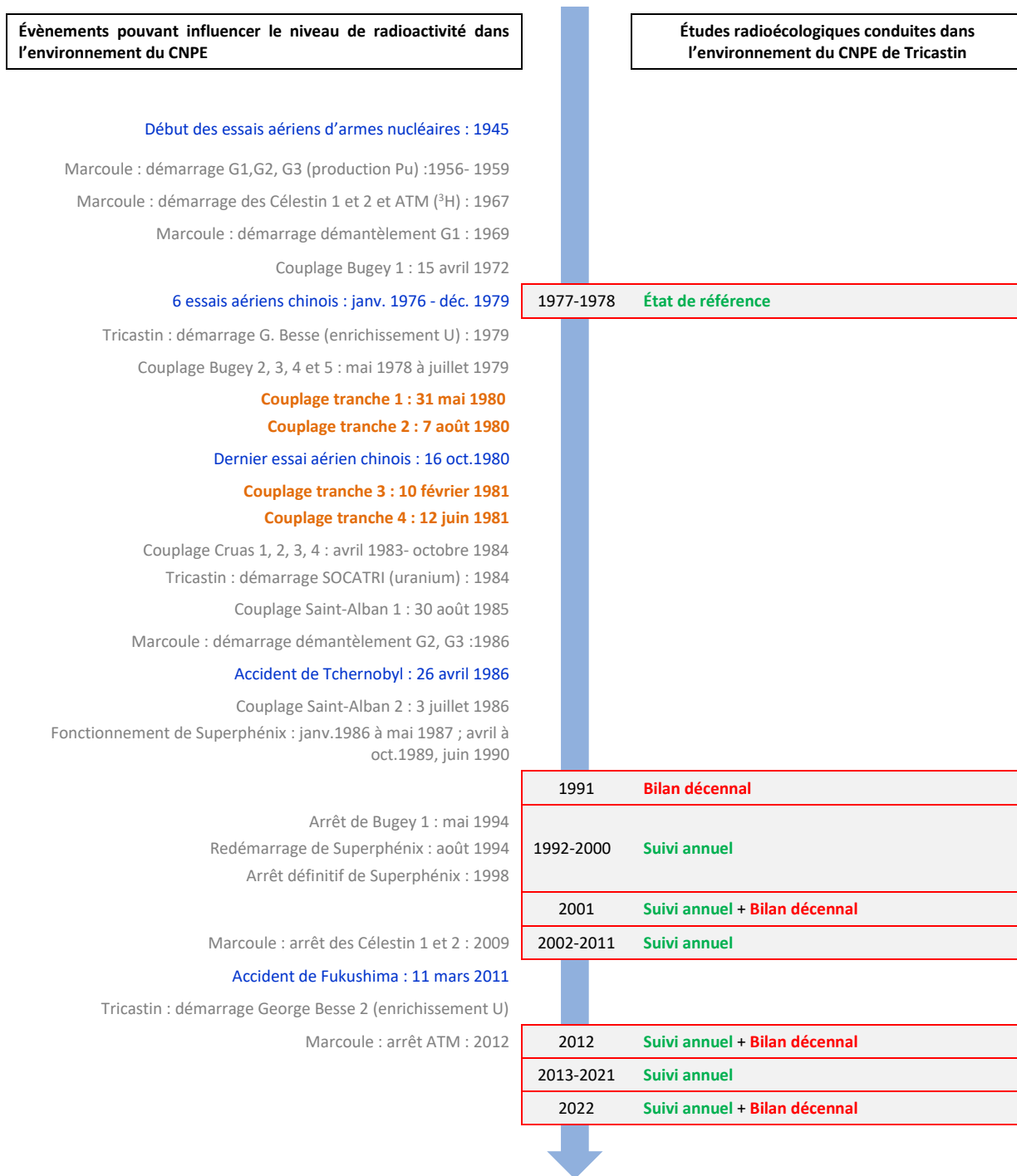


Figure 28 – Chronologie des études radioécologiques conduites dans l'environnement du CNPE du Tricastin

## 8.2 État radiologique de l'environnement terrestre

### 8.2.1 Stratégie d'échantillonnage

La localisation des stations de prélèvement et la nature des échantillons collectés sont reportées sur la Figure 29 et la Figure 30 Pages 205 et 206. Les caractéristiques (dates, stations, natures, etc.) identifiant chaque échantillon sont répertoriées dans le Tableau 108 page 201 et suivantes.

Pour l'essentiel, la stratégie de prélèvement et d'analyse est commune à l'ensemble des sites (Annexes). Le choix des stations et de la nature des prélèvements permet la comparaison des résultats avec ceux des études antérieures. Les sols échantillonnés sont des sols non cultivés sur lesquels les cultures pluriannuelles ne demandent aucun remaniement (pâturages). Ce type de sol est privilégié dans l'objectif de mesurer l'accumulation potentielle des dépôts atmosphériques sur plusieurs années. Les échantillons sont, en dehors des indicateurs végétaux (mousses terricoles, herbe), des vecteurs directs ou indirects de radioactivité vers l'homme : le lait et des légumes-feuilles comme les salades. Les végétaux cultivés (salade) sont communs sur l'ensemble du territoire français. Leur cycle végétatif annuel et leur grande surface d'interception en font d'assez bons bioindicateurs pour le suivi des niveaux de radioactivité de l'environnement et caractériser d'éventuels marquages. Du lait de vache est collecté, dans la mesure du possible, sur une commune à proximité du site. Dans la stratégie générale, une mousse terricole, une production agricole, un sol de prairie, de l'herbe et un lait sont prélevés sous les vents dominants (ZI). Hors vents (ZNI), une production agricole est collectée.

Des contraintes supplémentaires peuvent localement modifier la position, le nombre ou les analyses réalisées.

Les prélèvements, traitements et analyses spécifiques au bilan quinquennal et au bilan décennal 2022 ont été menés conjointement à ceux du suivi annuel. Concernant le bilan décennal, seuls les résultats de spectrométrie gamma  $\gamma$  figurent. L'ensemble de la stratégie d'analyse et les résultats du bilan décennal ainsi que du bilan quinquennal seront présentés dans un rapport relatif au bilan radioécologique décennal de l'environnement proche du CNPE du Tricastin.

La dispersion des rejets d'effluents dans l'environnement est contrainte par les conditions météorologiques et hydrologiques propres au site. Pour le CNPE du Tricastin, les vents dominants proviennent du nord au nord-nord-est (voir rose des vents page 205).

Des échantillons de salades et sols associés, de vignes, de lait de brebis<sup>6</sup>, d'herbe, de mousses terrestres, de plantes aromatiques (thym), de sols de culture et de sols de prairie sont prélevés sous les vents dominants du CNPE du Tricastin, au sud du site (Bollène, Mondragon), dans l'axe de la vallée du Rhône ; selon la rose des vents **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** page 205. Hors vents, des plantes aromatiques (thym), du lait de chèvre, des sols de prairie, de l'herbe, des mousses terrestres, des vignes, des salades et sols associés ainsi que des sols de culture sont prélevés à Saint-Paul-Trois-Châteaux, Saint-Restitut, Clansayes, Bidon, Séguret et Mirabel-aux-Baronnies. Les sols de culture prélevés à Bollène et à Saint-Restitut sont irrigués avec de l'eau prélevée respectivement dans l'écluse de l'usine hydroélectrique de Bollène en aval du CNPE et dans le canal de Donzère-Mondragon en amont du CNPE.

L'ensemble des échantillons ont fait l'objet d'une mesure par spectrométrie gamma. Une mesure de <sup>131</sup>I dans les échantillons de mousses, d'herbe et de lait prélevés sous et hors vents dominants a également été réalisée. Dans le lait, les salades et l'herbe prélevés sous les vents dominants, le tritium libre et le tritium organiquement lié ont été recherchés. Le <sup>14</sup>C est recherché dans les salades et le lait prélevés sous les vents dominants. Enfin, l'herbe

<sup>6</sup> Dans le CCTP, il était demandé de collecter du lait à Lapalud, sous les vents dominants. Le prélèvement n'a pas pu être réalisé cette année à Lapalud car refus de l'agriculteur. Du lait a été prélevé à Mondragon, sous les vents dominants. Cela a fait l'objet d'une fiche d'écart.

prélevée à Bollène a fait l'objet de quatre mesures (une par trimestre) dont les résultats seront présentés dans le rapport simplifié exigé au titre de la réglementation 2022.

**Tableau 108 – Identification des échantillons prélevés dans l'environnement terrestre du CNPE du Tricastin lors du suivi radioécologique de 2022**

Situation par rapport au C.N.P.E.	Chronique	Commune	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
6,34 km E	Le Tricastin - Zone hors vents dominants (>5 km)	Saint-Restitut	04,81017	44,32323	Sols cultivés irrigués	Sol de culture de plein champ	Entier	09/08/2022	Gamma (Sec)	1,10	-
6,34 km E	Le Tricastin - Zone hors vents dominants (>5 km)	Saint-Restitut	04,81017	44,32323	Sols cultivés irrigués	Sol de culture de plein champ	Entier Strate 0 - 5 cm	09/08/2022	Granulométrie INRA (Sec)	1,10	-
6,34 km E	Le Tricastin - Zone hors vents dominants (>5 km)	Saint-Restitut	04,81017	44,32323	Sols cultivés irrigués	Sol de culture de plein champ	Entier Strate 0 - 5 cm	09/08/2022	MO après combustion (Sec)	1,10	-
8,78 km ENE	Le Tricastin - Zone hors vents dominants (>5 km)	Clansayes	04,81542	44,38179	Plantes aromatiques	Thym commun <i>Thymus L.</i>	Entier	21/04/2022	Gamma (Cendre)	3,54	15,76
9,3 km NE	Le Tricastin - Zone hors vents dominants (>5 km)	Clansayes	04,80990	44,39253	Aliments liq. Non transformés	Lait de chèvre	Entier	13/06/2022	Gamma (Liquide)	-	-
9,3 km NE	Le Tricastin - Zone hors vents dominants (>5 km)	Clansayes	04,80990	44,39253	Aliments liq. Non transformés	Lait de chèvre	Entier	13/06/2022	Gamma (Cendre)	6,96	16,12
16,4 km ONO	Le Tricastin - Zone hors vents dominants (>5 km)	Bidon	04,53827	44,38303	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie	Entier	02/03/2022	Gamma (Sec)	1,24	-
16,4 km ONO	Le Tricastin - Zone hors vents dominants (>5 km)	Bidon	04,53827	44,38303	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie	Entier Strate 0 - 5 cm	02/03/2022	Granulométrie INRA (Sec)	1,24	-
16,4 km ONO	Le Tricastin - Zone hors vents dominants (>5 km)	Bidon	04,53827	44,38303	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie	Entier Strate 0 - 5 cm	02/03/2022	MO après combustion (Sec)	1,24	-
16,41 km ONO	Le Tricastin - Zone hors vents dominants (>5 km)	Bidon	04,53858	44,38372	Herbes	Herbe de prairie permanente	Entier	20/04/2022	Gamma (Cendre)	3,51	9,87
16,41 km ONO	Le Tricastin - Zone hors vents dominants (>5 km)	Bidon	04,53858	44,38372	Herbes	Herbe de prairie permanente	Entier	20/04/2022	Gamma (Frais)	-	-
27,65 km ESE	Le Tricastin - Zone hors vents dominants (>5 km)	Séguret	05,05205	44,23550	Mousses terricoles	<i>Scleropodium purum</i>	Entier	23/02/2022	Gamma (Frais)	-	-
29,58 km E	Le Tricastin - Zone hors vents dominants (>5 km)	Mirabel-aux-Baronnies	05,10303	44,32745	Arbres fruitiers	Vigne commune <i>Vitis vinifera</i>	Entier	31/08/2022	Gamma (Cendre)	3,81	11,23
29,6 km E	Le Tricastin - Zone hors vents dominants (>5 km)	Mirabel-aux-Baronnies	05,10331	44,32852	Sols cultivés	Sol de salade	Entier Strate 0 - 20 cm	14/06/2022	Gamma (Sec)	1,19	-
29,6 km E	Le Tricastin - Zone hors vents dominants (>5 km)	Mirabel-aux-Baronnies	05,10331	44,32852	Sols cultivés	Sol de salade	Entier Strate 0 - 20 cm	14/06/2022	Granulométrie INRA (Sec)	1,19	-
29,6 km E	Le Tricastin - Zone hors vents dominants (>5 km)	Mirabel-aux-Baronnies	05,10331	44,32852	Sols cultivés	Sol de salade	Entier Strate 0 - 20 cm	14/06/2022	MO après combustion (Sec)	1,19	-

Situation par rapport au C.N.P.E.	Chronique	Commune	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
29,6 km E	Le Tricastin - Zone hors vents dominants (>5 km)	Mirabel-aux-Baronnies	05,10331	44,32852	Légumes	Laitue, batavia, romaines <i>Lactuca sativa L.</i>	Entier	14/06/2022	Gamma (Cendre)	13,82	4,94
0,95 km NE	Le Tricastin - Zone hors vents dominants (<5 km)	Saint-Paul-Trois-Châteaux	04,73957	44,33674	Arbres fruitiers	Vigne commune <i>Vitis vinifera</i>	Entier	31/08/2022	Gamma (Cendre)	3,74	13,84
4,59 km ESE	Le Tricastin - Zone hors vents dominants (<5 km)	Bollène	04,77706	44,30570	Sols cultivés irrigués	Sol de culture de plein champ	Entier	09/08/2022	Gamma (Sec)	1,03	-
4,59 km ESE	Le Tricastin - Zone hors vents dominants (<5 km)	Bollène	04,77706	44,30570	Sols cultivés irrigués	Sol de culture de plein champ	Entier <i>Strate 0-20 cm</i>	09/08/2022	Granulométrie INRA (Sec)	1,03	-
4,59 km ESE	Le Tricastin - Zone hors vents dominants (<5 km)	Bollène	04,77706	44,30570	Sols cultivés irrigués	Sol de culture de plein champ	Entier <i>Strate 0-20 cm</i>	09/08/2022	MO après combustion (Sec)	1,03	-
1,02 km S	Le Tricastin - Zone sous les vents (<5 km)	Bollène	04,73075	44,32154	Herbes	Herbe de prairie permanente	Entier	20/04/2022	Gamma (Cendre)	3,33	10,82
1,02 km S	Le Tricastin - Zone sous les vents (<5 km)	Bollène	04,73075	44,32154	Herbes	Herbe de prairie permanente	Entier	20/04/2022	Gamma (Frais)	-	-
1,02 km S	Le Tricastin - Zone sous les vents (<5 km)	Bollène	04,73075	44,32154	Herbes	Herbe de prairie permanente	Entier	20/04/2022	H-3 lié (Sec)	3,03	-
1,02 km S	Le Tricastin - Zone sous les vents (<5 km)	Bollène	04,73075	44,32154	Herbes	Herbe de prairie permanente	Entier	20/04/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	3,03	-
1,02 km S	Le Tricastin - Zone sous les vents (<5 km)	Bollène	04,73075	44,32154	Herbes	Herbe de prairie permanente	Entier	20/04/2022	H-3 libre (Liquide)	3,03	-
1,34 km SSE	Le Tricastin - Zone sous les vents (<5 km)	Bollène	04,73724	44,31951	Plantes aromatiques	Thym commun <i>Thymus L.</i>	Entier	20/04/2022	Gamma (Cendre)	3,07	12,84
1,88 km S	Le Tricastin - Zone sous les vents (<5 km)	Bollène	04,73206	44,31384	Sols non cultivés	Sol de friche Horizon	Entier	23/02/2022	Gamma (Sec)	1,29	-
1,88 km S	Le Tricastin - Zone sous les vents (<5 km)	Bollène	04,73206	44,31384	Sols non cultivés	Sol de friche	Entier	23/02/2022	Gamma (Sec)	1,24	-
1,88 km S	Le Tricastin - Zone sous les vents (<5 km)	Bollène	04,73206	44,31384	Sols non cultivés	Sol de friche	Entier	23/02/2022	Gamma (Sec)	1,23	-
1,88 km S	Le Tricastin - Zone sous les vents (<5 km)	Bollène	04,73206	44,31384	Sols non cultivés	Sol de friche <i>Strate 0-5 cm</i>	Entier	23/02/2022	Granulométrie INRA (Sec)	1,29	-
1,88 km S	Le Tricastin - Zone sous les vents (<5 km)	Bollène	04,73206	44,31384	Sols non cultivés	Sol de friche <i>Strate 5-15 cm</i>	Entier	23/02/2022	Granulométrie INRA (Sec)	1,24	-
1,88 km S	Le Tricastin - Zone sous les vents (<5 km)	Bollène	04,73206	44,31384	Sols non cultivés	Sol de friche <i>Strate 15-30 cm</i>	Entier	23/02/2022	Granulométrie INRA (Sec)	1,23	-

Situation par rapport au C.N.P.E.	Chronique	Commune	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
1,88 km S	Le Tricastin - Zone sous les vents (<5 km)	Bollène	04,73206	44,31384	Sols non cultivés	Sol de friche <i>Strate 0-5 cm</i>	Entier	23/02/2022	MO après combustion (Sec)	1,29	-
1,88 km S	Le Tricastin - Zone sous les vents (<5 km)	Bollène	04,73206	44,31384	Sols non cultivés	Sol de friche <i>Strate 5-15 cm</i>	Entier	23/02/2022	MO après combustion (Sec)	1,24	-
1,88 km S	Le Tricastin - Zone sous les vents (<5 km)	Bollène	04,73206	44,31384	Sols non cultivés	Sol de friche <i>Strate 15-30 cm</i>	Entier	23/02/2022	MO après combustion (Sec)	1,23	-
1,08 km S	Le Tricastin - Zone sous les vents (<5 km)	Bollène	04,73115	44,32100	Sols non cultivés	Sol de friche	Entier	23/02/2022	Gamma (Sec)	1,20	-
1,08 km S	Le Tricastin - Zone sous les vents (<5 km)	Bollène	04,73115	44,32100	Sols non cultivés	Sol de friche <i>Strate 0-5 cm</i>	Entier	23/02/2022	Granulométrie INRA (Sec)	1,20	-
1,08 km S	Le Tricastin - Zone sous les vents (<5 km)	Bollène	04,73115	44,32100	Sols non cultivés	Sol de friche <i>Strate 0-5 cm</i>	Entier	23/02/2022	MO après combustion (Sec)	1,20	-
5,56 km SE	Le Tricastin - Zone sous les vents (>5 km)	Bollène	04,77045	44,28938	Arbres fruitiers	Vigne commune <i>Vitis vinifera</i>	Entier	31/08/2022	Gamma (Cendre)	3,33	11,19
6,3 km SSO	Le Tricastin - Zone sous les vents (>5 km)	Bollène	04,70549	44,27709	Sols cultivés	Sol de salade	Entier	13/06/2022	Gamma (Sec)	1,22	-
6,3 km SSO	Le Tricastin - Zone sous les vents (>5 km)	Bollène	04,70549	44,27709	Sols cultivés	Sol de salade	Entier <i>Strate 0 - 20 cm</i>	13/06/2022	Granulométrie INRA (Sec)	1,22	-
6,3 km SSO	Le Tricastin - Zone sous les vents (>5 km)	Bollène	04,70549	44,27709	Sols cultivés	Sol de salade	Entier <i>Strate 0 - 20 cm</i>	13/06/2022	MO après combustion (Sec)	1,22	-
6,3 km SSO	Le Tricastin - Zone sous les vents (>5 km)	Bollène	04,70549	44,27709	Légumes	Laitue, batavia, romaines <i>Lactuca sativa L.</i>	Entier	13/06/2022	Gamma (Cendre)	16,62	4,92
6,3 km SSO	Le Tricastin - Zone sous les vents (>5 km)	Bollène	04,70549	44,27709	Légumes	Laitue, batavia, romaines <i>Lactuca sativa L.</i>	Entier	13/06/2022	C-14 par SL (Benzène) (Sec)	15,17	-
6,3 km SSO	Le Tricastin - Zone sous les vents (>5 km)	Bollène	04,70549	44,27709	Légumes	Laitue, batavia, romaines <i>Lactuca sativa L.</i>	Entier	13/06/2022	C élémentaire (Sec)	15,17	-
6,3 km SSO	Le Tricastin - Zone sous les vents (>5 km)	Bollène	04,70549	44,27709	Légumes	Laitue, batavia, romaines <i>Lactuca sativa L.</i>	Entier	13/06/2022	Rapport relatif C13/C12 (Sec)	15,17	-
6,3 km SSO	Le Tricastin - Zone sous les vents (>5 km)	Bollène	04,70549	44,27709	Légumes	Laitue, batavia, romaines <i>Lactuca sativa L.</i>	Entier	13/06/2022	H-3 lié (Sec)	15,17	-
6,3 km SSO	Le Tricastin - Zone sous les vents (>5 km)	Bollène	04,70549	44,27709	Légumes	Laitue, batavia, romaines <i>Lactuca sativa L.</i>	Entier	13/06/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	15,17	-
6,3 km SSO	Le Tricastin - Zone sous les vents (>5 km)	Bollène	04,70549	44,27709	Légumes	Laitue, batavia, romaines <i>Lactuca sativa L.</i>	Entier	13/06/2022	H-3 libre (Liquide)	15,17	-

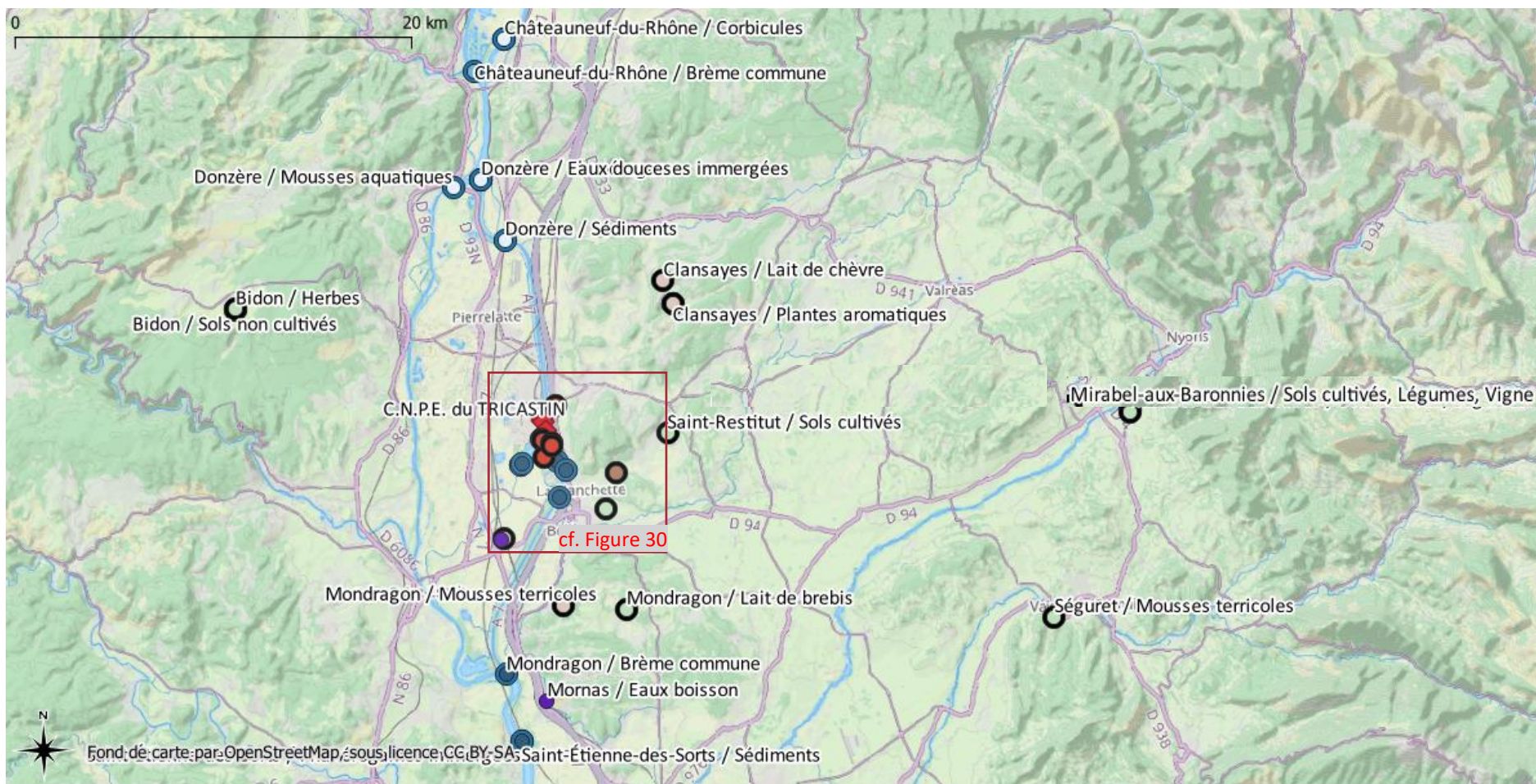


Situation par rapport au C.N.P.E.	Chronique	Commune	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
9,44 km S	Le Tricastin - Zone sous les vents (>5 km)	Mondragon	04,74202	44,24621	Mousses terricoles	<i>Scleropodium purum</i> <i>Scleropodium purum</i>	Entier	23/02/2022	Gamma (Frais)	-	-
10,47 km SSE	Le Tricastin - Zone sous les vents (>5 km)	Mondragon	04,78180	44,24382	Aliments liq. Non transformés	Lait de brebis	Entier	21/06/2022	Gamma (Cendre)	5,14	17,20
10,47 km SSE	Le Tricastin - Zone sous les vents (>5 km)	Mondragon	04,78180	44,24382	Aliments liq. Non transformés	Lait de brebis	Entier	21/06/2022	Gamma (Liquide)	-	-
10,47 km SSE	Le Tricastin - Zone sous les vents (>5 km)	Mondragon	04,78180	44,24382	Aliments liq. Non transformés	Lait de brebis	Entier	21/06/2022	C-14 par SL (Benzène) (Sec)	5,22	-
10,47 km SSE	Le Tricastin - Zone sous les vents (>5 km)	Mondragon	04,78180	44,24382	Aliments liq. Non transformés	Lait de brebis	Entier	21/06/2022	C élémentaire (Sec)	5,22	-
10,47 km SSE	Le Tricastin - Zone sous les vents (>5 km)	Mondragon	04,78180	44,24382	Aliments liq. Non transformés	Lait de brebis	Entier	21/06/2022	Rapport relatif C13/C12 (Sec)	5,22	-
10,47 km SSE	Le Tricastin - Zone sous les vents (>5 km)	Mondragon	04,78180	44,24382	Aliments liq. Non transformés	Lait de brebis	Entier	21/06/2022	H-3 lié (Sec)	5,22	-
10,47 km SSE	Le Tricastin - Zone sous les vents (>5 km)	Mondragon	04,78180	44,24382	Aliments liq. Non transformés	Lait de brebis	Entier	21/06/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	5,22	-
10,47 km SSE	Le Tricastin - Zone sous les vents (>5 km)	Mondragon	04,78180	44,24382	Aliments liq. Non transformés	Lait de brebis	Entier	21/06/2022	H-3 libre (Liquide)	5,22	-

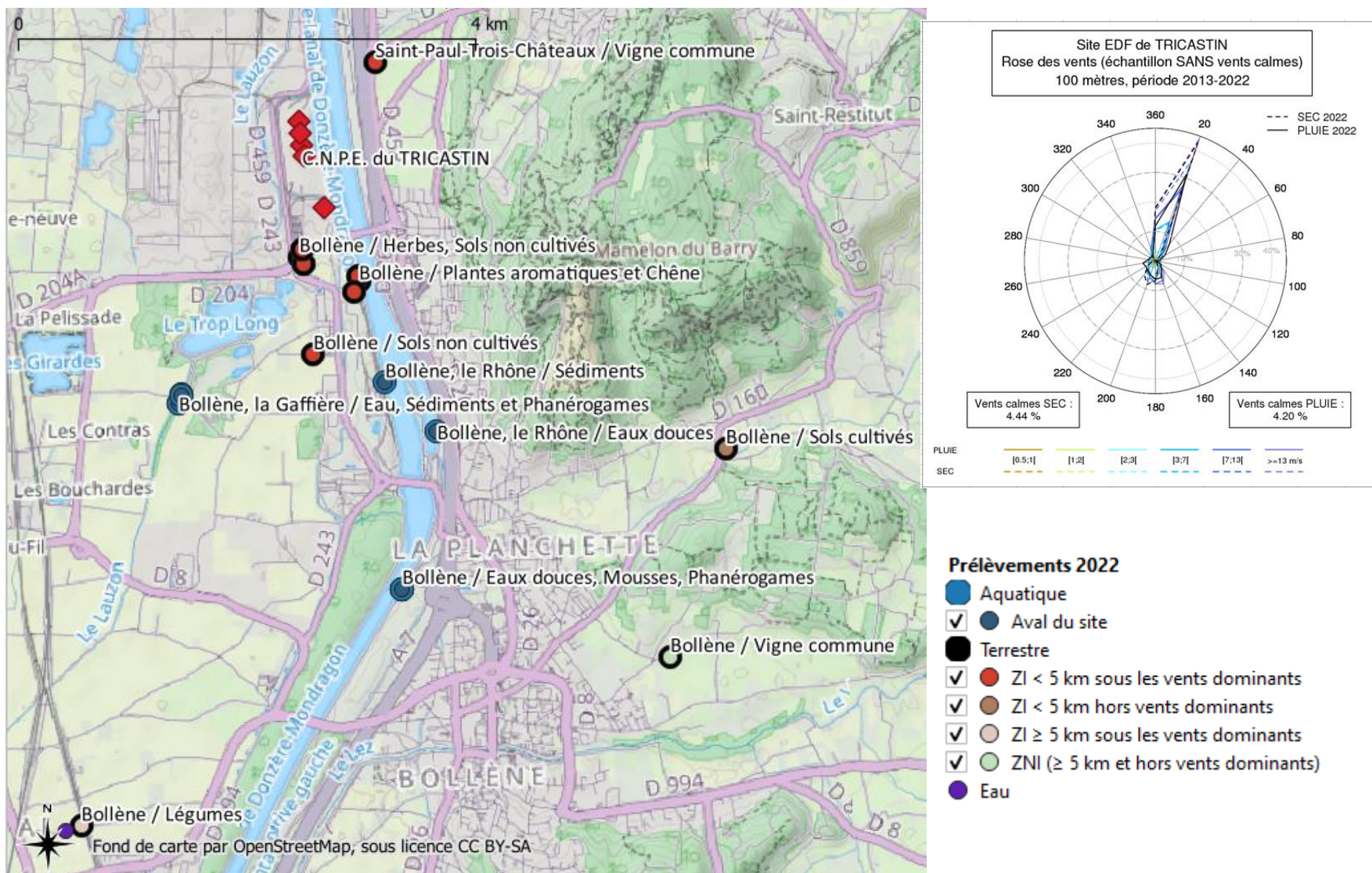
- : absence de traitement. Distance au site calculée en ligne droite entre les coordonnées d'un point de référence du site et celles du point de prélèvement

Dans les tableaux terrestres suivants :

	Prélèvements hors vents dominants de l'installation
	Prélèvements sous les vents dominants de l'installation et à moins de 5 km de l'installation
	Prélèvements hors vents dominants et à moins de 5 km de l'installation
	Prélèvements sous les vents dominants de l'installation et à plus de 5 km de l'installation



**Figure 29 - Localisation des stations de prélèvement les plus éloignées du site dans le milieu terrestre et dans le milieu aquatique pour le suivi radioécologique annuel 2022 du CNPE du Tricastin**



**Figure 30 - Localisation des stations de prélèvement les plus proches du site dans le milieu terrestre et dans le milieu aquatique pour le suivi radioécologique annuel 2022 du CNPE du Tricastin**

## 8.2.2 Résultats et interprétation

### 8.2.2.1 Radionucléides émetteurs gamma

#### 8.2.2.1.1 Radionucléides émetteurs gamma d'origine naturelle

Les résultats d'analyse par spectrométrie  $\gamma$  des activités en radionucléides d'origine naturelle dans l'environnement terrestre du CNPE du Tricastin sont présentés dans le Tableau 121 page 233.

En 2022, la radioactivité d'origine naturelle mesurée dans les matrices terrestres prélevées autour du CNPE du Tricastin est dans la gamme des valeurs habituellement mesurées [1]. La radioactivité d'origine naturelle présente une composante tellurique prépondérante dans les sols et les végétaux. Elle est principalement due au  $^{40}\text{K}$  et, dans une moindre mesure, aux radionucléides des familles du  $^{232}\text{Th}$  et de l' $^{238}\text{U}$ . Dans le sol prélevé, les activités massiques en  $^{40}\text{K}$ , en descendants du  $^{232}\text{Th}$  et de l' $^{238}\text{U}$  sont similaires aux valeurs observées en France métropolitaine [1, 17, 18]. La seconde composante d'origine cosmogénique est due au  $^7\text{Be}$ , présent principalement dans les végétaux dont la surface foliaire est propice à la captation des retombées atmosphériques. Dans le lait de chèvre, le  $^{40}\text{K}$  est toujours proche de  $50 \text{ Bq.L}^{-1}$ . L'obtention d'activités proches de celles habituellement observées permet en outre de garantir que les échantillons mesurés par spectrométrie gamma n'ont subi aucun biais durant les étapes de prélèvement, traitement et d'analyse.

#### 8.2.2.1.2 Radionucléides émetteurs gamma d'origine artificielle

Les résultats d'analyse par spectrométrie  $\gamma$  des activités en radionucléides d'origine artificielle dans l'environnement terrestre du CNPE du Tricastin sont présentés dans le Tableau 122 page 236.

Le  $^{137}\text{Cs}$  est quantifié dans toutes les matrices prélevées excepté l'herbe prélevée hors et sous les vents dominants ainsi que dans deux des trois échantillons de vigne (à Mirabel-aux-Baronnies hors vents dominants et à Bollène situé sous les vents mais à plus de 5 km). Aucun des autres radionucléides recherchés n'a pu être quantifié. En 2022, l'activité en  $^{137}\text{Cs}$  mesurée dans ces matrices s'inscrit dans la continuité des niveaux observés au cours de la dernière décennie (Tableau 110 page 220 au Tableau 114 page 224) excepté pour le sol non cultivé prélevé à Bidon, hors vents dominants. Cet échantillon présente une activité en  $^{137}\text{Cs}$  ( $21,2 \pm 1,6 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$ ) supérieure à celles mesurées sous les vents dominants au cours de la dernière décennie. L' $^{131}\text{I}$  mesuré dans les mousses terrestres, l'herbe et le lait est à un niveau d'activité inférieure au seuil de décision.

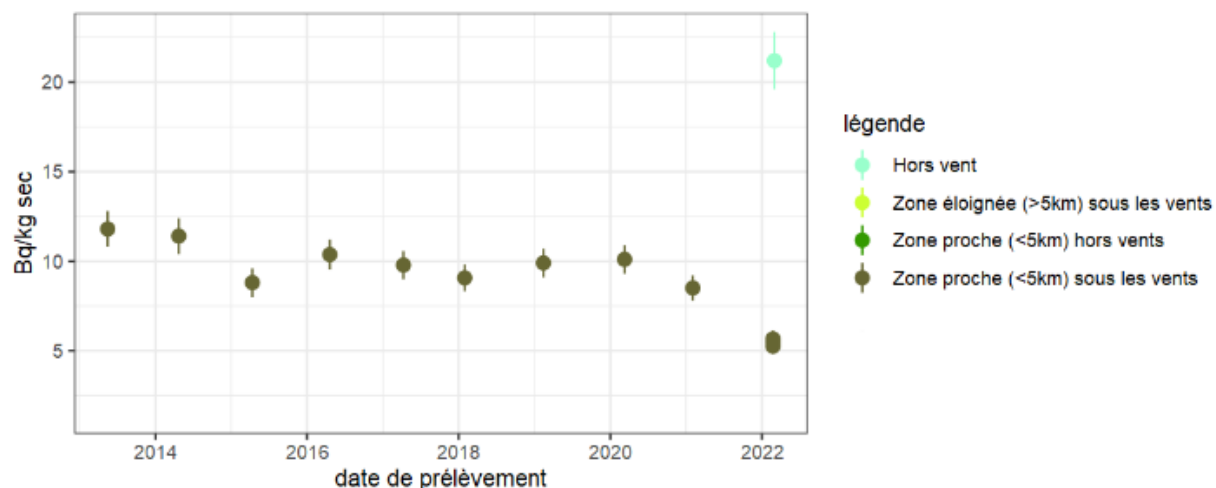


Figure 31 – Variation temporelle des activités du  $^{137}\text{Cs}$  détecté dans les sols non cultivés (0-5 cm)

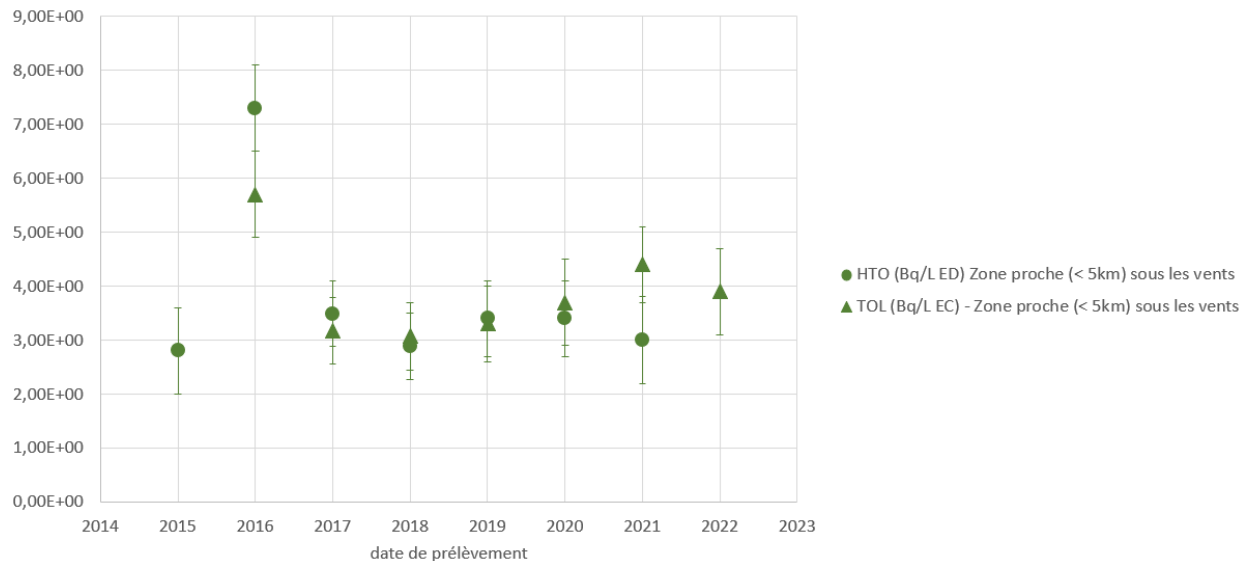
## 8.2.2.2 Radionucléides émetteurs bêta

### 8.2.2.2.1 Tritium

Les résultats d'analyse des activités en tritium libre et en tritium organiquement lié dans l'environnement terrestre du CNPE du Tricastin sont présentés respectivement dans le Tableau 123 page 238 et le Tableau 124 page 239.

Dans les salades prélevées à Bollène, l'activité en tritium libre est dans la gamme du bruit de fond observé en milieu terrestre hors influence d'un apport industriel local (de l'ordre de  $1 \text{ Bq.L}^{-1}$  dans une gamme allant de  $0,5$  à  $2 \text{ Bq.L}^{-1}$ ). En revanche, les activités en tritium libre mesurées dans le lait de brebis collecté à Mondragon ( $4,6 \pm 1 \text{ Bq.L}^{-1}$  ED) et dans l'herbe ( $3,2 \pm 0,8 \text{ Bq.L}^{-1}$  ED) sont supérieures aux valeurs de bruit de fond attendues. Par ailleurs, les activités en tritium organiquement lié mesurées dans l'ensemble des échantillons prélevés (l'herbe, les salades et le lait de brebis) prélevés sous les vents dominants (respectivement  $3,9 \pm 0,8 \text{ Bq.L}^{-1}$  EC,  $2,8 \pm 0,9 \text{ Bq.L}^{-1}$  EC et  $2,6 \pm 0,8 \text{ Bq.L}^{-1}$  EC) sont supérieures aux valeurs de bruit de fond attendues (de  $0,34$  à  $1,7 \text{ Bq.L}^{-1}$ ) d'après [1]).

Ce résultat est lié aux rejets d'effluents atmosphériques tritiés sur l'environnement terrestre au voisinage du CNPE du Tricastin.



**Figure 32 – Variation temporelle des activités du tritium libre et organiquement lié détecté dans l'herbe (Bq.L<sup>-1</sup> ED et EC)**

#### 8.2.2.2.2 Carbone 14

Les résultats d'analyse des activités <sup>14</sup>C dans l'environnement terrestre du CNPE du Tricastin sont présentés dans le Tableau 125 page 240.

Dans les échantillons de salades et dans le lait de brebis, l'activité en <sup>14</sup>C mesurée est proche du bruit de fond attendu à distance de tout apport industriel (222±7 Bq.kg<sup>-1</sup> C d'après [1]).

Deux des trois prélèvements d'herbe collectés en 2021 lors de la surveillance trimestrielle du site sous les vents à moins de 5 kilomètres du site démontrent l'occurrence d'un marquage par les rejets à l'atmosphère du CNPE (251±12 et 283±14 Bq.kg<sup>-1</sup> C, tableau 113 page 223).

## 8.3 État radiologique de l'environnement aquatique

### 8.3.1 Stratégie d'échantillonnage

La localisation des stations de prélèvement et la nature des échantillons collectés sont indiquées sur la Figure 29 et la Figure 30 page 205 et page 206 **Erreur ! Signet non défini.**. Les caractéristiques (dates, stations, natures, etc.) identifiant chaque échantillon sont répertoriées dans le Tableau 109 page 211 et suivantes.

Les stations et la nature des prélèvements permettent la comparaison avec les résultats des études antérieures. La dispersion des rejets d'effluents dans l'environnement est contrainte par les conditions hydrologiques propres au site. Le point de rejet des effluents liquides du CNPE se situe sur le canal à environ 3 km en amont de l'usine hydroélectrique de Blondel, à proximité de Bollène.

Les prélèvements, traitements et analyses spécifiques au bilan quinquennal et au bilan décennal 2022 ont été menés conjointement à ceux du suivi annuel. Concernant le bilan décennal, seuls les résultats de

spectrométrie gamma  $\gamma$  figurent. L'ensemble de la stratégie d'analyse et les résultats du bilan décennal ainsi que du bilan quinquennal seront présentés dans un rapport relatif au bilan radioécologique décennal de l'environnement proche du CNPE du Tricastin.

Les stations de référence en amont du site sont localisées à Châteauneuf-du-Rhône (poissons), au niveau du barrage de Donzère (végétaux) et dans la partie amont du canal d'amenée de Donzère-Mondragon (sédiments). En aval proche, les prélèvements de végétaux et de sédiments sont réalisés à Bollène dans le canal. Cette année, des prélèvements de phanérogames immergées ainsi que de sédiments ont également été réalisés au niveau de la station Gaffière, à Bollène. Les poissons en aval sont collectés à Mondragon. Encore plus en aval, à Saint-Etienne-des-Sorts sont collectés des sédiments et des phanérogames. La station de prélèvement d'eau de boisson de Mornas exploite la nappe alluviale alimentée par le Rhône, en aval du CNPE et fournit 70% des besoins en eau d'une trentaine de communes. L'eau d'irrigation est prélevée à environ 12 mètres de profondeur dans un forage situé à Bollène. Ce forage capte probablement les alluvions du Rhône de par la présence de marnes bleues sous une quinzaine de mètres d'alluvions et de la profondeur de la nappe mesurée. L'eau captée par le forage de Bollène vient probablement de la plaine du Tricastin qui est une zone potentiellement influencée par les rejets du site d'Orano Tricastin dans le canal de la Gaffière. Pendant la période d'irrigation, les canaux de drainage de la plaine du Tricastin sont utilisés pour recharger la nappe à partir de pompage dans les cours d'eau proche. De l'eau de rivière est prélevée dans le canal de Donzère Mondragon en amont du site du Tricastin, en aval proche à Bollène et au niveau de la station de la Gaffière.

Les pêches ont été réalisées au filet à grandes mailles par un pêcheur professionnel. Les poissons collectés sont des brèmes<sup>7</sup>. Les mesures réalisées sur les poissons ont porté sur les muscles afin d'étudier la fraction susceptible d'être consommée par l'homme et de s'affranchir du contenu du tractus gastro-intestinal.

Les échantillons prélevés ont été mesurés par spectrométrie  $\gamma$  excepté les eaux de boisson et d'irrigation. L'<sup>131</sup>I a été recherché dans les prélèvements de mousses aquatiques et de phanérogames collectées en amont et en aval proche du site du Tricastin. Cette année, les analyses en tritium libre ne sont pas réalisées sur les phanérogames immergées mais sur un échantillon d'eau du canal récolté au même moment que le prélèvement de phanérogames. Le tritium libre est également mesuré dans les eaux de boisson et d'irrigation. Le tritium organiquement lié et le <sup>14</sup>C ont été mesurés dans les échantillons de phanérogames immergées (excepté pour l'aval lointain) et dans les poissons. Du <sup>63</sup>Ni et du <sup>55</sup>Fe sont mesurés dans les échantillons de phanérogames collectées à Donzère et à Bollène.

---

<sup>7</sup> Dans le CCTP, il était demandé de prélever des chevesnes ou des barbeaux à l'amont et à l'aval du CNPE de Tricastin. Aucune de ces deux espèces n'a pu être prélevée faute de ressource. Des brèmes communes ont été pêchées à la place. Cela a fait l'objet d'une fiche d'écart.

**Tableau 109 – Identification des échantillons prélevés dans l'environnement aquatique du CNPE du Tricastin lors du suivi radioécologique de 2022**

Situation par rapport au C.N.P.E.	Chronique	Commune	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
19,21 km amont	Rhône en amont du Tricastin	Châteauneuf-du-Rhône	04,69296	44,48934	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Entier	21/04/2022	Gamma (Cendre)	4,23	20,20
19,21 km amont	Rhône en amont du Tricastin	Châteauneuf-du-Rhône	04,69296	44,48934	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Entier	21/04/2022	C-14 par SL (Benzène) (Sec)	4,48	-
19,21 km amont	Rhône en amont du Tricastin	Châteauneuf-du-Rhône	04,69296	44,48934	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Entier	21/04/2022	C élémentaire (Sec)	4,48	-
19,21 km amont	Rhône en amont du Tricastin	Châteauneuf-du-Rhône	04,69296	44,48934	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Entier	21/04/2022	Rapport relatif C13/C12 (Sec)	4,48	-
19,21 km amont	Rhône en amont du Tricastin	Châteauneuf-du-Rhône	04,69296	44,48934	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Entier	21/04/2022	H-3 lié (Sec)	4,48	-
19,21 km amont	Rhône en amont du Tricastin	Châteauneuf-du-Rhône	04,69296	44,48934	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Entier	21/04/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	4,48	-
19,21 km amont	Rhône en amont du Tricastin	Châteauneuf-du-Rhône	04,69296	44,48934	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Entier	21/04/2022	H-3 libre (Liquide)	4,48	-
12,53 km amont	Rhône en amont du Tricastin	Donzère	04,67806	44,43678	Mousses aquatiques	<i>Cinclidotus danub. Cinclidotus danubicus</i>	Parties aériennes	07/07/2022	Gamma (Cendre)	4,89	3,92
12,53 km amont	Rhône en amont du Tricastin	Donzère	04,67806	44,43678	Mousses aquatiques	<i>Cinclidotus danub. Cinclidotus danubicus</i>	Parties aériennes	07/07/2022	Gamma (Frais)	-	-
12,51 km amont	Rhône en amont du Tricastin	Donzère	04,69573	44,44034	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Entier	07/07/2022	Ni-63 par Sc. Liq. (Cendre)	7,28	7,10
12,51 km amont	Rhône en amont du Tricastin	Donzère	04,69573	44,44034	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Entier	07/07/2022	Gamma (Cendre)	7,28	7,10
12,51 km amont	Rhône en amont du Tricastin	Donzère	04,69573	44,44034	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Entier	07/07/2022	Gamma (Frais)	-	-
12,51 km amont	Rhône en amont du Tricastin	Donzère	04,69573	44,44034	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Entier	07/07/2022	C-14 par MS (spectrométrie de masse) (Sec)	6,67	-
12,51 km amont	Rhône en amont du Tricastin	Donzère	04,69573	44,44034	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Entier	07/07/2022	C élémentaire (Sec)	6,67	-
12,51 km amont	Rhône en amont du Tricastin	Donzère	04,69573	44,44034	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Entier	07/07/2022	Rapport relatif C13/C12 (Sec)	6,67	-
12,51 km amont	Rhône en amont du Tricastin	Donzère	04,69573	44,44034	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Entier	07/07/2022	H-3 lié (Sec)	6,67	-
12,51 km amont	Rhône en amont du Tricastin	Donzère	04,69573	44,44034	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Entier	07/07/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	6,67	-



Situation par rapport au C.N.P.E.	Chronique	Commune	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
12,51 km amont	Rhône en amont du Tricastin	Donzère	04,69573	44,44034	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Entier	07/07/2022	Fe-55 par SL (Cendre)	7,28	7,10
12,51 km amont	Rhône en amont du Tricastin	Donzère	04,69573	44,44034	Eaux douces	Eau de cours d'eau	Filtrat < 0.2 µm	07/07/2022	H-3 libre (Liquide)	-	-
12,49 km amont	Rhône en amont du Tricastin	Donzère	04,69537	44,44006	Eaux douces	Eau de cours d'eau	Entier	06/09/2022	Gamma (Sec)	3 936,84	-
9,27 km amont	Rhône en amont du Tricastin	Donzère	04,71009	44,41272	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Entier	24/02/2022	Gamma (Sec)	1,66	-
9,27 km amont	Rhône en amont du Tricastin	Donzère	04,71009	44,41272	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Entier	24/02/2022	Granulométrie INRA (Sec)	1,66	-
9,27 km amont	Rhône en amont du Tricastin	Donzère	04,71009	44,41272	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Entier	24/02/2022	MO après combustion (Sec)	1,66	-
6,39 km SSO	Rhône en aval de Tricastin	Bollène	04,70379	44,27667	Eaux douces	Eau d'irrigation	Filtrat < 0.2 µm	13/06/2022	H-3 libre (Liquide)	-	-
14,22 km S	Rhône en aval de Tricastin	Mornas	04,73044	44,20286	Eaux de boisson	Eau d'adduction publique	Filtrat < 0.2 µm	13/06/2022	H-3 libre (Liquide)	-	-
2,25 km aval	Rhône en aval de Tricastin	Bollène, Rhône	04,73986	44,31149	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Entier	23/02/2022	Gamma (Sec)	1,75	-
2,25 km aval	Rhône en aval de Tricastin	Bollène, Rhône	04,73986	44,31149	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Entier	23/02/2022	Granulométrie INRA (Sec)	1,75	-
2,25 km aval	Rhône en aval de Tricastin	Bollène, Rhône	04,73986	44,31149	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Entier	23/02/2022	MO après combustion (Sec)	1,75	-
2,26 km aval	Rhône en aval de Tricastin	Bollène, Rhône	04,73984	44,31135	Eaux douces	Eau de cours d'eau	Entier	07/09/2022	Gamma (Sec)	4 014,20	-
4,03 km aval	Rhône en aval de Tricastin	Bollène, Rhône	04,74124	44,29520	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Entier	07/07/2022	Ni-63 par Sc. Liq. (Cendre)	6,44	7,62
4,03 km aval	Rhône en aval de Tricastin	Bollène, Rhône	04,74124	44,29520	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Entier	07/07/2022	Gamma (Cendre)	6,44	7,62
4,03 km aval	Rhône en aval de Tricastin	Bollène, Rhône	04,74124	44,29520	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Entier	07/07/2022	Gamma (Frais)	-	-
4,03 km aval	Rhône en aval de Tricastin	Bollène, Rhône	04,74124	44,29520	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Entier	07/07/2022	C-14 par MS (spectrométrie de masse) (Sec)	5,85	-
4,03 km aval	Rhône en aval de Tricastin	Bollène, Rhône	04,74124	44,29520	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Entier	07/07/2022	C élémentaire (Sec)	5,85	-
4,03 km aval	Rhône en aval de Tricastin	Bollène, Rhône	04,74124	44,29520	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Entier	07/07/2022	Rapport relatif C13/C12 (Sec)	5,85	-

Situation par rapport au C.N.P.E.	Chronique	Commune	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
4,03 km aval	Rhône en aval de Tricastin	Bollène, Rhône	04,74124	44,29520	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Entier	07/07/2022	H-3 lié (Sec)	5,85	-
4,03 km aval	Rhône en aval de Tricastin	Bollène, Rhône	04,74124	44,29520	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Entier	07/07/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	5,85	-
4,03 km aval	Rhône en aval de Tricastin	Bollène, Rhône	04,74124	44,29520	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Entier	07/07/2022	Fe-55 par SL (Cendre)	6,44	7,62
4,03 km aval	Rhône en aval de Tricastin	Bollène, Rhône	04,74124	44,29520	Eaux douces	Eau de cours d'eau	Filtrat < 0.2 µm	07/07/2022	H-3 libre (Liquide)	-	-
4,03 km aval	Rhône en aval de Tricastin	Bollène, Rhône	04,74124	44,29520	Mousses aquatiques	Fontinale <i>Fontinalis antipyretica Hedw.</i>	Parties aériennes	07/07/2022	Gamma (Cendre)	6,11	2,64
4,03 km aval	Rhône en aval de Tricastin	Bollène, Rhône	04,74124	44,29520	Mousses aquatiques	Fontinale <i>Fontinalis antipyretica Hedw.</i>	Parties aériennes	07/07/2022	Gamma (Frais)	-	-
13,01 km aval	Rhône en aval de Tricastin	Mondragon	04,70502	44,21524	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Entier	20/04/2022	Gamma (Cendre)	3,92	23,17
13,01 km aval	Rhône en aval de Tricastin	Mondragon	04,70502	44,21524	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Entier	20/04/2022	C-14 par SL (Benzène) (Sec)	4,46	-
13,01 km aval	Rhône en aval de Tricastin	Mondragon	04,70502	44,21524	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Entier	20/04/2022	C élémentaire (Sec)	4,46	-
13,01 km aval	Rhône en aval de Tricastin	Mondragon	04,70502	44,21524	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Entier	20/04/2022	Rapport relatif C13/C12 (Sec)	4,46	-
13,01 km aval	Rhône en aval de Tricastin	Mondragon	04,70502	44,21524	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Entier	20/04/2022	H-3 lié (Sec)	4,46	-
13,01 km aval	Rhône en aval de Tricastin	Mondragon	04,70502	44,21524	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Entier	20/04/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	4,46	-
13,01 km aval	Rhône en aval de Tricastin	Mondragon	04,70502	44,21524	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Entier	20/04/2022	H-3 libre (Liquide)	4,46	-
16,3 km aval	Rhône en aval de Tricastin	Saint-Étienne-des-Sorts	04,71376	44,18469	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Parties aériennes	08/07/2022	Gamma (Cendre)	5,88	5,89
16,31 km aval	Rhône en aval de Tricastin	Saint-Étienne-des-Sorts	04,71380	44,18460	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Entier	23/02/2022	Gamma (Sec)	1,60	-
16,31 km aval	Rhône en aval de Tricastin	Saint-Étienne-des-Sorts	04,71380	44,18460	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Entier	23/02/2022	Granulométrie INRA (Sec)	1,60	-
16,31 km aval	Rhône en aval de Tricastin	Saint-Étienne-des-Sorts	04,71380	44,18460	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Entier	23/02/2022	MO après combustion (Sec)	1,60	-
2,45 km aval	Station Gaffière aval Tricastin	Bollène, Gaffière	04,71753	44,31091	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Entier	23/02/2022	Gamma (Sec)	2,51	-

Situation par rapport au C.N.P.E.	Chronique	Commune	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
2,46 km aval	Station Gaffière aval Tricastin	Bollène, Gaffière	04,71756	44,31080	Eaux douces	Eau de cours d'eau	Entier	07/09/2022	Gamma en cours (Sec)	3884,97	-
2,54 km aval	Station Gaffière aval Tricastin	Bollène	04,71719	44,31020	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Entier	07/07/2022	Gamma (Cendre)	10,05	3,64

- : absence de traitement. Distance au site calculée en ligne droite entre les coordonnées d'un point de référence du site et celles du point de prélèvement

Dans les tableaux aquatiques suivants :

	Prélèvements en amont du dispositif de rejets des effluents liquides
	Prélèvements en aval du dispositif de rejets des effluents liquides
	Prélèvements d'eau en aval du dispositif de rejets des effluents liquides

## 8.3.2 Résultats et interprétation

### 8.3.2.1 Radionucléides émetteurs gamma

#### 8.3.2.1.1 Radionucléides émetteurs gamma d'origine naturelle

Les résultats d'analyse par spectrométrie  $\gamma$  des activités en radionucléides d'origine naturelle dans l'environnement aquatique du CNPE du Tricastin sont présentés dans le Tableau 127 page 242.

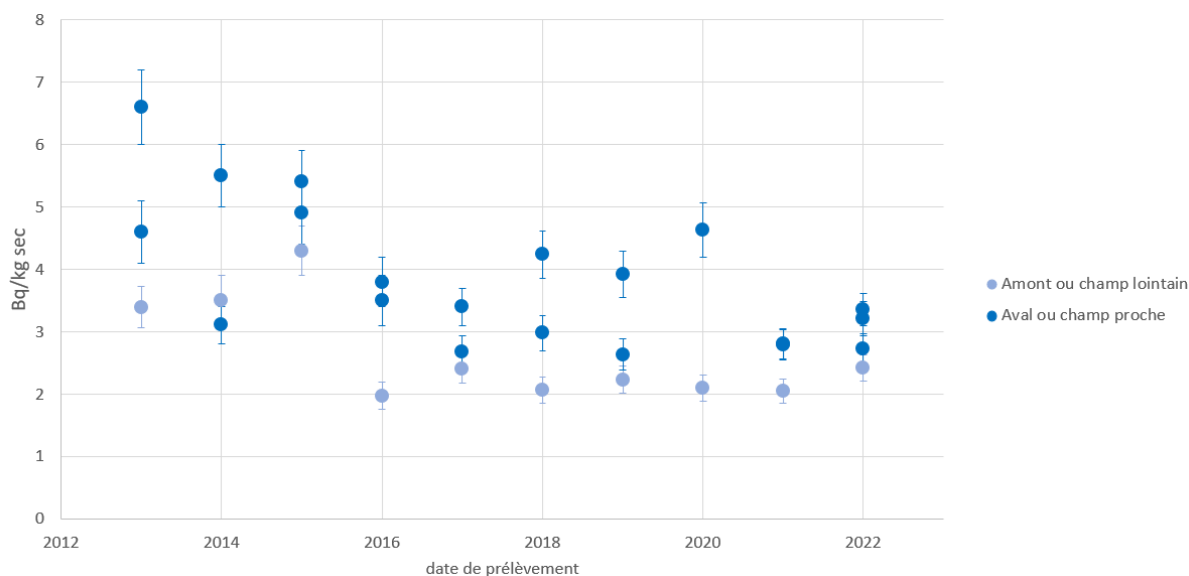
En 2022, la radioactivité d'origine naturelle mesurée dans les eaux de cours d'eau, les sédiments, les végétaux et les poissons s'inscrit dans la gamme des valeurs habituellement mesurées dans ces matrices [1]. Le  $^{40}\text{K}$  est le radionucléide prépondérant dans l'ensemble des matrices échantillonnées. Les activités en  $^{40}\text{K}$  dans les poissons sont celles attendues pour ces animaux dont la teneur en potassium est physiologiquement régulée (activité massique toujours proche de  $100 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$  frais). Les radionucléides des familles de l' $^{238}\text{U}$  et du  $^{232}\text{Th}$  ainsi que le  $^7\text{Be}$  sont détectés dans les sédiments et dans les végétaux.

L'ensemble des résultats obtenus permet d'assurer que les échantillons n'ont pas subi de biais au cours des étapes de prélèvement, de préparation et d'analyse par spectrométrie gamma.

#### 8.3.2.1.2 Radionucléides émetteurs gamma d'origine artificielle

Les résultats d'analyse par spectrométrie  $\gamma$  des activités en radionucléides d'origine artificielle dans l'environnement aquatique du CNPE du Tricastin sont présentés dans le Tableau 128 page 244.

Le  $^{137}\text{Cs}$  est présent dans tous les échantillons prélevés en milieu aquatique, excepté dans les eaux de cours d'eau, avec des activités s'inscrivant dans la gamme des niveaux observés au cours des dix dernières années (Tableau 116 page 226 au Tableau 119 page 229). On notera qu'à l'exception des sédiments (Figure ci-dessous), compte tenu des incertitudes de mesure, les activités du  $^{137}\text{Cs}$  sont proches entre l'amont et l'aval. Dans les sédiments, les activités quantifiées sont le plus souvent plus élevées en aval du site (sauf 2014), soit probablement le signe d'une contribution des rejets du CNPE au marquage des sédiments du Rhône par les retombées globales et les rejets des installations en amont.



**Figure 33 – Variation temporelle des activités  $^{137}\text{Cs}$  mesurées dans les sédiments collectés dans l'environnement aquatique du CNPE de Tricastin de 2013 à 2022**

Du  $^{58}\text{Co}$  ( $0,55\pm 0,25 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$ ) et du  $^{60}\text{Co}$  ( $0,18\pm 0,08 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$ ) ont été mesurés dans les mousses aquatiques prélevées en amont du site. Du  $^{60}\text{Co}$  est également mesuré dans les sédiments ( $0,22\pm 0,08 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$ ) et les phanérogame immergées ( $0,31\pm 0,06 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$ ) prélevés en aval proche du site, à Bollène. Ces détections témoignent de l'influence des rejets liquides autorisés des CNPE situés en amont comme observé ces dernières années ainsi que des rejets liquides autorisés du CNPE du Tricastin.

L' $^{131}\text{I}$  est quantifié dans les phanérogame immergées et les mousses aquatiques prélevées en amont et en aval proche du CNPE. L'activité du  $^{131}\text{I}$  mesurée dans les phanérogame et les mousses aquatiques est similaire entre l'amont et l'aval compte tenu des incertitudes de mesure. Son activité provient des unités médicales implantées dans les agglomérations en amont du CNPE du Tricastin, sans pouvoir écarter les contributions des rejets liquides du site industriel.

### 8.3.2.2 Radionucléides émetteurs bêta

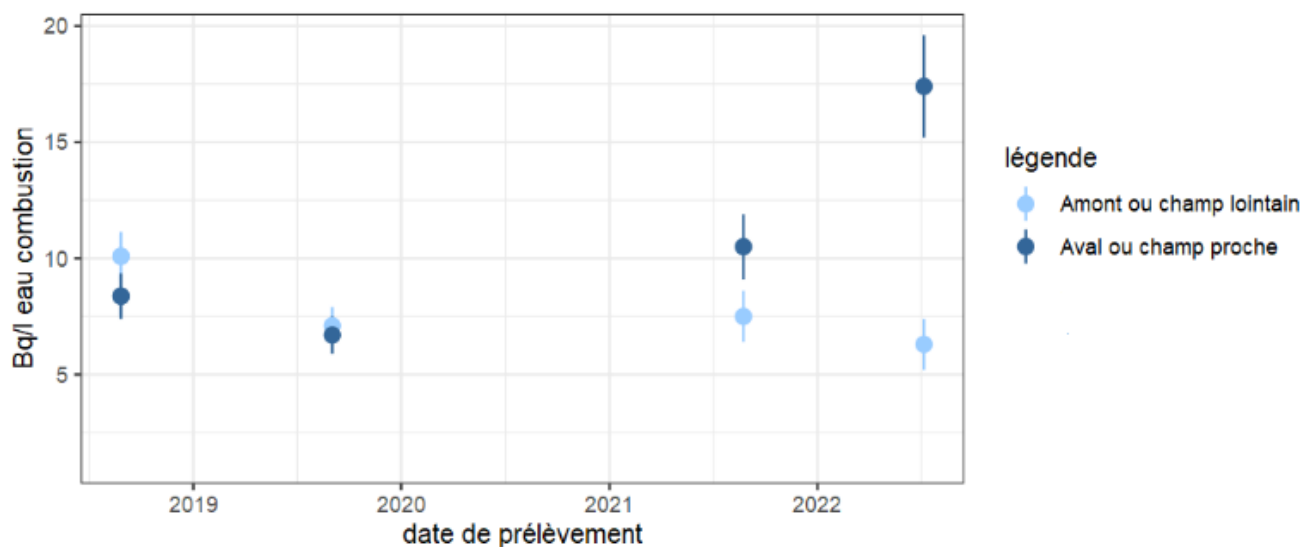
#### 8.3.2.2.1 Tritium

Les résultats d'analyse des activités en tritium libre et en tritium organiquement lié dans l'environnement aquatique du CNPE du Tricastin sont présentés respectivement dans le Tableau 129 page 246 et le Tableau 130 page 247.

L'eau du canal prélevée en amont du site du Tricastin pendant le prélèvement de phanérogame immergées présente une activité en tritium libre inférieure au seuil de décision. L'eau d'irrigation prélevée à Bollène présente une activité en tritium libre qui est dans la gamme des valeurs attendues dans un environnement non soumis à des rejets industriels (de l'ordre de  $1 \text{ Bq.L}^{-1}$  dans une gamme allant de  $0,5$  à  $2 \text{ Bq.L}^{-1}$  d'après [1]). En revanche, les activités en tritium libre mesurées dans les poissons pêchés en amont ( $9,6\pm 1,4 \text{ Bq.L}^{-1} \text{ ED}$ ) et en aval ( $4,6\pm 0,9 \text{ Bq.L}^{-1} \text{ ED}$ ) sont supérieures au niveau attendu hors influence de rejets liquides. Il en est de même pour l'eau de boisson prélevée à Mornas en aval du site ( $4,2\pm 0,8 \text{ Bq.L}^{-1} \text{ ED}$ ). L'activité en tritium libre mesurée dans l'eau du canal prélevée en aval proche du site du Tricastin, au même moment que les prélèvements de phanérogame, est également supérieure au niveau attendu hors influence de rejets liquides avec une valeur très élevée ( $65\pm 7 \text{ Bq.L}^{-1} \text{ ED}$ ). Le prélèvement d'eau en aval proche du site a probablement été réalisé lors d'un rejet liquide tritié du site du Tricastin sans pouvoir en connaître l'origine exacte (CNPE du Tricastin, autres installations présentes sur le site du Tricastin).

Comme pour les années passées, les activités en tritium organiquement lié mesurées dans les phanérogame immergées ( $6,3\pm 1,1 \text{ Bq.L}^{-1} \text{ EC}$  en amont et  $17,4\pm 2,2 \text{ Bq.L}^{-1} \text{ EC}$  en aval) ainsi que dans les poissons ( $11,7\pm 1,1 \text{ Bq.L}^{-1} \text{ EC}$  en amont et  $8,1\pm 1,2 \text{ Bq.L}^{-1} \text{ EC}$  en aval) sont supérieures au niveau attendu hors influence de rejets liquides (de l'ordre de  $1 \text{ Bq.L}^{-1}$  dans une gamme allant de  $0,5$  à  $2 \text{ Bq.L}^{-1}$  d'après [1]). Cette année, comme en 2021 et contrairement aux années précédentes, les activités en tritium organiquement lié mesurées dans les phanérogame sont plus élevées en aval qu'en amont (Figure 34 page 217). Ceci est en cohérence avec le niveau élevé en tritium libre mesuré dans les eaux du canal en aval du site. Les prélèvements de phanérogame ont probablement été réalisés lors d'un rejet liquide tritié du site du Tricastin.

Les activités mesurées ne permettent pas de discriminer le marquage par les rejets liquides tritiés du CNPE du Tricastin et des autres installations présentes sur le site du Tricastin (ORANO) de celui occasionné par les rejets d'effluents liquides des CNPE situés en amont (Cruas-Meysses, Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil et Le Bugey) ainsi que des rejets liés à l'industrie horlogère implantée par le passé dans le Haut-Rhône.

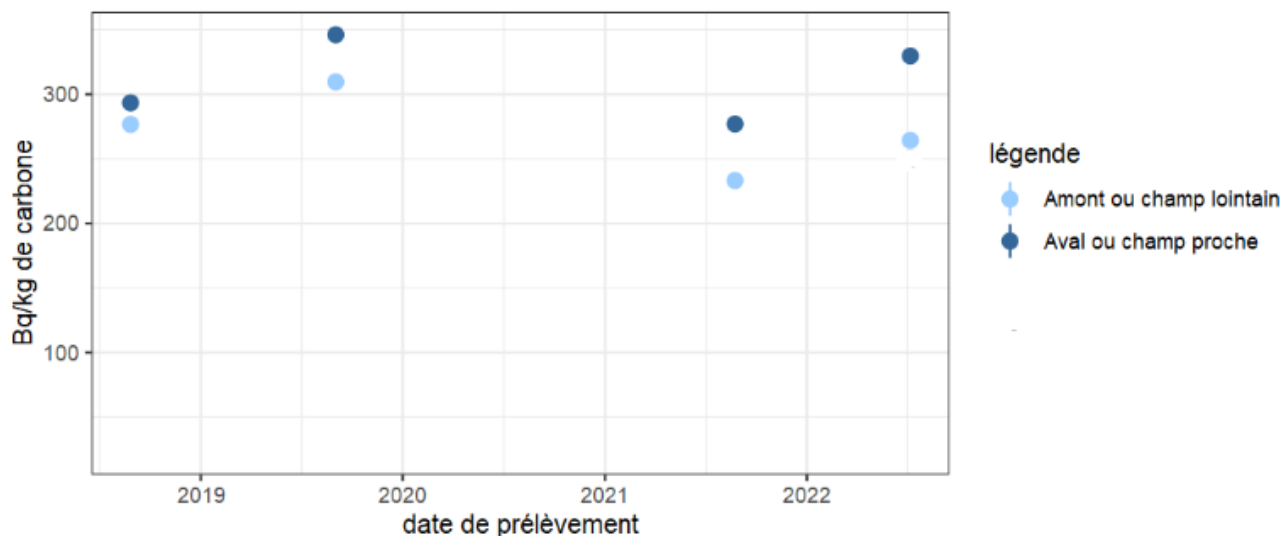


**Figure 34 – Variation temporelle des activités en tritium organiquement lié mesurées dans les phanérogames immergées collectées dans l'environnement aquatique du CNPE de Tricastin de 2013 à 2022**

#### 8.3.2.2.2 Carbone 14

Les résultats d'analyse des activités en  $^{14}\text{C}$  dans l'environnement aquatique du CNPE du Tricastin sont présentés dans le Tableau 131 page 248.

Les activités en  $^{14}\text{C}$  mesurées dans les phanérogames immergées sont supérieures à l'activité attendue hors influence d'apports industriels (inférieure à  $220 \text{ Bq.kg}^{-1}$  de C d'après [1]), avec une activité plus élevée en aval ( $329,7 \pm 3,6 \text{ Bq.kg}^{-1}$  de C) qu'en amont ( $264,3 \pm 2,9 \text{ Bq.kg}^{-1}$  de C). Les activités mesurées dans les poissons pêchés en amont et en aval du site (respectivement  $837 \pm 47 \text{ Bq.kg}^{-1}$  de C et  $841 \pm 41 \text{ Bq.kg}^{-1}$  de C) sont également supérieures à l'activité attendue hors influence d'apports industriels mais ne présentent pas de différence significative entre l'amont et l'aval compte tenu des incertitudes de mesure. Les valeurs élevées en  $^{14}\text{C}$  dans les différentes matrices prélevées sont imputables aux rejets liquides du CNPE du Tricastin et des autres installations présentes sur le site du Tricastin (ORANO) ainsi que des rejets d'effluents liquides des CNPE situés en amont (Cruas-Meyse, Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil et Le Bugey).



**Figure 35 – Variation temporelle des activités en  $^{14}\text{C}$  dans les phanérogames de 2018 à 2022**

#### 8.3.2.2.3 Nickel 63 et Fer 55

Les résultats d'analyse des activités en  $^{63}\text{Ni}$  et  $^{55}\text{Fe}$  sont respectivement présentés dans le Tableau 132 page 249 et le Tableau 133 page 249.

Le  $^{63}\text{Ni}$  est mesuré dans les deux échantillons de phanérogames immergées avec une activité plus élevée en aval proche ( $0,33 \pm 0,06 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$ ) qu'en amont ( $0,165 \pm 0,048 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$ ) du CNPE. L'activité en  $^{55}\text{Fe}$  mesurée dans les phanérogames prélevées en amont et en aval proche du site est inférieure au seuil de décision. La technique de mesure du  $^{55}\text{Fe}$  fournit pour ces échantillons des limites de détection trop élevées pour affiner le diagnostic. Les résultats obtenus pour le  $^{63}\text{Ni}$ , encore peu nombreux, ne permettent pas de définir la variabilité des activités dans cette matrice et, le cas échéant, de se prononcer sur un éventuel marquage par les rejets d'effluents du site.

## 8.4 Conclusion de l'état radiologique de l'environnement du CNPE du Tricastin

En 2022, la radioactivité d'origine naturelle mesurée dans les échantillons des milieux terrestre et aquatique reste qualitativement et quantitativement équivalente à celle observée avant la mise en service industrielle du CNPE. Le  $^{40}\text{K}$  est le radionucléide d'origine naturelle prépondérant dans tous les échantillons.

La radioactivité gamma d'origine artificielle du milieu terrestre et du milieu aquatique est exclusivement imputable au  $^{137}\text{Cs}$ . La présence de ce radionucléide artificiel dans l'environnement est essentiellement liée aux retombées des essais nucléaires et de Tchernobyl.

En milieu terrestre, l'activité en tritium libre mesurée dans les salades ne met pas en évidence de contribution des rejets d'effluents atmosphériques de ce site. Il en est de même pour le  $^{14}\text{C}$  mesuré dans les salades et le lait de brebis. En revanche, les activités en tritium libre mesurées dans l'herbe et le lait de brebis et en tritium organiquement lié mesurées dans l'herbe, les salades et le lait de brebis permettent de mettre en évidence un marquage par les rejets d'effluents tritiés à l'atmosphère opérés par le site du Tricastin.

Dans l'environnement aquatique, les activités en  $^{131}\text{I}$  mesurées dans les phanérogames prélevées en amont et en aval du site sont caractéristiques d'un marquage par des rejets récents. Les valeurs amont et aval étant du même ordre de grandeur compte tenu des incertitudes liées à la mesure, il semble que l'origine de ce marquage soit imputable aux rejets hospitaliers en amont du site, et dans une moindre mesure, aux rejets liquides du site du Tricastin, sans pouvoir écarter les contributions des rejets liquides du site industriel. Les détections de  $^{58}\text{Co}$  et  $^{60}\text{Co}$  dans les mousses collectées en amont du site du Tricastin ainsi que les détections de  $^{60}\text{Co}$  dans les sédiments et les phanérogames prélevés en aval témoignent du marquage du milieu aquatique par les rejets d'effluents liquides des installations situées en amont ainsi que des installations du site du Tricastin.

Les activités en tritium organiquement lié et en  $^{14}\text{C}$  mesurées dans les phanérogames immergées sont supérieures aux activités mesurées hors influence et sont également plus élevées en aval qu'en amont. L'eau de boisson prélevée à Mornas, en aval du CNPE, présente également une activité en tritium libre supérieure au niveau attendu hors influence de rejets liquides. Il en est de même pour l'eau du canal prélevée à Bollène, en aval du site, pendant le prélèvement des phanérogames immergées. Les poissons pêchés en amont et en aval du site ont des activités en tritium organiquement lié et en  $^{14}\text{C}$  supérieures au niveau attendu hors influence des rejets liquides, sans différence significative entre l'amont et l'aval compte tenu des incertitudes de mesure pour l'activité en  $^{14}\text{C}$ . En revanche, les poissons pêchés en amont ont une activité en tritium organiquement lié plus élevée qu'en aval.

Ces activités mettent en évidence un marquage du milieu aquatique par les rejets liquides du CNPE du Tricastin, des autres installations présentes sur le site du Tricastin (ORANO) et des CNPE situés en amont (Cruas-Meyse, Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil et Bugey) sans pouvoir différencier l'origine de ce marquage. Le marquage de l'environnement aquatique en tritium est également imputable aux rejets liés à l'industrie horlogère implantée par le passé dans le Haut-Rhône. Enfin, la connaissance des niveaux de référence en  $^{63}\text{Ni}$  en milieu aquatique ne permet pas encore de se prononcer quant à l'origine du marquage de l'environnement aquatique du site.



## 8.5 Tableaux de résultats

**Tableau 110 – Activités en radionucléides émetteurs  $\gamma$  des échantillons de sols collectés dans l’environnement terrestre du site du Tricastin lors des études radioécologiques de 2013 à 2022**

Année	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022			
Fraction	Diamètre inférieur à 2 mm	Diamètre inférieur à 2 mm	Diamètre inférieur à 2 mm	Diamètre inférieur à 2 mm	Diamètre inférieur à 2 mm	Diamètre inférieur à 2 mm	Diamètre inférieur à 2 mm	Diamètre inférieur à 2 mm	Diamètre inférieur à 2 mm	Diamètre inférieur à 2 mm			
Chronique	Le tricastin - zone sous les vents (<5 km)	Le tricastin - zone sous les vents (<5 km)	Le tricastin - zone sous les vents (<5 km)	Le tricastin - zone sous les vents (<5 km)	Le tricastin - zone sous les vents (<5 km)	Le tricastin - zone sous les vents (<5 km)	Le tricastin - zone sous les vents (<5 km)	Le tricastin - zone sous les vents (<5 km)	Le tricastin - zone sous les vents (<5 km)	Le tricastin - hors vents (>5 km)	Le tricastin - hors vents (<5 km)	Le tricastin - sous les vents (>5 km)	Le tricastin - zone sous les vents (<5 km)
<b>Emetteurs gamma d’origine artificielle (Bq.kg<sup>-1</sup> sec)</b>													
<sup>134</sup> Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>137</sup> Cs	11,8 (1/1)	11,4 (1/1)	8,80 (1/1)	10,37 (1/1)	9,78 (1/1)	9,07 (1/1)	9,9 (1/1)	10,1 (1/1)	8,5 (1/1)	4,64-9,1 (3/3)	3,23 (1/1)	5,15 (1/1)	5,25-7,3 (2/2)
<sup>58</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>60</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>110m</sup> Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>54</sup> Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>124</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>125</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>131</sup> I	n.a.	n.a.	n.a.	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

n.a. : non analysé. - : inférieur au seuil de décision.

**Tableau 111 – Activités en radionucléides émetteurs  $\gamma$  des échantillons de mousses collectés dans l’environnement terrestre du site du Tricastin lors des études radioécologiques de 2013 à 2022**

Année	2013		2014		2015		2016		2017		2018	2019	2020	2021	2022	
Fraction	Entier		Entier		Entier		Entier		Entier		Entier	Parties aériennes	Parties aériennes	Parties aériennes	Parties aériennes	
Chronique	Le tricastin - zone hors vents dominants (>5 km)	Le tricastin - zone sous les vents (>5 km)	Le tricastin - zone hors vents dominants (>5 km)	Le tricastin - zone sous les vents (>5 km)	Le tricastin - zone hors vents dominants (>5 km)	Le tricastin - zone sous les vents (>5 km)	Le tricastin - zone hors vents dominants (>5 km)	Le tricastin - zone sous les vents (>5 km)	Le tricastin - zone hors vents dominants (>5 km)	Le tricastin - zone sous les vents (>5 km)	Le tricastin - zone hors vents dominants (>5 km)	Le tricastin - zone sous les vents (>5 km)	Le tricastin - zone hors vents dominants (>5 km)	Le tricastin - zone sous les vents (>5 km)	Le tricastin - zone hors vents dominants (>5 km)	Le tricastin - zone sous les vents (>5 km)
<b>Emetteurs gamma d'origine artificielle (Bq.kg<sup>-1</sup> sec)</b>																
<sup>134</sup> Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>137</sup> Cs	14,8 (1/1)	9,1 (1/1)	3,84 (1/1)	20,4 (1/1)	2,27 (1/1)	11,1 (1/1)	7,3 (1/1)	1,20 (1/1)	2,20 (1/1)	3,22 (1/1)	2,99 (1/1)	20,1 (1/1)	4,39 (1/1)	6,10 (1/1)	1,39 (1/1)	3,83 (1/1)
<sup>58</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>60</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>110m</sup> Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>54</sup> Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>124</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>125</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>131</sup> I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

- : inférieur au seuil de décision. n.a. : non analysé.

**Tableau 112 – Activités en radionucléides émetteurs  $\gamma$  et  $\beta$  des échantillons de salades collectés dans l'environnement terrestre du site du Tricastin lors des études radioécologiques de 2013 à 2022**

Année	2013		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
Fraction	Parties aériennes		Parties aériennes	Parties aériennes	Parties aériennes	Parties aériennes	Parties aériennes	Feuilles annuelles	Parties aériennes	Parties aériennes	Parties aériennes	
Chronique	Le tricastin - zone hors vents dominants (>5 km)	Le tricastin - zone sous les vents (>5 km)	Le tricastin - zone hors vents dominants (>5 km)	Le tricastin - zone sous les vents (>5 km)	Le tricastin - zone sous les vents (>5 km)	Le tricastin - zone sous les vents (>5 km)	Le tricastin - zone sous les vents (>5 km)	Le tricastin - zone sous les vents (>5 km)	Le tricastin - zone sous les vents (>5 km)	Le tricastin - zone sous les vents (>5 km)	Le tricastin - zone hors vents dominants (>5 km)	Le tricastin - zone sous les vents (>5 km)
<b>Emetteurs gamma d'origine artificielle (Bq.kg<sup>-1</sup> sec)</b>												
<sup>134</sup> Cs	-	n.a.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>137</sup> Cs	0,38 (1/1)	n.a.	-	0,18 (1/1)	0,152 (1/1)	-	0,169 (1/1)	-	-	-	0,22 (1/1)	0,22 (1/1)
<sup>58</sup> Co	-	n.a.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>60</sup> Co	-	n.a.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>110m</sup> Ag	-	n.a.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>54</sup> Mn	-	n.a.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>124</sup> Sb	-	n.a.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>125</sup> Sb	-	n.a.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>131</sup> I	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
<b>Emetteurs beta (<sup>3</sup>H libre : Bq.L<sup>-1</sup> d'eau de dessiccation, <sup>3</sup>H lié : Bq.L<sup>-1</sup> d'eau de combustion, <sup>14</sup>C : Bq.kg<sup>-1</sup> C, autres : Bq.kg<sup>-1</sup> sec)</b>												
<sup>3</sup> H libre	n.a.	n.a.	n.a.	2,90 (1/1)	1,90 (1/1)	1,90 (1/1)	2,19 (1/1)	2,60 (1/1)	1,50 (1/1)	1,30 (1/1)	n.a.	1,7 (1/1)
<sup>3</sup> H lié	n.a.	n.a.	n.a.	3,30 (1/1)	3,20 (1/1)	2,42 (1/1)	2,95 (1/1)	3,80 (1/1)	2,00 (1/1)	2,00 (1/1)	n.a.	2,8 (1/1)
<sup>14</sup> C	n.a.	n.a.	n.a.	230 (1/1)	227 (1/1)	229 (1/1)	229 (1/1)	230 (1/1)	231 (1/1)	230 (1/1)	n.a.	226 (1/1)
<sup>55</sup> Fe	n.a.	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

n.a. : non analysé. - : inférieur au seuil de décision.

**Tableau 113 – Activités en radionucléides émetteurs  $\gamma$  et  $\beta$  des échantillons d'herbe collectés dans l'environnement terrestre du site du Tricastin lors des études radioécologiques de 2013 à 2022**

Année	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
Fraction	Parties aériennes	Parties aériennes	Parties aériennes	Parties aériennes	Parties aériennes	Parties aériennes	Parties aériennes	Parties aériennes	Parties aériennes	Parties aériennes	Parties aériennes
Chronique	Le tricastin - zone sous les vents (<5 km)	Le tricastin - zone sous les vents (<5 km)	Le tricastin - zone sous les vents (<5 km)	Le tricastin - zone sous les vents (<5 km)	Le tricastin - zone sous les vents (<5 km)	Le tricastin - zone sous les vents (<5 km)	Le tricastin - zone sous les vents (<5 km)	Le tricastin - zone sous les vents (<5 km)	Le tricastin - zone sous les vents (<5 km)	Le tricastin - zone hors vents dominants (>5 km)	Le tricastin - zone sous les vents (<5 km)
<b>Emetteurs gamma d'origine artificielle (Bq.kg<sup>-1</sup> sec)</b>											
<sup>134</sup> Cs	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-	-
<sup>137</sup> Cs	-	0,101 (1/1)	-	-	-	0,068 (1/1)	0,084 (1/1)	n.a.	-	-	-
<sup>58</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-	-
<sup>60</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-	-
<sup>110m</sup> Ag	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-	-
<sup>54</sup> Mn	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-	-
<sup>124</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-	-
<sup>125</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-	-
<sup>131</sup> I	n.a.	n.a.	n.a.	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	-
<b>Emetteurs beta (<sup>3</sup>H libre : Bq.L<sup>-1</sup> d'eau de dessiccation, <sup>3</sup>H lié : Bq.L<sup>-1</sup> d'eau de combustion, <sup>14</sup>C : Bq.kg<sup>-1</sup> C, autres : Bq.kg<sup>-1</sup> sec)</b>											
<sup>3</sup> H libre	n.a.	n.a.	2,80 (1/1)	7,30 (1/1)	3,49 (1/1)	2,89 (1/1)	3,40 (1/1)	3,40 (1/1)	3,00 (1/1)	n.a.	3,2 (1/1)
<sup>3</sup> H lié	n.a.	n.a.	n.a.	5,70 (1/1)	3,17 (1/1)	3,07 (1/1)	3,30 (1/1)	3,70 (1/1)	4,40 (1/1)	n.a.	3,9 (1/1)
<sup>14</sup> C	237,3 (1/1)	237,3 (1/1)	232310,6 (4/4)	230-321,00 (5/5)	242-283,4 (2/2)	229-285 (4/4)	**	242-279 (2/2)	224-283 (3/3)	n.a.	(3/3)
<sup>90</sup> Sr	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

n.a. : non analysé. - : inférieur au seuil de décision. \*\* : Pas de ressource pour le prélèvement trimestriel d'herbe des mois d'avril 2019, de juillet 2019, d'octobre 2019 et de janvier 2020.

**Tableau 114 – Activités en radionucléides émetteurs  $\gamma$  et  $\beta$  des échantillons de lait collectés dans l'environnement terrestre du site du Tricastin lors des études radioécologiques de 2013 à 2022**

Année	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
Fraction	Entier	Entier	Entier	Entier	Entier	Entier	Entier	Entier	Entier	Entier	
Chronique	Le tricastin - zone sous les vents (>5 km)	Le tricastin - zone sous les vents (>5 km)	Le tricastin - zone sous les vents (>5 km)	Le tricastin - zone sous les vents (>5 km)	Le tricastin - zone sous les vents (>5 km)	Le tricastin - zone sous les vents (>5 km)	Le tricastin - zone sous les vents (>5 km)	Le tricastin - zone hors vents dominants (<5 km)	Le tricastin - zone hors vents dominants (<5 km)	Le tricastin - zone hors vents dominants (>5 km)	Le tricastin - zone sous les vents (>5 km)
<b>Emetteurs gamma d'origine artificielle (Bq.L<sup>-1</sup>)</b>											
<sup>134</sup> Cs	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-	-
<sup>137</sup> Cs	0,0248 (1/1)	0,0204 (1/1)	0,0161 (1/1)	-	0,0164 (1/1)	0,0112 (1/1)	0,0136 (1/1)	n.a.	0,0112 (1/1)	0,147-0,151 (2/2)	0,0069 (1/2)
<sup>58</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-	-
<sup>60</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-	-
<sup>110m</sup> Ag	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-	-
<sup>54</sup> Mn	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-	-
<sup>124</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-	-
<sup>125</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-	-
<sup>131</sup> I	n.a.	n.a.	n.a.	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	-
<b>Emetteurs beta (<sup>3</sup>H libre : Bq.L<sup>-1</sup> d'eau de dessiccation, <sup>3</sup>H lié : Bq.L<sup>-1</sup> d'eau de combustion, <sup>14</sup>C : Bq.kg<sup>-1</sup> C, autres : Bq.L<sup>-1</sup>)</b>											
<sup>3</sup> H libre	0,80 (1/1)	-	4,20 (1/1)	4,60 (1/1)	6,00 (1/1)	3,37 (1/1)	5,10 (1/1)	2,90 (1/1)	1,90 (1/1)	n.a.	4,6 (1/1)
<sup>3</sup> H lié	4,30 (1/1)	2,50 (1/1)	4,30 (1/1)	4,30 (1/1)	4,12 (1/1)	3,32 (1/1)	3,50 (1/1)	n.a.	2,30 (1/1)	n.a.	2,6 (1/1)
<sup>14</sup> C	n.a.	n.a.	226-230 (3/3)	226-234 (4/4)	231 (1/1)	235 (1/1)	228 (1/1)	238 (1/1)	228 (1/1)	n.a.	222 (1/1)
<sup>90</sup> Sr	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

n.a. : non analysé. - : inférieur au seuil de décision.

**Tableau 115 – Activités en radionucléides émetteurs  $\gamma$  et  $\beta$  des échantillons d'eau (boisson, irrigation et cours d'eau) collectés dans l'environnement du site du Tricastin lors des études radioécologiques de 2013 à 2022**

Année	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2021	2022	
Fraction	Filtrat à 0,2 $\mu\text{m}$	Filtrat à 0,2 $\mu\text{m}$	Filtrat à 0,2 $\mu\text{m}$	Filtrat à 0,2 $\mu\text{m}$	Filtrat à 0,2 $\mu\text{m}$	Filtrat à 0,2 $\mu\text{m}$	Filtrat à 0,2 $\mu\text{m}$	Filtrat à 0,2 $\mu\text{m}$	Filtrat à 0,2 $\mu\text{m}$	
Chronique	Rhône en aval de tricastin	Rhône en aval de tricastin	Rhône en aval de tricastin	Rhône en aval de tricastin	Rhône en aval de tricastin	Rhône en aval de tricastin	Rhône en aval de tricastin	Rhône en aval de tricastin	Rhône an amont de tricastin	Rhône en aval de tricastin
<b>Emetteurs gamma d'origine artificielle (Bq.L<sup>-1</sup>)</b>										
<sup>134</sup> Cs	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	-
<sup>137</sup> Cs	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	-
<sup>58</sup> Co	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	-
<sup>60</sup> Co	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	-
<sup>110m</sup> Ag	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	-
<sup>54</sup> Mn	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	-
<sup>124</sup> Sb	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	-
<sup>125</sup> Sb	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	-
<sup>131</sup> I	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
<b>Emetteurs beta (<sup>3</sup>H libre : Bq.L<sup>-1</sup> d'eau de dessiccation, <sup>14</sup>C : Bq.kg<sup>-1</sup> C)</b>										
<sup>3</sup> H libre	4,80 (1/1)	5,70 (1/1)	4,20 (1/1)	3,90 (1/1)	6,30 (1/1)	3,70-3,90 (2/2)	4,60-5,00 (2/2)	1,2-4,70 (2/2)	-	0,9-65 (3/3)
<sup>14</sup> C	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

n.a. : non analysé ; - : inférieur au seuil de décision.

**Tableau 116 – Activités en radionucléides émetteurs  $\gamma$  des échantillons de sédiments collectés dans l'environnement aquatique du site du Tricastin lors des études radioécologiques de 2013 à 2022**

Année	2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022	
Fraction	Diamètre inférieur à 2 mm		Diamètre inférieur à 2 mm		Diamètre inférieur à 2 mm		Diamètre inférieur à 2 mm		Diamètre inférieur à 2 mm		Diamètre inférieur à 2 mm		Diamètre inférieur à 2 mm		Diamètre inférieur à 2 mm		Diamètre inférieur à 2 mm		Diamètre inférieur à 2 mm	
Chronique	Rhône en amont du tricastin	Rhône en aval de tricastin	Rhône en amont du tricastin	Rhône en aval de tricastin	Rhône en amont du tricastin	Rhône en aval de tricastin	Rhône en amont du tricastin	Rhône en aval de tricastin	Rhône en amont du tricastin	Rhône en aval de tricastin	Rhône en amont du tricastin	Rhône en aval de tricastin	Rhône en amont du tricastin	Rhône en aval de tricastin	Rhône en amont du tricastin	Rhône en aval de tricastin	Rhône en amont du tricastin	Rhône en aval de tricastin	Rhône en amont du tricastin	Rhône en aval de tricastin
<b>Emetteurs gamma d'origine artificielle (Bq.kg<sup>-1</sup> sec)</b>																				
<sup>134</sup> Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>137</sup> Cs	3,39 (1/1)	4,60- 6,60 (2/2)	3,50 (1/1)	3,11- 5,50 (2/2)	4,30 (1/1)	4,90- 5,40 (2/2)	1,97 (1/1)	3,50- 3,80 (2/2)	2,41 (1/1)	2,68- 3,40 (2/2)	2,07 (1/1)	2,98- 4,24 (2/2)	2,23 (1/1)	2,63- 3,92 (2/2)	2,10 (1/1)	4,63 (1/1)	2,05 (1/1)	2,79- 2,81 (2/2)	2,42 (1/1)	2,73- 3,36 (3/3)
<sup>58</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>60</sup> Co	-	0,23 (1/2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,70 (1/2)	-	0,35 (1/1)	-	-	-	0,22 (1/1)
<sup>110m</sup> Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,28 (1/2)	-	-	-	-	-	-
<sup>54</sup> Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>124</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>125</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>131</sup> I	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
<b>Emetteurs beta (<sup>3</sup>H libre : Bq.L<sup>-1</sup> d'eau de dessiccation, <sup>3</sup>H lié : Bq.L<sup>-1</sup> d'eau de combustion, <sup>14</sup>C : Bq.kg<sup>-1</sup> C)</b>																				
<sup>3</sup> H libre	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	4,10 (1/1)	10,1 (1/1)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
<sup>3</sup> H lié	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
<sup>14</sup> C	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

n.a. : non analysé ; - : inférieur au seuil de décision.

**Tableau 117 – Activités en radionucléides émetteurs γ et des échantillons de mousse collectés dans l’environnement aquatique du site du Tricastin lors des études radioécologiques de 2013 à 2022**

Année	2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2021		2022	
Fraction	Entier		Entier		Entier		Parties aériennes		Parties aériennes		Parties aériennes		Parties aériennes		Parties aériennes		Parties aériennes	
Chronique	Rhône en amont du tricastin	Rhône en aval de tricastin	Rhône en amont du tricastin	Rhône en aval de tricastin	Rhône en amont du tricastin	Rhône en aval de tricastin	Rhône en amont du tricastin	Rhône en aval de tricastin	Rhône en amont du tricastin	Rhône en aval de tricastin	Rhône en amont du tricastin	Rhône en aval de tricastin	Rhône en amont du tricastin	Rhône en aval de tricastin	Rhône en amont du tricastin	Rhône en aval de tricastin	Rhône en amont du tricastin	Rhône en aval de tricastin
<b>Emetteurs gamma d’origine artificielle (Bq.kg<sup>-1</sup> sec)</b>																		
<sup>134</sup> Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	-
<sup>137</sup> Cs	1,95 (1/1)	1,58 (1/1)	1,40 (1/1)	2,65 (1/1)	1,87 (1/1)	1,36 (1/1)	1,61 (1/1)	1,07 (1/1)	1,51 (1/1)	1,63 (1/1)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,5 (1/2)	1,03- 1,16 (2/2)
<sup>58</sup> Co	0,77 (1/1)	-	3,03 (1/1)	-	0,72 (1/1)	-	1,56 (1/1)	0,25 (1/1)	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,55 (1/2)	-
<sup>60</sup> Co	-	-	1,50 (1/1)	0,37 (1/1)	-	0,22 (1/1)	0,92 (1/1)	0,77 (1/1)	-	0,27 (1/1)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,18 (1/2)	-
<sup>110m</sup> Ag	-	-	0,37 (1/1)	0,22 (1/1)	0,36 (1/1)	-	0,28 (1/1)	0,28 (1/1)	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	-
<sup>54</sup> Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	-
<sup>124</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	-
<sup>125</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	-
<sup>131</sup> I	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	14,7 (1/1)	12,3 (1/1)
<b>Emetteurs beta (<sup>3</sup>H libre : Bq.L<sup>-1</sup> d’eau de dessiccation, <sup>3</sup>H lié : Bq.L<sup>-1</sup> d’eau de combustion, <sup>14</sup>C : Bq.kg<sup>-1</sup> C, autres : Bq.kg<sup>-1</sup> sec)</b>																		
<sup>3</sup> H libre	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
<sup>3</sup> H lié	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
<sup>14</sup> C	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
<sup>55</sup> Fe	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
<sup>63</sup> Ni	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,50 (1/1)	0,161 (1/1)	0,392 (1/1)	0,33 (1/1)	0,36 (1/1)	0,13 (1/1)	n.a.	n.a.

n.a. : non analysé ; - : inférieur au seuil de décision.



**Tableau 118 – Activités en radionucléides émetteurs  $\gamma$  et  $\beta$  des échantillons de végétaux (phanérogames immergées) collectés dans l’environnement aquatique du site du Tricastin lors des études radioécologiques de 2013 à 2022**

Année	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022										
Fraction	Parties aériennes		Parties aériennes		Parties aériennes		Parties aériennes		Parties aériennes		Parties aériennes		Parties aériennes		Parties aériennes		Parties aériennes		Parties aériennes	
Chronique	Rhône en amont du tricastin	Rhône en aval de tricastin	Rhône en amont du tricastin	Rhône en aval de tricastin	Rhône en amont du tricastin	Rhône en aval de tricastin	Rhône en amont du tricastin	Rhône en aval de tricastin	Rhône en amont du tricastin	Rhône en aval de tricastin	Rhône en amont du tricastin	Rhône en aval de tricastin	Rhône en amont du tricastin	Rhône en aval de tricastin	Rhône en amont du tricastin	Rhône en aval de tricastin	Rhône en amont du tricastin	Rhône en aval de tricastin	Rhône en amont du tricastin	Rhône en aval de tricastin
<b>Emetteurs gamma d’origine artificielle (Bq.kg<sup>-1</sup> sec)</b>																				
<sup>134</sup> Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>137</sup> Cs	0,422 (1/2)	0,42-1,82 (3/3)	0,295 (1/2)	0,495-1,12 (3/3)	0,350-0,99 (2/2)	0,421-1,02 (2/3)	0,383 (1/2)	0,307-0,77 (3/3)	0,665 (1/2)	0,596-1,06 (3/3)	0,248 (1/2)	0,277-0,530 (2/3)	0,145 (1/2)	0,125-0,192 (2/3)	0,270 (1/1)	0,250 (1/1)	0,275 (1/2)	0,210-0,75 (3/3)	0,067 (1/2)	0,075-0,217 (3/4)
<sup>58</sup> Co	-	-	0,74-0,96 (2/2)	0,34-0,37 (2/3)	-	-	0,69 (1/2)	0,51 (1/2)	-	-	-	-	-	0,37 (1/2)	1,58 (1/1)	1,30 (1/1)	0,350 (1/2)	-	-	-
<sup>60</sup> Co	-	-	0,30 (1/2)	0,17 (1/2)	-	-	-	0,173-1,01 (3/3)	-	0,50 (1/2)	-	0,191 (1/2)	-	1,31-1,38 (2/3)	0,49 (1/1)	1,42 (1/1)	0,091 (1/2)	-	-	0,31 (1/4)
<sup>110m</sup> Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>54</sup> Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>124</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>125</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>131</sup> I	2,71 (1/1)	7,3 (1/1)	3,75 (1/1)	6,74 (1/1)	2,67 (1/1)	5,29 (1/1)	-	1,05 (1/1)	6,7 (1/1)	11,2 (1/1)	1,52 (1/1)	1,59 (1/1)	1,07 (1/1)	2,41 (1/1)	n.a.	n.a.	-	1,13 (1/1)	2,07 (1/1)	1,87 (1/1)
<b>Emetteurs beta (<sup>3</sup>H libre : Bq.L<sup>-1</sup> d’eau de dessiccation, <sup>3</sup>H lié : Bq.L<sup>-1</sup> d’eau de combustion, <sup>14</sup>C : Bq.kg<sup>-1</sup> C)</b>																				
<sup>3</sup> H libre	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	4,00 (1/1)	8,10 (1/1)	2,90 (1/1)	19,6 (1/1)	n.a.	n.a.	17,7 (1/1)	10,82 (1/1)	9,50 (1/1)	4,70 (1/1)	n.a.	n.a.	12,9 (1/1)	14,8 (1/1)	n.a.	n.a.
<sup>3</sup> H lié	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	10,09 (1/1)	8,37 (1/1)	7,10 (1/1)	6,70 (1/1)	n.a.	n.a.	7,5 (1/1)	10,5 (1/1)	6,3 (1/1)	17,4 (1/1)
<sup>14</sup> C	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	276,7 (1/1)	293,4 (1/1)	309,6 (1/1)	346,1 (1/1)	n.a.	n.a.	233,2 (1/1)	277,0 (1/1)	264,3 (1/1)	329,7 (1/1)

n.a. : non analysé ; - : inférieur au seuil de décision.

**Tableau 119 – Activités en radionucléides émetteurs  $\gamma$  et  $\beta$  des échantillons de poissons (muscles) pêchés dans l’environnement aquatique du site du Tricastin lors des études radioécologiques de 2013 à 2022**

Année	2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022	
Fraction	Muscle		Muscle		Muscle		Muscle		Muscle		Muscle		Muscle		Muscle		Muscle		Muscle	
Chronique	Rhône en amont du tricastin	Rhône en aval de tricastin	Rhône en amont du tricastin	Rhône en aval de tricastin	Rhône en amont du tricastin	Rhône en aval de tricastin	Rhône en amont du tricastin	Rhône en aval de tricastin	Rhône en amont du tricastin	Rhône en aval de tricastin	Rhône en amont du tricastin	Rhône en aval de tricastin	Rhône en amont du tricastin	Rhône en aval de tricastin	Rhône en amont du tricastin	Rhône en aval de tricastin	Rhône en amont du tricastin	Rhône en aval de tricastin	Rhône en amont du tricastin	Rhône en aval de tricastin
<b>Emetteurs gamma d’origine artificielle (Bq.kg<sup>-1</sup> frais)</b>																				
<sup>134</sup> Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>137</sup> Cs	0,083 (1/1)	0,108 (1/1)	0,0409 (1/1)	0,065 (1/1)	0,055 (1/1)	0,141 (1/1)	0,0296 (1/1)	0,0470 (1/1)	0,0390 (1/1)	0,0522 (1/1)	0,0650 (1/1)	0,139 (1/1)	0,0290 (1/1)	0,0250 (1/1)	0,0180 (1/1)	0,0231 (1/1)	0,0370 (1/1)	0,0380 (1/1)	0,063 (1/1)	0,0314 (1/1)
<sup>58</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>60</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>110m</sup> Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>54</sup> Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>124</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>125</sup> Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Emetteurs beta (<sup>3</sup>H libre : Bq.L<sup>-1</sup> d’eau de dessiccation, <sup>3</sup>H lié : Bq.L<sup>-1</sup> d’eau de combustion, <sup>14</sup>C : Bq.kg<sup>-1</sup> C)</b>																				
<sup>3</sup> H libre	3,80 (1/1)	2,00 (1/1)	1,20 (1/1)	11,1 (1/1)	7,00 (1/1)	9,60 (1/1)	3,10 (1/1)	2,20 (1/1)	2,84 (1/1)	5,65 (1/1)	1,42 (1/1)	1,26 (1/1)	11,10 (1/1)	n.a.	4,30 (1/1)	n.a.	2,20 (1/1)	n.a.	9,6 (1/1)	4,6 (1/1)
<sup>3</sup> H lié	10,2 (1/1)	7,8 (1/1)	11,6 (1/1)	11,30 (1/1)	8,40 (1/1)	10,2 (1/1)	9,10 (1/1)	7,90 (1/1)	5,61 (1/1)	8,16 (1/1)	5,31 (1/1)	5,98 (1/1)	8,40 (1/1)	5,60 (1/1)	7,50 (1/1)	6,40 (1/1)	7,6 (1/1)	6,1 (1/1)	11,7 (1/1)	8,1 (1/1)
<sup>14</sup> C	968,5 (1/1)	817,0 (1/1)	1 065 (1/1)	902,1 (1/1)	868 (1/1)	866 (1/1)	982 (1/1)	890 (1/1)	662 (1/1)	913 (1/1)	746 (1/1)	708 (1/1)	602 (1/1)	971 (1/1)	895 (1/1)	713 (1/1)	1 090 (1/1)	844 (1/1)	837 (1/1)	841 (1/1)

n.a. : non analysé ; - : inférieur au seuil de décision. HTO amont de 2018 à 2021 issues de la stratégie de surveillance du site de Cruas

**Tableau 120 - Teneur en matière organique et caractéristiques granulométriques de l'échantillon des sols récoltés dans l'environnement terrestre du CNPE du Tricastin lors du suivi radioécologique en 2022.**

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Date de mesure	Qualité	Fractions	%
Bollène (1,08 km S)	23/02/2022	Sols non cultivés	Sol de friche Strate 0-5 cm	≤ 2 mm	13/03/2023	sec	Matière organique	3,29
							Argiles (<2µm)	15,8
							Limons Fins	11,9
							Limons Grossiers	23,9
							Sables Fins	34,8
Sables grossiers	13,6							
Bollène (1,88 km S)	23/02/2022	Sols non cultivés	Sol de friche Strate 0-5 cm	≤ 2 mm	13/03/2022	sec	Matière organique	5,23
							Argiles (<2µm)	33,6
							Limons Fins	25,0
							Limons Grossiers	8,3
							Sables Fins	12,1
Sables grossiers	21,0							
Bollène (1,88 km S)	23/02/2022	Sols non cultivés	Sol de friche Strate 5-15 cm	≤ 2 mm	13/03/2022	sec	Matière organique	2,86
							Argiles (<2µm)	31,2
							Limons Fins	24,6
							Limons Grossiers	8,4
							Sables Fins	13,4
Sables grossiers	22,4							
Bollène (1,88 km S)	23/02/2022	Sols non cultivés	Sol de friche Strate 15-30 cm	≤ 2 mm	13/03/2022	sec	Matière organique	2,38
							Argiles (<2µm)	32,0
							Limons Fins	24,8
							Limons Grossiers	8,3
							Sables Fins	13,7
Sables grossiers	21,2							

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Date de mesure	Qualité	Fractions	%
Bidon	02/03/2022	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie Strate 0-5 cm	≤ 2 mm	13/03/2022	sec	Matière organique	6,21
							Argiles (<2µm)	36,0
							Limons Fins	28,1
							Limons Grossiers	11,3
							Sables Fins	10,6
							Sables grossiers	14,0
Bollène	09/08/2022	Sols cultivés irrigués	Sol de culture de plein champ Strate 0-5 cm	≤ 2 mm	13/03/2022	sec	Matière organique	2,31
							Argiles (<2µm)	12,5
							Limons Fins	9,1
							Limons Grossiers	7,1
							Sables Fins	35,7
							Sables grossiers	35,63,
Saint-Restitut	09/08/2022	Sols cultivés irrigués	Sol de culture de plein champ Strate 0-5 cm	≤ 2 mm	13/03/2022	sec	Matière organique	1,63
							Argiles (<2µm)	25,3
							Limons Fins	18,0
							Limons Grossiers	10,3
							Sables Fins	21,2
							Sables grossiers	25,2
Mirabel-aux- Baronnies	14/06/2022	Sols cultivés	Sol de salade Strate 0-20 cm	≤ 2 mm	13/03/2022	sec	Matière organique	1,39
							Argiles (<2µm)	28,9
							Limons Fins	28,9
							Limons Grossiers	15,8
							Sables Fins	18,5
							Sables grossiers	7,9
Bollène	13/06/2022	Sols cultivés	Sol de salade Strate 0-20 cm	≤ 2 mm	13/03/2022	sec	Matière organique	2,31
							Argiles (<2µm)	12,5
							Limons Fins	9,1

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Date de mesure	Qualité	Fractions	%
							Limons Grossiers	7,1
							Sables Fins	35,7
							Sables grossiers	35,6

**Tableau 121 – Activités en radionucléides émetteurs  $\gamma$  d'origine naturelle mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du site du Tricastin lors du suivi radioécologique 2022**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité	Frais/Sec	Date de mesure	<sup>40</sup> K	Famille du <sup>232</sup> Th	Famille de l' <sup>238</sup> U			<sup>7</sup> Be	Unité
										<sup>228</sup> Ac	<sup>234</sup> Th	<sup>234m</sup> Pa	<sup>210</sup> Pb		
Le tricastin - zone sous les vents (<5 km)	Bollène	23/02/2022	Sols	Sol de friche	Produits de tamisage Tamisé < 2000 $\mu$ m	Sec	1,24	29/03/2022	258±21	25,4±1,6	21,3±4,2	23±8	28±9	≤ 1,4	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le tricastin - zone sous les vents (<5 km)	Bollène	23/02/2022	Sols	Sol de friche	Produits de tamisage Tamisé < 2000 $\mu$ m	Sec	1,23	29/03/2022	247±20	25,2±1,6	19,4±4	22±7	25±8	≤ 1,3	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le tricastin - zone sous les vents (<5 km)	Bollène	23/02/2022	Sols	Sol de friche	Produits de tamisage Tamisé < 2000 $\mu$ m	Sec	1,29	29/03/2022	252±20	24,9±1,6	18,2±3,6	34±11	44±13	≤ 1,6	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le tricastin - zone sous les vents (<5 km)	Bollène	23/02/2022	Sols	Sol de friche	Produits de tamisage Tamisé < 2000 $\mu$ m	Sec	1,20	28/03/2022	369±26	31,8±2	26±5	29±9	66±20	≤ 2,0	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le tricastin - zone hors vents dominants (>5 km)	Bidon	02/03/2022	Sols	Sol de pâturage ou de prairie	Produits de tamisage Tamisé < 2000 $\mu$ m	Sec	1,24	01/04/2022	365±29	37,5±2,3	36±7	24±13	109±33	2,5±1,1	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le tricastin - zone hors vents dominants (>5 km)	Saint- Restitut	09/08/2022	Sols cultivés	Sol de culture de plein champ	Produits de tamisage Tamisé < 2000 $\mu$ m	Sec	1,10	20/12/2022	295±21	27,2±1,7	20,9±4,4	≤ 16	28±9	≤ 5,0	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le Tricastin - Zone hors vents dominants (<5 km)	Bollène	09/08/2022	Sols cultivés	Sol de culture de plein champ	Produits de tamisage Tamisé < 2000 $\mu$ m	Sec	1,03	12/12/2022	314±24	41,4±4,6	34±7	31±10	47±15	≤ 5,0	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le tricastin - zone hors vents dominants (>5 km)	Mirabel- aux- Baronnies	14/06/2022	Sols cultivés	Sol de salade	Produits de tamisage Tamisé < 2000 $\mu$ m	Sec	1,19	12/12/2022	289±20	21,7±2,4	19,9±3,9	13±7	23±7	≤ 8,0	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le Tricastin - Zone sous les vents (>5 km)	Bollène	13/06/2022	Sols cultivés	Sol de salade	Produits de tamisage Tamisé < 2000 $\mu$ m	Sec	1,22	12/12/2022	268±20	23,6±2,7	23,6±4,7	25±11	33±10	≤ 10	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le tricastin - zone hors vents dominants (>5 km)	Clansayes	21/04/2022	Plantes aromatiques	Thym commun <i>Thymus L.</i>	Parties aériennes	Cendre	3,54	16/08/2022	391±30	2,79±0,32	≤ 0,32	≤ 3,7	83±10	190±15	Bq.kg <sup>-1</sup> sec

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité	Frais/Sec	Date de mesure	<sup>40</sup> K	Famille du <sup>232</sup> Th	Famille de l' <sup>238</sup> U			<sup>7</sup> Be	Unité
										<sup>228</sup> Ac	<sup>234</sup> Th	<sup>234m</sup> Pa	<sup>210</sup> Pb		
Le tricastin - zone sous les vents (<5 km)	Bollène	20/04/2022	Plantes aromatiques	Thym commun <i>Thymus L.</i>	Parties aériennes	Cendre	3,07	16/08/2022	387±30	4,29±0,33	≤ 0,38	≤ 4,5	91±12	210±16	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le tricastin - zone hors vents dominants (>5 km)	Mirabel-aux-Baronnies	14/06/2022	Légumes	Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Parties aériennes	Cendre	13,82	16/08/2022	1 930±150	0,88±0,17	1,1±0,5	≤ 14	5,2±1	45±3,7	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le tricastin - zone sous les vents (>5 km)	Bollène	13/06/2022	Légumes	Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Parties aériennes	Cendre	16,62	04/08/2022	2 200±170	1,1±0,5	≤ 3,0	≤ 32	3±1,2	31,6±2,9	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le tricastin - zone sous les vents (<5 km)	Bollène	20/04/2022	Herbes	Herbe de prairie permanente non id.		Frais	3,03	27/04/2022	780±50	≤ 2,0	≤ 4,3	≤ 60	18,1±3,4	70±6	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le tricastin - zone sous les vents (<5 km)	Bollène	20/04/2022	Herbes	Herbe de prairie permanente non id.	Parties aériennes	Cendre	3,33	29/08/2022	742±57	0,54±0,13	≤ 0,53	≤ 7,3	13,3±1,6	58,6±5,0	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le tricastin - zone hors vents dominants (>5 km)	Bidon	20/04/2022	Herbes	Herbe de prairie permanente non id.		Frais	3,62	27/04/2022	840±60	≤ 1,5	≤ 2,7	≤ 47	10,4±2,5	40,2±4,4	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le tricastin - zone hors vents dominants (>5 km)	Bidon	20/04/2022	Herbes	Herbe de prairie permanente non id.	Parties aériennes	Cendre	3,51	16/08/2022	660±50	0,32±0,13	≤ 0,40	≤ 7,0	70±8	202±16	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le tricastin - zone sous les vents (>5 km)	Mondragon	23/02/2022	Mousses terrestres	<i>Scleropodium purum</i>		Frais	1,18	01/03/2022	137±13	3,1±1,3	≤ 3,2	≤ 40	341±30	335±23	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le tricastin - zone hors vents dominants (>5 km)	Séguret	23/02/2022	Mousses terrestres	<i>Scleropodium purum</i>		Frais	2,23	01/03/2022	210±19	≤ 2,2	≤ 3,6	≤ 49	426±40	364±27	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le tricastin - zone sous les vents (>5 km)	Mondragon	21/06/2022	Produits laitiers	Lait de brebis		Frais	5,22	23/06/2022	38,8±3	≤ 0,19	≤ 0,39	≤ 4,4	≤ 0,37	≤ 0,27	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Le tricastin - zone sous les vents (>5 km)	Mondragon	21/06/2022	Produits laitiers	Lait de brebis	Entier	Cendre	5,14	21/11/2022	37,2±2,8	≤ 0,023	≤ 0,050	≤ 0,79	≤ 0,068	≤ 0,19	Bq.L <sup>-1</sup>
Le tricastin - zone hors vents dominants (>5 km)	Clansayes	13/06/2022	Produits laitiers	Lait de chèvre		Frais	6,54	16/06/2022	56,7±4,2	≤ 0,17	≤ 0,50	≤ 4,7	≤ 0,50	≤ 0,31	Bq.kg <sup>-1</sup> frais

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité	Frais/Sec	Date de mesure	<sup>40</sup> K	Famille du <sup>232</sup> Th	Famille de l' <sup>238</sup> U			<sup>7</sup> Be	Unité	
										<sup>228</sup> Ac	<sup>234</sup> Th	<sup>234m</sup> Pa	<sup>210</sup> Pb			
Le tricastin - zone hors vents dominants (>5 km)	Clansayes	13/06/2022	Produits laitiers Lait de chèvre	Entier	Cendre 6,96	05/12/2022	53,6±4,4	≤ 0,045	≤ 0,11	≤ 1,4	≤ 0,13	≤ 0,60	Bq.L <sup>-1</sup>			
Le tricastin - zone hors vents dominants (>5 km)	Mirabel-aux-Baronnies	31/08/2022	Arbres fruitiers	Vigne commune <i>Vitis vinifera</i>	Fruit entier (sans pédoncule)	Cendre			3,81	05/12/2022	316±25	≤ 0,16	≤ 0,38	≤ 6,0	≤ 0,48	1,46±0,42 Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le Tricastin - Zone hors vents dominants (<5 km)	Saint-Paul-Trois-Châteaux	31/08/2022	Arbres fruitiers	Vigne commune <i>Vitis vinifera</i>	Fruit entier (sans pédoncule)	Cendre			3,74	02/12/2022	406±31	0,15±0,07	≤ 0,26	≤ 3,9	0,67±0,2	3,15±0,39 Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le tricastin - zone sous les vents (>5 km)	Bollène	31/08/2022	Arbres fruitiers	Vigne commune <i>Vitis vinifera</i>	Fruit entier (sans pédoncule)	Cendre			3,33	05/12/2022	336±26	≤ 0,20	0,14±0,24	≤ 8,0	0,59±0,31	2,3±0,6 Bq.kg <sup>-1</sup> sec

n.a : non analysé.



**Tableau 122 – Activités en radionucléides émetteurs  $\gamma$  d'origine artificielle mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du site du Tricastin lors du suivi radioécologique 2022**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité	Frais/Sec	Date de mesure	$^{134}\text{Cs}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{58}\text{Co}$	$^{60}\text{Co}$	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	$^{54}\text{Mn}$	$^{124}\text{Sb}$	$^{125}\text{Sb}$	$^{131}\text{I}^*$	Unité
Le tricastin - zone sous les vents (<5 km)	Bollène	23/02/2022	Sols	Sol de friche	Produits de tamisage Tamisé < 2000 $\mu\text{m}$	Sec	1,24	29/03/2022	$\leq 0,12$	<b>5,66±0,46</b>	$\leq 0,14$	$\leq 0,13$	$\leq 0,15$	$\leq 0,15$	$\leq 0,16$	$\leq 0,35$	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le tricastin - zone sous les vents (<5 km)	Bollène	23/02/2022	Sols	Sol de friche	Produits de tamisage Tamisé < 2000 $\mu\text{m}$	Sec	1,23	29/03/2022	$\leq 0,11$	<b>5,46±0,45</b>	$\leq 0,13$	$\leq 0,11$	$\leq 0,13$	$\leq 0,13$	$\leq 0,15$	$\leq 0,33$	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le tricastin - zone sous les vents (<5 km)	Bollène	23/02/2022	Sols	Sol de friche	Produits de tamisage Tamisé < 2000 $\mu\text{m}$	Sec	1,29	29/03/2022	$\leq 0,13$	<b>5,25±0,44</b>	$\leq 0,17$	$\leq 0,15$	$\leq 0,17$	$\leq 0,16$	$\leq 0,18$	$\leq 0,39$	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le tricastin - zone sous les vents (<5 km)	Bollène	23/02/2022	Sols	Sol de friche	Produits de tamisage Tamisé < 2000 $\mu\text{m}$	Sec	1,20	29/03/2022	$\leq 0,13$	<b>7,3±0,6</b>	$\leq 0,16$	$\leq 0,14$	$\leq 0,16$	$\leq 0,16$	$\leq 0,17$	$\leq 0,37$	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le tricastin - zone horzonts dominants (>5 km)	Bidon	02/03/2022	Sols	Sol de pâturage ou de prairie	Produits de tamisage Tamisé < 2000 $\mu\text{m}$	Sec	1,24	01/04/2022	$\leq 0,18$	<b>21,2±1,6</b>	$\leq 0,22$	$\leq 0,20$	$\leq 0,23$	$\leq 0,22$	$\leq 0,24$	$\leq 0,60$	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le tricastin - zone horzonts dominants (>5 km)	Saint-Restitu	09/08/2022	Sols cultivés	Sol de culture de plein champ	Produits de tamisage Tamisé < 2000 $\mu\text{m}$	Sec	1,10	20/12/2022	$\leq 0,14$	<b>4,64±0,35</b>	$\leq 0,42$	$\leq 0,14$	$\leq 0,22$	$\leq 0,18$	$\leq 0,50$	$\leq 0,41$	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le Tricastin - Zone horzonts dominants (<5 km)	Bollène	09/08/2022	Sols cultivés	Sol de culture de plein champ	Produits de tamisage Tamisé < 2000 $\mu\text{m}$	Sec	1,03	12/12/2022	$\leq 0,15$	<b>3,23±0,26</b>	$\leq 0,45$	$\leq 0,16$	$\leq 0,23$	$\leq 0,23$	$\leq 0,50$	$\leq 0,40$	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le tricastin - zone horzonts dominants (>5 km)	Mirabel-aux-Baronnies	14/06/2022	Sols cultivés	Sol de salade	Produits de tamisage Tamisé < 2000 $\mu\text{m}$	Sec	1,19	12/12/2022	$\leq 0,11$	<b>9,1±0,6</b>	$\leq 0,50$	$\leq 0,12$	$\leq 0,19$	$\leq 0,15$	$\leq 0,70$	$\leq 0,34$	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le Tricastin - Zone sous les vents (>5 km)	Bollène	13/06/2022	Sols cultivés	Sol de salade	Produits de tamisage Tamisé < 2000 $\mu\text{m}$	Sec	1,22	12/12/2022	$\leq 0,14$	<b>5,15±0,38</b>	$\leq 0,70$	$\leq 0,15$	$\leq 0,23$	$\leq 0,22$	$\leq 0,90$	$\leq 0,40$	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le tricastin - zone horzonts dominants (>5 km)	Clansayes	21/04/2022	Plantes aromatiques	Thym commun <i>Thymus L.</i>	Parties aériennes	Cendre	3,54	16/08/2022	$\leq 0,027$	<b>0,411±0,034</b>	$\leq 0,08$	$\leq 0,036$	$\leq 0,044$	$\leq 0,035$	$\leq 0,09$	$\leq 0,07$	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le tricastin - zone sous les vents (<5 km)	Bollène	20/04/2022	Plantes aromatiques	Thym commun <i>Thymus L.</i>	Parties aériennes	Cendre	3,07	16/08/2022	$\leq 0,031$	<b>1,14±0,08</b>	$\leq 0,10$	$\leq 0,044$	$\leq 0,050$	$\leq 0,044$	$\leq 0,10$	$\leq 0,08$	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le tricastin - zone horzonts dominants (>5 km)	Mirabel-aux-Baronnies	14/06/2022	Légumes	Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Parties aériennes	Cendre	13,82	16/08/2022	$\leq 0,090$	<b>0,22±0,05</b>	$\leq 0,18$	$\leq 0,14$	$\leq 0,13$	$\leq 0,11$	$\leq 0,16$	$\leq 0,22$	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le tricastin - zone sous les vents (>5 km)	Bollène	13/06/2022	Légumes	Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Parties aériennes	Cendre	16,62	04/08/2022	$\leq 0,17$	<b>0,22±0,09</b>	$\leq 0,30$	$\leq 0,27$	$\leq 0,25$	$\leq 0,21$	$\leq 0,27$	$\leq 0,42$	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le tricastin - zone sous les vents (<5 km)	Bollène	20/04/2022	Herbes	Herbe de prairie permanente non id.		Frais	3,03	27/04/2022	$\leq 0,46$	$\leq 0,47$	$\leq 0,50$	$\leq 0,60$	$\leq 0,50$	$\leq 0,49$	$\leq 0,48$	$\leq 1,2$	$\leq 0,70$	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le tricastin - zone sous les vents (<5 km)	Bollène	20/04/2022	Herbes	Herbe de prairie permanente non id.	Parties aériennes	Cendre	3,03		$\leq 0,043$	$\leq 0,080$	$\leq 0,17$	$\leq 0,07$	$\leq 0,080$	$\leq 0,063$	$\leq 0,17$	$\leq 0,11$	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> $\leq 0,043$ sec

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité	Frais/Sec	Date de mesure	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	<sup>58</sup> Co	<sup>60</sup> Co	<sup>110m</sup> Ag	<sup>54</sup> Mn	<sup>124</sup> Sb	<sup>125</sup> Sb	<sup>131I</sup> *	Unité
Le tricastin - zone hor- ents dominants (>5 km)	Bidon	20/04/2022	Herbes	Herbe de prairie permanente non id.		Frais	3,62	27/04/2022	≤ 0,28	≤ 0,30	≤ 0,35	≤ 0,43	≤ 0,34	≤ 0,27	≤ 0,28	≤ 0,60	≤ 0,40	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le tricastin - zone hor- ents dominants (>5 km)	Bidon	20/04/2022	Herbes	Herbe de prairie permanente non id.	Parties aériennes	Cendre	3,62	16/08/2022	≤ 0,043	<b>0,082±0,024</b>	≤ 0,15	≤ 0,070	≤ 0,070	≤ 0,060	≤ 0,14	≤ 0,11	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le tricastin - zone sou- les vents (>5 km)	Mondragon	23/02/2022	Mousses terrestres	<i>Scleropodium purum</i> <i>Scleropodium purum</i>		Frais	1,18	01/03/2022	≤ 0,32	<b>3,83±0,47</b>	≤ 0,32	≤ 0,35	≤ 0,37	≤ 0,32	≤ 0,34	≤ 0,90	≤ 0,50	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le tricastin - zone hor- ents dominants (>5 km)	Séguret	23/02/2022	Mousses terrestres	<i>Scleropodium purum</i> <i>Scleropodium purum</i>		Frais	2,23	01/03/2022	≤ 0,40	<b>1,39±0,35</b>	≤ 0,36	≤ 0,49	≤ 0,43	≤ 0,37	≤ 0,40	≤ 1,0	≤ 0,60	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le tricastin - zone sou- les vents (>5 km)	Mondragon	21/06/2022	Produits laitiers	Lait de brebis		Frais	5,14	23/06/2022	≤ 0,033	≤ 0,035	≤ 0,033	≤ 0,038	≤ 0,038	≤ 0,033	≤ 0,034	≤ 0,090	≤ 0,041	Bq.L <sup>-1</sup>
Le tricastin - zone sou- les vents (>5 km)	Mondragon	21/06/2022	Produits laitiers	Lait de brebis	Entier	Cendre	5,14	21/11/2022	≤ 0,0046	<b>0,0069±0,0025</b>	≤ 0,023	≤ 0,0066	≤ 0,0075	≤ 0,0066	≤ 0,020	≤ 0,011	n.a.	Bq.L <sup>-1</sup>
Le tricastin - zone hor- ents dominants (>5 km)	Clansayes	13/06/2022	Produits laitiers	Lait de chèvre		Frais	6,54	16/06/2022	≤ 0,037	<b>0,151±0,037</b>	≤ 0,042	≤ 0,045	≤ 0,040	≤ 0,039	≤ 0,037	≤ 0,11	≤ 0,048	Bq.L <sup>-1</sup>
Le tricastin - zone hor- ents dominants (>5 km)	Clansayes	13/06/2022	Produits laitiers	Lait de chèvre	Entier	Cendre	6,54	05/12/2022	≤ 0,011	<b>0,147±0,016</b>	≤ 0,060	≤ 0,016	≤ 0,020	≤ 0,014	≤ 0,060	≤ 0,025	n.a.	Bq.L <sup>-1</sup>
Le tricastin - zone hor- ents dominants (>5 km)	Mirabel-aux- Baronnies	31/08/2022	Arbres fruitiers	Vigne commune <i>Vitis vinifera</i>	Fruit entier (sans pédoncule)	Cendre	3,81	05/12/2022	≤ 0,034	≤ 0,034	≤ 0,090	≤ 0,050	≤ 0,060	≤ 0,046	≤ 0,090	≤ 0,080	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le Tricastin - Zone hor- ents dominants (<5 km)	Saint-Paul- mirois-Château	31/08/2022	Arbres fruitiers	Vigne commune <i>Vitis vinifera</i>	Fruit entier (sans pédoncule)	Cendre	3,74	02/12/2022	≤ 0,024	<b>0,021±0,012</b>	≤ 0,060	≤ 0,037	≤ 0,037	≤ 0,030	≤ 0,060	≤ 0,060	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le tricastin - zone sou- les vents (>5 km)	Bollène	31/08/2022	Arbres fruitiers	Vigne commune <i>Vitis vinifera</i>	Fruit entier (sans pédoncule)	Cendre	3,33	05/12/2022	n.a.	≤ 0,038	≤ 0,11	≤ 0,070	≤ 0,070	≤ 0,050	≤ 0,11	≤ 0,11	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec

n.a : non analysé.

\* Du fait de sa courte période radioactive, l'<sup>131</sup>I a été analysé sur des échantillons frais.

**Tableau 123 – Activités en tritium libre mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du site du Tricastin lors du suivi radioécologique 2022**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Date de mesure	<sup>3</sup> H libre (Bq.L <sup>-1</sup> d'eau de dessiccation)	<sup>3</sup> H libre (Bq.kg <sup>-1</sup> sec ou frais ou Bq.L <sup>-1</sup> )	Unité
Le tricastin - zone sous les vents (>5 km)	Bollène	13/06/2022	Légumes	Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Eau extraite par lyophilisation	15,17	15/08/2022	1,7±0,8	1,59±0,75	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Le tricastin - zone sous les vents (<5 km)	Bollène	20/04/2022	Herbes	Herbe de prairie permanente	Eau extraite par lyophilisation	3,03	30/05/2022	3,2±0,8	2,14±0,54	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Le tricastin - zone sous les vents (>5 km)	Mondragon	21/06/2022	Produits laitiers	Lait de brebis	Eau extraite par lyophilisation	5,22	15/08/2022	4,6±1	3,72±0,81	Bq.L <sup>-1</sup> d'ECH.

**Tableau 124 – Activités en tritium organiquement lié (TOL) mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du site du Tricastin lors du suivi radioécologique 2022**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Date de mesure	TOL (Bq.L <sup>-1</sup> d'eau de combustion)	TOL (Bq.kg <sup>-1</sup> sec ou frais ou Bq.L <sup>-1</sup> )	Unité
Le tricastin - zone sous les vents (>5 km)	Bollène	13/06/2022	Légumes	Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	15,17	21/05/2023	2,8±0,9	0,097±0,032	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Le tricastin - zone sous les vents (<5 km)	Bollène	20/04/2022	Herbes	Herbe de prairie permanente	Résidu sec obtenu après lyophilisation	3,03	15/09/2022	3,9±0,8	0,73±0,15	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Le tricastin - zone sous les vents (>5 km)	Mondragon	21/06/2022	Produits laitiers	Lait de brebis	Résidu sec obtenu après lyophilisation	5,22	21/05/2023	2,6±0,8	0,39±0,12	Bq.L <sup>-1</sup> d'ECH.

**Tableau 125 – Activités en  $^{14}\text{C}$  mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du site du Tricastin lors du suivi radioécologique 2022**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Date de mesure $^{14}\text{C}$	$^{14}\text{C}$ (Bq.kg <sup>-1</sup> de C)	$\delta^{12/13}\text{C}$ (‰)	pMC (%)	$^{14}\text{C}$ (Bq.kg <sup>-1</sup> sec ou frais ou Bq.L <sup>-1</sup> )	C TOT. (g.kg <sup>-1</sup> sec ou frais ou g.L <sup>-1</sup> )	Unité
Le tricastin - zone sous les vents (>5 km)	Bollène	13/06/2022	Légumes	Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	15,17	13/06/2022	226±11	-30,44	101,1±4,9	5,65±0,28	25	Frais
Le tricastin - zone sous les vents (>5 km)	Mondragon	21/06/2022	Produits laitiers	Lait de brebis	Résidu sec obtenu après lyophilisation	5,22	21/06/2022	222±11	-26,17	98,5±4,9	22,7±1,1	100	Liquide

**Tableau 126 - Teneur en matière organique et caractéristiques granulométriques des échantillons de sédiments récoltés dans l'environnement aquatique du CNPE du Tricastin lors du suivi radioécologique en 2022.**

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Date de mesure	Qualité	Fractions	%
Donzère	24/02/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	≤ 2 mm	13/03/2023	sec	Matière organique	2,93
							Argiles (<2µm)	9,7
							Limons Fins	21,7
							Limons Grossiers	30,9
							Sables Fins	37,3
							Sables Grossiers	0,4
Saint-Étienne-des-Sorts	23/02/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	≤ 2 mm	13/03/2023	sec	Matière organique	2,9
							Argiles (<2µm)	8,2
							Limons Fins	17,5
							Limons Grossiers	36,8
							Sables Fins	36,7
							Sables Grossiers	0,8
Bollène	23/02/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	≤ 2 mm	13/03/2023	sec	Matière organique	3,01
							Argiles (<2µm)	14,7
							Limons Fins	37,0
							Limons Grossiers	36,0
							Sables Fins	12,0
							Sables Grossiers	0,3

**Tableau 127 – Activités en radionucléides émetteurs  $\gamma$  d'origine naturelle mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE du Tricastin lors du suivi radioécologique 2022**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité	Frais/Sec	Date de mesure	$^{40}\text{K}$	Famille du $^{232}\text{Th}$	Famille de l' $^{238}\text{U}$			$^7\text{Be}$	Unité
										$^{228}\text{Ac}$	$^{234}\text{Th}$	$^{234\text{m}}\text{Pa}$	$^{210}\text{Pb}$		
Rhône en amont du tricastin	Donzère	06/09/2022	Eaux douces	Eau de cours d'eau	Produit de filtration <i>Filtrat &lt; 0.5 <math>\mu\text{m}</math></i>	Sec	3936,84	05/12/2022	0,067±0,006	0,00148±0,00036	0,0181±0,0019	0,02±0,007	≤ 0,00060	0,0038±0,0011	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en aval de tricastin	Bollène	07/09/2022	Eaux douces	Eau de cours d'eau	Produit de filtration <i>Filtrat &lt; 0.5 <math>\mu\text{m}</math></i>	Sec	4014,20	06/12/2022	0,0582±0,005	0,00204±0,00025	0,0207±0,0019	≤ 0,012	0,00082±0,00045	0,0095±0,0014	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Station gaffière aval tricastin	Bollène	07/09/2022	Eaux douces	Eau de cours d'eau	Produit de filtration <i>Filtrat &lt; 0.5 <math>\mu\text{m}</math></i>	Sec	3884,97	01/12/2022	0,055±0,006	0,00283±0,00035	0,0148±0,0018	≤ 0,013	0,0023±0,0007	0,0107±0,0021	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en amont du tricastin	Donzère	24/02/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Produits de tamisage <i>Tamisé &lt; 2000 <math>\mu\text{m}</math></i>	Sec	1,66	28/03/2022	462±36	37,7±2,3	33,7±4,8	34±11	55±11	7,9±1,1	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en aval de tricastin	Saint-Étienne-des-Sorts	23/02/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Produits de tamisage <i>Tamisé &lt; 2000 <math>\mu\text{m}</math></i>	Sec	1,60	28/03/2022	444±30	36,3±2,3	35±5	34±13	62±12	9,4±1,4	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en aval de tricastin	Bollène	23/02/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Produits de tamisage <i>Tamisé &lt; 2000 <math>\mu\text{m}</math></i>	Sec	1,75	25/03/2022	448±30	36,6±2,3	37,1±2,7	48±15	63±12	15,4±1,7	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Station gaffière aval tricastin	Bollène	23/02/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Produits de tamisage <i>Tamisé &lt; 2000 <math>\mu\text{m}</math></i>	Sec	2,51	29/03/2022	290±20	29,2±1,8	31,8±2,6	28±10	109±19	32,7±2,7	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en amont du tricastin	Donzère	07/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Parties aériennes	Frais	6,67	12/07/2022	613±53	≤ 5,3	≤ 10	≤ 150	≤ 8,0	44,7±7,3	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en amont du tricastin	Donzère	07/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Parties aériennes	Cendre	7,28	15/11/2022	579±46	2,98±0,24	10,9±1,2	11,5±4,8	4,3±0,8	68±6	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en aval de tricastin	Bollène	07/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Parties aériennes	Frais	5,85	12/07/2022	585±47	≤ 2,9	6,4±3,5	≤ 82	≤ 7,0	37,4±5,8	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Station gaffière aval tricastin	Bollène	07/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Parties aériennes	Cendre	10,05	21/11/2022	690±55	8,82±0,74	10,8±1,3	≤ 16	17,0±2,5	18,1±3,0	Bq.kg <sup>-1</sup> sec

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité	Frais/Sec	Date de mesure	<sup>40</sup> K	Famille du <sup>232</sup> Th	Famille de l' <sup>238</sup> U			<sup>7</sup> Be	Unité
										<sup>228</sup> Ac	<sup>234</sup> Th	<sup>234m</sup> Pa	<sup>210</sup> Pb		
Rhône en aval de tricastin	Bollène	07/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Parties aériennes	Cendre	6,44	15/11/2022	524±40	3,18±0,26	7,8±0,9	≤ 9,0	3,6±0,7	37,2±3,5	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en aval de tricastin	Saint-Étienne-des-Sorts	08/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Parties aériennes	Cendre	5,88	22/11/2022	540±42	2,39±0,2	9,3±0,9	10±3,3	2,59±0,5	19,5±1,8	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en amont du tricastin	Donzère	07/07/2022	Mousses aquatiques	Cinclidodus danub. <i>Cinclidodus danubicus</i>		Frais	4,89	12/07/2022	308±24	32,8±2,9	48,9±6,4	≤ 44	32,8±5,4	311±20	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en amont du tricastin	Donzère	07/07/2022	Mousses aquatiques	Cinclidodus danub. <i>Cinclidodus danubicus</i>	Parties aériennes	Cendre	4,89	21/11/2022	237±20	30,6±3,6	34,7±3,4	21±10	33,3±4,3	259±23	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en aval de tricastin	Bollène	07/07/2022	Mousses aquatiques	Fontinale <i>Fontinalis sp.</i>		Frais	6,11	12/07/2022	368±30	23,0±2,0	54,4±6,7	≤ 61	55,6±8,6	191±15	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en aval de tricastin	Bollène	07/07/2022	Mousses aquatiques	Fontinale <i>Fontinalis sp.</i>	Parties aériennes	Cendre	6,11	21/11/2022	272±22	18,4±2,3	25,5±2,7	≤ 20	44±5	131±13	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en amont du tricastin	Châteauneuf-du-Rhône	21/04/2022	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Muscle	Cendre	4,23	12/08/2022	106±8	≤ 0,033	≤ 0,080	≤ 1,1	≤ 0,12	≤ 0,17	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Rhône en aval de tricastin	Mondragon	20/04/2022	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Muscle	Cendre	3,92	12/08/2022	103±8	≤ 0,030	≤ 0,070	≤ 1,0	≤ 0,090	≤ 0,15	Bq.kg <sup>-1</sup> frais

n.a : non analysé.



**Tableau 128 – Activités en radionucléides émetteurs  $\gamma$  d'origine artificielle mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE du Tricastin lors du suivi radioécologique 2022**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité Frais/Sec	Date de mesure	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	<sup>58</sup> Co	<sup>60</sup> Co	<sup>110m</sup> Ag	<sup>54</sup> Mn	<sup>124</sup> Sb	<sup>125</sup> Sb	<sup>131</sup> I*	Unité	
Rhône en amont d' Tricastin	Donzère	06/09/2022	Eaux douces	Eau de cours d'eau	Produit de filtration Filtrat < 0.5 $\mu$ m	Sec	3936,84	05/12/2022	$\leq 0,000060$	$\leq 0,000060$	$\leq 0,00011$	$\leq 0,000060$	$\leq 0,000090$	$\leq 0,000070$	$\leq 0,00012$	$\leq 0,00014$	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en aval de Tricastin	Bollène	07/09/2022	Eaux douces	Eau de cours d'eau	Produit de filtration Filtrat < 0.5 $\mu$ m	Sec	4014,20	06/12/2022	$\leq 0,000080$	$\leq 0,000070$	$\leq 0,00015$	$\leq 0,000080$	$\leq 0,00012$	$\leq 0,000070$	$\leq 0,00018$	$\leq 0,00020$	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Station gaffière aval Tricastin	Bollène	07/09/2022	Eaux douces	Eau de cours d'eau	Produit de filtration Filtrat < 0.5 $\mu$ m	Sec	3884,97	01/12/2022	$\leq 0,000100$	$\leq 0,000090$	$\leq 0,00021$	$\leq 0,00012$	$\leq 0,00013$	$\leq 0,00011$	$\leq 0,00022$	$\leq 0,00026$	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en amont d' Tricastin	Donzère	24/02/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Tamisé < 2000 $\mu$ m	Sec	1,66	28/03/2022	$\leq 0,15$	<b>2,42±0,21</b>	$\leq 0,19$	$\leq 0,17$	$\leq 0,19$	$\leq 0,18$	$\leq 0,20$	$\leq 0,43$	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en aval de Tricastin	Saint-Étienne-des-Sorts	23/02/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Tamisé < 2000 $\mu$ m	Sec	1,60	28/03/2022	$\leq 0,16$	<b>2,73±0,24</b>	$\leq 0,21$	<b>0,22±0,08</b>	$\leq 0,20$	$\leq 0,20$	$\leq 0,21$	$\leq 0,46$	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en aval de Tricastin	Bollène	23/02/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Tamisé < 2000 $\mu$ m	Sec	1,75	25/03/2022	$\leq 0,17$	<b>3,21±0,27</b>	$\leq 0,21$	$\leq 0,34$	$\leq 0,22$	$\leq 0,23$	$\leq 0,23$	$\leq 0,48$	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Station gaffière aval Tricastin	Bollène	23/02/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Tamisé < 2000 $\mu$ m	Sec	2,51	29/03/2022	$\leq 0,14$	<b>3,36±0,26</b>	$\leq 0,18$	$\leq 0,16$	$\leq 0,18$	$\leq 0,18$	$\leq 0,19$	$\leq 0,40$	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en amont d' Tricastin	Donzère	07/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Parties aériennes	Frais	6,67	12/07/2022	$\leq 0,87$	$\leq 1,0$	$\leq 1,0$	$\leq 1,1$	$\leq 1,1$	$\leq 1,0$	$\leq 0,93$	$\leq 2,3$	<b>2,07±0,80</b>	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en amont d' Tricastin	Donzère	07/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Parties aériennes	Cendre	7,28	15/11/2022	$\leq 0,060$	<b>0,067±0,031</b>	$\leq 0,22$	$\leq 0,100$	$\leq 0,100$	$\leq 0,080$	$\leq 0,22$	$\leq 0,13$	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en aval de Tricastin	Bollène	07/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Parties aériennes	Frais	5,85	12/07/2022	$\leq 0,58$	$\leq 0,70$	$\leq 0,76$	$\leq 0,82$	$\leq 0,70$	$\leq 0,64$	$\leq 0,64$	$\leq 1,5$	<b>1,87±0,56</b>	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Station gaffière aval Tricastin	Bollène	07/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Parties aériennes	Cendre	10,05	21/11/2022	$\leq 0,11$	<b>0,217±0,063</b>	$\leq 0,41$	$\leq 0,16$	$\leq 0,19$	$\leq 0,14$	$\leq 0,44$	$\leq 0,27$	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en aval de Tricastin	Bollène	07/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Parties aériennes	Cendre	6,44	15/11/2022	$\leq 0,060$	<b>0,075±0,034</b>	$\leq 0,23$	<b>0,31±0,06</b>	$\leq 0,100$	$\leq 0,090$	$\leq 0,23$	$\leq 0,15$	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en aval de Tricastin	Saint-Étienne-des-Sorts	08/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Parties aériennes	Cendre	5,88	22/11/2022	$\leq 0,039$	<b>0,078±0,022</b>	$\leq 0,15$	$\leq 0,060$	$\leq 0,060$	$\leq 0,050$	$\leq 0,15$	$\leq 0,090$	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en amont d' Tricastin	Donzère	07/07/2022	Mousses aquatiques	Cinclidotus danub. <i>Cinclidotus danubicus</i>		Frais	5,04	12/07/2022	$\leq 0,35$	$\leq 0,45$	<b>0,55±0,25</b>	$\leq 0,40$	$\leq 0,45$	$\leq 0,40$	$\leq 0,30$	$\leq 0,91$	<b>14,7±1,6</b>	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en amont d' Tricastin	Donzère	07/07/2022	Mousses aquatiques	Cinclidotus danub. <i>Cinclidotus danubicus</i>	Parties aériennes	Cendre	4,89	21/11/2022	$\leq 0,15$	<b>0,5±0,11</b>	$\leq 0,49$	<b>0,18±0,08</b>	$\leq 0,26$	$\leq 0,22$	$\leq 0,60$	$\leq 0,40$	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en aval de Tricastin	Bollène	07/07/2022	Mousses aquatiques	Fontinale <i>Fontinalis sp.</i>		Frais	5,42	12/07/2022	$\leq 0,43$	<b>1,16±0,37</b>	$\leq 0,43$	$\leq 0,61$	$\leq 0,55$	$\leq 0,49$	$\leq 0,43$	$\leq 1,3$	<b>12,3±1,3</b>	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en aval de Tricastin	Bollène	07/07/2022	Mousses aquatiques	Fontinale <i>Fontinalis sp.</i>	Parties aériennes	Cendre	6,11	21/11/2022	$\leq 0,38$	<b>1,03±0,33</b>	$\leq 0,38$	$\leq 0,54$	$\leq 0,49$	$\leq 0,43$	$\leq 0,38$	$\leq 1,2$	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité Frais/Sec	Date de mesure	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	<sup>58</sup> Co	<sup>60</sup> Co	<sup>110m</sup> Ag	<sup>54</sup> Mn	<sup>124</sup> Sb	<sup>125</sup> Sb	<sup>131</sup> I*	Unité
Rhône en amont de tricastin	Châteauneuf-du-Rhône	21/04/2022	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Muscle	Cendre 4,23	12/08/2022	≤ 0,0070	<b>0,063±0,006</b>	≤ 0,021	≤ 0,012	≤ 0,012	≤ 0,0090	≤ 0,021	≤ 0,016	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Rhône en aval de tricastin	Mondragon	20/04/2022	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Muscle	Cendre 3,92	12/08/2022	≤ 0,0060	<b>0,0314±0,004€</b>	≤ 0,020	≤ 0,0100	≤ 0,0100	≤ 0,0080	≤ 0,019	≤ 0,014	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> frais

n.a. : non analysé. \* Du fait de sa courte période radioactive, l'<sup>131</sup>I a été analysé sur des échantillons frais.

**Tableau 129 – Activités en tritium libre mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE du Tricastin lors du suivi radioécologique 2022**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Date de mesure	<sup>3</sup> H libre (Bq.L <sup>-1</sup> d'eau de dessiccation)	<sup>3</sup> H libre (Bq.kg <sup>-1</sup> sec ou frais ou Bq.L <sup>-1</sup> )	Unité
Rhône en aval de tricastin	Mornas	13/06/2022	Eaux de boisson	Eau d'adduction publique	Produit de filtration Filtrat < 0.2 µm	-	14/07/2022	4,2±0,8	4,2±0,8	Bq.L <sup>-1</sup> d'ECH.
Rhône en aval de tricastin	Bollène	13/06/2022	Eaux douces	Eau d'irrigation	Produit de filtration Filtrat < 0.2 µm	-	14/07/2022	0,9±0,7	0,9±0,7	Bq.L <sup>-1</sup> d'ECH.
Rhône en amont du tricastin	Donzère	07/07/2022	Eaux douces	Eau de cours d'eau	Produit de filtration Filtrat < 0.2 µm	-	20/09/2022	≤ 0,70	≤ 0,70	Bq.L <sup>-1</sup> d'ECH.
Rhône en aval de tricastin	Bollène	07/07/2022	Eaux douces	Eau de cours d'eau	Produit de filtration Filtrat < 0.2 µm	-	20/09/2022	65±7	65±7	Bq.L <sup>-1</sup> d'ECH.

**Tableau 130 – Activités en tritium lié (TOL) mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE du Tricastin lors du suivi radioécologique 2022**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Date de mesure	TOL (Bq.L <sup>-1</sup> d'eau de combustion)	TOL (Bq.kg <sup>-1</sup> sec ou frais ou Bq.L <sup>-1</sup> )	Unité
Rhône en amont du tricastin	Donzère	07/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	6,67	27/10/2022	6,3±1,1	0,456±0,084	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Rhône en aval de tricastin	Bollène	07/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	5,85	27/10/2022	17,4±2,2	1,55±0,21	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Rhône en amont du tricastin	Châteauneuf-du-Rhône	21/04/2022	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	4,48	11/04/2023	11,7±1,1	1,79±0,18	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Rhône en aval de tricastin	Mondragon	20/04/2022	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	4,46	11/04/2023	8,1±1,2	1,28±0,20	Bq.kg <sup>-1</sup> frais

**Tableau 131 – Activités en  $^{14}\text{C}$  mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE du Tricastin lors du suivi radioécologique 2022**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Date de mesure $^{14}\text{C}$	$^{14}\text{C}$ (Bq.kg <sup>-1</sup> de C)	$\delta^{12/13}\text{C}$ (‰)	pMC (%)	$^{14}\text{C}$ (Bq.kg <sup>-1</sup> sec ou frais ou Bq.L <sup>-1</sup> )	C TOT. (g.kg <sup>-1</sup> sec ou frais ou g.L <sup>-1</sup> )	Unité
Rhône en amont du tricastin	Donzère	07/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	6,67	17/02/2023	264,3±2,9	-20,58	115,9±1,3	14,67±0,16	56	Frais
Rhône en aval de tricastin	Bollène	07/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	5,85	17/02/2023	329,7±3,6	-22,73	145,2±1,6	21,32±0,23	65	Frais
Rhône en amont du tricastin	Châteauneuf-du-Rhône	21/04/2022	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	4,48	15/12/2022	837±47	-25,52	371±21	93,2±5,2	110	Frais
Rhône en aval de tricastin	Mondragon	20/04/2022	Poissons	Brème commune <i>Abramis brama</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	4,46	05/09/2022	841±41	-25,95	373±18	95,8±4,7	110	Frais

**Tableau 132 – Activités en <sup>63</sup>Ni mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE du Tricastin lors du suivi radioécologique 2022**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Qualité	Date de mesure <sup>63</sup> Ni	<sup>63</sup> Ni (Bq.kg <sup>-1</sup> sec ou frais ou Bq.L <sup>-1</sup> )	Ni (g.kg <sup>-1</sup> sec ou frais ou g.L <sup>-1</sup> )	Unité
Rhône en amont du tricastin	Donzère	07/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Parties aériennes	7,28	Cendre	30/12/2022	0,165±0,048	0,65	Sec
Rhône en aval de tricastin	Bollène	07/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Parties aériennes	6,44	Cendre	30/12/2022	0,33±0,06	1,05	Sec

**Tableau 133 – Activités en <sup>55</sup>Fe mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE du Tricastin lors du suivi radioécologique 2022**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité	Frais/Sec	Date de mesure	<sup>55</sup> Fe	Unité
Rhône en amont du tricastin	Donzère	07/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Parties aériennes	Cendre	7,28	11/02/2023	≤ 4,6	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en aval de tricastin	Bollène	07/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Parties aériennes	Cendre	6,44	12/02/2023	≤ 5,0	Bq.kg <sup>-1</sup> sec

# SYNTHÈSE DE L'ÉTAT RADIOLOGIQUE DES CNPE DU RHÔNE ET DU SITE EN DÉMANTÈLEMENT DE CREYS-MALVILLE

En milieu terrestre, le  $^{137}\text{Cs}$  est le seul radionucléide émetteur gamma détecté dans la quasi-totalité des échantillons. Sa présence est rémanente des retombées atmosphériques globales anciennes (essais nucléaires aériens et accident de Tchernobyl). Les rejets de tritium à l'atmosphère opérés par les sites nucléaires implantés sur le Rhône marquent les échantillons prélevés dans leur environnement immédiat.

En milieu aquatique, le  $^{137}\text{Cs}$  est mesuré dans presque tous les échantillons prélevés et analysés. Si sa présence est pour l'essentiel héritée des retombées atmosphériques globales anciennes (essais aériens d'armes nucléaires et accident de Tchernobyl), une contribution des rejets liquides des CNPE ne peut être exclue. La présence d'autres radionucléides émetteurs gamma d'origine artificielle ( $^{58}\text{Co}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{110\text{m}}\text{Ag}$ ) mesurés dans des échantillons prélevés en aval des sites de Bugey, Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil, Cruas-Meysses et Tricastin ainsi qu'en amont du site de Tricastin attestent du marquage de l'environnement aquatique par les rejets d'effluents liquides de ces sites.

L'environnement aquatique présente également un marquage en tritium libre et organiquement lié dont l'origine peut être attribuée aux rejets liquides des différentes installations rhodaniennes ainsi qu'aux activités passées de l'industrie horlogère. Plusieurs résultats de mesure sont d'une part, supérieurs au bruit de fond observé à distance de tout apport industriel et, d'autre part, les échantillons prélevés en aval présentent dans leur majorité des activités supérieures à celles mesurées dans les échantillons prélevés en amont.

Un marquage en  $^{14}\text{C}$  est également mis en évidence en milieu aquatique depuis l'aval du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil jusqu'en aval du Tricastin. Les échantillons de poissons prélevés dans la partie aval du Rhône présentent les activités les plus importantes, en relation possible avec le cumul des rejets qui conduit vraisemblablement à des activités ambiantes supérieures à celles de l'amont.

L' $^{131}\text{I}$  est mesuré en milieu aquatique dans les phanérogames et les mousses aquatiques avec des activités pouvant être supérieures en amont, supérieures en aval ou équivalentes entre l'amont et l'aval. Aussi, il est difficile d'attribuer la présence de ce radionucléide aux rejets d'effluents liquides des CNPE du Rhône. La présence d'unités médicales dans les agglomérations riveraines est probablement à l'origine de ce marquage du milieu aquatique.

Par ailleurs, la détection sporadique de  $^{63}\text{Ni}$  est observée. Bien que présent dans les rejets des installations nucléaires, il est difficile de se prononcer du fait d'une connaissance encore peu robuste sur d'une part l'origine précise de ce radionucléide dans l'environnement et d'autre part sur la variabilité des activités dans l'environnement. Enfin, les seuils de décision pour le  $^{55}\text{Fe}$  sont élevés et représentent un élément limitant l'interprétation dans l'état actuel des données disponibles.

## RÉFÉRENCES

1. IRSN, *Bilan de l'état radioécologique de l'environnement français de 2018 à 2020*. 2021, IRSN. 408 p.
2. Bé, M., Chisté, V., Dulieu, C., Kellet, M.A., Mougéot, X., Arinc, A., Chechev, V.P., Kuzmenko, N.K., Kibédi, A., et Nichols, A.L. *Table of radionuclides*. Monographie BIPM-5 2016; Accessible à l'adresse: <https://www.bipm.org/en/publications/scientific-output/monographie-ri-5.html>.
3. IRSN, *Actualisation des connaissances acquises sur le tritium dans l'environnement*. 2017, IRSN. 76 p.
4. ASN, *Livre blanc du tritium*, 2010, ASN. 304 p.
5. IRSN, *Les essais atmosphériques d'armes nucléaires : des retombées radioactives à l'échelle planétaire. Fiche Information de l'Institut de radioprotection et de Sécurité Nucléaire*. 2008, IRSN. 24 p.
6. IAEA/WMO. *Global network of isotopes in precipitation. The GNIP database*. 2013. Accessible à l'adresse: <http://www.iaea.org/water>.
7. Olive, P., Hubert, P., et Ravailleau, S., *Estimation pratique de "l'âge" des eaux souterraines en Europe par le tritium*. *Revue des sciences de l'eau*, 1996. 4: 523-533 p.
8. IRSN, *Niveau d'activité du tritium dans l'environnement. Contribution à la synthèse de la DEI sur le tritium*. 2008, IRSN. Rapport Rapport DEI/SESURE n°2008-34, 57 p.
9. IRSN, *Le tritium dans l'environnement. Point de vue de l'IRSN sur les questions clés et les pistes de recherches et développement*. 2010, IRSN. Rapport Rapport DEI 2010-01, 23 p.
10. Eyrolle-Boyer, F., Claval, D., Antonelli, C., Tournieux, D., et Cossonnet, C., *1963-2013 : Fifty years of anthropogenic tritium in our environment - Focus on the Rhône valley (South east France)*. 10th International Conference on Tritium Science and Technology, "TRITIUM 2013", Nice, 2013 p.
11. Levin, I. et Hesshaimer, V., *A unique tracer of global carbon cycle dynamics*. *Radiocarbon*, 2000. 42(1): 69-80 p.
12. Roussel-Debet, S., Gontier, G., Siclet, F., et Fournier, M., *Distribution of Carbon 14 in the terrestrial environment close to French nuclear power plants*. *Journal of Environmental Radioactivity*, 2006. 87(3): 246-259 p.
13. IRSN, *Tchernobyl, 25 ans après*. in *Collection thématique de l'IRSN2011*, IRSN. 48 p.
14. Renaud, P., Champion, D., et Brenot, J., *Les retombées radioactives de l'accident de Tchernobyl sur le territoire français. Conséquences environnementales et exposition des personnes*. 2007, Paris: Éditions Tec & Doc. Collection Sciences et techniques. Lavoisier.
15. IRSN, *Analyse de l'impact de l'accident de Fukushima en France (métropole et DROM-COM) à partir des résultats de la surveillance renforcée de la radioactivité de l'environnement*. 2011, IRSN. Rapport DEI/2011-01, 90 p.
16. IRSN. *Expertise de l'IRSN en matière de rejets hospitaliers de médecine nucléaire*. 2018 [cited 2018; Accessible à l'adresse: [http://www.irsn.fr/FR/Actualites\\_presse/Communiqués\\_et\\_dossiers\\_de\\_presse/Pages/expertise\\_IRSN\\_en\\_matière\\_de\\_rejets\\_hospitaliers\\_médecine\\_nucléaire](http://www.irsn.fr/FR/Actualites_presse/Communiqués_et_dossiers_de_presse/Pages/expertise_IRSN_en_matière_de_rejets_hospitaliers_médecine_nucléaire)].
17. IRSN, *Radionucléides naturels en France*. 2007, IRSN. Rapport Rapport DEI/SESURE n°2007-21, 45 p.
18. Reimann, C., Filzmoser, P., et Garrett, R.G., *Background and threshold: critical comparison of methods of determination*. *Science of the Total Environment*, 2005. 346: 1-16 p.
19. IRSN, *Le bruit de fond des radionucléides artificiels dans l'environnement français métropolitain. Bilan des constats radiologiques régionaux*. 2022, IRSN. 152 p.
20. Duffa, C., *Répartition du plutonium et de l'américium dans l'environnement terrestre de la basse vallée du Rhône*, 2001, Thèse de Aix-Marseille III. 179 p.
21. Masson, O., Piga, D., Gurriaran, R., et D'Amico, D., *Impact of an exceptional Saharan dust outbreak in France: PM10 and artificial radionuclides concentrations in air and in dust deposit*. *Atmospheric Environment*, 2010. 44(20): 2478-2486 p.
22. IRSN, *Constat radiologique Vallée du Rhône. Rapport final relatif au milieu terrestre*. 2012, IRSN. Rapport PRP-ENV/SESURE/2012-06, 62 p.
23. Blandin, P., *Bioindicateurs et diagnostic des systèmes écologiques*. *Bulletin d'écologie*, 1986. 17(4) p.
24. Stuiver, M. et Polach, A., *Discussion reporting of 14C data*. *Radiocarbon*, 1977. 19(3): 355-363 p.



25. Laboratoire national Henri Becquerel, *Arrondissement des résultats de mesure - Nombre de chiffres significatifs*. 2004, Laboratoire national Henri Becquerel. Rapport Note technique LNHB/04-13, 8 p.
26. Vray, F., Debayle, C., et Louvat, D., *Long-term flux of Chernobyl-derived <sup>137</sup>Cs from soil to French rivers : a study on sediment and biological indicators*. *Journal of Environmental Radioactivity*. 2003. **68**: 93-114. p.
27. Renaud, P. et Louvat, D., *Magnitude of fission product depositions from atmospheric nuclear weapon test fallout in France*. *Health Physics*, 2004. **86**(4): 6 p.
28. IRSN, *Analyse de l'impact de l'accident de Fukushima en France (métropole et DROM-COM) à partir des résultats de la surveillance renforcée de la radioactivité de l'environnement*. 2011, IRSN. Rapport Rapport DEI/2011-01, 90 p.

# ANNEXES

<b>Annexe 1. Choix des stations de prélèvements .....</b>	<b>258</b>
<b>Annexe 2. Choix des matrices prélevées .....</b>	<b>258</b>
2.1. Domaine terrestre .....	258
2.1.1. Les bryophytes .....	258
2.1.2. Les sols .....	259
2.1.3. L'herbe .....	259
2.1.4. Les végétaux cultivés .....	259
2.1.5. Le lait .....	259
2.2. Domaine aquatique continental .....	259
2.2.1. Les eaux .....	259
2.2.2. Les sédiments .....	259
2.2.3. Les mousses .....	259
2.2.4. Les phanérogames .....	260
2.2.5. Les poissons, mollusques et crustacés .....	260
<b>Annexe 3. Choix des fréquences d'analyses .....</b>	<b>260</b>
<b>Annexe 4. Choix des analyses .....</b>	<b>260</b>
<b>Annexe 5. Méthode de prélèvements sur le terrain .....</b>	<b>260</b>
5.1. Domaine terrestre .....	260
5.1.1. Sols .....	260
5.1.2. Végétaux .....	260
5.1.3. Lait .....	261
5.2. Domaine aquatique continental .....	261
5.2.1. Eaux (eau de boisson, eau de nappe) .....	261
5.2.2. Sédiments .....	261
5.2.3. Végétaux .....	261
5.2.4. Poissons .....	261
<b>Annexe 6. Préparation et conditionnement des échantillons .....</b>	<b>262</b>
6.1. Domaine terrestre .....	262
6.1.1. Sols .....	262
6.1.2. Végétaux .....	262
6.1.2.1. Mesurage des émetteurs gamma .....	262
6.1.2.2. Mesurage du tritium et du <sup>14</sup> C .....	263
6.1.3. Lait .....	263
6.1.3.1. Mesurage des émetteurs gamma .....	263
6.1.3.2. Mesurage du tritium et du <sup>14</sup> C .....	263
6.2. Domaine aquatique continental .....	263
6.2.1. Eau de boisson .....	263
6.2.1.1. Mesurage des émetteurs gamma .....	263
6.2.1.2. Mesurage du tritium .....	263
6.2.2. Sédiments .....	263
6.2.3. Végétaux .....	263
6.2.3.1. Mesurage des émetteurs gamma .....	263
6.2.3.2. Mesurage du tritium et du <sup>14</sup> C .....	264
6.2.4. Poissons, crustacés, mollusques .....	264
6.2.4.1. Mesurage des émetteurs gamma .....	264
6.2.4.2. Mesurage du tritium et du <sup>14</sup> C .....	264
<b>Annexe 7. Techniques d'analyses .....</b>	<b>264</b>
7.1. Détermination de la teneur en matière organique et de la granulométrie des sols et des sédiments .....	264
7.1.1. Teneur en matière organique .....	264
7.1.2. Granulométrie .....	264
7.2. Identification des espèces vivantes .....	265
7.2.1. Mesure du tritium libre .....	265

7.2.2. Mesure du tritium organiquement lié.....	265
7.2.3. Mesure du <sup>14</sup> C.....	266
7.2.4. Spectrométrie $\gamma$ .....	266
<b>Annexe 8. Expression des résultats et unités utilisées.....</b>	<b>267</b>
<b>Annexe 9. Radionucléides dans l'environnement .....</b>	<b>268</b>
9.1. Radioactivité d'origine naturelle .....	268
9.2. Radioactivité d'origine artificielle.....	270
9.2.1. Retombées atmosphériques des essais militaires.....	270
9.2.2. Retombées dues aux accidents d'installations nucléaires.....	270
9.2.3. Effluents liquides et atmosphériques des CNPE en fonctionnement normal.....	270
9.2.4. Effluents liquides et atmosphériques d'autres installations.....	271
9.3. Sources de <sup>3</sup> H .....	271
9.4. Sources de <sup>14</sup> C .....	271
<b>Annexe 10. Laboratoires d'analyses .....</b>	<b>272</b>

## ANNEXES

Comme pour toute expertise radioécologique de site reposant sur des résultats de mesures, le choix et la mise en place de la stratégie d'échantillonnage sont primordiaux. Il est nécessaire de choisir des lieux de prélèvement et des matrices capables de rendre compte d'un éventuel marquage de l'environnement par les radionucléides émis lors des rejets d'effluents liquides ou atmosphériques des installations étudiées.

Les bryophytes, les phanérogames aquatiques ou les algues sont utilisés comme indicateur des activités présentes dans les vecteurs de diffusion des rejets (air et eau). Les sols et sédiments sont des matrices d'accumulation des radionucléides. Pour répondre à des besoins de radioprotection, des produits végétaux (légumes-feuilles essentiellement) ou animaux consommables localement (poissons, mollusques, crustacés, lait de vache ou de chèvre) font l'objet d'une surveillance. Les eaux destinées à l'irrigation ou à la consommation sont également intégrées aux plans d'échantillonnage. Afin de rendre les études autour des CNPE français homogènes et d'établir si besoin des comparaisons, les plans d'échantillonnage sont établis de manière standardisée et, autant que possible, reproduits d'un site à l'autre. La Figure 36 page 257 présente de manière schématique le plan d'échantillonnage avec notamment le type de matrices prélevées. Des prélèvements supplémentaires ou des prélèvements de matrices différentes peuvent être réalisés, en particulier dans le cadre des prescriptions techniques formulées par l'A.S.N., en matière de surveillance de l'environnement. La stratégie d'échantillonnages et d'analyses, fournie par EDF, est mise à jour annuellement par EDF en fonction du retour d'expérience et de l'évolution de la réglementation.

La localisation des prélèvements est définie en fonction du contexte géographique et environnemental de chaque site. Les prélèvements dans l'environnement terrestre sont répartis en fonction de la direction des vents, en distinguant notamment les zones potentiellement influencées par les rejets d'effluents atmosphériques des zones hors vents dominants. Dans l'environnement aquatique continental, on distingue les prélèvements effectués en amont ou en aval des points de rejets des effluents liquides des CNPE, en tenant compte de la présence possible d'une autre installation en amont sur le fleuve. Bien que souvent complexes à définir, les conditions hydrodynamiques locales sont également des facteurs importants à prendre en considération lors des choix des lieux de prélèvements en milieu marin.

La mesure gamma permet de quantifier les activités d'un large spectre de radionucléides naturels et artificiels. C'est la raison pour laquelle elle a été retenue lors des premiers suivis radioécologiques annuels. Une recherche spécifique de  $^{131}\text{I}$  par spectrométrie gamma a été entreprise depuis 1997 sur quelques végétaux terrestres et aquatiques. Outre les mesures des niveaux d'activités des radionucléides émetteurs gamma, les activités en tritium libre (HTO) ont été quantifiées annuellement depuis l'année 2000. L'amélioration des limites de détection et des capacités métrologiques font que, depuis 2009, la quantification des activités en tritium organiquement lié (TOL) et carbone-14 ( $^{14}\text{C}$ ) est introduite dans la stratégie d'étude.

Pour chaque échantillon prélevé, une aliquote est conservée pendant 10 ans après l'année de prélèvement pour permettre de nouvelles analyses, le cas échéant (Figure 36 page 257).

Toutes les informations concernant l'identification, la localisation, puis les traitements et les mesures effectués sur les échantillons prélevés, sont enregistrées dans la base de données exploitée par l'IRSN. La traçabilité et la qualité des différentes opérations sont ainsi garanties et vérifiables. De plus, cela permet l'archivage et l'exploitation de séries chronologiques ou spatiales de données. Leur exhaustivité et leur homogénéité depuis 1991 permet leur utilisation à tout moment pour une expertise ou une étude particulière. Les étapes détaillées suivies par un échantillon depuis le prélèvement jusqu'à la mesure sont décrites dans « l'appendice méthodologique ».

L'exploitation des résultats repose sur la connaissance nécessaire des différentes sources de radioactivité gamma, tritium et  $^{14}\text{C}$  dans l'environnement.

Sur le territoire français métropolitain, des radionucléides d'origine naturelle tellurique ( $^{40}\text{K}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$  et leurs descendants) ou cosmogénique ( $^3\text{H}$ ,  $^7\text{Be}$  et  $^{14}\text{C}$ ) ainsi que des radionucléides d'origine artificielle ( $^{137}\text{Cs}$ ) sont

présents dans l'environnement terrestre. Les activités en radionucléides naturellement présents ( $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$ ) peuvent être augmentées par les rejets d'effluents de l'industrie nucléaire ou les activités militaires. Les dépôts globaux de ces radionucléides ( $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$  et  $^{137}\text{Cs}$ ) sont liés aux retombées atmosphériques des essais nucléaires pratiqués entre 1945 et 1980, et, pour le  $^{137}\text{Cs}$ , au passage en mai 1986 du panache radioactif consécutif à l'accident de Tchernobyl. Les retombées de l'accident de Fukushima Daiichi ont été décelées ponctuellement et à l'état de trace, en France, essentiellement en 2011 et jusqu'en 2013.

Localement, les rejets d'effluents effectués par les installations peuvent conduire à un marquage de certains compartiments de l'environnement en radionucléides artificiels. Les radionucléides émetteurs gamma présents dans les effluents radioactifs peuvent être des produits d'activation neutronique ou des produits de fission. Dans les CNPE,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{58}\text{Co}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{110\text{m}}\text{Ag}$  et  $^{124}\text{Sb}$  sont par exemple générés par l'activation des matériaux de structure des installations ;  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ , et  $^{131}\text{I}$ , sont des produits de fission. Le  $^3\text{H}$  provient principalement de l'activation neutronique du bore contenu dans le circuit primaire. Il est cependant important de tenir compte des possibles influences liées aux rejets de ces mêmes radionucléides par d'autres installations. Cela concerne par exemple les rejets d'effluents liquides des centres hospitaliers (rejets de  $^{131}\text{I}$ ). L'industrie horlogère en France et en Suisse a utilisé du tritium jusque dans les années 1990. Les résidus sont encore présents dans le Rhône et le Rhin aujourd'hui. Des centres d'études ou de recherche (C.E.A., instituts, CERN, etc.) contribuent au marquage des écosystèmes aquatiques. Par exemple, les eaux du Rhin, au niveau du CNPE de Fessenheim, peuvent apporter des radionucléides rejetés par les sites nucléaires suisses situés en amont. Les rejets des installations d'ORANO La Hague en Manche sont en partie responsables d'un marquage de l'environnement marin à proximité des CNPE de Flamanville, Paluel, Penly et Gravelines. Les rejets atmosphériques des installations d'ORANO à Marcoule contribuent au marquage de la partie sud de la zone d'étude autour du Tricastin.

L'identification de radionucléides « traceurs » des rejets des différentes installations permet de rechercher les contributions des différentes sources de rejet au marquage de l'environnement. Les produits d'activation hormis les  $^3\text{H}$  et  $^{14}\text{C}$  ( $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{57}\text{Co}$ ,  $^{58}\text{Co}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{110\text{m}}\text{Ag}$ ) sont caractéristiques de rejets issus d'activité nucléaire. Leur présence dans les matrices de l'environnement traduit donc un marquage par des rejets d'effluents locaux. Pour déterminer les marquages éventuels en  $^3\text{H}$  et  $^{14}\text{C}$ , il est indispensable d'avoir une référence hors influence.

L'ensemble des techniques utilisées est décrit dans les documents de l'Assurance de la Qualité de l'IRSN. Les principales d'entre elles sont résumées ci-après.

En début de ce chapitre, il paraît nécessaire de donner la définition du terme de bio-indicateur. Blandin [23] donnait du bio-indicateur la définition suivante : « Un indicateur biologique (ou bio-indicateur) est un organisme ou un ensemble d'organismes qui - par référence à des variables biochimiques, cytologiques, physiologiques, éthologiques ou écologiques - permet, de façon pratique et sûre, de caractériser l'état d'un écosystème ou d'un écosystème et de mettre en évidence aussi précocement que possible leurs modifications, naturelles ou provoquées ».

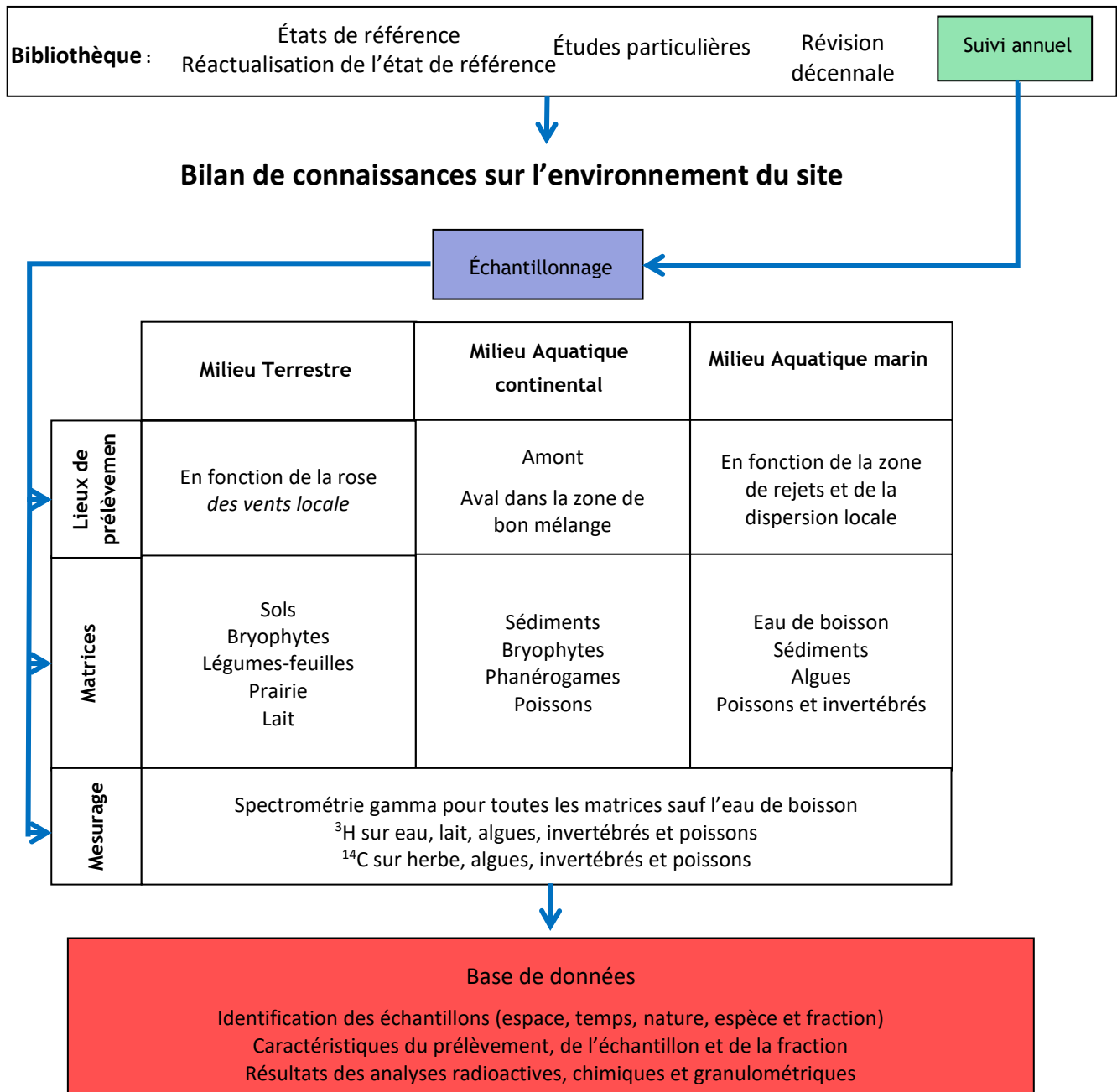


Figure 36 – Démarche utilisée pour la réalisation du suivi radioécologique annuel de chaque site

## Annexe 1. Choix des stations de prélèvements

La localisation des stations de prélèvements suit les demandes EDF exprimées dans le cahier des charges du marché.

## Annexe 2. Choix des matrices prélevées

Comme indiqué dans le cahier des charges, « EDF a défini une stratégie de surveillance basée sur la complémentarité des mesures réglementaires et des études radioécologiques d'expertise. Cette stratégie se traduit par un plan de prélèvements et d'analyses tenant compte de nombreux paramètres de façon à obtenir des résultats aussi représentatifs que possible du milieu étudié. Cette représentativité porte sur :

- Les échantillons prélevés, dont la représentativité dépend notamment du radionucléide recherché, de la disponibilité dans l'environnement de la matrice échantillonnée, de la fréquence de prélèvement, de la zone de prélèvement, des méthodes de prélèvement et de conservation de l'échantillon...
- Les mesures réalisées, dont la représentativité dépend des traitements subis par l'échantillon, du protocole et des contraintes analytiques, de l'appareillage utilisé...

Le choix du type de matrices échantillonnées (bioindicateurs, compartiments d'accumulation, produits de consommation, vecteurs de la radioactivité...) et de la fréquence d'échantillonnage impose des zones de prélèvements dans lesquelles une matrice de ce type est présente et disponible en quantités suffisantes pour supporter la périodicité des prélèvements. Ce critère de disponibilité conditionne le choix d'une espèce en particulier, à laquelle des critères spécifiques en termes d'échantillonnage peuvent être associés, notamment des critères relatifs à la zone de prélèvement (ex. zone dégagée de tout obstacle).

Qu'il s'agisse du milieu terrestre ou des milieux aquatiques (dulçaquicoles ou marins), le choix des points de prélèvement est basé sur une prise d'échantillon double permettant de collecter une matrice, sous et hors influence potentielle des rejets d'effluents atmosphériques ou liquides de chaque installation, et ainsi disposer de valeurs permettant de mettre en évidence et de quantifier une éventuelle influence des rejets des installations. Les études de dispersion et de dilution dans le milieu des rejets d'effluents atmosphériques et liquides permettent d'identifier les zones sous influence potentielle et hors influence des rejets des sites.

Le choix d'une zone de prélèvement pour chaque matrice correspond donc au meilleur compromis possible permettant de répondre au mieux à l'ensemble de ces critères génériques et spécifiques. Une fois la zone de prélèvement déterminée, le choix des points de prélèvement doit tenir compte des aspects liés à la sécurité : les points retenus doivent être aisément accessibles et permettre les prélèvements en toute sécurité.

De plus, le choix des stations de prélèvements est effectué sur la base du retour d'expérience acquis dans le cadre de la surveillance radioécologique des sites et dans l'objectif de pouvoir comparer les résultats obtenus sur le long terme. Ainsi, dans la mesure du possible, les prélèvements seront réalisés aux mêmes points de prélèvements et aux mêmes périodes d'une année sur l'autre de manière à assurer une continuité géographique et temporelle. »

### 2.1. Domaine terrestre

#### 2.1.1. Les bryophytes

Les bryophytes terrestres constituent d'excellents indicateurs des apports atmosphériques. En effet, ne disposant pas de racines, leur principale voie d'absorption est aérienne. Des processus actifs de conduction d'eau par capillarité et d'échanges d'ions par voie extracellulaire permettent aux mousses de piéger les éléments nécessaires à leur croissance. En plus de ce mode d'intégration actif, les phénomènes passifs d'accumulation des poussières atmosphériques par piégeage mécanique contribuent à concentrer la radioactivité du fait d'un

important rapport surface/volume. Leur cycle de vie pluriannuel en fait un indicateur pertinent pour l'observation des apports atmosphériques à long terme.

### 2.1.2. Les sols

On distingue les sols cultivés pour lesquels des labours sont réalisés des sols non cultivés sur lesquels les cultures pluriannuelles ne demandent aucun remaniement (pâturages). Les sols non cultivés sont des intégrateurs pluriannuels des retombées atmosphériques. N'ayant pas subi de labourage récent, les radionucléides déposés à leur surface ne sont pas dilués dans la couche de labour.

### 2.1.3. L'herbe

Les prairies naturelles, non cultivées, sont privilégiées afin de rendre compte des transferts de radionucléides à partir d'un sol non remanié depuis plusieurs décennies. La mesure dans l'herbe permet d'évaluer l'activité des radionucléides déposés par voie atmosphérique au cours du cycle végétatif de la prairie échantillonnée (quelques mois) et ceux incorporés par voie racinaire.

### 2.1.4. Les végétaux cultivés

Parmi les végétaux cultivés, les salades sont privilégiées. Elles représentent la catégorie de légumes à feuilles, largement consommée. Seules les parties aériennes, sans contact avec le sol, sont échantillonnées. Leur grande surface d'interception en fait d'assez bons indicateurs des retombées atmosphériques de l'année.

### 2.1.5. Le lait

Les mesures dans le lait permettent de disposer d'échantillons intéressants en matière de radioprotection. La mesure du lait est pertinente pour rendre compte d'un éventuel marquage par les retombées atmosphériques, même très faibles, du fait des grandes surfaces d'herbe consommées pour produire ce lait. En effet la surface d'herbe consommée par une vache pour produire 1 litre de lait est nettement supérieure à la surface d'un prélèvement d'herbe.

## 2.2. Domaine aquatique continental

### 2.2.1. Les eaux

Les prélèvements sont réalisés préférentiellement dans les réseaux de distribution d'eau potable, sinon dans le réseau de distribution d'eau d'irrigation. Les radionucléides sont recherchés dans la phase dissoute.

### 2.2.2. Les sédiments

Les sédiments de surface intègrent les dernières phases de dépôt du système aquatique et les résultats de mesures sont donc représentatifs des activités rejetées au cours des derniers mois. D'une manière générale, plus les particules sont fines plus elles développent, à masse identique, une surface d'échange importante susceptible de retenir des radionucléides tels que les produits de fission ou d'activation. Les zones de sédimentation des particules fines sont privilégiées, dans la mesure du possible, afin d'optimiser la détection des radionucléides. Les analyses portent sur la fraction inférieure à 2 mm.

### 2.2.3. Les mousses

A l'instar des mousses du milieu terrestre, les mousses du milieu aquatique sont particulièrement pertinentes pour rendre compte d'un marquage du fait de leur grande surface d'échange avec leur compartiment ambiant. Les activités mesurées dans ces végétaux résultent des radionucléides essentiellement présents dans la phase particulaire, car leur morphologie favorise le piégeage des particules en suspension dans l'eau. Ces plantes n'ayant pas de racines sensu stricto, elles sont prélevées et analysées entières.



### 2.2.4. Les phanérogames

Les phanérogames sont bien représentées sur l'ensemble du territoire français métropolitain. Les espèces immergées sont préférées aux espèces semi-aquatiques pour rendre compte des activités en radionucléides présents sous forme dissoute. Les résultats de mesure dans ces matrices sont représentatifs des niveaux d'activité dans l'eau au cours des quelques semaines précédant le prélèvement. Pour diminuer l'apport de radionucléides par le substrat, les tiges sont coupées au-dessus des racines. Un lavage soigneux permet de diminuer la quantité de matière en suspension retenue à la surface des végétaux.

### 2.2.5. Les poissons, mollusques et crustacés

Seule la partie consommée est analysée dans la majeure partie des cas. Cette fraction est en outre représentative des radionucléides assimilés.

## Annexe 3. Choix des fréquences d'analyses

La fréquence des analyses suit les demandes EDF exprimées dans le cahier des charges du marché. Dans le rapport du suivi radioécologique annuel sont exploités les résultats d'analyses sur les prélèvements collectés annuellement et spécifiquement pour le suivi radioécologique annuel. En complément, sont intégrés des résultats d'analyses acquis par l'IRSN pour EDF dans le cadre de la réglementation. Il s'agit en particulier des analyses de  $^{14}\text{C}$  sur les végétaux collectés trimestriellement sous les vents des CNPE.

## Annexe 4. Choix des analyses

Les analyses réalisées suivent les demandes EDF exprimées dans le cahier des charges du marché. Elles portent sur les radionucléides les plus rejetés par les CNPE : tritium,  $^{14}\text{C}$ , produits d'activation ou de fission présents dans les rejets d'effluents liquides (émetteurs gamma comme les  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{58}\text{Co}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{63}\text{Ni}$ ,  $^{123\text{m}}\text{Te}$ ,  $^{124}\text{Sb}$ ,  $^{125}\text{Sb}$ ,  $^{134}\text{Cs}$  ou  $^{137}\text{Cs}$ ) ou atmosphériques (émetteurs gamma comme les  $^{58}\text{Co}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{134}\text{Cs}$  ou  $^{137}\text{Cs}$ ). Les rejets atmosphériques comprennent aussi des gaz rares et des iodes.

## Annexe 5. Méthode de prélèvements sur le terrain

### 5.1. Domaine terrestre

#### 5.1.1. Sols

Les sols non caillouteux sont prélevés avec une tarière racinaire de 8 cm de diamètre.

Pour les sols cultivés, le prélèvement est effectué sur une profondeur de 20 cm. Dans le cas des sols non cultivés, le prélèvement est réalisé dans l'horizon superficiel entre 0 et 5 cm ; dans le cas des bilans radioécologiques décennaux, trois prélèvements sont effectués entre 0-5 cm, 5-15 cm et 15-30 cm.

Plusieurs points de prélèvement proches les uns des autres sont réalisés afin d'obtenir un échantillon de 2 à 3 kg qui est placé dans un sachet plastique, préalablement référencé.

#### 5.1.2. Végétaux

La quantité de végétal (ou de fraction de végétal) à prélever est déterminée en fonction du rapport de poids frais / poids sec de l'échantillon (estimé a priori) et de la quantité nécessaire pour faire la mesure. L'échantillon est récolté à la main ou à l'aide d'outils tranchants, puis placé dans un sac plastique préalablement référencé et immédiatement fermé. Si l'échantillon doit être soumis à un mesurage du  $^{14}\text{C}$ , il est immédiatement mis au frais.

### 5.1.3. Lait

Le lait est prélevé directement à la ferme, chez le producteur. Les 6 à 18 litres nécessaires pour la réalisation d'une spectrométrie gamma, sont stockés dans des flacons référencés. Pour le mesurage du  $^3\text{H}$  libre, lié et  $^{14}\text{C}$  1 à 2 litre est conservé au frais.

## 5.2. Domaine aquatique continental

### 5.2.1. Eaux (eau de boisson, eau de nappe)

La réalisation d'une spectrométrie gamma nécessite la collecte de 90 litres d'eau, stockés en bidons plastiques référencés, et acidifiés à l'acide nitrique molaire à raison de 1 mL par litre. Cette acidification est destinée à éviter le développement des micro-algues et à limiter la fixation de radionucléides sur les parois des récipients. La mesure du tritium nécessite la collecte de 80 mL d'eau filtrée à 0,22  $\mu\text{m}$  puis répartie dans deux flacons en verre fermés hermétiquement. Tous les prélèvements d'eau de boisson sont réalisés après avoir fait couler de l'eau durant plusieurs minutes afin de purger la canalisation. Les eaux de nappe sont prélevées à l'aide de pompes pour piézomètres. Ces échantillons sont conservés au frais jusqu'à leur envoi au service de métrologie.

### 5.2.2. Sédiments

Le sédiment est prélevé de préférence à la pelle, sinon au cône de Berthois, puis déposé dans un récipient plastique à usage unique, fermeture hermétique et référencé. De retour au laboratoire, ces boîtes sont conservées en chambre froide à 4°C en attente du traitement.

### 5.2.3. Végétaux

Les végétaux aquatiques sont prélevés, à raison d'environ 1 kg frais par espèce, à partir de la berge, à la main ou à l'aide de gaffes ou de grappins. Lavés dans le cours d'eau, ils sont ensuite disposés par espèce dans des bacs aérés afin d'éviter tout pourrissement, et traités dès leur arrivée au laboratoire.

### 5.2.4. Poissons

Les pêches sont réalisées au moyen de filets de type monofilament en nylon, de mailles de 10 à 70 mm. Ils sont installés au-dessus de zones profondes. Fixés en un point, ils sont disposés passivement dans le courant. Cette technique est efficace pour assurer la capture d'individus effectuant des migrations transversales et pour s'assurer de l'obtention d'un lot de poissons de taille homogène. Ces pêches sont réalisées de façon diurne avec une pose n'excédant pas 3 heures.

Une quantité d'environ 12 kg frais par espèce est nécessaire. Les individus capturés sont identifiés, pesés et mesurés sur le terrain. Après éviscération, ces échantillons sont conditionnés en sacs plastiques référencés et conservés à basse température (<4°C) jusqu'à leur arrivée au laboratoire où une dissection permet de séparer les filets du reste du corps (environ 6 kg de chair).

## Annexe 6. Préparation et conditionnement des échantillons

### 6.1. Domaine terrestre

#### 6.1.1. Sols

Après émottage et quartage, 300 g environ sont séchés à l'étuve à une température inférieure à 40 °C, placés dans un sachet, référencés et expédiés, pour l'analyse granulométrique et la détermination de la teneur en matière organique, à la Société du Canal de Provence ou à l'INRA d'Arras. En ce qui concerne les analyses par spectrométrie gamma, 1,5 kg d'échantillon sont séchés et tamisés à 2 mm. 350 à 500 g de la fraction de terre fine (< 2 mm) ainsi séparés sont broyés puis conditionnés dans une boîte cylindrique en matière plastique (géométrie solide 380 mL), dont les dimensions sont spécifiques aux comptages en spectrométrie  $\gamma$ . Référencée, cette boîte est expédiée au laboratoire de métrologie de l'IRSN.

#### 6.1.2. Végétaux

##### 6.1.2.1. Mesurage des émetteurs gamma

De retour au laboratoire, les échantillons sont immédiatement nettoyés et pesés frais. Ils sont ensuite placés en étuve à moins de 105 °C jusqu'à dessiccation complète (24 à 48 h). Le poids sec de l'échantillon est noté, puis le résidu sec est mis au four. La montée en température s'effectue par paliers successifs afin d'éviter l'inflammation des échantillons (Figure 37 page 262). À la sortie du four, les cendres sont pesées puis broyées jusqu'à obtention d'une poudre, afin de concentrer le maximum de matière dans le minimum de volume. Le conditionnement est réalisé dans des boîtes en matière plastique (géométries) de 17 mL ou de 60 mL, référencées. Le poids du contenu est noté puis la géométrie est expédiée au service de métrologie de l'IRSN afin d'effectuer une spectrométrie  $\gamma$ . Le rapport poids frais / poids sec est déterminé sur chaque aliquote de façon à exprimer l'ensemble des résultats dans la même unité ( $\text{Bq.kg}^{-1}\text{sec}$ ).

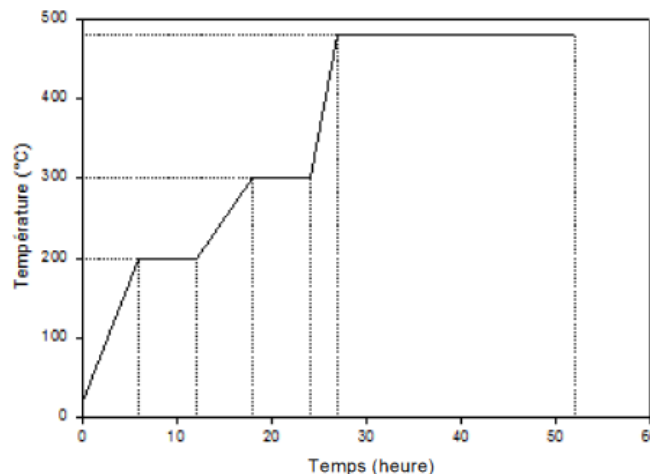


Figure 37 – Chronique d'une incinération : montée en température et paliers en fonction du temps

Les analyses destinées à la mesure de  $^{131}\text{I}$  sont effectuées rapidement, idéalement dans les 8 jours qui suivent le prélèvement. Les échantillons peuvent être mesurés frais (mousses, herbe) ou sec (lait).

### 6.1.2.2. Mesurage du tritium et du $^{14}\text{C}$

L'aliquote mise au frais sur le terrain est immédiatement lyophilisée ou à défaut entreposée au congélateur. Le rapport de poids est calculé et noté, pour s'assurer de la qualité du traitement. Le conditionnement de la matière sèche est réalisé dans des sachets aluminisés sous vide. Le poids du contenu est noté puis la boîte référencée est expédiée au service de métrologie. L'eau de lyophilisation est filtrée sur filtre plan à 0,22  $\mu\text{m}$  puis 40 mL sont conditionnés dans un flacon en verre brun et expédiés au service de métrologie dans des sachets aluminés sous vide.

### 6.1.3. Lait

#### 6.1.3.1. Mesurage des émetteurs gamma

De retour au laboratoire, 6 à 18 litres de lait sont évaporés dans une étuve à moins de 105 °C. Le résidu sec est ensuite incinéré selon le protocole cité précédemment. À la sortie du four, les cendres sont pesées puis broyées jusqu'à obtention d'une poudre. Le conditionnement est réalisé dans des boîtes en plastique (géométries) de 17 mL ou de 60 mL. Le poids du contenu est noté puis la boîte référencée est expédiée au service de métrologie afin d'effectuer une spectrométrie  $\gamma$ .

#### 6.1.3.2. Mesurage du tritium et du $^{14}\text{C}$

Un litre de lait est lyophilisé de manière à extraire l'eau contenue dans l'échantillon. L'extrait sec est destiné à mesurer le tritium organiquement lié et du  $^{14}\text{C}$ . Le conditionnement de la matière sèche est réalisé dans des sachets aluminisés sous vide. Le poids du contenu est noté puis la boîte référencée est expédiée au service de métrologie. L'eau de lyophilisation est filtrée sur filtre plan à 0,22  $\mu\text{m}$  puis 40 mL sont conditionnés dans un flacon en verre brun et expédiés au service de métrologie dans des sachets aluminés sous vide.

## 6.2. Domaine aquatique continental

### 6.2.1. Eau de boisson

#### 6.2.1.1. Mesurage des émetteurs gamma

Pour le mesurage des émetteurs gamma, chaque échantillon de 90 litres environ est ramené à un volume de 500 mL par évaporation à 70 °C. L'échantillon concentré est transvasé dans un conteneur pour échantillons liquides (SG500), équivalent de la géométrie 380 mL. Il est alors expédié au laboratoire de métrologie de l'IRSN.

#### 6.2.1.2. Mesurage du tritium

La préparation pour le mesurage du  $^3\text{H}$  se fait sur le terrain par filtration sur filtre plan de porosité 0,22  $\mu\text{m}$  de deux échantillons de 40 ml, puis expédiés au laboratoire de métrologie dans des sachets aluminés sous vide.

### 6.2.2. Sédiments

Les sédiments sont séchés à moins de 105 °C, émottés à la main et tamisés à 2 mm. La fraction supérieure à 2 mm est écartée. Une fraction de 200 g, séchée à moins de 40 °C, est réservée pour la granulométrie et la détermination de la teneur en matière organique. Une géométrie de comptage de 380 mL est remplie pour effectuer une spectrométrie  $\gamma$ .

### 6.2.3. Végétaux

#### 6.2.3.1. Mesurage des émetteurs gamma

Après égouttage, le poids frais des végétaux (ou de leur fraction) est noté à titre indicatif. Ces échantillons sont ensuite séchés à 105 °C jusqu'à poids constant. Les produits secs sont pesés, puis incinérés selon un cycle de 52 h jusqu'à 480°C (Figure 37 page 262). Les cendres sont pesées et broyées. En fonction du volume de matières préparé, un conteneur 380 mL (sec) ou 17 mL (cendres) est utilisé pour un comptage en spectrométrie  $\gamma$ . Référencée, cette boîte est expédiée au laboratoire de métrologie de l'IRSN.

Le protocole de préparation et de mesurage de  $^{131}\text{I}$  pour les végétaux terrestres est appliqué, ce type d'analyse étant effectué de préférence sur 2 bryophytes aquatiques ou par défaut, sur 2 phanérogames immergées (un échantillon amont et un aval).

#### 6.2.3.2. Mesurage du tritium et du $^{14}\text{C}$

L'aliquote mise au frais sur le terrain est immédiatement lyophilisée ou à défaut entreposée au congélateur. Le rapport de poids est calculé et noté, pour s'assurer de la qualité du traitement. Le conditionnement de la matière sèche est réalisé dans des sachets aluminisés sous vide. Le poids du contenu est noté puis la boîte référencée est expédiée au service de métrologie.

### 6.2.4. Poissons, crustacés, mollusques

#### 6.2.4.1. Mesurage des émetteurs gamma

La biométrie ayant été réalisée sur le terrain, sur des individus entiers, non éviscérés, les lots de poissons constitués sont disséqués de manière à isoler les filets, susceptibles d'être consommés par l'homme. Comme pour les végétaux, ils sont séchés à poids constant, pesés secs et incinérés. Leurs cendres sont broyées et disposées dans des boîtes de 17 ou 60 mL pour la spectrométrie  $\gamma$ . Référencée, cette boîte est expédiée au service de métrologie de l'IRSN.

#### 6.2.4.2. Mesurage du tritium et du $^{14}\text{C}$

Une aliquote est lyophilisée de manière à extraire l'eau contenue dans l'échantillon. L'extrait sec est destiné à mesurer le tritium organiquement lié et/ou le  $^{14}\text{C}$ . Le conditionnement de la matière sèche est réalisé dans des sachets aluminisés sous vide. Le poids du contenu est noté puis la boîte référencée est expédiée au laboratoire de métrologie. L'eau de lyophilisation est filtrée sur filtre plan à 0,22  $\mu\text{m}$  puis 40 mL sont conditionnés dans un flacon en verre brun et expédiés au service de métrologie dans des sachets aluminisés sous vide.

## Annexe 7. Techniques d'analyses

### 7.1. Détermination de la teneur en matière organique et de la granulométrie des sols et des sédiments

Ces analyses sont réalisées par le Laboratoire d'Analyses des Eaux de la Société du Canal de Provence ou par le laboratoire d'analyse des sols de l'INRA d'Arras.

#### 7.1.1. Teneur en matière organique

La matière organique des sédiments et des sols est dosée par calcination. Les échantillons, préalablement séchés à  $105\pm 2$  °C jusqu'à poids constant, sont calcinés dans un four à moufle porté progressivement jusqu'à une température de 480 °C. La perte de masse permet de connaître directement le pourcentage de matière organique.

#### 7.1.2. Granulométrie

La technique d'analyse granulométrique consiste tout d'abord en une attaque de la matière organique par l'eau oxygénée à 20 volumes, qui permet d'éliminer ce liant des particules. Une agitation mécanique dans l'hexamétaphosphate de sodium va disperser les particules dans un flacon à sédimentation.

La séparation des argiles, limons fins et grossiers est réalisée au moyen de prélèvements de 20 ml de cette suspension, en se basant sur la loi de Stokes qui régit la sédimentation des particules dans un liquide à température constante. Des abaques permettent en effet de connaître la profondeur de sédimentation de chacune de ces fractions en un temps donné. Les aliquotes prélevées sont déposées dans des capsules et desséchées à  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  jusqu'à poids constant.

Le fractionnement des sables se fait par la superposition de tamis de  $200 \mu\text{m}$  et de  $50 \mu\text{m}$ . Le sédiment est tamisé sous un jet d'eau pour éliminer les particules de diamètre inférieur à  $50 \mu\text{m}$ .

## 7.2. Identification des espèces vivantes

Une fraction des échantillons de mousses prélevées est mise à sécher à l'air libre. Leur identification est réalisée selon le besoin. Notamment, les mousses aquatiques qui peuvent être identifiées par le Laboratoire AgroCampus Ouest de Rennes.

Les phanérogames terrestres, aquatiques et semi-aquatiques sont identifiées par nos soins.

La détermination des espèces de poissons est effectuée après capture, lors des mesures de biométrie, par un pêcheur professionnel.

### 7.2.1. Mesure du tritium libre

La mesure du tritium libre est réalisée par le service de métrologie de l'IRSN Orsay (Essonne).

Il est entendu par « tritium libre » le tritium de la molécule d'eau ou pouvant être recouvré sous forme d'eau par déshydratation d'un échantillon solide (eau interstitielle, eau tissulaire).

Les échantillons d'eau, excepté les eaux de lyophilisation, sont distillés à sec. Les échantillons solides frais sont lyophilisés à froid sous vide, permettant de séparer la fraction eau et la fraction sèche. Dans le cas des produits alcoolisés, une distillation partielle est effectuée sur la fraction liquide recueillie pour isoler l'eau de l'alcool.

### 7.2.2. Mesure du tritium organiquement lié

Deux méthodes sont utilisées, par scintillation ou par spectrométrie de masse. La mesure par spectrométrie de masse est privilégiée pour les échantillons à faible teneur en matière organique, notamment les sols et sédiments.

Par scintillation, l'échantillon déshydraté subit une combustion en flux d'oxygène et d'argon. Le système de combustion est constitué d'un tube de quartz glissé dans deux fours annulaires. Le premier four est réglable en température, de la température ambiante à  $1\ 000^\circ\text{C}$ . Le second four est réglé à une température de  $1000^\circ\text{C}$ . Les vapeurs d'eau de combustion sont récupérées en sortie de four par un piège froid. L'eau de combustion recueillie est distillée à sec.

Le tritium organiquement lié peut être également déterminé en mesurant par spectrométrie de masse, la quantité d'hélium 3 ( $^3\text{He}$ ), descendant du tritium. L'échantillon est lyophilisé, puis conditionné dans un conteneur, garantissant une étanchéité totale. L'isolement est maintenu le temps nécessaire à la formation de la quantité d' $^3\text{He}$  nécessaire. Ce délai varie généralement entre 3 et 6 mois et dépend de la masse d'échantillon introduite, des performances du spectromètre de masse, de la quantité de tritium attendue et de l'incertitude souhaitée. A l'issue de la période de stockage, le conteneur est monté sur la ligne d'introduction du spectromètre de masse pour la mesure de l'hélium. L'activité en tritium est déterminée par calcul de décroissance.

Les mesures sont effectuées sur un spectromètre VG-3000 de chez Micromass.

### 7.2.3. Mesure du $^{14}\text{C}$

Deux méthodes sont utilisées, par scintillation ou par spectrométrie de masse. La mesure par accélérateur est privilégiée sur les échantillons présentant un faible taux de matière organique, les sols et les sédiments notamment.

Avant la mesure par scintillation, le carbone des échantillons est oxydé en dioxyde de carbone dans une bombe à combustion. Le dioxyde de carbone est ensuite transformé en carbure de lithium, qui, par hydrolyse, donne de l'acétylène. Ce dernier est trimérisé en benzène. La multiplication par le rapport 78/72 de l'activité mesurée en benzène par scintillation permet d'exprimer l'activité en  $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$  de carbone.

Avant la mesure par spectrométrie, les sédiments et les sols à traiter sont totalement décarbonatés durant plusieurs jours dans de l'acide dilué, puis rincés à l'eau ultrapure jusqu'à un pH neutre. Les échantillons sont brûlés pendant 4 heures à 900 °C. La quantité de carbone contenu dans le gaz est mesurée. Le  $\text{CO}_2$  obtenu est ensuite réduit par  $\text{H}_2$  en présence de poudre de fer à 575°C. Le carbone se dépose sur la poudre de fer et le mélange est pressé dans une cible afin d'être mesuré.

L'activité en  $^{14}\text{C}$  de l'échantillon est calculée en comparant les intensités mesurées séquentiellement des faisceaux de  $^{14}\text{C}$ ,  $^{13}\text{C}$  et  $^{12}\text{C}$  de chaque échantillon avec ceux de standards de  $\text{CO}_2$  préparés à partir de l'acide oxalique de référence HOxI.

La mesure des rapports isotopiques  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  et du carbone total s'effectuent sur un couplage d'un analyseur élémentaire relié à un spectromètre de masse isotopique par combustion totale du prélèvement analytique à 1 050°C sous courant d'un mélange d'oxygène et d'hélium. Le carbone des échantillons est transformé en  $\text{CO}_2$  et quantifié par des détecteurs spécifiques infrarouge  $\text{CO}_2$ . Ces analyses sont réalisées par l'Institut des Science Analytique (CNRS) de Villeurbanne.

### 7.2.4. Spectrométrie $\gamma$

L'essentiel des mesures par spectrométrie  $\gamma$  est réalisé par le service de métrologie de l'IRSN accrédité COFRAC pour les matrices exploitées dans cette étude. La mesure de  $^{131}\text{I}$  des échantillons collectés en Manche et mer du Nord sont mesurés au laboratoire d'Octeville de l'IRSN.

L'IRSN dispose d'installations de mesure spécifiques lui permettant de détecter et de quantifier les radionucléides naturels ou artificiels émetteurs  $\gamma$  dans des échantillons de très faibles niveaux de radioactivité comme c'est le cas des échantillons issus de l'environnement.

L'un des objectifs du service de métrologie est de détecter les niveaux de radioactivité les plus bas en jouant sur l'efficacité de la détection, le mouvement propre et le bruit de fond radioactif de l'installation. Un autre objectif est d'assurer que la qualité des résultats reste constante au cours du temps à l'aide d'un programme d'assurance qualité.

Afin de protéger les détecteurs du rayonnement cosmique secondaire, la salle de mesure blindée est en sous-sol, à 6 m de profondeur. Pour augmenter la protection contre ce type de rayonnement, sous-sol et rez-de-chaussée sont séparés par une dalle de béton de 3 m d'épaisseur. Le blindage de la salle est constitué d'un mur de 10 cm de plomb (115 tonnes de plomb) de faible radioactivité. Cependant, les rayonnements cosmiques induisent une fluorescence X du plomb qui fait apparaître des raies parasites jusqu'à 90 keV. Le mur de la salle blindée a donc été doublé d'une couche interne de 10 mm de cuivre électrolytique qui neutralise cette fluorescence X. De plus, les matériaux utilisés dans la chambre blindée, en particulier les aciers entrant dans les supports des détecteurs, ont été sélectionnés pour leurs faibles niveaux radioactifs. Ces précautions réduisent les sources de radioactivité liées à l'introduction du matériel de mesure. De même, des précautions sont prises pour limiter les effets des sources potentielles de radioactivité naturelle, tels les radionucléides appartenant aux familles radioactives de l'uranium et du thorium comme le  $^{40}\text{K}$ , ou artificielles, comme les radionucléides issus des essais nucléaires aériens ou d'accidents nucléaires.

Les détecteurs sont de type Gamma-X Ge System, d'efficacité comprise entre 10 et 23 %, et d'une résolution de 850 eV à 100 keV. Les spectrométries sont réalisées dans la bande d'énergie allant de 20 keV à 3 MeV. La méthode de mesure (acquisition et traitement des spectres) est celle développée par la société Silena et utilisée dans les logiciels Emca Plus et Silgamma.

## Annexe 8. Expression des résultats et unités utilisées

Les résultats d'analyse de radioactivité sont rapportés à la date de prélèvement.

Les activités en émetteurs gamma sont reportées en Bq.kg<sup>-1</sup> de matière sèche pour les résultats dans la plupart des matrices, en Bq.kg<sup>-1</sup> frais pour les poissons, mollusques et crustacés et en Bq.L<sup>-1</sup> dans le lait et l'eau. Le <sup>137</sup>Cs, émetteur β, donne naissance avec un rendement de 94,6 % au <sup>137m</sup>Ba de période 2,55 minutes et avec un rendement de 5,4 % au <sup>137</sup>Ba, stable. Le <sup>137m</sup>Ba conduit au <sup>137</sup>Ba, avec émission gamma (rendement de 85 %). Dans le rapport, l'activité gamma mesurée du <sup>137m</sup>Ba, sera reportée sous l'intitulé <sup>137</sup>Cs usuellement utilisé.

Les activités en tritium sont reportées en Bq.L<sup>-1</sup> d'eau de cryodessiccation pour le tritium libre mesuré dans le lait et les poissons, en Bq.L<sup>-1</sup> d'eau filtrée pour les résultats dans les prélèvements d'eau de boisson ou d'irrigation. Les activités en tritium organiquement lié sont reportées en Bq.L<sup>-1</sup> d'eau de combustion et en Bq.kg<sup>-1</sup> de matière sèche.

Les activités en <sup>14</sup>C sont reportées en Bq.kg<sup>-1</sup> de carbone ainsi qu'en pMC (pourcentage de carbone moderne). Le pMC est calculé à partir du résultat en Bq.kg<sup>-1</sup> de carbone (A ci-dessous) et du résultat de la mesure du rapport <sup>13</sup>C/<sup>12</sup>C (δ<sup>13</sup>C ci-dessous) :

$$pMC = A \left\{ 1 - \frac{2 \times (25 + \delta^{13}C)}{1000} \right\} \times \frac{100}{226}$$

d'après [24]

Chacun des résultats de mesure du <sup>14</sup>C en Bq.kg<sup>-1</sup> de carbone (BqC ci-dessous) est assorti du résultat de la mesure du carbone total en g.kg<sup>-1</sup> sec (C ci-dessous) pour permettre l'expression du résultat en Bq.kg<sup>-1</sup> de matière sèche (BqS ci-dessous) :

$$BqS = BqC (C / 1000)$$

Dans les tableaux récapitulatifs concernant les données antérieures relatives à un site, une vision synthétique de l'ensemble des résultats disponibles est donnée par l'utilisation de leur gamme de variation. Ces tableaux comprennent les valeurs minimales et maximales mesurées pour chaque radionucléide décelé, ainsi que leur fréquence de détection (égale au nombre d'échantillons où le radionucléide est détecté de manière significative divisé par le nombre d'échantillons analysés). Lorsqu'aucune valeur significative n'a été obtenue, les données chiffrées sont remplacées par un tiret (-).

Dans les tableaux des résultats de l'année ainsi que dans le texte, les résultats sont accompagnés de l'incertitude statistique, calculée pour un intervalle de confiance de 95 %, et sont présentés dans les tableaux par : « valeur ± incertitude » (± 2 σ). De 1996 à 2010, ces tableaux indiquaient, en outre, la Limite de Détection (LD) associée à la mesure des radionucléides non détectés. Depuis 2011, cette LD fait place au Seuil de Décision (SD = LD/2). En outre, le couple « valeur ± incertitude » ainsi que les SD sont arrondis depuis 2011 selon les règles du Laboratoire National Henri Becquerel [25].

Les graphiques présentent les valeurs significatives (rond coloré) accompagnées de leurs incertitudes (barres verticales colorées hautes et basses) ou le seuil de décision (barre colorée depuis l'abscisse) dans le cas de valeurs non significatives (Figure ci-dessous).



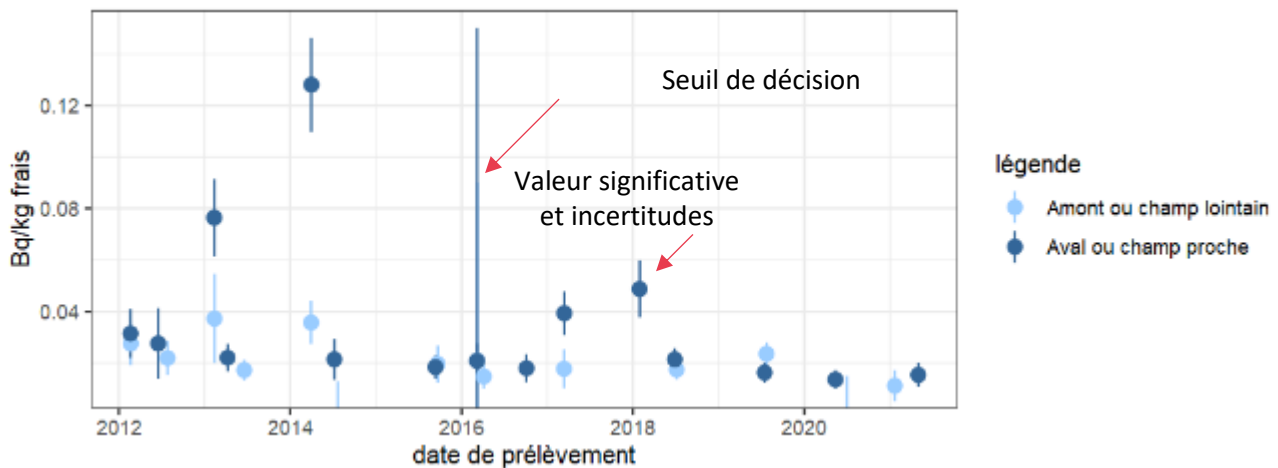


Figure 38 - Valeurs significatives et seuils de décisions dans les graphiques.

Dans le milieu aquatique continental, les résultats de mesure du  $^{137}\text{Cs}$  peuvent être normalisés par la granulométrie pour baisser la variabilité naturelle [26]. Ainsi les résultats de chacun des deux prélèvements en aval sont normalisés selon leur granulométrie pour être ramenés à la granulométrie du prélèvement en amont selon la formule :

$$^{137}\text{Cs}_{ref} = ^{137}\text{Cs}_{meas} \cdot \frac{(1.15 \pm 0.20) \cdot \text{CC}_{ref} + (0.43 \pm 0.16) \cdot \text{FSC}_{ref}}{(1.15 \pm 0.20) \cdot \text{CC}_{meas} + (0.43 \pm 0.16) \cdot \text{FSC}_{meas}}$$

Où

$^{137}\text{Cs}_{ref}$  = activité massique en  $^{137}\text{Cs}$  normalisée (une station aval dans ce document) ;

$^{137}\text{Cs}_{meas}$  = activité massique en  $^{137}\text{Cs}$  mesurée (une station aval dans ce document) ;

$\text{CC}_{ref}$  = teneur en argile du sédiment de référence (station amont dans ce document) ;

$\text{CC}_{meas}$  = teneur en argile du sédiment mesuré ;

$\text{FSC}_{ref}$  = teneur en limon fin du sédiment de référence (station amont dans ce document) ;

$\text{FSC}_{meas}$  = teneur en limon fin du sédiment mesuré.

Cette équation ne doit être utilisée que si la teneur en matière organique est supérieure à 1 %.

## Annexe 9. Radionucléides dans l'environnement

### 9.1. Radioactivité d'origine naturelle

La radioactivité naturelle est essentiellement due au  $^{40}\text{K}$ , à la famille de  $^{238}\text{U}$  comprenant 14 descendants, et à celle du  $^{232}\text{Th}$  en comprenant 10. Le  $^7\text{Be}$  est parfois détecté.

Dans le cas des deux familles du  $^{232}\text{Th}$  et de l' $^{238}\text{U}$ , le mesurage est le plus souvent réalisé à l'aide de raies d'émission de plusieurs éléments fils de chacune de ces deux chaînes naturelles :

- pour la famille du  $^{232}\text{Th}$  :  $^{228}\text{Ac}$ ,  $^{212}\text{Pb}$ - $^{212}\text{Bi}$ - $^{208}\text{Tl}$
- pour la famille de l' $^{238}\text{U}$  :  $^{234}\text{Pa}$ ,  $^{234}\text{Th}$ ,  $^{214}\text{Pb}$ ,  $^{214}\text{Bi}$ ,  $^{210}\text{Pb}$

En fonction de l'énergie d'émission, de l'activité dans l'échantillon et de l'éventuel déséquilibre au sein de la chaîne, le dosage ne s'effectue pas toujours sur les raies d'énergie du même élément fils.

Si les éléments fils du thorium et de l'uranium sont à l'équilibre avec l'élément père, et uniquement dans ce cas précis, alors la radioactivité naturelle peut être calculée selon la formule :  $^{40}\text{K} + (14 \times ^{238}\text{U}) + (10 \times ^{232}\text{Th}) + ^7\text{Be}$ . L'équilibre dans une chaîne de filiation peut ne pas être respecté en raison d'un apport supplémentaire d'origine naturelle (apport atmosphérique, métabolisme favorisant la concentration d'un élément donné chez les organismes vivants...) et/ou anthropique de l'un des éléments de la chaîne.

Les activités en radionucléides naturels dans les sols et sédiments métropolitains ont fait l'objet de publications dont un rapport IRSN [17].

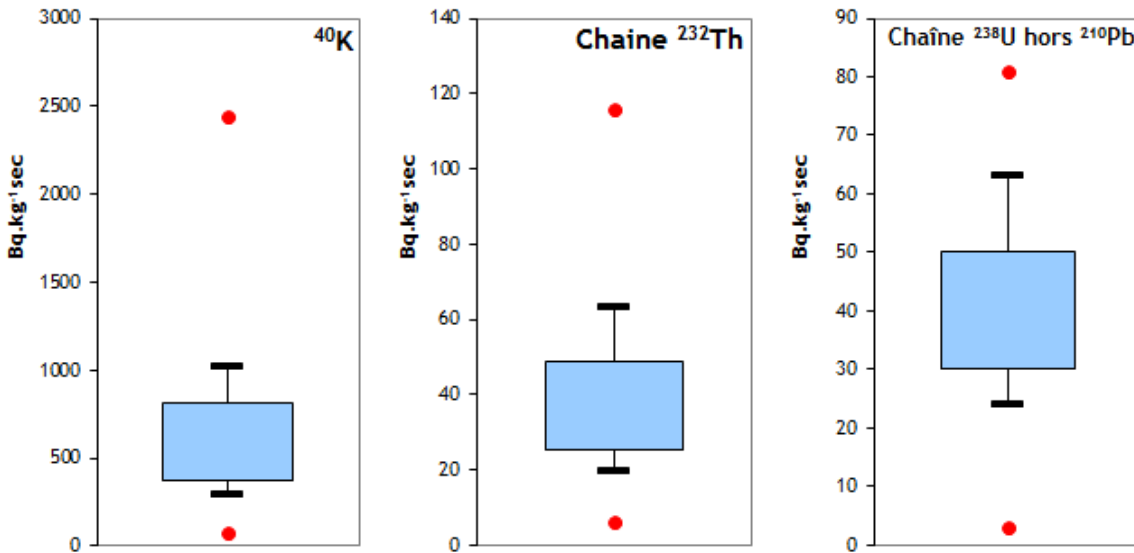


Figure 39 – Teneur en  $^{40}\text{K}$  et en radionucléides des familles du  $^{232}\text{Th}$  et du  $^{238}\text{U}$  dans les sols métropolitains (1<sup>er</sup> et 3<sup>ème</sup> quartiles, 1<sup>er</sup> et 9<sup>ème</sup> déciles, minimum et maximum)

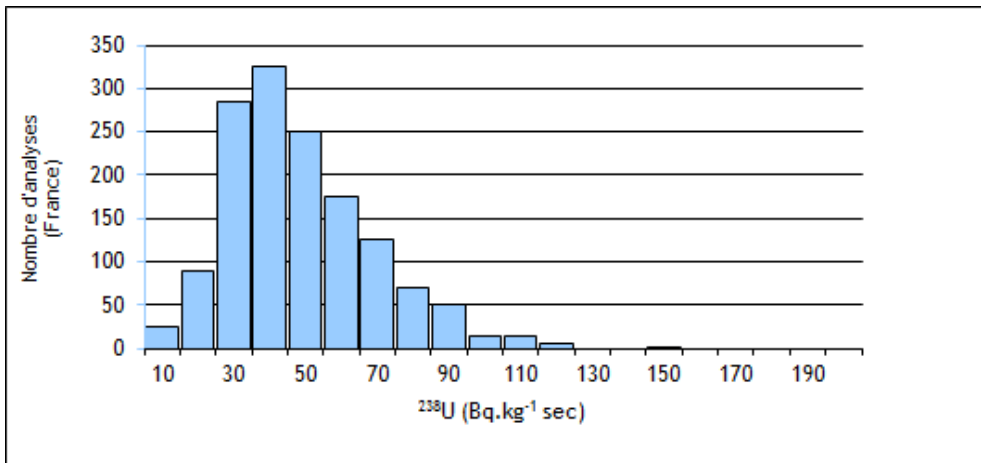


Figure 40 – Teneur en  $^{238}\text{U}$  dans les sédiments métropolitains.

## 9.2. Radioactivité d'origine artificielle

La présence dans la biosphère de radio-isotopes artificiels résulte des apports anthropiques liés à l'utilisation militaire du combustible nucléaire, à son utilisation civile dans les installations nucléaires en fonctionnement normal et aux accidents qui se sont produits.

### 9.2.1. Retombées atmosphériques des essais militaires

Les essais nucléaires atmosphériques, qui se sont déroulés essentiellement de 1945 à 1962, ont libéré en majorité des produits de fission, tels que le  $^{134}\text{Cs}$ , le  $^{90}\text{Sr}$  et les radio-isotopes 238, 239 et 240 du plutonium. Les retombées ont conduit à un marquage chronique de l'environnement qui perdure depuis l'arrêt des essais américains et soviétiques en août 1963.

Jusqu'au 16 octobre 1980, la Chine a continué à effectuer des essais nucléaires aériens à Lop Nor (40°N, 90°O). Les mesures réalisées consécutivement à ces essais dans des échantillons d'air ou des échantillons biologiques ont montré la présence de  $^{144}\text{Ce}$ ,  $^{141}\text{Ce}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{57}\text{Co}$ ,  $^{58}\text{Co}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{103}\text{Ru}$ ,  $^{106}\text{Ru}$ ,  $^{95}\text{Zr}$ ,  $^{95}\text{Nb}$  et  $^{125}\text{Sb}$  [27].

### 9.2.2. Retombées dues aux accidents d'installations nucléaires

L'accident ayant entraîné l'émission radioactive quantitativement la plus importante est celui de Tchernobyl, survenu le 26 avril 1986. Cet accident a libéré dans l'atmosphère des radionucléides divers représentatifs du cœur du réacteur, dont les plus abondants sont les  $^{134+137}\text{Cs}$ , l' $^{131}\text{I}$ , le  $^{132}\text{Te}$ , le  $^{140}\text{Ba}$  et les  $^{103+106}\text{Ru}$ . La progression du nuage a conduit, surtout dans l'est et le sud-est de la France, à partir du 29 avril, à une montée nette de la radioactivité des aérosols. Les dépôts, essentiellement sous forme humide, ont affecté directement et par lessivage des sols, les bassins versants français, tout comme les écosystèmes aquatiques de l'est et du nord de l'Europe.

Les retombées de l'accident de Fukushima Daiichi survenu au Japon au cours de la seconde moitié du mois de mars 2011 ont occasionné en France des détections faibles et fugaces dans les matrices terrestres de  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{131}\text{I}$  et  $^{132}\text{Te}$ . Le rapport  $^{137}\text{Cs}/^{134}\text{Cs}$  est proche de 1 [28]. Il semblerait que les retombées en France aient été assez homogènes, sans fluctuations spatiales ou temporelles.

### 9.2.3. Effluents liquides et atmosphériques des CNPE en fonctionnement normal

L'exploitation d'un réacteur électronucléaire implique la génération d'isotopes stables et radioactifs issus de la fission des noyaux du combustible (produits de fission), et de l'activation des différents matériaux de structure

(produits d'activation). Après traitement, contrôle et dilution, les effluents liquides faiblement radioactifs sont rejetés dans les cours d'eau ou la mer conformément à la législation en vigueur.

Globalement, les principaux radionucléides émetteurs  $\gamma$  émis par les réacteurs à eau pressurisée en fonctionnement normal sont :  $^{58}\text{Co}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{110\text{m}}\text{Ag}$ ,  $^{123\text{m}}\text{Te}$ ,  $^{124}\text{Sb}$ ,  $^{125}\text{Sb}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{134}\text{Cs}$  et  $^{137}\text{Cs}$ . Dans l'ensemble, parmi ces dix radionucléides, les réacteurs à eau pressurisée rejettent principalement les  $^{58}\text{Co}$ ,  $^{60}\text{Co}$  et  $^{110\text{m}}\text{Ag}$ . Les quantités rejetées au cours des années 90 ont diminué d'environ un facteur dix. Cependant, la composition des effluents liquides est variable d'un CNPE à l'autre, en fonction de sa conception, de son mode d'exploitation, de son âge et de l'historique d'exploitation de la tranche.

Les effluents atmosphériques radioactifs sont rejetés dans l'environnement, après traitement des effluents atmosphériques hydrogénés et stockage durant trente jours au minimum.

#### 9.2.4. Effluents liquides et atmosphériques d'autres installations

Des centres d'études, des centres militaires ainsi que des centres de traitements ou de stockage du combustible usé peuvent occasionner des marquages avec des signatures plus ou moins proches de celui des CNPE

Les services de médecine nucléaire rejettent du  $^{131}\text{I}$  dans les cours d'eau, au travers des stations d'épuration des agglomérations sur lesquelles ils sont implantés.

### 9.3. Sources de $^3\text{H}$

En dehors des rejets de  $^3\text{H}$  liquides et dans l'atmosphère par les CNPE, le  $^3\text{H}$  est déjà présent dans l'environnement. Sur l'ensemble du globe, la plus grande part provient très majoritairement des essais nucléaires aériens. Localement, les sites CEA de Marcoule, ORANO La-Hague, Saclay, Bruyères-le-Châtel et Valduc sont aussi à l'origine d'un net marquage de l'environnement. Les résidus de l'industrie horlogère peuvent augmenter sensiblement les niveaux de radioactivité des systèmes aquatiques.

Avant l'ère nucléaire, les valeurs en  $^3\text{H}$  de l'eau de pluie étaient inférieures à  $2 \text{ Bq.L}^{-1}$ . Le  $^3\text{H}$  a été massivement produit lors des essais nucléaires aériens. De plus de  $500 \text{ Bq.L}^{-1}$  dans l'eau de pluie dans les années soixante, l'activité volumique à proximité de la zone d'étude est descendue à  $10 \text{ Bq.L}^{-1}$  en 1980 après le dernier essai aérien. Aujourd'hui, l'activité volumique de l'eau de pluie est inférieure à  $2 \text{ Bq.L}^{-1}$ .

### 9.4. Sources de $^{14}\text{C}$

En dehors des rejets autorisés de  $^{14}\text{C}$  liquides et atmosphériques par les CNPE, le  $^{14}\text{C}$  est déjà présent dans l'environnement.

Les essais nucléaires aériens ont massivement apporté du  $^{14}\text{C}$  dans l'atmosphère. L'activité spécifique atmosphérique en  $^{14}\text{C}$  est montée jusqu'à  $400 \text{ Bq.kg}^{-1}$  de carbone. Depuis, l'activité moyenne atmosphérique a décliné. Elle est, en 2022, de  $222 \pm 7 \text{ Bq.kg}^{-1}$  de C [1].

## Annexe 10. Laboratoires d'analyses

ANALYSES	LABORATOIRE
<b>Radionucléides émetteurs alpha</b> <b>Radionucléides émetteurs gamma (+ Iode-129)</b> <b>Strontium-90</b> <b>Carbone-14 (méthode benzène)</b> <b>Tritium libre et lié</b> <b>Technétium-99</b> <b>Nickel-63</b>	IRSN/PSE-ENV/SAME Laboratoire de Métrologie de la Radioactivité dans l'Environnement (LMRE) Le bois des Rames - Bâtiment 501 91400 Orsay
<b>Carbone-14 (méthode benzène)</b> <b>Fer-55</b>	IRSN/PSE-ENV/SAME Laboratoire de Mesures Nucléaires (LMN) 31 rue de l'écluse 78116 Le Vésinet
<b>Carbone-14 (méthode AMS)</b>	Laboratoire de mesure du carbone-14 Bâtiment 450 porte 4E CEA Saclay 91191 Gif-sur-Yvette Cedex  Isoptech Zrt. P.O. Box 390 Debrecen, H-4001 Hongrie
<b>Iode-127</b> <b>Calcium</b> <b>Carbone et rapport <math>^{13}\text{C}/^{12}\text{C}</math></b>	Centre National de la Recherche Scientifique Service central d'analyses 5 rue de la Doua 69100 Villeurbanne
<b>Granulométrie 5 fractions</b> <b>Teneurs en matière organique, calcium et aluminium</b> <b>Capacité d'échange cationique</b>	Institut national de la recherche agronomique Laboratoire d'analyse des sols d'Arras (LAS) 273 rue de Cambrai 62000 Arras

**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](http://www.irsn.fr)

MEMBRE DE  
**ETSON**