Association CRIIRAD Laboratoire

Commission de Recherche et d'Information Indépendantes sur la radioactivité
29 cours Manuel de Falla / 26000 Valence / France
☎. 33 (0)4 75 41 82 50 / laboratoire@criirad.org

Note CRIIRAD N°22-22
Version mise à jour le 20 octobre 2022

Contamination radioactive du milieu aquatique par les rejets liquides des centrales électronucléaires

Exemple des Végétaux aquatiques en aval de Golfech

Etude réalisée à la demande du Réseau Sortir du nucléaire

Rédaction : Marion Jeambrun, Docteur en géochimie, Responsable d'étude au laboratoire de la CRIIRAD avec la contribution de Bruno Chareyron, Ingénieur en physique nucléaire, Directeur du laboratoire de la CRIIRAD

Préparation des échantillons et réalisation des analyses de spectrométrie gamma : Stéphane Patrigeon, technicien métrologue et Sara Ortuno, technicienne laboratoire

Contacts : marion.jeambrun@criirad.org ; bruno.chareyron@criirad.org

CONTEXTE

Les centrales nucléaires sont autorisées à rejeter, de manière chronique, des éléments radioactifs dans l'atmosphère et dans les cours d'eau, mers ou océans qui les bordent.

Dans le cadre de la constitution d'un dossier de sensibilisation sur l'impact des rejets liquides sur le milieu aquatique fluvial, le Réseau Sortir du nucléaire a demandé au laboratoire de la CRIIRAD d'effectuer une analyse en aval des émissaires de rejets liquides d'une des centrales nucléaires françaises en fonctionnement.

Sur la base des données acquises dans le cadre d'études antérieures, la CRIIRAD a proposé :

- De faire porter les analyses sur des **végétaux aquatiques** du fait de leur capacité d'accumulation d'un certain nombre de substances radioactives rejetées dans les eaux.
- De mettre en œuvre, outre des analyses « classiques » par spectrométrie gamma, une vérification de l'activité du **tritium organiquement lié et du carbone 14**.
- D'effectuer les prélèvements en aval du CNPE de **Golfech**, compte tenu des résultats obtenus en 2009 et 2019 qui indiquaient une bioaccumulation significative de tritium organiquement lié et de carbone 14 en aval de la centrale.

La présente étude portait initialement sur un contrôle ponctuel de plantes aquatiques, prélevées en une seule station aval et à un seul moment de l'année. Une étude approfondie nécessiterait la réalisation d'un suivi dans le temps et sur plusieurs types de matrices (eau, sédiments, faune et flore aquatiques) prélevées sur plusieurs sites.

Afin d'examiner la variabilité des résultats dans le temps, la CRIIRAD a suggéré de refaire des prélèvements au même point aval en période d'étiage de la Garonne ce qui a été accepté par le Réseau Sortir du nucléaire. Le présent rapport reprend et complète la version du 2 septembre 2022

STRATEGIE DE PRELEVEMENT

Pour la réalisation des prélèvements, le laboratoire de la CRIIRAD a pu bénéficier du concours d'un de ses adhérents, monsieur Marc Saint-Aroman, également membre du Réseau Sortir du nucléaire et de l'association « Les Amis de la Terre Midi Pyrénées ». Il avait réalisé les prélèvements lors des précédentes campagnes et a pu les renouveler le **7 juin 2022** en amont[1] et en aval de la centrale et le 29 août en aval uniquement.

Les échantillons ont été reçus au laboratoire de la CRIIRAD le **9 juin et le 31 août 2022**.

Les plantes aquatiques qui le nécessitaient ont été rincées à l'eau du robinet, puis essorées. Elles ont ensuite été soumises à deux types d'analyses :

- Une analyse par **spectrométrie gamma** réalisée au laboratoire de la CRIIRAD. La spectrométrie gamma permet de détecter une vaste palette de substances radioactives potentiellement présentes dans les rejets liquides d'une centrale électronucléaire. Il s'agit par exemple de produits de fission (comme le césium 137 ou l'iode 131) et de produits d'activation (comme le cobalt 60 ou l'argent 110^{m}). L'analyse a été effectuée sur matière fraîche et dans les meilleurs délais, afin d'être en capacité de détecter en particulier **l'iode 131**.
- Des analyses radiochimiques portant spécifiquement sur le **carbone 14** et sur le **tritium organiquement lié.** Ces analyses ont été réalisées par le laboratoire spécialisé RCD Lockinge[2] basé en Angleterre. Un premier niveau de dessiccation a été effectué au laboratoire de la CRIIRAD avant envoi.

Les résultats détaillés des analyses par spectrométrie gamma sont reproduits en annexes 1 et 2.

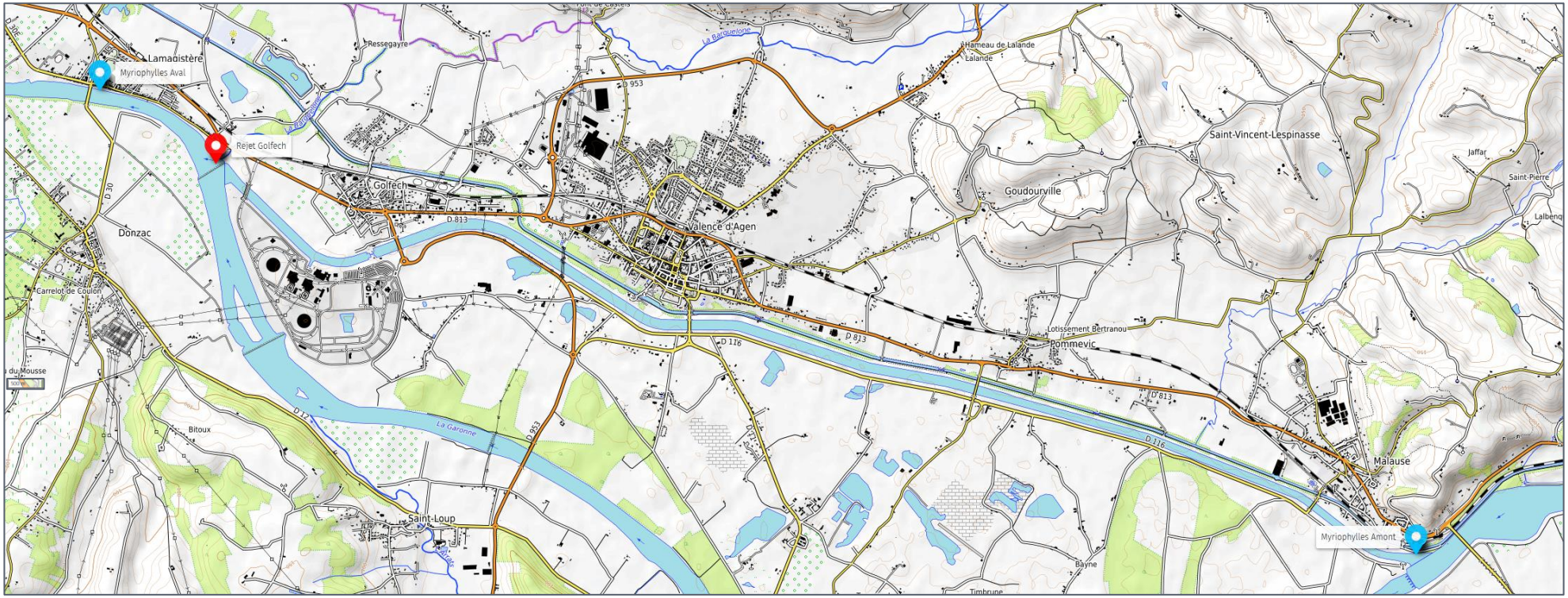
[1] Les frais d'analyse de l'échantillon amont prélevé en juin sont pris en charge par l'association Les Amis de la Terre Midi Pyrénées.

[2] Le **carbone 14** et le **tritium** se désintègrent en émettant des rayonnements bêta et ne peuvent pas être détectés par spectrométrie gamma.

Carte 1 : Localisation des buses de rejet du CNPE de GOLFECH et de la station aval

Photo 1 : Gros plan sur les buses de rejet du CNPE de GOLFECH (source : IGN image aérienne France)

Carte 2 : stations amont et aval du CNPE de GOLFECH



RESULTATS DES ANALYSES DES PLANTES AQUATIQUES

Les principaux résultats sont repris dans le tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1 : Principaux résultats d'analyses radiologiques des plantes aquatiques

	Prélèvement de juin 2022		Prélèvement d'août 2022
Localisation	**Amont Golfech (12,9 km) Malause - Rive droite**	**Aval Golfech (1,35 km) Lamagistère - Rive droite**	**Aval Golfech (1,35 km) Lamagistère - Rive droite**
Type échantillon Espèce Date de prélèvement Code CRIIRAD	Plantes aquatiques Myriophylles en épi 07/06/2022 090622A1	Plantes aquatiques Myriophylles en épi 07/06/2022 090622A2	Plantes aquatiques Myriophylles en épi 29/08/2022 010922A2
Activités mesurées			
Iode 131 (Bq/kg frais)	< 0,8	0,9 ± 0,7	**< 0,8**
Tritium organiquement lié (Bq/l d'eau de combustion)	< 3,0	5,88 ± 0,8	**24,5 ± 1,4**
Tritium organiquement lié (Bq/kg sec)	< 1,0	2,49 ± 0,4	**7,12 ± 0,5**
Carbone 14 (Bq/kg de carbone)	206 ± 2,1	252 ± 1,8	**360 ± 2,5**
Carbone 14 (Bq/kg sec)	44,9 ± 2,3	70,9 ± 3,6	**88,0 ± 1,9**

Iode 131

Les analyses par spectrométrie gamma ne font pas apparaître de contamination détectable par des **radionucléides artificiels** (voir résultats détaillés en annexes concernant les césiums 137 et 134, l'argent 110^m, les cobalts 58 et 60, etc.), à l'exception de **l'iode 131** de période physique égale à 8 jours.

Ce radionucléide est détecté dans l'échantillon aval Golfech prélevé en juin (0,9 ± 0,7 Bq/kg frais[3]). Son activité dans l'échantillon amont et dans l'échantillon prélevé en aval en août est inférieure à la limite de détection (< 0,8 Bq/kg frais). Dans les échantillons prélevés en juin 2022, la limite de détection obtenue en amont étant du même ordre de grandeur que le résultat obtenu en aval, il n'est pas possible de conclure à un impact des rejets de la centrale sur la présence d'iode 131 en aval.

Les différentes études réalisées par le laboratoire de la CRIIRAD sur la radioactivité des plantes aquatiques de la Garonne, ont d'ailleurs montré que les termes sources principaux étaient liés à l'utilisation de l'iode 131 par les **services de médecine nucléaire**, en particulier dans **l'agglomération toulousaine** (située à 80 km en amont de Golfech)[4]. L'activité en iode 131 détectée dans le secteur de Golfech en juin 2022 (0,9 Bq/kg frais) est nettement inférieure à celle mesurée par la CRIIRAD, dans le même type de plantes aquatiques prélevées en novembre 2021 et septembre 2018, à 800 m et 400 m en aval de la station de traitement des eaux usées de l'agglomération Toulousaine (26,5 et 46 Bq/kg frais respectivement).

[3] Soit 13 Bq/kg sec.

[4] https://www.criirad.org/wp-content/uploads/2017/08/A1-effluents-hospitaliers.pdf

Tritium organiquement lié et carbone 14

Dans les végétaux aquatiques prélevés le 7 juin et le 29 août 2022, à 1,35 km en aval des rejets de Golfech, on note par contre clairement l'impact de la centrale pour ce qui concerne le tritium et le carbone 14 :

- L'activité en **tritium organiquement lié** en aval (5,88 Bq/l d'eau de combustion[5] en juin et 24,5 Bq/l d'eau de combustion en août) est près de **2 à 8 fois supérieure** à celle de la station amont (dont l'activité est inférieure à la limite de détection : < 3,0 Bq/l d'eau de combustion).
- L'activité en **carbone 14** en aval (252 Bq/kg de carbone en juin et 360 Bq/kg de carbone en août) est **nettement supérieure** à celle mesurée à la station amont (206 Bq/kg de carbone). Le rapport isotopique entre carbone 14 et carbone stable indique qu'il ne s'agit pas d'une situation naturelle. La valeur amont correspond par contre à un niveau classique « global » lié au carbone 14 d'origine naturelle et au reliquat de l'impact des retombées des essais nucléaires atmosphériques (particulièrement intenses dans les années 50-60). Cette composante globale a tendance à décroitre lentement au cours du temps. On mesurait par exemple à la station amont 221 Bq/kg de carbone en 2009, puis 217 Bq/kg de carbone en 2019 et 206 Bq/kg de carbone en juin 2022.

EVOLUTION DES ACTIVITES LORS DES DIFFERENTS SUIVIS

Le laboratoire de la CRIIRAD a réalisé plusieurs campagnes de prélèvement de plantes aquatiques dans la Garonne dans le but d'étudier l'impact des rejets de la centrale de Golfech. Le tableau suivant présente les résultats obtenus pour le tritium organiquement lié et le carbone 14 lors de ces différents suivis.

Tableau 2 : Evolution des activités en tritium organiquement lié et en carbone 14 dans les plantes aquatiques prélevées lors des différents suivis réalisés par la CRIIRAD dans la Garonne

Campagne de prélèvement	Amont Golfech	Aval Golfech
	Tritium organiquement lié (Bq/l d'eau de combustion)	
Août 2022	Non analysé	24,5 ± 1,4
Juin 2022	< 3,0	5,88 ± 0,8
Octobre 2019	< 3,0	14,3 ± 1,0
Septembre 2009*	< 3,0	14,8 ± 2,0
	Carbone 14 (Bq/kg carbone)	
Août 2022	Non analysé	360 ± 2,5
Juin 2022	206 ± 2,1	252 ± 1,8
Octobre 2019	217 ± 1,9	666 ± 5,0
Septembre 2009*	221 ± 4,7	415 ± 4,8

**Les prélèvements réalisés en 2009 ont concerné des espèces de plantes aquatiques différentes de celles prélevées en 2019 et 2022. Il s'agissait de Cératophylles pour la station amont et de Fontinales pour la station aval et non de Myriophylles en épi comme en 2019 et 2022. Par ailleurs, en 2009 les stations de prélèvement étaient situées pour l'amont à 20 km de l'émissaire de rejet en rive gauche et pour l'aval à 870 m en rive droite. Elles sont identiques pour les campagnes de 2019 et 2022 : la station amont est située à Malause en rive droite à 12,9 km de l'émissaire de rejet et la station aval est située à Lamagistère en rive droite à 1,35 km.*

[5]Le tritium organiquement lié (TOL) correspond à la fraction du tritium qui est associée à la matière organique (à l'issue de divers mécanismes de synthèse de la matière vivante), par opposition au tritium libre qui correspond par exemple au cas où l'atome de tritium est constitutif d'une molécule d'eau. Pour déterminer l'activité du tritium organiquement lié, les échantillons subissent une dessiccation à 110°C jusqu'à élimination complète de l'eau contenue. La matière fait ensuite l'objet d'une combustion dans de l'oxygène pur pour produire des molécules de CO_2 et H_2O. C'est l'eau issue de la combustion qui fait alors l'objet d'un comptage par scintillation liquide pour déterminer l'activité volumique du tritium exprimée en becquerels par litre d'eau de combustion. Il est également possible de ramener cette activité en becquerels par kilogramme de matière.

En août 2022, l'activité du **tritium organiquement lié** dans les plantes aquatiques en aval de Golfech est la plus élevée enregistrée dans le cadre des suivis CRIIRAD (24,5 Bq/l d'eau de combustion). Elle est 4 fois supérieure à celle mesurée en juin 2022 (5,88 Bq/l d'eau de combustion) et est supérieure de plus de 60 % à celles mesurées en 2019 et 2009 (14,3 et 14,8 Bq/l d'eau de combustion respectivement). Rappelons que l'activité du tritium organiquement lié est toujours restée inférieure à la limite de détection sur les plantes prélevées en amont de la centrale (< 3,0 Bq/l d'eau de combustion).

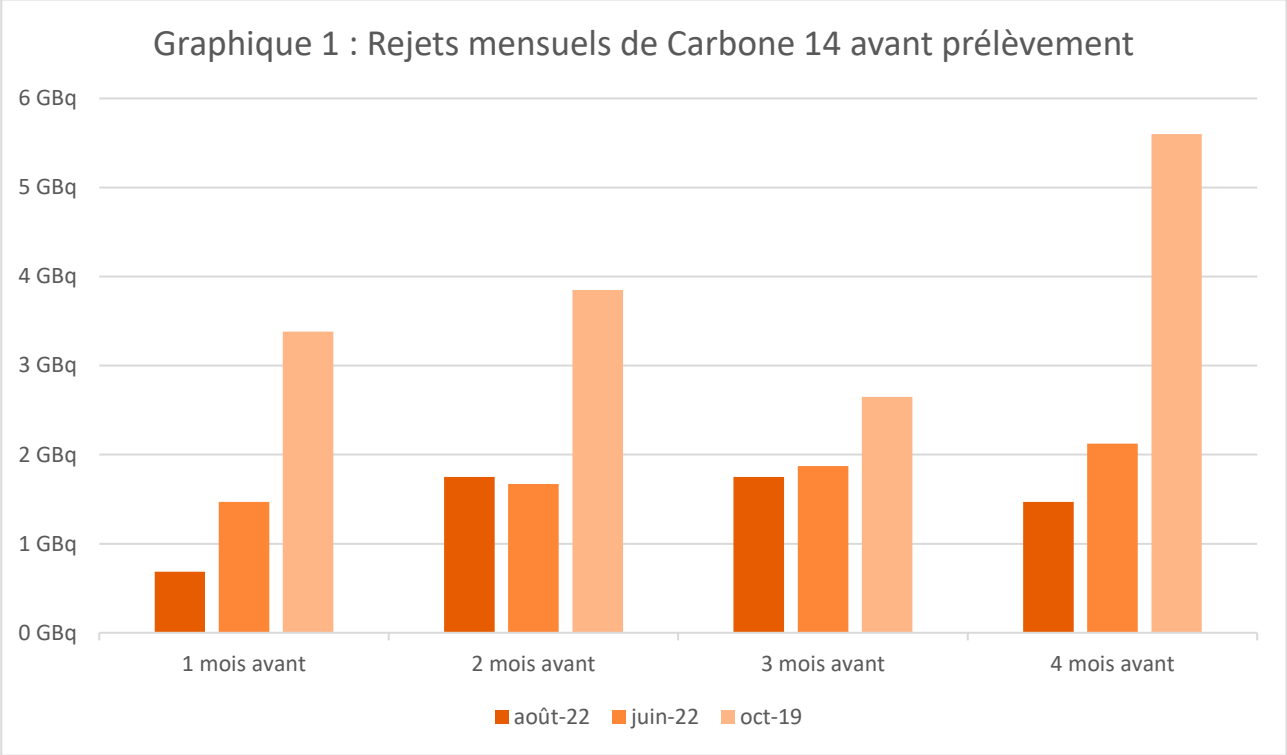
Pour le **carbone 14, on observe une diminution de la contamination** par rapport à 2019 et 2009 (252 et 360 Bq/kg de carbone en juin et août 2022 contre 666 et 415 Bq/kg de carbone en 2019 et 2009). L'activité en aval reste toutefois nettement supérieure à celle mesurée en amont. On notera qu'en 2009 elle était presque 2 fois plus importante en aval et en 2019 plus de trois fois plus.

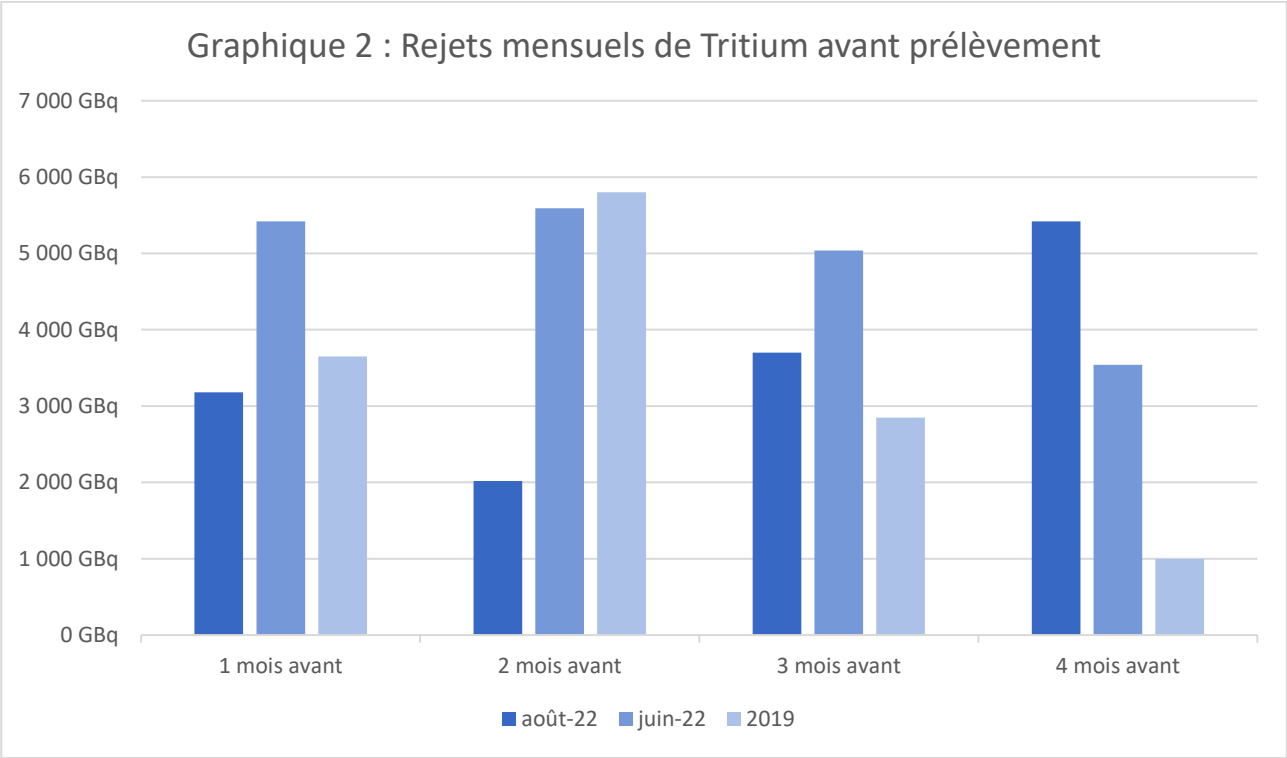
Plusieurs paramètres sont à prendre en compte pour interpréter ces variations dans le temps. Par exemple, on peut noter que les prélèvements de juin 2022 ont été réalisés en dehors de la période d'étiage de la Garonne et en début de **période de développement des plantes aquatiques**. Lors des campagnes précédentes, les prélèvements avaient été réalisés en fin d'été et début d'automne, périodes durant lesquelles les niveaux d'eau de la Garonne sont bas et les plantes aquatiques en fin de période de croissance. Les analyses réalisées sur les prélèvements d'août 2022 tendent à confirmer que le **débit de la Garonne** et le stade végétatif des plantes aquatiques ont un impact sur les activités incorporées tant pour le tritium que pour le carbone 14. L'activité en tritium mesurée en août est 4 fois supérieure à celle mesurée en juin. Pour le carbone 14 l'augmentation est de 40 %.

En outre, d'autres paramètres peuvent contribuer à ces variations temporelles. En particulier **l'intensité et les modalités des rejets** dans les semaines et mois qui précèdent l'échantillonnage, ainsi que le régime hydrographique qui influe sur les conditions de mélange en aval.

D'après les données mises en ligne par EDF (bulletins mensuels de 2022 relatifs à la surveillance des rejets de la centrale de Golfech et rapport environnemental annuel de 2019), on note par exemple que les rejets de carbone 14 dans la Garonne durant les mois précédant les prélèvements de plantes aquatiques ont été nettement plus faibles en 2022 qu'en 2019, potentiellement du fait de l'arrêt prolongé d'un des réacteurs depuis le 26 février 2022[6] (voir graphique 1 page suivante). Cet arrêt ne semble cependant pas avoir d'impact sur l'activité en tritium rejetée (voir graphique 2 page suivante). Afin d'approfondir la dynamique des rejets radioactifs liquides des centrales, il serait nécessaire d'avoir accès à tout l'historique. Malheureusement, EDF ne met pas à la disposition du public les archives de ses rejets.

[6] En 2019, les réacteurs de la centrale de Golfech ont connu 2 arrêts de tranche prolongés de moindre ampleur que celui de 2022 qui est toujours en cours. Le réacteur 1 a été arrêté du 14 février au 23 mars et le réacteur 2 du 5 octobre au 28 novembre 2019. Le prélèvement de plantes aquatiques de 2019 avait été réalisé juste avant l'arrêt du réacteur 2, le 3 octobre 2019.


Graphique 1 : Rejets mensuels de Carbone 14 avant prélèvement
6 GBq
5 GBq
4 GBq
3 GBq
2 GBq
1 GBq
0 GBq
1 mois avant
2 mois avant
3 mois avant
4 mois avant
août-22
juin-22
oct-19


Graphique 2 : Rejets mensuels de Tritium avant prélèvement
7 000 GBq
6 000 GBq
5 000 GBq
4 000 GBq
3 000 GBq
2 000 GBq
1 000 GBq
0 GBq
1 mois avant
2 mois avant
3 mois avant
4 mois avant
août-22
juin-22
2019

DISCUSSION ET CONCLUSIONS

L'analyse des plantes aquatiques de la **Garonne** prélevées les **7 juin et 29 août 2022** confirme la **contamination chronique et persistante du milieu naturel en aval de Golfech, en particulier par le tritium et le carbone 14.**

EDF déclare avoir rejeté dans la Garonne, de janvier à août 2022 : **32 700 milliards de becquerels de tritium** et **11,1 milliards de becquerels de carbone 14**, à comparer à moins de 0,136 milliards de becquerels pour les autres substances radioactives[7]. Le tritium et le carbone 14 constituent donc plus de 99,99 % de l'activité des rejets radioactifs liquides du CNPE de Golfech.

De l'iode 131 est également détecté dans l'échantillon aval prélevé en juin 2022. Il fait partie des substances radioactives rejetées par la centrale de Golfech, mais d'autres sources sont à prendre en compte, en particulier les pratiques de médecine nucléaire et radiothérapie mises en œuvre en amont (agglomération Toulousaine par exemple).

Cette étude ponctuelle montre que, sur le plan radiologique, les impacts environnementaux les plus significatifs des rejets liquides chroniques des centrales nucléaires concernent le tritium et le carbone 14. Or ces éléments ne sont pas détectables dans le cadre des mesures par spectrométrie gamma effectuées en routine par EDF.

Le tritium et le carbone 14 sont respectivement des isotopes radioactifs de l'hydrogène et du carbone. Comme toute la matière vivante est constituée d'atomes d'hydrogène et de carbone, une partie du tritium et du carbone 14 rejetés dans l'environnement se retrouvera *in fine* dans les cellules des organismes vivants y compris dans l'ADN, créant à la longue une irradiation interne qui augmente les risques de cancer (entre autres). Rejeter du tritium et du carbone 14, c'est augmenter les risques pour la **faune, la flore et les êtres humains.**

Dans le cas de Golfech, l'impact est d'autant plus préoccupant que les **eaux potables** de dizaines de communes, dont celle d'**Agen**, sont puisées directement dans la Garonne en aval des rejets de la centrale. La CRIIRAD a effectué en 2019 une compilation des valeurs mesurées dans le cadre du contrôle sanitaire des eaux potables sur l'ensemble du territoire français pour la période de 2016 à novembre 2019. Pour le sud-ouest de la France, on relevait une contamination des eaux potables par le tritium pour une trentaine de communes situées sur les rives droite et gauche de la Garonne, jusqu'à une cinquantaine de kilomètres en aval de Golfech[8] et de manière moins marquée pour des communes situées **jusqu'à une centaine de kilomètres en aval des rejets de Golfech**.

[7] EDF - Données mensuelles relatives à la surveillance des rejets et de l'environnement de la centrale nucléaire de production d'électricité de Golfech - août 2022 : https://www.edf.fr/sites/groupe/files/2022-09/RESULTATS%20ENVIRONNEMENT%20AOUT%202022.pdf

[8] Dans le secteur d'Agen, jusqu'à 56 Bq/l ont été mesurés le 13 juin 2017.

ANNEXE 1

Résultats des analyses de myriophylles prélevées en juin 2022 en amont de Golfech

Laboratoire de la CRIIRAD
29, cours Manuel de Falla
26000 VALENCE
Tél : +33 (0)4 75 41 82 50
E-mail : laboratoire@criirad.org
Site internet : www.criirad.org

RÉSULTATS D'ANALYSE EN SPECTROMÉTRIE GAMMA

RAPPORT D'ESSAI N° 31792D-1
Étude : Réseau Sortir du Nucléaire
Nature de l'échantillon : Plantes aquatiques - Myriophilles

COORDONNÉES DU CLIENT

Adresse
Réseau Sortir du Nucléaire
9 rue Dumenge
69367 LYON CEDEX 07

ÉCHANTILLON ANALYSÉ : 090622A1

Prélèvement

Code prélèvement / Référence client :	**Amont CNPE Golfech**		
Date de prélèvement :	**07/06/22 10:30**		
Lieu de prélèvement :	**Malause (82)**	**France**	
Lieu (précisions) :	**12 km 900 m en amont du rejet en rive droite**		
Coordonnées GPS :	**N : 44°04'59.3" - E : 0°58'52.4"**	Code NUTS :	**FR628**
Mode de prélèvement :	**Non précisé**		
Prélevé par :	Marc Saint Aroman - Daniel Roussée - Hubert Cros		

MÉTHODE D'ESSAI

Description : Spectrométrie gamma en containers de géométrie normalisée. Détecteur semi-conducteur au germanium hyperpur refroidi à l'azote liquide. Efficacité relative de 22 à 26%. Résolution de 1,7 à 2,4 keV pour la raie à 1,33 MeV.

Normes appliquées

Exigences organisationnelles/techniques :	NF EN ISO CEI 17025
Calcul des limites caractéristiques :	NF ISO 11929:2010

Préparation avant analyse

Date de préparation :	**09/06/22**	Délai avant analyse (j) :	**3,8**
Conditions de préparation :	Echantillon rincé puis conditionné - Séchage après analyse à 45°C		
Préparé par :	Stéphane PATRIGEON	Taux de matière sèche :	**5,9%**

Analyse

Date de début de mesure :	**13/06/22 09:28**	Durée de comptage (s) :	193 131
Etat de l'échantillon analysé :	Frais	Masse analysée (g) :	120,92
Géométrie de comptage :	Flacon 250 ml	Détecteur :	D
Analyse dépouillée par :	Stéphane PATRIGEON		

Catégorie	Radionucléide	Energie (keV)	Détecté ?	Activité volumique/massique	Intervalle de confiance (1-γ=95%)			Incertitude-type relative	Seuil de décision (1-α=95%)	Limite de détection (1-β=95%)
				A ou < LD	Incertitude élargie	Limite inférieure	Limite supérieure			
RÉSULTATS À LA DATE DE PRÉLÈVEMENT (Unité : Bq/kg frais)										**[1]**
RADIONUCLÉIDES ARTIFICIELS										
	Césium 137	661,7	NON	< 0,6	-	-	-	-	0,3	0,6
	Césium 134	604,7	NON	< 0,8	-	-	-	-	0,4	0,8
	Cobalt 58	810,8	NON	< 0,6	-	-	-	-	0,3	0,6
	Cobalt 60	1 332,5	NON	< 0,8	-	-	-	-	0,4	0,8
	Manganèse 54	834,8	NON	< 0,6	-	-	-	-	0,3	0,6
	Antimoine 125	427,9	NON	< 1,4	-	-	-	-	0,7	1,4
	Iode 131	364,5	NON	< 0,8	-	-	-	-	0,4	0,8
	Cérium 144	133,5	NON	< 2,0	-	-	-	-	1,0	2,0
	Argent 110m	657,8	NON	< 0,6	-	-	-	-	0,3	0,6
	Américium 241 [2]	59,5	NON	< 0,6	-	-	-	-	0,3	0,6
	Iode 129 [2]	29,6	NON	< 0,38	-	-	-	-	0,18	0,38
	Ruthénium 106	621,9	NON	< 5	-	-	-	-	2	5

[1] Si le résultat est **inférieur au seuil de décision**, le radionucléide n'est pas détecté. Cela ne signifie pas qu'il est absent, mais la méthode de mesure permet de garantir à une forte probabilité (1-β) que s'il était présent, son activité ne dépasserait pas la limite de détection. Le résultat est exprimé sous la forme **< LD**.
Si le résultat est **supérieur au seuil de décision**, la probabilité que le radionucléide soit bien présent est forte (supérieure à 1-α). Le résultat le plus probable est A, et la probabilité est forte (égale à 1-γ) que le résultat soit compris entre la limite inférieure et la limite supérieure de l'intervalle de confiance. Le résultat est exprimé sous la forme **A ± b**.
b est l'incertitude élargie. Il s'agit d'une valeur exacte lorsque l'incertitude-type dépasse 25% (car dans ce cas l'intervalle de confiance est symétrique), et approximative lorsque l'incertitude-type ne dépasse pas 25% (car dans ce cas l'intervalle de confiance n'est pas exactement symétrique).

[2] S'agissant de raies gamma à basse énergie (< 100 keV), les résultats constituent des valeurs par défaut, compte tenu des phénomènes d'autoatténuation possibles au sein de l'échantillon.

Marion JEAMBRUN	
Responsable service préparation et analyses	
01/08/2022	

Le présent rapport comporte 1 page(s) et ne concerne que l'échantillon soumis à l'analyse.
La reproduction de ce rapport n'est autorisée que sous sa forme intégrale.

Page 1 sur 1

ANNEXE 2
Résultats des analyses de myriophylles prélevées en juin 2022 en aval de Golfech

Laboratoire de la CRIIRAD
29, cours Manuel de Falla
26000 VALENCE
Tél : +33 (0)4 75 41 82 50
E-mail : laboratoire@criirad.org
Site internet : www.criirad.org

RESULTATS D'ANALYSE EN SPECTROMETRIE GAMMA

RAPPORT D'ESSAI N° 31790C-1
Étude : Réseau Sortir du Nucléaire
Nature de l'échantillon : Plantes aquatiques - Myriophylles

COORDONNÉES DU CLIENT

Adresse
Réseau Sortir du Nucléaire
9 rue Dumenge
69367 LYON CEDEX 07

MÉTHODE D'ESSAI

Description : Spectrométrie gamma en containers de géométrie normalisée. Détecteur semi-conducteur au germanium hyperpur refroidi à l'azote liquide. Efficacité relative de 22 à 26%. Résolution de 1,7 à 2,4 keV pour la raie à 1,33 MeV.

Normes appliquées

Exigences organisationnelles/techniques :	NF EN ISO CEI 17025
Calcul des limites caractéristiques :	NF ISO 11929:2010

ÉCHANTILLON ANALYSÉ : 090622A2

Prélèvement

Code prélèvement / Référence client :	**Aval CNPE Golfech**		
Date de prélèvement :	**07/06/22 11:30**		
Lieu de prélèvement :	**Lamagistère (82)**	**France**	
Lieu (précisions) :	**1 km 350 du rejet en rive droite**		
Coordonnées GPS :	**N : 44°07'25,7" - E : 0°49'14,5"**	Code NUTS :	**FR628**
Mode de prélèvement :	**Non précisé**		
Prélevé par :	Marc Saint Aroman - Daniel Roussée - Hubert Cros		

Préparation avant analyse

Date de préparation :	**09/06/22**	Délai avant analyse (j) :	**1,1**
Conditions de préparation :	Echantillon directement conditionné - Séchage après analyse à 45°C		
Préparé par :	Stéphane PATRIGEON		

Analyse

Date de début de mesure :	**10/06/22 16:35**	Durée de comptage (s) :	233 273
Etat de l'échantillon analysé :	Frais	Masse analysée (g) :	166,41
Géométrie de comptage :	Flacon 250 ml	Détecteur :	C
Analyse dépouillée par :	Stéphane PATRIGEON		

Catégorie	Radionucléide	Energie (keV)	Détecté ?	Activité volumique/massique A ou < LD	Intervalle de confiance (1-γ=95%) Incertitude élargie	Limite inférieure	Limite supérieure	Incertitude-type relative	Seuil de décision (1-α=95%)	Limite de détection (1-β=95%)
RÉSULTATS À LA DATE DE PRÉLÈVEMENT (Unité : Bq/kg frais)										**[1]**
RADIONUCLÉIDES ARTIFICIELS										
	Césium 137	661,7	NON	< 0,5	-	-	-	-	0,2	0,5
	Césium 134	604,7	NON	< 0,8	-	-	-	-	0,4	0,8
	Cobalt 58	810,8	NON	< 0,5	-	-	-	-	0,3	0,5
	Cobalt 60	1 332,5	NON	< 0,6	-	-	-	-	0,3	0,6
	Manganèse 54	834,8	NON	< 0,5	-	-	-	-	0,2	0,5
	Antimoine 125	427,9	NON	< 1,1	-	-	-	-	0,5	1,1
	Iode 131	364,5	**OUI**	**0,9**	± 0,7	0,2	1,6	40%	0,59	1,19
	Cérium 144	133,5	NON	< 1,4	-	-	-	-	0,7	1,4
	Argent 110m	657,8	NON	< 0,6	-	-	-	-	0,3	0,6
	Américium 241 [2]	59,5	NON	< 0,36	-	-	-	-	0,18	0,36
	Iode 129 [2]	29,6	NON	< 0,29	-	-	-	-	0,14	0,29
	Ruthénium 106	621,9	NON	< 5	-	-	-	-	2	5

[1] Si le résultat est **inférieur au seuil de décision**, le radionucléide n'est pas détecté. Cela ne signifie pas qu'il est absent, mais la méthode de mesure permet de garantir à une forte probabilité (1-β) que s'il était présent, son activité ne dépasserait pas la limite de détection. Le résultat est exprimé sous la forme **< LD**.
Si le résultat est **supérieur au seuil de décision**, la probabilité que le radionucléide soit bien présent est forte (supérieure à 1-α). Le résultat le plus probable est A, et la probabilité est forte (égale à 1-γ) que le résultat soit compris entre la limite inférieure et la limite supérieure de l'intervalle de confiance. Le résultat est exprimé sous la forme **A ± b.**
b est l'incertitude élargie. Il s'agit d'une valeur exacte lorsque l'incertitude-type dépasse 25% (car dans ce cas l'intervalle de confiance est symétrique), et approximative lorsque l'incertitude-type ne dépasse pas 25% (car dans ce cas l'intervalle de confiance n'est pas exactement symétrique).
[2] S'agissant de raies gamma à basse énergie (< 100 keV), les résultats constituent des valeurs par défaut, compte tenu des phénomènes d'autoatténuation possibles au sein de l'échantillon.

Marion JEAMBRUN	
Responsable service préparation et analyses	
28/07/2022	

Le présent rapport comporte 1 page(s) et ne concerne que l'échantillon soumis à l'analyse.
La reproduction de ce rapport n'est autorisée que sous sa forme intégrale.

Page 1 sur 1

ANNEXE 3

Résultats des analyses de myriophylles prélevées en août 2022 en aval de Golfech

Laboratoire de la CRIIRAD
29, cours Manuel de Falla
26000 VALENCE
Tél : +33 (0)4 75 41 82 50
E-mail : laboratoire@criirad.org
Site internet : www.criirad.org

RÉSULTATS D'ANALYSE EN SPECTROMÉTRIE GAMMA

RAPPORT D'ESSAI N° 31913C-1
Étude : Réseau Sortir du Nucléaire
Nature de l'échantillon : Plantes aquatiques - Myriophylles

COORDONNÉES DU CLIENT

Adresse
Réseau Sortir du Nucléaire
9 rue Dumenge
69367 LYON CEDEX 07

MÉTHODE D'ESSAI

Description : Spectrométrie gamma en containers de géométrie normalisée. Détecteur semi-conducteur au germanium hyperpur refroidi à l'azote liquide. Efficacité relative de 22 à 26%. Résolution de 1,7 à 2,4 keV pour la raie à 1,33 MeV.

Normes appliquées

Exigences organisationnelles/techniques :	NF EN ISO CEI 17025
Calcul des limites caractéristiques :	NF ISO 11929:2010

ÉCHANTILLON ANALYSÉ : 010922A2

Prélèvement

Code prélèvement / Référence client :	**Aval CNPE Golfech**		
Date de prélèvement :	**29/08/22 11:00**		
Lieu de prélèvement :	**Lamagistère (82)**		**France**
Lieu (précisions) :	**1 km 350 du rejet en rive droite**		
Coordonnées GPS :	**N : 44°07'25,7" - E : 0°49'14,5"**	Code NUTS :	**FR628**
Mode de prélèvement :	**Rateau sur perche**		
Prélevé par :	Daniel Roussée - André Crouzet - Christophe Legalle - Marc Saint Aroman		

Préparation avant analyse

Date de préparation :	**01/09/22**	Délai avant analyse (j) :	**3,9**
Conditions de préparation :	Echantillon trié, lavé, essoré et conditionné - Séchage après analyse à 45°C		
Préparé par :	Sara ORTUNO		

Analyse

Date de début de mesure :	**05/09/22 09:20**	Durée de comptage (s) :	171 721
Etat de l'échantillon analysé :	Frais	Masse analysée (g) :	180,04
Géométrie de comptage :	Flacon 250 ml	Détecteur :	C
Analyse dépouillée par :	Stéphane PATRIGEON		

Catégorie	Radionucléide	Energie (keV)	Détecté ?	Activité volumique/massique		Intervalle de confiance (1-γ=95%)			Incertitude type relative	Seuil de décision (1-α=95%)	Limite de détection (1-β=95%)
				A ou < LD		Incertitude élargie	Limite inférieure	Limite supérieure			
RÉSULTATS À LA DATE DE PRÉLÈVEMENT (Unité : Bq/kg frais)											**[1]**
RADIONUCLÉIDES ARTIFICIELS											
	Césium 137	661,7	NON	<	0,5	-	-	-	-	0,3	0,5
	Césium 134	604,7	NON	<	0,9	-	-	-	-	0,4	0,9
	Cobalt 58	810,8	NON	<	0,6	-	-	-	-	0,3	0,6
	Cobalt 60	1 332,5	NON	<	0,7	-	-	-	-	0,3	0,7
	Manganèse 54	834,8	NON	<	0,6	-	-	-	-	0,3	0,6
	Antimoine 125	427,9	NON	<	1,1	-	-	-	-	0,5	1,1
	Iode 131	364,5	NON	<	0,8	-	-	-	-	0,4	0,8
	Cérium 144	133,5	NON	<	1,5	-	-	-	-	0,7	1,5
	Argent 110m	657,8	NON	<	1,0	-	-	-	-	0,5	1,0
	Américium 241 [2]	59,5	NON	<	0,40	-	-	-	-	0,20	0,40
	Iode 129 [2]	29,6	NON	<	0,34	-	-	-	-	0,16	0,34
	Ruthénium 106	621,9	NON	<	5	-	-	-	-	2	5

[1] Si le résultat est **inférieur au seuil de décision**, le radionucléide n'est pas détecté. Cela ne signifie pas qu'il est absent, mais la méthode de mesure permet de garantir à une forte probabilité (1-β) que s'il était présent, son activité ne dépasserait pas la limite de détection. Le résultat est exprimé sous la forme **< LD**.
Si le résultat est **supérieur au seuil de décision**, la probabilité que le radionucléide soit bien présent est forte (supérieure à 1-α). Le résultat le plus probable est A, et la probabilité est forte (égale à 1-γ) que le résultat soit compris entre la limite inférieure et la limite supérieure de l'intervalle de confiance. Le résultat est exprimé sous la forme **A ± b**.
b est l'incertitude élargie. Il s'agit d'une valeur exacte lorsque l'incertitude-type dépasse 25% (car dans ce cas l'intervalle de confiance est symétrique), et approximative lorsque l'incertitude-type ne dépasse pas 25% (car dans ce cas l'intervalle de confiance n'est pas exactement symétrique).

[2] S'agissant de raies gamma à basse énergie (< 100 keV), les résultats constituent des valeurs par défaut, compte tenu des phénomènes d'autoatténuation possibles au sein de l'échantillon.

Marion JEAMBRUN	
Responsable service préparation et analyses	
18/10/2022	

Le présent rapport comporte 1 page(s) et ne concerne que l'échantillon soumis à l'analyse.
La reproduction de ce rapport n'est autorisée que sous sa forme intégrale.

Page 1 sur 1