ACRO

ASSOCIATION POUR LE CONTRÔLE
DE LA RADIOACTIVITÉ DANS L'OUEST

2016

Etude de la qualité radiologique et chimique des sédiments et de l'eau de la Loire

dans l'environnement du C.N.P.E. de Belleville-sur-Loire

Etude réalisée à la demande de la **Commission Locale d'Information de Belleville-sur-Loire**

138 rue de l'Église 14200 HÉROUVILLE ST CLAIR I TÉL : (+33) 2 31 94 35 34 I FAX (+33) 2 31 94 85 31
acro-laboratoire@wanadoo.fr I www.acro.eu.org I SIRET : 950 369 868 00027 I APE : 7120B

DEMANDE	
Mission	Etude de la qualité radiologique et chimique des sédiments et de l'eau de la Loire dans l'environnement du C.N.P.E. de Belleville-sur-Loire
Demandeur	Commission Locale d'Information de Belleville-sur-Loire
Référent	Monsieur Patrick BAGOT, président de la CLI
Proposition de l'ACRO	PR150226-BEL(01)-v2

REALISATION	
ACRO – Association pour le Contrôle de la Radioactivité dans l'Ouest 138, rue de l'Eglise 14200 HEROUVILLE SAINT CLAIR tél. : 02.31.94.35.34 / fax : 02.31.94.85.31	
Responsables Scientifiques	P. BARBEY, D. BOILLEY, M. JOSSET
Auteur	G. ROUGIER, M.JOSSET, A. BERNOLLIN
Prélèvements	A. BERNOLLIN, G. ROUGIER
Traitement des échantillons	S. FESTOC, E. DUNAND, A. BERNOLLIN, G. ROUGIER
Analyses	De radioactivité : A. BERNOLLIN, E. DUNAND, M. JOSSET, G. ROUGIER
	Autres : Laboratoires sous-traitants

DOCUMENT	
Date d'édition	24/01/2017
Version	Rapport final
Identification	RAP170124-BEL-v1
Pages (nombre)	70 (annexes comprises)
Objet	Rapport d'étude
Lieu	Région de Belleville-sur-Loire
Paramètres	radioactifs : radioéléments artificiels et naturels émetteurs gamma, tritium
	chimiques :nitrates, nitrites, ammoniac, azote kjeldahl, morpholine, hydrazine, Ethanolamine, HAP (18 molécules), cuivre, zinc.

REMARQUE PARTICULIERE
La reproduction du document n'est autorisée que sous la forme de fac-similé photographique intégral.

Sommaire

Glossaire 3
1. Cadre de l'étude 4
2. Contexte 4
2.1. Identification des sources de pollutions radioactives 4
2.2. Rejets radioactifs du CNPE de Belleville-Loire 5
2.3. Rejets chimiques du CNPE de Belleville-sur-Loire 6
3. Stratégie 8
3.1. Périmètre géographique de l'étude 8
3.2. Localisation des prélèvements et échantillons prélevés 9
3.3. Paramètres radiologiques et chimiques recherchés 10
4. Résultats d'analyses du volet radiologique 11
4.1. Milieu récepteur : L'eau 11
4.1.1. Stratégie 11
4.1.2. Résultats 12
4.1.3. Commentaires 13
4.2. Matrices inertes : Les sédiments 14
4.2.1. Stratégie 15
4.2.2. Résultats 15
4.2.3. Commentaires 19
4.3. Matrices biologiques : Les végétaux aquatiques 22
5. Résultats d'analyses du volet chimique 24
5.1. Milieu récepteur : L'eau 24
5.1.1. Stratégie 24
5.1.2. Résultats 25
5.1.3. Commentaire 25
5.2. Les sédiments 27
5.2.1. Stratégie 27
5.2.2. Résultats 28
5.2.3. Commentaires 30
6. Conclusions et perspectives 34
ANNEXE 1 : Informations générales et caractéristiques des radionucléides recherchés 35
ANNEXE 2 : Méthodologies appliquées aux prélèvements et aux analyses 38
Les sédiments 38
Les matrices biologiques aquatiques et les eaux 38
Méthodologie des analyses radiologiques réalisées 38
- Mesure des radioéléments émetteurs gamma 39

- Mesure du tritium libre 39

ANNEXE 3 : Résultats d'analyses radiologiques des eaux 40

ANNEXE 4 : Résultats d'analyses radiologiques des sédiments 42

ANNEXE 5 : Résultats d'analyses radiologiques des végétaux aquatiques 46

ANNEXE 6 : Résultats d'analyse chimiques des eaux de la Loire 47

ANNEXE 7 : Résultats d'analyse chimiques des sédiments de la Loire 50

ANNEXE 8 : Résultats d'analyse des HAP dans les échantillons de la Balance 63

ANNEXE 9 : Les classes de qualités d'eau par altération et par paramètre. 65

Glossaire

CNPE : Centre nucléaire de production d'électricité

REP : Réacteur à eau pressurisée

CLI : Commission locale d'information

CLR : Chlore libre résiduel

THM : Trialométhanes

AOX : Halogène organique adsorbable

HAP : Hydrocarbure Aromatique Polycyclique

COT : Carbone organique total

SEQ-EAU : Système d'évaluation de la qualité de l'eau des cours d'eau (MEDD et Agence de l'eau).

1. Cadre de l'étude

Le centre nucléaire de production d'électricité (CNPE) de Belleville-sur-Loire est situé sur les communes de Belleville-sur-Loire et de Sury-près-Léré sur la rive gauche de la Loire, dans le département du Cher, à la limite des départements du Loiret et de la Nièvre. Cette installation est raccordée au réseau électrique français depuis 1987 et est constituée de deux réacteurs REP de 1300 MW. En phase de fonctionnement ou de maintenance, comme toute centrale nucléaire, des rejets, radioactifs et chimiques, sont diffusés dans l'environnement selon autorisation.

Cette étude est réalisée à la demande de la CLI de Belleville-sur-Loire afin d'évaluer l'influence des rejets actuels et anciens du site nucléaire de Belleville ainsi que la rémanence d'autres pollutions dans l'environnement.

2. Contexte

2.1. Identification des sources de pollutions radioactives

La démarche adoptée consiste dans un premier temps à dentifier les sources de pollutions potentielles et les voies de transferts possibles à partir de données bibliographiques. L'objectif est de dresser un état des lieux « radiologique » autour du CNPE de Belleville-sur-Loire.

Il est par conséquent nécessaire de répertorier les sources susceptibles d'entraîner une contamination en champ proche du site. Ces sources peuvent avoir une origine ancienne ou actuelle, et leur apport peut être ponctuel ou régulier.

- Les essais nucléaires atmosphériques et l'accident de Tchernobyl ont disséminé des éléments radioactifs dans l'atmosphère. Les retombées consécutives à ces évènements se sont réparties de façon hétérogène et durable sur les territoires. Les contaminations résultantes contribuent désormais au « bruit de fond radioactif » de notre environnement.
- L'accident de la centrale nucléaire de Fukushima a entraîné la dispersion de radionucléides dans l'atmosphère pendant une dizaine de jours après la catastrophe. Du césium-137 et 134 ont été mesurés en faible quantité en France après le passage du panache. Du césium-134, imputable à la catastrophe de Fukushima, a été détecté dans les sédiments de la Loire prélevés en juin 2011 pour le suivi annuel de l'environnement de la centrale de Belleville-sur-Loire[1].
- La médecine nucléaire est une source potentielle de pollutions radioactives. Les radioéléments utilisés ont une période radioactive relativement courte (quelques jours au maximum), mais leur apport peut-être régulier.
- Le Centre Nucléaire de Production d'Electricité effectue des rejets atmosphériques et liquides dans l'environnement selon autorisations. Les quantités et la fréquence de rejet de ces effluents sont corrélées à la puissance, au nombre de réacteurs présents sur le site, mais également à la nature du combustible utilisé. Certains des radioéléments et des substances chimiques présents dans **les effluents liquides ou gazeux** sont susceptibles d'être observés dans différentes matrices environnementales à proximité de cette installation nucléaire.

[1] Source :Rapport environnement 2012, EDF 2013

Il est délicat, lors de l'analyse d'un échantillon issu d'une matrice quelconque, d'imputer la présence d'un radionucléide à une source de pollution en particulier. Afin d'obtenir une information ciblée et la plus représentative possible, il convient de choisir judicieusement les sites de prélèvement, mais également de connaître précisément quels sont les radionucléides à associer aux incidents/accidents connus ou aux rejets réglementés.

2.2. Rejets radioactifs du CNPE de Belleville-Loire

Les rejets réguliers du CNPE de Belleville-sur-Loire sont réalisés conformément à l'arrêté du 4 mars 2014[2]. Les effluents liquides sont évacués dans la Loire via une canalisation de rejets et les effluents gazeux sont diffusés dans l'environnement par l'intermédiaire d'une cheminée de 65 m environ. Les autorisations de rejets radioactifs sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Paramètres	Autorisation annuelle de rejet gazeux (en GBq/an)	Autorisation annuelle de rejet liquide (en GBq/an)
Carbone 14	1 400	190
Tritium	5 000	60 000
Gaz rares	25 000	-
Iodes	0,8	0,1
Autres produits de fission ou d'activation γ ou β	0,1	10

Tableau 1 : Autorisations de rejets radioactifs gazeux et liquides[2]

Les tableaux suivants présentent les activités rejetées en 2015 et en 2016 (activités cumulées de janvier à juillet 2016 et activités rejetées en juillet 2016, mois correspondant à la campagne de prélèvements pour cette étude).

Rejets radioactifs GAZEUX du CNPE de Belleville-sur-Loire			
Paramètres	**Activité rejetée en 2015 (GBq)[3]**	**Activité rejetée entre janvier et juillet 2016 (GBq)[4]**	**Activité rejetée en juillet 2016 (GBq)[4]**
Carbone 14	411	?	?
Tritium	2 290	913	181
Gaz rares	533	311	46
Iodes	0,0278	0,0053	0,0006
Autres produits de fission ou d'activation γ ou β	0,0093	0,0034	0,0001

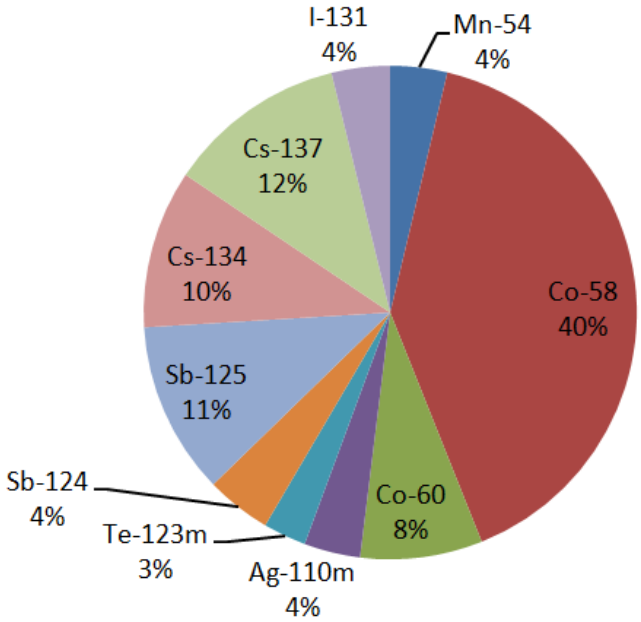
Rejets radioactifs LIQUIDES du CNPE de Belleville-sur-Loire			
Paramètres	**Activité rejetée en 2015 (GBq)[3]**	**Activité rejetée entre janvier et juillet 2016 (GBq)[4]**	**Activité rejetée en juillet 2016 (GBq)[4]**
Carbone 14	6,31	?	?
Tritium	58 900	30 300	1 800

[2] Arrêté du 4 mars 2014 autorisant Electricité de France à poursuivre les prélèvements d'eau et les rejets d'effluents liquides et gazeux pour l'exploitation du site nucléaire de Belleville-sur-Loire –JO du 18 mars 2014, pages 5478/5482, www.legifrance.gouv.fr.
[3] Rapport annuel environnement 2015 CNPE de Belleville-sur-Loire, EDF 2016
[4] Lettre d'information externe du centre nucléaire de production d'électricité de Belleville-sur-Loire, En-Direct n°221, septembre 2016

Iodes	0,0139	0,0092	0,0011
Autres produits de fission ou d'activation γ ou β	0,369	0,278	0,037

Tableau 2a et 2b : Rejets radioactifs gazeux et liquides du CNPE de Belleville-sur-Loire

La figure ci-dessous représente la composition des effluents liquides hors tritium et carbone-14 en 2012.



Légende :

I-131	Iode-131	Produits de fission
Cs-137	Césium-137	
Cs-134	Césium-134	
Sb-124	Antimoine-124	
Te-123	Tellure-123	
Mn-54	Manganèse-54	Produits d'activation
Ag-110m	Argent-110m	

Figure 1 : composition des effluents liquides hors tritium et carbone-14 en 2012[5]

2.3. Rejets chimiques du CNPE de Belleville-sur-Loire

L'arrêté du 4 mars 2014 prévoit également des autorisations de rejets chimiques pour la centrale de Belleville-sur-Loire. Une partie des rejets liquides chimiques de la centrale est composée par les produits utilisés pour conditionner les circuits primaires et secondaires aux paramètres physico-chimiques nécessaires au bon fonctionnement des installations.

L'acide borique est utilisé pour sa capacité à absorber les neutrons et ainsi réguler le taux de fission du combustible dans le réacteur.

D'autres produits comme **l'hydrazine, la lithine et la morpholine** sont utilisés pour la mise en condition chimique des circuits primaire et secondaire, le contrôle du pH et pour limiter la corrosion des circuits. EDF pourrait également utiliser l'**éthanolamine** pour le conditionnement du circuit primaire puisqu'il dispose désormais d'autorisations de rejet pour cette molécule.

[5] Rapport annuel environnement 2012 CNPE de Belleville-sur-Loire, EDF 2013

Ces produits induisent la formation de sous-produits. On note la formation de produits azotés tels que les **nitrates, les nitrites et l'ammoniac**. La morpholine peut également se dégrader en **glycol**, **éthanolamine** ou en **acides organiques** (acides glycoliques, formiques et oxaliques).

Malgré le conditionnement chimique des circuits primaires et secondaires, leur corrosion entraine des rejets en **cuivre** et en **zinc**.

La déminéralisation préalable de l'eau du circuit primaire génère des rejets de **chlorure et de sodium**.

Afin de réduire significativement les populations de bactéries développées au sein du circuit de refroidissement, EDF à mis en place un protocole de chloration massive pouvant être déclenché si le développement des populations bactériennes est trop important. L'activation de ce protocole de chloration entraine le dégagement par voie gazeuse de diverses substances chimiques pour lesquels EDF dispose d'autorisations de rejets. On note : Le **chlore libre résiduel** (CLR), les halogènes organiques (OAX), les **sulfates** et les **composés organo-halogénés** (dont les trihalométhanes (THM)).

Une limite de concentration a été fixée à 5 mg/l pour les rejets d'hydrocarbure dans la Balance.

Le tableau ci-dessous présente les limites de rejets chimiques liquides autorisés tel que présentées dans l'arrêté du 4 mars 2014. A noter qu'il n'existe pas de limite de rejets chimiques gazeux.

SUBSTANCES	FLUX 2h ajouté (kg)	FLUX 24h ajouté (kg)	FLUX ANNUEL ajouté (kg)
Acide borique	230	1 700	12 000
Hydrazine	—	1	17
Morpholine	—	21	1160
Ethanolamine	—	5	280
Détergents	11	80	2 100
Phosphates	20	60	1 600
Azote global (ammonium + nitrates + nitrites)	—	24	3 230
Métaux totaux (Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Cr, Al, Pb)	—	106	—
Cuivre	—	72	—
Zinc	—	29	—
Matières en suspension	10	80	—
DCO	14	150	—
Chlorures (hors protocole de chloration massive)	—	1 300	—
Chlorures (avec protocole de chloration massive)	—	2 650	—
Sodium (hors protocole de chloration massive)	—	750	—
Sodium (avec protocole de chloration massive)	—	1 620	—
CRL	—	—	—
AOX	25	83	—
THM	2,8	9,4	—
Sulfates	—	7 835	—

Tableau 3 : Autorisation de rejets chimiques liquides du CNPE de Belleville-sur-Loire[6]

Les tableaux 4a et 4b présentent les rejets chimiques 2015 de la centrale de Belleville-sur-Loire. Les données indiquées ici sont celles présentes dans le rapport environnement 2015 (EDF).

[6] Arrêté du 4 mars 2014 autorisant Electricité de France à poursuivre les prélèvements d'eau et les rejets d'effluents liquides et gazeux pour l'exploitation du site nucléaire de Belleville-sur-Loire –JO du 18 mars 2014, pages 5478/5482, www.legifrance.gouv.fr.

paramètres	Acide borique	Lithine	Morpholine	Hydrazine	Détergents	Phosphates
flux effectifs annuels rejetés en kg	8760	0,795	190	0,363	22	223

paramètres	Cuivre	Zinc
Moyennes annuelles des flux 24 H en kg	44,6	18,2

Tableaux 4a et 4b : Rejets chimiques du CNPE de Belleville-sur-Loire en 2015[7]

3. Stratégie

L'objectif de l'étude est de fournir une information quant à l'influence radiologique et chimique du CNPE de Belleville-sur-Loire sur la Loire. La stratégie adoptée repose sur des connaissances bibliographiques, les normes et protocoles usuels pour ce type d'évaluation, ainsi que sur l'expérience de terrain de l'association qui œuvre depuis 30 ans dans ce domaine.

3.1. Périmètre géographique de l'étude

Le périmètre géographique de l'étude est relativement étendu. Les prélèvements s'étendent sur environ 20km le long de la Loire sur la rive gauche et sur la rive droite (voir la carte ci-dessous).

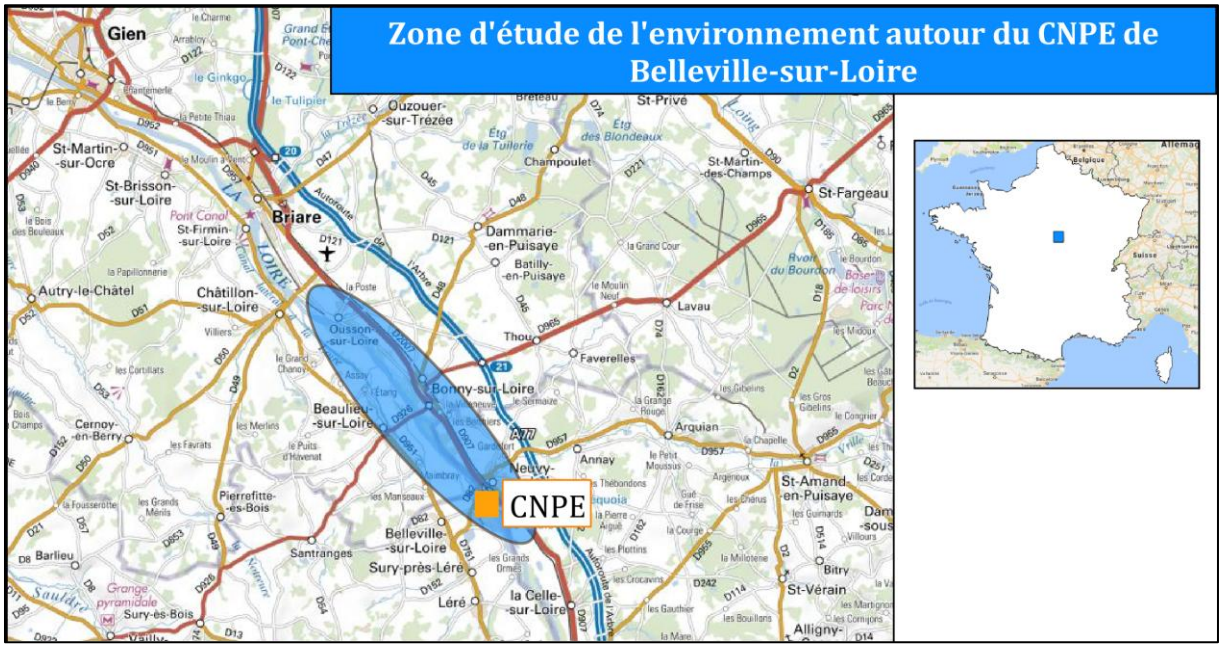


Figure 2 : Zone d'étude

Ce périmètre permet d'évaluer l'impact de la centrale en comparant les résultats d'analyses sur les prélèvements réalisés en amont et en aval de la centrale. Ils permettent également de mesurer son influence sur les zones proches de l'émissaire de rejets liquides. Les prélèvements réalisés au plus loin

[7] Rapport annuel environnement 2015 CNPE de Belleville-sur-Loire, EDF 2016

du site permettent de réaliser des mesures où les rejets liquides du CNPE sont homogénéisés dans la Loire[8].

3.2. Localisation des prélèvements et échantillons prélevés

La situation radioécologique du milieu est évaluée par l'intermédiaire de matrices environnementales inertes (sédiments) et biologiques (végétaux aquatiques). L'eau (le milieu récepteur) est également étudiée.

Les sites de prélèvements ont été choisis pour leur accessibilité, la présence de sédiment sur la rive, leur position sur le fleuve (rive gauche et rive droite) et leur position par rapport à la centrale (amont et aval).

Nous avons sélectionné cinq sites sur la rive gauche : Sury-près-Léré, Belleville-sur-Loire, Beaulieu-sur-Loire, Châtillon-sur-Loire 1 et Châtillon-sur-Loire 2. Et cinq sites sur la rive droite : Neuvy-sur-Loire 1, Neuvy-sur-Loire 2, Neuvy-sur-Loire 3, Bonny-sur-Loire et Briare.

Sury-près-Léré et Neuvy-sur-Loire 1 sont les deux sites en amont de la centrale. Ils sont a priori hors d'influence directe des rejets liquides du CNPE (amont du seuil en Loire). Enfin, deux sites ont été sélectionnés sur la Balance à Belleville-sur-Loire en amont et en aval de l'émissaire de rejet : Balance amont et Balance aval.

La figure n°3 ci-après présente la localisation des sites de prélèvements ainsi que les matrices échantillonnées.

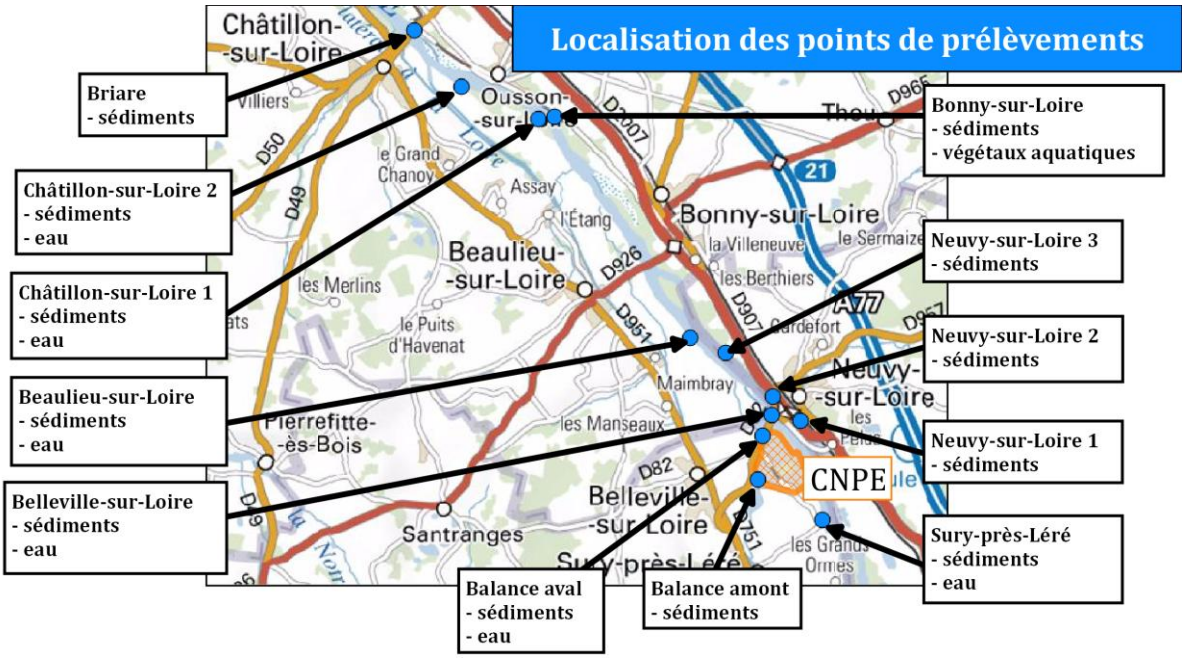


Figure 3 : Localisation des points de prélèvements

Le protocole d'échantillonnage pour chacune des matrices prélevées est détaillé en annexe 2.

[8] Représentativité des points de prélèvements et mesures de la surveillance de la radioactivité dans l'environnement du CNPE de Belleville-surLoire. EDF 2015.

3.3. Paramètres radiologiques et chimiques recherchés

- **Paramètres radiologiques :**

La recherche de **radioéléments émetteurs gamma** permet la détection de divers éléments radioactifs d'origine **naturelle** (béryllium-7, potassium-40, plomb-210, radium-226, actinium-228, uranium-235) et **artificielle** (manganèse-54, cobalt-58 et -60, argent-110m, antimoine-124 et -125, iode-131, césium-134 et -137 et américium-241).

Dans l'eau, des analyses de tritium sont réalisées.

Une note informative sur les paramètres radiologiques est présentée en annexe1 de ce rapport.

- **Paramètres chimiques :**

Pour cette étude, 10 composés chimiques pour lesquelles le CNPE de Belleville-sur-Loire dispose d'autorisation de rejets ont été recherchés et quantifiés. Il s'agit des nitrates, des nitrites, de l'ammoniac, de l'azote Kjeldahl (azote organique et ammoniacal hors nitrites et nitrates), du carbone organique, du cuivre, du zinc, de la morpholine, de l'ethanolamine et de l'hydrazine.

Sur l'eau et les sédiments de la Balance, une analyse de 18 HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques) est réalisée.

- **Analyse granulométrique :**

Afin de pouvoir comparer les résultats d'un site à l'autre, une caractérisation de la taille des particules sédimentaires est réalisée sur tous les échantillons de sédiments.

4. Résultats d'analyses du volet radiologique

4.1. Milieu récepteur : L'eau

L'eau est le vecteur principal de pollution dans le compartiment aquatique. Souvent réceptrice de divers contaminants, elle joue un rôle d'interface avec la totalité des matrices étudiées.

Le devenir des contaminants au sein de cette matrice particulière est bien évidemment fonction de divers paramètres :

- La dynamique des fluides concernés. En effet, une quantité de substances sera d'autant plus facilement dispersée géographiquement que l'eau réceptrice est dynamique.
- La forme physique du contaminant rejeté (solide particulaire, soluble) ainsi que les paramètres intrinsèques de la matrice qui l'entoure (pH, conductivité, température si les effluents sont liquides).
- La forme chimique du contaminant.
- Les paramètres physico-chimiques de l'eau réceptrice (pH, conductivité et température) et la présence d'éventuels éléments (contaminants ou non) pouvant entrainer diverses synergies.

4.1.1. Stratégie

Des prélèvements d'eaux ont été réalisés sur tous les sites de la rive gauche de la Loire : **Sury-près-Léré** (site en amont de la centrale), **Belleville-sur-Loire**, **Beaulieu-sur-Loire**, **Châtillon-sur-Loire 1** et **Châtillon-sur-Loire 2**.

Un prélèvement d'eau à également été effectué sur la Balance en aval de l'émissaire de rejet de la centrale.

Le tableau suivant présente ces points de prélèvements ainsi que les paramètres radiologiques qui y sont recherchés.

Station de prélèvement	Code station	Distance émissaire	Emetteurs gamma	Tritium libre
Sury-près-Léré	BLV-1G	2,7 km en amont	X	X
Belleville-sur-Loire	BLV-2G	200 m en aval	X	X
Beaulieu-sur-Loire	BLV-3G	3,5 km en aval		X
Châtillon-sur-Loire 1	BLV-4G	12 km en aval	X	X
Châtillon-sur-Loire 2	BLV-5G	14 km en aval	X	X
Balance aval	BLV-6AV			X

Tableau 5 : Prélèvements d'eaux pour analyses radiologiques

4.1.2. Résultats

PRELEVEMENT			
nature	**Eau**	**Eau**	**Eau**
commune	Sury-près-Léré	Belleville-sur-Loire	Beaulieu-sur-Loire
nom de la station	**Sury-près-Léré**	**Belleville-sur-Loire**	**Beaulieu-sur-Loire**
code station	**BLV-1G**	**BLV-2G**	**BLV-3G**
distance émissaire	2,7 km en amont	200 m en aval	3,5 km en aval
date de prélèvement	27/07/2016	27/07/2016	27/07/2016
ANALYSE			
unité	Bq/l	Bq/l	Bq/l
date de référence	27/07/2016	27/07/2016	27/07/2016
RADIOELEMENTS ARTIFICIELS			
tritium	< LD	< LD	< LD
radioéléments artificiels émetteurs gamma*	< LD	< LD	-
RADIOELEMENTS NATURELS			
chaine de l'uranium-238			
plomb-214	< LD	< LD	
chaine du thorium-232			
actinium-228	< LD	< LD	
chaine du l'uranium-235			
uranium-235	< LD	< LD	
radioéléments naturels isolés			
potassium-40	< LD	< LD	
béryllium-7	< LD	< LD	

* : manganèse-54, cobalt-58, cobalt-60, argent-110m, antimoine-124, antimoine-125, tellure-123m, iode-131, césium-134, césium-137 et américium-241
< LD : inférieur à la limite de détection

PRELEVEMENT			
nature	**Eau**	**Eau**	**Eau**
nom de la station	Châtillon-sur-Loire 1	Châtillon-sur-Loire 2	Balance aval
code station	**BLV-4G**	**BLV-5G**	**BLV-6AV**
distance émissaire	12 km en aval	14 km en aval	
date de prélèvement	27/07/2016	27/07/2016	28/07/2016
ANALYSE			
unité	Bq/l	Bq/l	Bq/l
date de référence	27/07/2016	27/07/2016	27/07/2016
RADIOELEMENTS ARTIFICIELS			
tritium	< LD	< LD	< LD
radioéléments artificiels émetteurs gamma*	< LD	< LD	-
RADIOELEMENTS NATURELS			
chaine de l'uranium-238			
plomb-214	< LD	< LD	
chaine du thorium-232			
actinium-228	< LD	< LD	
chaine du l'uranium-235			
uranium-235	< LD	< LD	
radioéléments naturels isolés			
potassium-40	< LD	< LD	
béryllium-7	< LD	< LD	

* : manganèse-54, cobalt-58, cobalt-60, argent-110m, antimoine-124, antimoine-125, tellure-123m, iode-131, césium-134, césium-137 et américium-241
< LD : inférieur à la limite de détection

Tableaux 6a et 6b : Synthèse des résultats d'analyses radiologiques sur les échantillons des eaux de la Loire et de la Balance

Les résultats détaillés, notamment les limites de détection, sont présentés en annexe 3 de ce rapport.

4.1.3. Commentaires

Aucun radionucléide émetteur gamma et bêta, d'origine artificielle ou naturelle n'a été détecté dans ces échantillons d'eaux.

A noter qu'à l'inverse des autres matrices investiguées dans cette étude (sédiments et végétaux aquatiques) qui ont des propriétés de concentration et d'intégration sélective, l'information fournie par l'analyse d'un échantillon d'eau n'est représentative que de la situation à l'instant « t » du prélèvement.

4.2. Matrices inertes : Les sédiments

Dans l'eau, on trouve en permanence des matières en suspension (MES) visibles ou non à l'œil nu. Il s'agit de fines particules minérales ou organiques insolubles (des fragments de végétaux par exemple). Leur présence résulte principalement de la désintégration de matrices biologiques présentes dans l'eau, de phénomènes d'érosion ou de drainage des sols. Par gravitation, ces matières vont se déposer dans les fonds aquatiques et former ainsi la matrice « sédiments ». Les rejets urbains, industriels ou agricoles liquides peuvent être piégés dans la matrice sédimentaire au même titre que d'éventuelles contaminations drainées du milieu terrestre.

D'un milieu aquatique à l'autre, la taille et la quantité de ces particules varient. On trouvera par exemple des sédiments avec une granulométrie fine dans les zones de calme hydrodynamique comme les lacs ou les méandres et bras morts des cours d'eau, et leur dépôt sera plus important qu'ailleurs.

La contamination des sédiments a tout d'abord comme origine la pollution des sols soumis aux phénomènes d'érosion. D'un point de vue radiologique, les retombées des essais atmosphériques et ceux de l'accident de Tchernobyl ont « alimenté » à partir 1952 la masse sédimentaire par gravitation et drainage des sols essentiellement.

Les sédiments sont également le siège de divers processus de rétention des éléments traces solubles présents dans l'eau. Les rejets de toutes sortes peuvent ainsi contribuer à augmenter le niveau de pollution par phénomène d'adsorption à la surface des particules sédimentaires. De ce point de vue, les grains les plus fins favorisent mieux la rétention (surface spécifique plus grande). La granulométrie est un facteur essentiel de modulation des concentrations mesurées d'un site à l'autre.

Déposée successivement au fil du temps, cette matrice conserve en partie la mémoire des pollutions et constitue de ce fait un réservoir pouvant alimenter par la suite des transferts.

Figure 4 : préparation d'un échantillon de sédiment

4.2.1. Stratégie

Tous les sites ont fait l'objet de prélèvements de sédiments dans lesquelles la recherche de radionucléides émetteurs gamma a été systématique.

Prélèvements complémentaires :

- A Belleville-sur-Loire, site le plus proche de la centrale, un échantillon de sable a été prélevé à proximité immédiate de l'émissaire de rejet (à une dizaine de mètres sous le barrage).
- A Ousson-sur-Loire, proche du site de prélèvement de Bonny-sur-Loire, nous avons prélevé un échantillon de sol en surface d'une zone marécageuse entre le lit de la Loire et la route.

Une analyse granulométrique est réalisée sur chaque échantillon. Cette technique permet de classer et quantifier la population de chaque type de grain en fonction de son diamètre. Les sédiments les plus fins ayant tendance à fixer plus facilement les polluants par adsorption, l'analyse granulométrique aide à comparer les résultats des analyses en fonction de chaque site.

4.2.2. Résultats

Par commodité de lecture, les tableaux ci-dessous sont des tableaux simplifiés. Les résultats d'analyses complets sont fournis en Annexe 4 de ce rapport.

PRELEVEMENT				
nature	**Sédiments**	**Sédiments**	**Sédiments**	**Sédiments**
nom de la station	Neuvy-sur-Loire 1	Sury-près-Léré	Neuvy-sur-Loire 2	Belleville-sur-Loire
code station	**BLV-1D**	**BLV-1G**	**BLV-2D**	**BLV-2G**
distance émissaire	900 m en amont	2,7 km en amont	500 m en aval	200 m en aval
date de prélèvement	27/07/2016	27/07/2016	27/07/2016	27/07/2016
ANALYSE				
unité	Bq/kg sec	Bq/kg sec	Bq/kg sec	Bq/kg sec
date de référence	27/07/2016	27/07/2016	27/07/2016	27/07/2016
RADIOELEMENTS ARTIFICIELS EMETTEURS GAMMA				
césium-137	**6,0 ± 0,8**	**8,5 ± 0,9**	**1,63 ± 0,47**	**2,44 ± 0,37**
autres radioéléments artificiels *	< LD	< LD	< LD	< LD
RADIOELEMENTS NATURELS				
chaine de l'uranium-238				
plomb-210	116 ± 14	112 ± 13	28 ± 7	66 ± 8
plomb-214	57,2 ± 4,7	74 ± 6	22,3 ± 2,2	40,0 ± 3,3
chaine du thorium-232				
actinium-228	79 ± 7	89 ± 8	31,0 ± 3,5	57 ± 5
chaine du l'uranium-235				
uranium-235	4,0 ± 0,5	4,6 ± 0,5	1,52 ± 0,32	1,74 ± 0,20
radioéléments naturels isolés				
potassium-40	750 ± 50	740 ± 50	367 ± 35	740 ± 50
béryllium-7	47 ± 6	6,4 ± 3,2	10,0 ± 4,0	37,6 ± 4,2

PRELEVEMENT				
nature	**Sédiments**	**Sédiments**	**Sédiments**	**Sable**
commune	Neuvy-sur-Loire	Beaulieu-sur-Loire	Bonny-sur-Loire	Châtillon-sur-Loire
nom de la station	Neuvy-sur-Loire 3	Beaulieu-sur-Loire	Bonny-sur-Loire	Châtillon-sur-Loire 1
code station	**BLV-3D**	**BLV-3G**	**BLV-4D**	**BLV-4G**
distance émissaire	2,3 km en aval	3,5 km en aval	12 km en aval	12 km en aval
date de prélèvement	27/07/2016	27/07/2016	27/07/2016	27/07/2016
ANALYSE				
unité	Bq/kg sec	Bq/kg sec	Bq/kg sec	Bq/kg sec
date de référence	27/07/2016	27/07/2016	27/07/2016	27/07/2016
RADIOELEMENTS ARTIFICIELS EMETTEURS GAMMA				
césium-137	< LD	**1,6 ± 0,5**	**6,5 ± 0,7**	**3,3 ± 0,5**
radioéléments artificiels *	< LD	< LD	< LD	< LD
RADIOELEMENTS NATURELS				
chaine de l'uranium-238				
plomb-210	29 ± 5	72 ± 11	108 ± 13	68 ± 10
plomb-214	33,2 ± 3,0	70 ± 6	49,1 ± 4,0	52,8 ± 5,3
chaine du thorium-232				
actinium-228	50 ± 5	127 ± 11	66 ± 6	70 ± 6
chaine du l'uranium-235				
uranium-235	2,12 ± 0,31	3,81 ± 0,43	3,20 ± 0,38	3,12 ± 0,36
radioéléments naturels isolés				
potassium-40	750 ± 70	870 ± 60	618 ± 45	840 ± 60
béryllium-7	< 6,0	7,1 ± 4,4	10,0 ± 4,0	24 ± 8

PRELEVEMENT				
nature	**Sédiments**	**Sédiments**	**Sédiments**	**Sédiments**
commune	Briare	Châtillon-sur-Loire	Belleville-sur-Loire	Belleville-sur-Loire
nom de la station	Briare	Châtillon-sur-Loire 2	Balance amont	Balance aval
code station	**BLV-5D**	**BLV-5G**	**BLV-6AM**	**BLV-6AV**
distance émissaire	16 km en aval	14 km en aval	en amont	en aval
date de prélèvement	27/07/2016	27/07/2016	27/07/2016	27/07/2016
ANALYSE				
unité	Bq/kg sec	Bq/kg sec	Bq/kg sec	Bq/kg sec
date de référence	27/07/2016	27/07/2016	27/07/2016	27/07/2016
RADIOELEMENTS ARTIFICIELS EMETTEURS GAMMA				
césium-137	**0,88 ± 0,29**	**0,76 ± 0,32**	**3,8 ± 0,6**	**2,13 ± 0,36**
radioéléments artificiels *	< LD	< LD	< LD	< LD
RADIOELEMENTS NATURELS				
chaine de l'uranium-238				
plomb-210	26 ± 5	46 ± 7	75 ± 10	52 ± 7
plomb-214	23,2 ± 2,0	54,4 ± 4,4	48,6 ± 4,4	33,9 ± 3,1
chaine du thorium-232				
actinium-228	34,9 ± 3,2	95 ± 8	60 ± 6	46,1 ± 4,5
chaine du l'uranium-235				
uranium-235	1,93 ± 0,26	2,57 ± 0,29	5,2 ± 1,6	1,72 ± 0,25
radioéléments naturels isolés				
potassium-40	910 ± 60	870 ± 60	535 ± 48	764 ± 66
béryllium-7	< 5,9	< 5,8	10,7 ± 4,8	11,0 ± 3,5

PRELEVEMENT		
nature	**Sable**	**Sol en zone marécageuse**
nom de la station	Belleville-sur-Loire	Bonny-sur-Loire
code station	**BLV-2G**	**BLV-4D Bis**
distance émissaire	aval immédiat	12 km en aval
date de prélèvement	27/07/2016	27/07/2016
ANALYSE		
unité	Bq/kg sec	Bq/kg sec
date de référence	27/07/2016	27/07/2016
RADIOELEMENTS ARTIFICIELS EMETTEURS GAMMA		
césium-137	**0,48 ± 0,37**	**7,1 ± 0,8**
radioéléments artificiels *	< LD	< LD
RADIOELEMENTS NATURELS		
chaine de l'uranium-238		
plomb-210	16 ± 5	118 ± 13
plomb-214	14,0 ± 1,4	71 ± 6
chaine du thorium-232		
actinium-228	19,1 ± 2,2	92 ± 8
chaine du l'uranium-235		
uranium-235	1,3 ± 0,3	4,28 ± 0,46
radioéléments naturels isolés		
potassium-40	990 ± 80	645 ± 46
béryllium-7	< 7,6	59 ± 7

* : manganèse-54, cobalt-58, cobalt-60, argent-110m, antimoine-124, antimoine-125, tellure-123m, iode-131, césium-134, césium-137 et américium-241
< LD : inférieur à la limite de détection

Tableaux 7a, 7b, 7c et 7d : Synthèse des résultats d'analyses radiologiques sur les échantillons de sédiments

Les résultats détaillés, notamment les limites de détection, sont présentés en annexe 4 de ce rapport.

Résultats des analyses granulométriques :

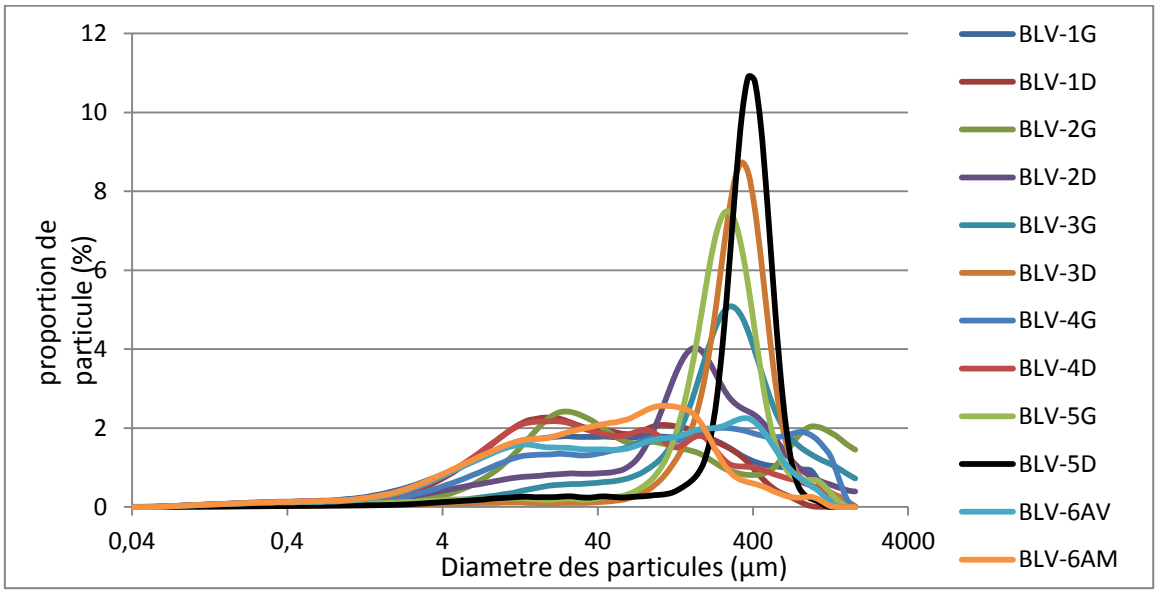


Figure 5 : composition granulométrique des sédiments prélevés

Le graphe ci-contre représente la répartition granulométrique des sédiments analysés entre 0,04 et 2000 µm. La taille des particules est relativement hétérogène suivant les sites et illustre la difficulté de collecter des sédiments fins dans la Loire.

Usuellement, on distingue ces grains en 5 grandes fractions pour pouvoir les comparer :

- Argiles : fraction < 2 µm
- Limons fins : fraction comprise entre 2 et 20 µm
- Limons grossiers : fraction comprise entre 20 et 50 µm
- Sables fins : fraction comprise entre 50 et 200 µm
- Sables grossiers : fraction comprise entre 200 et 2000 µm

		BLV 1G	BLV 1D	BLV 2G	BLV 2D	BLV 3G	BLV 3D	BLV 4G	BLV 4D	BLV 5G	BLV 5D	BLV 6AV	BLV 6AM
Argiles	ø < 2 µm	5,1	4,3	1,9	2,6	1,1	0,9	3,0	4,4	1,7	0,9	4,4	4,9
Limons fins	2 < ø < 20 µm	28,5	31,5	19,9	13,4	6,2	2,2	20,2	31,9	4,5	4,2	26,8	28,7
Limons grossiers	20 < ø < 50 µm	17,9	20,8	22,4	8,4	5,9	1,1	13,5	20,1	2,1	2,6	14,8	19,7
Sables fins	50 < ø < 200 µm	26,8	29,3	23,4	36,7	23,7	15,4	25,2	26,5	25,1	6,5	25,6	35,6
Sables grossiers	200 < ø < 2000 µm	21,8	14,1	32,5	38,9	63,1	80,4	38,1	17,1	66,6	85,7	28,4	11,2

Tableau 8 : Répartition des classes de granulométrie en pourcentage (%)

De ce tableau, nous pouvons distinguer **trois profils de sédiments :**

- On trouve des sédiments composés, à part relativement égale, de limons et de sables. C'est le cas des sédiments prélevés sur les sites de Neuvy-Loire 1 (BLV-1D), Sury-près-Léré (BLV-1G), Beaulieu-sur-Loire 1 (BLV-2G), Bonny-sur-Loire (BLV-4D) et Balance en amont et en aval (BLV-6AM et BLV-6AV).
- Certains de ces sédiments sont composés en majeure partie de sable fin et grossier comme les sédiments des sites de Neuvy-sur-Loire 2 (BLV-2D) et Châtillon-sur-Loire 1 (BLV-4G)

- Une troisième catégorie est constituée des sédiments composés en majeure partie de sable grossier : Beaulieu-sur-Loire (BLV-3G), Neuvy-sur-Loire 3 (BLV-3D), Châtillon-sur-Loire 2 (BLV-5G) et Briare (BLV-5D).

4.2.3. Commentaires

La radioactivité naturelle :

Le potassium-40 est présent dans tous les échantillons prélevés au cours de cette campagne. Les niveaux sont variables et dépendent notamment des caractéristiques de chaque échantillon (composition minérale, teneur en matière organique). Les valeurs s'échelonnent de 367 ± 35 Bq/kg sec dans les sédiments Neuvy-sur-Loire 1 à 990 ± 80 Bq/kg sec dans les sédiments de Beaulieu-sur-Loire. Le béryllium-7 est détecté dans 10 échantillons sur 14 à des concentrations allant jusqu'à 59 ± 7 Bq/kg sec dans le sol de la zone marécageuse de Ousson-sur-Loire. Les activités sur les trois chaines de désintégration de l'uranium-235, de l'uranium-238 et thorium-232 sont relativement disparates d'un échantillon à l'autre.

Pour la chaine de l'uranium-235, représentée par l'activité de l'uranium-235, les activités sont comprises entre 1,3 ± 0,3 Bq/kg sec dans le sable de Belleville -sur-Loire à 5,2 ± 1,6 Bq/kg sec dans les sédiments de la Balance.

Nous pouvons considérer la chaine de l'uranium-238 comme étant à l'équilibre séculaire dans chacun des échantillons prélevés. L'activité du plomb-214 est comprise entre 14,0 ± 1,4 Bq/kg sec dans le sable de Belleville-sur-Loire jusqu'à 74 ± 6 dans les sédiments de Sury-près-Léré. Du plomb-210 est mesuré en excès dans certains échantillons jusqu'à 118 ± 13 Bq/kg sec dans le sol de la zone marécageuse à Ousson-sur-Loire. Les niveaux de plomb-210 mesurés peuvent être dus à la présence de radon (radioélément naturel gazeux) dans le sol.

Nous pouvons également considérer la chaine du thorium-232 comme étant à l'équilibre séculaire dans chacun des échantillons prélevés. L'activité de l'actinium-228 est comprise entre 19,1 ± 2,2 Bq/kg sec dans le sable de Belleville-sur-Loire jusqu'à 127 ± 11 dans les sédiments de Beaulieu-sur-Loire.

Tous les résultats concernant les éléments naturels sont comparables à ceux obtenus dans la plupart des suivis radioécologiques de l'environnement en France, et n'appellent pas de remarques particulières.

La radioactivité artificielle

Du **césium-137** est mesuré dans 13 échantillons sur 14. Seul le sable de Belleville-sur-Loire ne présente pas de marquage au césium-137 décelable avec nos moyens de mesures.

Les valeurs mesurées pour cette étude sont comprises entre 0,76 ± 0,32 Bq/kg sec dans les sédiments de Châtillon-sur-Loire 2 et 8,5 ± 0,9 Bq/kg sec dans les sédiments Sury-près-Léré en amont de la centrale.

Ces résultats sont du même ordre de grandeur que ceux obtenus entre 2000 et 2011 lors des suivis radiologiques annuels, avec des valeurs comprises entre 3,2 et 11,5 Bq/kg sec.

Aucune corrélation n'est établie entre la teneur relevée et la distance du point de prélèvement associé avec l'émissaire de rejet. On ne note pas non plus des teneurs plus importantes en césium-137 dans les sédiments en aval qu'en amont de l'émissaire de rejet.

Bien que soluble dans l'eau, le césium-137 est également très facilement piégé par les matières en suspension (très forte affinité en particulier avec les matières dites argileuses). La figure suivante illustre la corrélation entre teneur en césium-137 et granulométrie des sédiments. On note ainsi que les concentrations les plus fortes sont mesurées dans les échantillons présentant la granulométrie la plus fine.

On remarque par exemple la différence de concentration en césium-137 de l'échantillon prélevé à Surry-près-Léré (8,5 ± 0,9 Bq/kg sec) composé d'environ 50 % d'argiles et de limons et celle de l'échantillon prélevé à Châtillon-sur-Loire 2 (0,76 ± 0,32) contenant moins de 10 % d'argiles et de limons.

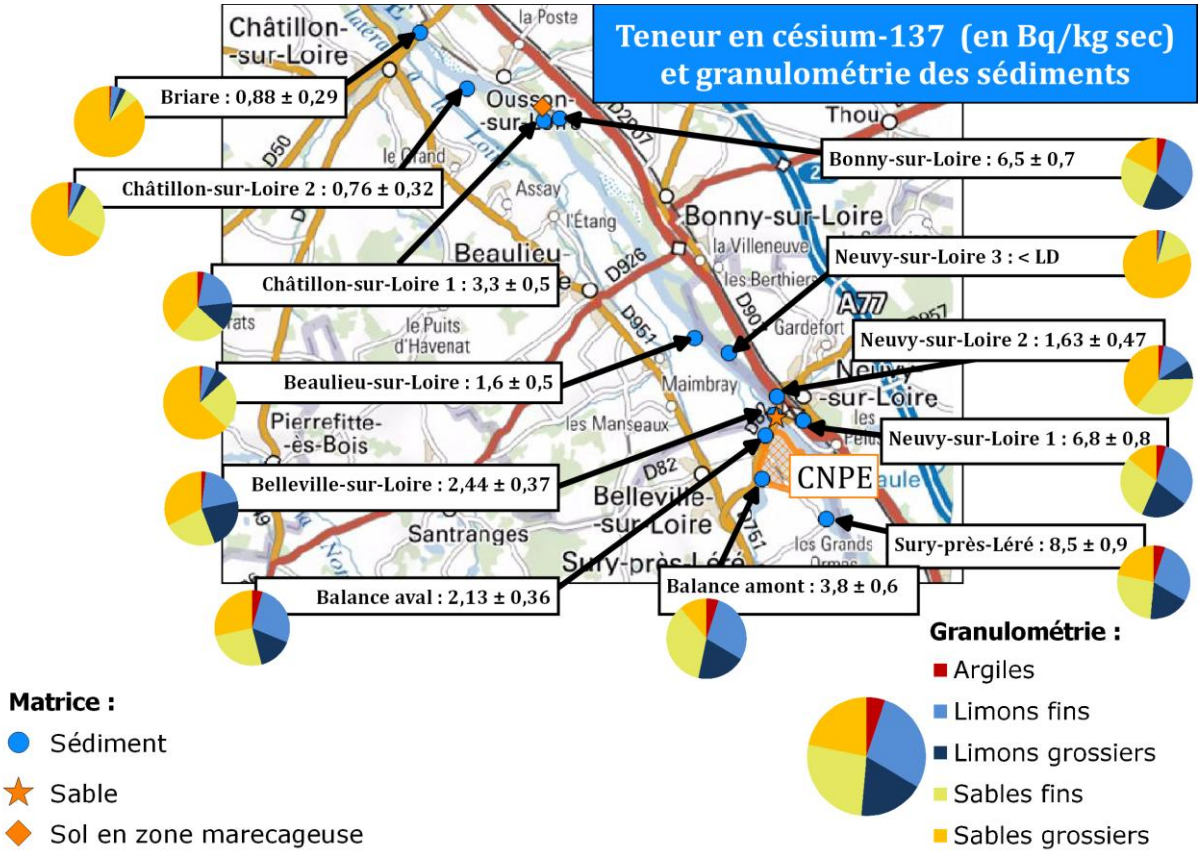


Figure 6 : Teneur en césium-137 et granulométrie des sédiments

Pour information, nous avons appliqué une correction aux activités de césium-137 mesurées dans ces sédiments en fonction de leur granulométrie[9]. Cette correction permet de simuler l'activité massique en césium-137 d'un sédiment si sa granulométrie était différente. Nous rapportons donc ici les activités mesurées à des sédiments de granulométrie moyenne pour les fleuves français (12% d'argiles et 20% de limons fin, recensé par Vray et al.). Cette correction permet de comparer les résultats entre eux en s'affranchissant du paramètre granulométrique. Ces valeurs ne sont toutefois

[9] Vray F., Debayle D. et Louvat D. Long-term flux of Chernobyl-derived 137Cs from soil to french rivers : a study on sediment and biological indicators. Journal of Environmental Radioactivity, Vol. 68, 93-114, 2003

présentées dans ce rapport qu'à titre indicatif car calculées grâce à un modèle mathématique, elles ne représentent pas la contamination réelle de ces sédiments.

Le graphique suivant présente les teneurs en césium-137 mesurées et les teneurs en césium-137 corrigées en fonction de leur granulométrie.

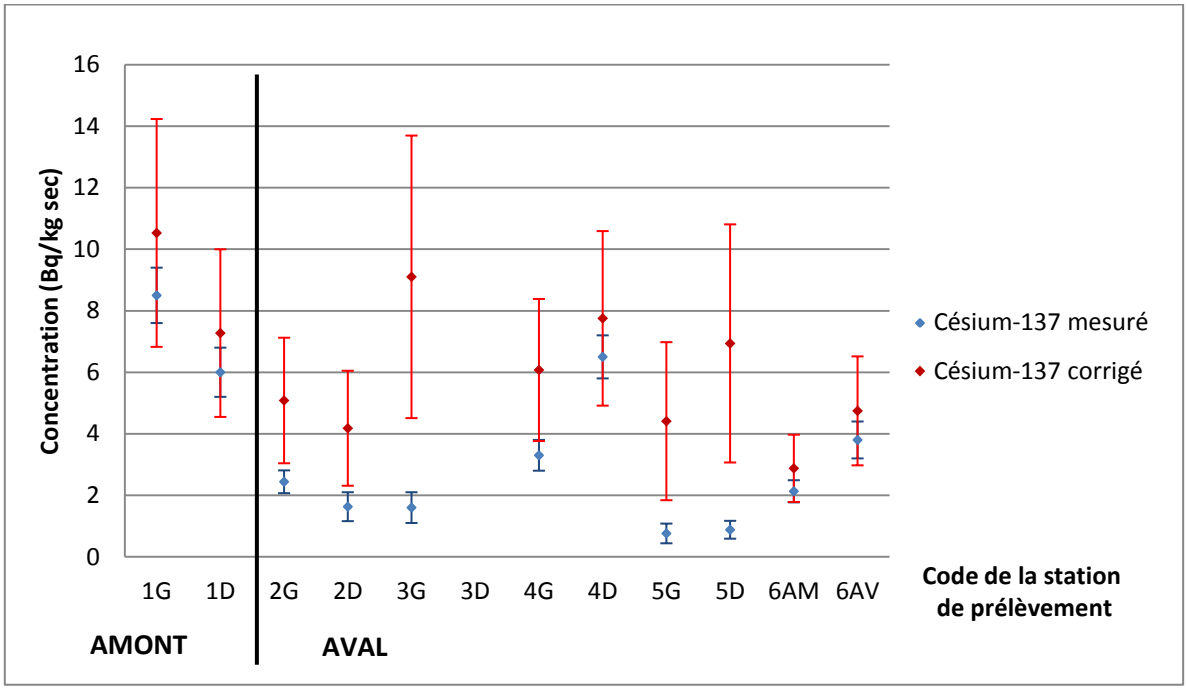


Figure 7 : teneurs en césium-137 mesurées et corrigées en fonction de la granulométrie des sédiments

Dans le cas présent, la présence de césium-137 s'explique principalement par le drainage des sols à proximité du fleuve. Sa présence semble en première approche majoritairement imputable aux essais nucléaires et à l'accident de Tchernobyl.

Les autres radionucléides recherchés ne sont pas mis en évidence au-delà de la limite de détection des appareils de mesure.

4.3. Matrices biologiques : Les végétaux aquatiques

En fonction des opportunités offertes sur le terrain, des végétaux aquatiques ont été prélevés au cours de cette campagne pour être soumis à la recherche de radionucléides émetteurs gamma. Ces prélèvements permettent de compléter l'étude radiologique du milieu aquatique par l'analyse de matrice biologique.

Les espèces prélevées sont la Jussie rampante (*Ludwigia peploides)* et le Cornifle nageant (*Ceratophyllum demersum*). Les deux échantillons ont été collectés sur le même site à Bonny-sur-Loire (BLV-4D) situé à 12 km de la centrale. *Ceratophyllum demersum* est connu pour sa capacité à concentrer les radioéléments présents dans l'eau, on note notamment des concentrations allant jusqu'à 5 000 fois celle de l'eau pour le césium et 8 000 fois pour l'iode[10]. Le tableau suivant présente les résultats simplifiés des analyses de radioactivité effectuées sur ces échantillons.

PRELEVEMENT		
nature	**Végétaux aquatiques**	**Végétaux aquatiques**
espèce	Jussie rampante (*Ludwigia peploides*)	Cornifle nageant (*Ceratophyllum demersum*)
station de prélèvement	**Bonny-sur-Loire**	**Bonny-sur-Loire**
code station	BLV-4D	BLV-4D
distance émissaire	12 km en aval	12 km en aval
date de prélèvement	27/07/2016	27/07/2016
ANALYSE		
unité	en Bq/kg sec	en Bq/kg sec
date de référence	27/07/2016	27/07/2016
RADIOELEMENTS ARTIFICIELS EMETTEURS GAMMA*		
	< LD	< LD
RADIOELEMENTS NATURELS EMETTEURS GAMMA		
chaine de l'uranium-238		
plomb-210	22 ± 14	< LD
plomb-214	7,9 ± 2,1	< LD
chaine du thorium-232		
actinium-228	18,3 ± 4,1	< LD
chaine du l'uranium-235		
uranium-235	< LD	< LD
radioéléments naturels isolés		
potassium-40	500 ± 50	< LD
béryllium-7	< LD	< LD

* : manganèse-54, cobalt-58, cobalt-60, argent-110m, antimoine-124, antimoine-125, tellure-123m, iode-131, césium-134, césium-137 et américium-241.
< LD : inférieur à la limite de détection

Tableau 9 : Résultats d'analyses par spectrométrie gamma des végétaux aquatiques

[10] A sensitive and quantitative biosensing method for the determination of γ-ray emitting radionuclides in surface water. H.Th. Wolterbeek, A.J.G.M. van der Meer, 1996, Journal of Environmental Radioactivity.

Les résultats détaillés, notamment les limites de détection, sont présentés en annexe 5 de ce rapport.

Commentaire :

Aucun radionucléide artificiel n'a été détecté dans ces échantillons.

Du **potassium-40**, radionucléide naturel, est mesuré dans l'échantillon de Jussie rampante à une concentration comparable à ce que l'on observe habituellement dans ce type de matrice.

On détecte également du **plomb-210** (22 ± 14 Bq/kg sec), du **plomb-214** (7,9 ± 2,1 Bq/kg sec) et de **l'actinium-228** (18,3 ± 4,1 Bq/kg sec). Ces radioéléments sont d'origine naturelle et les niveaux mesurés dans cet échantillon sont couramment observés dans les matrices biologiques.

5. Résultats d'analyses du volet chimique

Les effluents liquides du site nucléaire de Belleville-sur-Loire sont constitués de radioéléments, mais également des substances utilisées pour leurs propriétés chimiques au sein des circuits de l'installation.

Dans le cadre de cette étude, on s'attachera à la recherche des substances chimiques suivantes :

- Des produits de conditionnement de circuit primaire et secondaire : Morpholine, Hydrazine, Ethanolamine.
- L'azote pouvant être produit sous différente forme chimique lors de la détérioration de ces produits de conditionnement des circuits : Nitrites, Nitrates, Ammoniac et Azote Kjedhal (somme de l'azote organique et de l'azote ammoniacal or nitrites et nitrates).
- Les métaux issus de la corrosion des circuits : Zinc et Cuivre

Dans les sédiments de la Balance, une recherche de 18 molécules d'Hydrocarbures (HAP) a été réalisée.

Des mesures de carbone organique (COT) ont également été réalisées dans les eaux et les sédiments.

5.1. Milieu récepteur : l'eau

5.1.1. Stratégie

Les prélèvements d'eau pour les analyses chimiques ont été réalisés sur 4 sites de la rive gauche de la Loire : **Sury-près-Léré** (site en amont de la centrale), **Belleville-sur-Loire**, **Châtillon-sur-Loire 1** et **Châtillon-sur-Loire 2**.

Le tableau suivant présente les différents paramètres recherchés dans l'eau dans les différentes stations de prélèvements.

Station	Code	Ethanolamine	Morpholine	Hydrazine	Azote *	Métaux **	COT
Sury-près-Léré	BLV-1G	X	X	X	X	X	X
Belleville-sur-Loire	BLV-2G	X	X	X	X	X	X
Châtillon-sur-Loire 1	BLV-4G				X	X	X
Châtillon-sur-Loire 2	BLV-5G	X	X	X	X	X	X

* nitrites, nitrates, ammoniac, azote Kjeldahl

** cuivre, zinc

Tableau 10 : Prélèvements d'eau pour les analyses chimiques

5.1.2. Résultats

PRELEVEMENT				
nature	**Eaux**	**Eaux**	**Eaux**	**Eaux**
station de prélèvement	Sury-près-Léré	Belleville-sur-Loire	Châtillon-sur-Loire 1	Châtillon-sur-Loire 2
milieu de collecte	La Loire rive gauche	La Loire rive gauche	La Loire rive gauche	La Loire rive gauche
code station	**BLV-1G**	**BLV-2G**	**BLV-4G**	**BLV-5G**
distance émissaire	2,7 km en amont	200 m en aval	12 km en aval	14 km en aval
date de prélèvement	27/07/2016	27/07/2016	27/07/2016	27/07/2016
PRODUITS DE CONDITIONNEMENT DES CIRCUITS (en µg/l)				
Hydrazine	< LD	< LD	-	< LD
Morpholine	< LD	< LD	-	< LD
Ethanolamine	< LD	< LD	-	< LD
METAUX (en µg/l)				
Cuivre	< LD	< LD	< LD	< LD
Zinc	< LD	< LD	25,9 ± 5,2	< LD
SOUS-PRODUITS DE CHLORATION				
Nitrates (mg/l)	6,2 ± 0,93	6,2 ± 0,93	6,5 ± 0,98	6,4 ± 0,96
Nitrites (mg/l)	0,040 ± 0,016	0,030 ± 0,012	0,030 ± 0,012	0,030 ± 0,012
Azote ammoniacal (mg/l)	< LD	< LD	< LD	< LD
Azote kjeldahl (mg/l)	0,60 ± 0,12	< LD	< LD	0,51 ± 0,10
CARBONE (en mg/l)				
Carbone organique	2,90 ± 0,44	2,95 ± 0,44	3,10 ± 0,47	3,00 ± 0,45

< LD : inférieur à la limite de détection

Tableau 11 : Résultats d'analyses chimiques des eaux de la Loire

Ces mesures ont été réalisées par des laboratoires sous-traitants, les rapports d'analyses sont fournis en annexe 6 de ce rapport.

5.1.3. Commentaire

Les produits de conditionnement des circuits :

Aucun produit de conditionnement (hydrazine, morpholine, ethanolamine) n'a été mesuré dans les échantillons d'eau prélevés pour cette étude.

Les substances azotées :

- Les analyses réalisées révèlent la présence de **nitrates et de nitrites** dans tous les échantillons d'eau prélevés. La concentration dans ces substances est comparable d'un site à l'autre et aucune élévation significative des niveaux n'est relevée entre les points en amont et en aval de la centrale. Ces concentrations (comprises entre 6,2 ± 0,93 et 6,5 ± 0,98 mg/l pour les nitrates et entre 0,030 ± 0,012 et 0,040 ± 0,016 mg/l pour les nitrites) sont cohérentes avec les valeurs mesurées lors

des évaluations annuelles de l'environnement conduites par EDF puisqu'entre 2010 et 2012 les valeurs étaient comprises entre 1 et 14 mg/l pour les nitrates et inférieurs à 0,05 mg/l pour les nitrites[11].
Si l'on compare les niveaux en nitrates et nitrites mesurés au système d'évaluation de la qualité de l'eau des cours d'eau (SEQ-EAU[12]) établi par l'agence de l'eau et le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable à partir de la directive européenne cadre sur l'eau[13], ces concentrations mesurées dans la Loire correspondent à une classe de qualité « bonne à passable » pour les nitrites et « bonne » pour les nitrates.

Les concentrations en nitrates et nitrites mesurées ici sont d'origines diverses : naturelles, industrielles et agricoles et l'influence de la centrale n'est pas mise en évidence.

- On ne mesure pas d'azote ammoniacal dans les échantillons d'eau prélevés.
- **L'azote Kjeldahl** représente la somme de l'azote organique et de l'azote ammoniacal hors nitrites et nitrates. Des niveaux significatifs sont mesurés dans l'échantillon sur le site de Sury-près-Léré en amont de la centrale (0,60 ± 0,12 mg/l) ainsi que sur le site de Châtillon-sur-Loire 2 (0,51 ± 0,10 mg/l).

Ces niveaux correspondent dans les grilles SEQ-EAU à une classe de qualité « très bonne » pour ce paramètre.

Les métaux :

Du Zinc est détecté dans l'eau prélevée sur le site de Châtillon-sur-Loire 1 (25,9 ± 5,2 µg/l). La concentration moyenne dans les eaux de rivières est de 10 µg/l [14]. Au regard des classes de qualité d'eau mis en place par l'agence de l'eau, 25,9 µg/l de zinc dans l'eau correspond à une classe de qualité «mauvaise »[15].

Le zinc peut, dans les eaux de surfaces, avoir plusieurs origines : naturelle à hauteur de 10 µg/l (selon INERIS), agricole ou industrielle.
Mais au regard des quantités rejetées par la centrale (cf. Tab.4b : moyenne annuelle des Flux 24h = 18,2 kg de zinc), il est probable que l'on observe par cette mesure, une trace de l'activité de la centrale de Belleville-sur-Loire.

Par ailleurs, nous ne mesurons pas de teneurs au-delà des limites de détection en cuivre dans les eaux prélevées.

Le carbone organique :

Les mesures réalisées ici ne mettent pas en lumière de teneurs anormales en carbone organique dans l'eau. Ces valeurs (comprises entre 2,90 ± 0,44 et 3,10 ± 0,47 mg/l) correspondent, pour la grille d'évaluation de la qualité de l'eau, à une classe « très bonne ».

Le tableau des classes de qualité par altération et par paramètre, établi par l'agence de l'eau est présenté en annexe 9 de ce rapport.

---

[11] Rapport annuel environnement 2010, 2011, 2012, CNPE de Belleville-sur-Loire
[12] SEQ-Eau : Système d'évaluation de la qualité de l'eau
[13] Directive Européenne cadre sur l'eau : Directive 2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau
[14] Fiche INERIS : Zinc et dérivés du 2 mars 2005
[15] Classe établie pour une dureté d'eau de 10 °f (dureté faible), moyenne de valeur mesurées dans la Loire à Belleville-sur-Loire entre mars 2014 et octobre 2016 et extraite de la base de données de l'agence de l'eau Loire-Bretagne : http://osur.eau-loire-bretagne.fr.

5.2. Les sédiments

5.2.1. Stratégie

Les prélèvements de sédiments pour les analyses chimiques ont été réalisés sur tous les sites le long de la Loire, mais aussi sur la Balance en amont et en aval de l'émissaire de rejet.
L'hydrazine a été mesurée dans les échantillons de sédiments de la rive gauche de la Loire. Les hydrocarbures (HAP, 18 molécules) ont été recherchés dans les échantillons de sédiments de la Balance.

Le tableau suivant présente ces analyses.

Station	Code	Ethanolamine	Morpholine	Hydrazine	Azote *	Métaux **	COT	HAP
Neuvy-sur-Loire 1	BLV-1D	X	X		X	X	X	
Sury-près-Léré	BLV-1G	X	X	X	X	X	X	
Neuvy-sur-Loire 2	BLV-2D	X	X		X	X	X	
Belleville-sur-Loire	BLV-2G	X	X	X	X	X	X	
Neuvy-sur-Loire 3	BLV-3D	X	X		X	X	X	
Beaulieu-sur-Loire	BLV-3G	X	X	X	X	X	X	
Bonny-sur-Loire	BLV-4D	X	X		X	X	X	
Châtillon-sur-Loire 1	BLV-4G	X	X	X	X	X	X	
Briare	BLV-5D	X	X		X	X	X	
Châtillon-sur-Loire 2	BLV-5G	X	X	X	X	X	X	
Balance amont	BLV-6AM							X
Balance aval	BLV-6AV							X

Tableau 12 : Prélèvements de sédiments pour les analyses chimiques

5.2.2. Résultats

PRELEVEMENT				
nature	**Sédiments**	**Sédiments**	**Sédiments**	**Sédiments**
station de prélèvement	Neuvy-sur-Loire 1	Sury-près-Léré	Neuvy-sur-Loire 2	Belleville-sur-Loire
milieu de collecte	La Loire rive droite	La Loire rive gauche	La Loire rive droite	La Loire rive gauche
code station	**BLV-1D**	**BLV-1G**	**BLV-2D**	**BLV-2G**
distance émissaire	900 m en amont	2,7 km en amont	500 m en aval	200 m en aval
date de prélèvement	27/07/2016	27/07/2016	27/07/2016	27/07/2016
PRODUITS DE CONDITIONNEMENT DES CIRCUITS (en mg/kg sec)				
Hydrazine	-	0,0058 ± 0,0009	-	0,0052 ± 0,0008
Morpholine	0,10 ± 0,02	0,12 ± 0,02	0,018 ± 0,003	0,51 ± 0,08
Ethanolamine	0,14 ± 0,02	0,032 ± 0,005	< LD	0,10 ± 0,02
METAUX (en mg/kg sec)				
Cuivre	29,1 ± 7,3	40 ± 10	10,4 ± 2,6	19,3 ± 4,8
Zinc	148 ± 44	201 ± 60	57 ± 17	79 ± 24
SOUS-PRODUITS DE CHLORATION				
Azote nitrique (mg/kg sec)	< LD	< LD	< LD	< LD
Azote nitreux (mg/kg sec)	< LD	< LD	< LD	< LD
Azote ammoniacal (g/kg sec)	< LD	< LD	< LD	0,31 ± 0,06
Azote kjeldahl (g/kg sec)	3,24 ± 0,49	4,13 ± 0,62	1,27 ± 0,19	3,76 ± 0,56
CARBONE (en g/kg sec)				
Carbone organique	36,3 ± 5,4	39,2 ± 5,9	13,6 ± 2,0	23,6 ± 3,5

PRELEVEMENT				
nature	**Sédiments**	**Sédiments**	**Sédiments**	**Sédiments**
station de prélèvement	Neuvy-sur-Loire 3	Beaulieu-sur-Loire	Bonny-sur-Loire	Châtillon-sur-Loire 1
milieu de collecte	La Loire rive droite	La Loire rive gauche	La Loire rive droite	La Loire rive gauche
code station	**BLV-3D**	**BLV-3G**	**BLV-4D**	**BLV-4G**
distance émissaire	2,3 km en aval	3,5 km en aval	12 km en aval	12 km en aval
date de prélèvement	27/07/2016	27/07/2016	27/07/2016	27/07/2016
PRODUITS DE CONDITIONNEMENT DES CIRCUITS (en mg/kg sec)				
Hydrazine	-	0,0013 ± 0,0002	-	0,012 ± 0,002
Morpholine	< LD	0,023 ± 0,003	0,033 ± 0,005	0,15 ± 0,02
Ethanolamine	0,24 ± 0,04	< LD	0,66 ± 0,10	< LD
METAUX (en mg/kg sec)				
Cuivre	10,0 ± 2,5	19,2 ± 4,8	31,2 ± 7,8	38,8 ± 9,7
Zinc	54 ± 16	99 ± 30	214 ± 64	119 ± 36
SOUS-PRODUITS DE CHLORATION				
Azote nitrique (mg/kg sec)	< LD	< LD	< LD	< LD
Azote nitreux (mg/kg sec)	< LD	< LD	< LD	< LD
Azote ammoniacal (g/kg sec)	< LD	0,043 ± 0,009	0,044 ± 0,009	< LD
Azote kjeldahl (g/kg sec)	< LD	1,02 ± 0,15	4,67 ± 0,70	2,25 ± 0,34
CARBONE (en g/kg sec)				
Carbone organique	< LD	10,1 ± 1,5	45,8 ± 6,9	20,8 ± 3,1

PRELEVEMENT		
nature	**Sédiments**	**Sédiments**
station de prélèvement	Briare	Châtillon-sur-Loire 2
milieu de collecte	La Loire rive droite	La Loire rive gauche
code station	**BLV-5D**	**BLV-5G**
distance émissaire	16 km en aval	14 km en aval
date de prélèvement	27/07/2016	27/07/2016
PRODUITS DE CONDITIONNEMENT DES CIRCUITS (en mg/kg sec)		
Hydrazine	-	0,0097 ± 0,0015
Morpholine	< LD	0,012 ± 0,002
Ethanolamine	0,012 ± 0,002	< LD
METAUX (en mg/kg sec)		
Cuivre	10,4 ± 2,6	15,1 ± 3,8
Zinc	52 ± 16	77 ± 23
SOUS-PRODUITS DE CHLORATION		
Azote nitrique (mg/kg sec)	< LD	< LD
Azote nitreux (mg/kg sec)	< LD	0,15 ± 0,08
Azote ammoniacal (g/kg sec)	< LD	< LD
Azote kjeldahl (g/kg sec)	0,60 ± 0,09	0,39 ± 0,06
CARBONE (en g/kg sec)		
Carbone organique	< LD	< LD

< LD : inférieur à la limite de détection

Tableau 13a, 13b et 13c : Résultats d'analyses chimiques sur les sédiments de la Loire

Les rapports d'analyses chimiques sur les sédiments de la Loire sont présentés en annexe 7 de ce rapport.

PRELEVEMENT		
nature	**Sédiments**	**Sédiments**
station de prélèvement	Balance amont	Balance aval
milieu de collecte	Balance	Balance
code station	**BLV-6AM**	**BLV-6AV**
distance émissaire	en amont	en aval
date de prélèvement	27/07/2016	27/07/2016
HYDROCARBURES POLYCYCLIQUES AROMATIQUES (en mg/kg sec)		
Acénaphtène	0,016 ± 0,005	< LD
Acénaphtylène	< LD	< LD
Anthracène	< LD	< LD
Benzo(a)anthracène	0,041 ± 0,016	0,024 ± 0,010
Benzo(b)fluoranthène (benzo(3,4)fluoranthène)	0,079 ± 0,032	0,048 ± 0,019
Benzo(k)fluoranthène (benzo(11,12)pérylène)	0,018 ± 0,005	< LD
Benzo(g,h,i)pérylène (benzo(1,12)pérylène)	0,017 ± 0,005	< LD
Benzo(a)pyrène (benzo(3,4)pyrène)	0,041 ± 0,016	0,027 ± 0,011
Chrysène	0,043 ± 0,013	0,026 ± 0,008
Dibenzoanthracène	< LD	< LD
Fluoranthène	0,112 ± 0,045	0,062 ± 0,025
Fluorène	< LD	< LD
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	0,024 ± 0,007	0,016 ± 0,005
Naphtalène	0,037 ± 0,015	< LD
Phénanthrène	0,045 ± 0,018	0,022 ± 0,009
Pyrène	0,089 ± 0,027	0,050 ± 0,015
Methl 2 naphtalène	< LD	< LD
Méthyl 2 fluoranthène	< LD	< LD

< LD : inférieur à la limite de détection

Tableau 14 : Résultats d'analyses des HAP dans les échantillons de la Balance

Les rapports d'analyses des HAP dans les échantillons de la Balance sont présentés en annexe 8.

5.2.3. Commentaires

Les produits de conditionnements des circuits :

De l'**hydrazine** a été mesurée dans tous les échantillons où elle a été recherchée. Les concentrations mesurées s'étendent de 1,3 ± 0,2 µg/kg sec dans l'échantillon de Beaulieu-sur-Loire à 12 ± 2 µg/kg sec sur le site de Châtillon-sur-Loire 1. Par manque de données dans la littérature, nous ne pouvons pas comparer ces valeurs à des niveaux de référence dans les sédiments. Néanmoins, des recommandations concernant le niveau d'hydrazine dans l'eau douce existent au Canada : le gouvernement canadien recommande de ne pas dépasser 2,6 µg/l pour protéger les espèces d'un milieu aquatique[16].

[16] Loi canadienne sur la protection de l'environnement – Hydrazine Environnement Canada - 2013

En première approche, et au regard des niveaux mesurés en aval et en amont du site nucléaire, nous ne pouvons pas imputer la présence de cette substance à l'activité de la centrale. Nous savons par ailleurs que les sources de diffusion de l'hydrazine dans l'environnement sont diverses. Elle est utilisée par l'industrie nucléaire, mais est également utilisée dans la production de pesticides et d'autres produits chimiques agricoles, de produits pharmaceutiques ainsi que dans la fabrication d'agents gonflants[17].

- De la **morpholine** est détectée dans 8 des 10 échantillons de sédiments analysés. Les concentrations sont comprises entre 12 ± 2 µg/kg de sédiments sec sur le site de Châtillon-sur-Loire - 2 et 510 ± 80 µg/kg de sédiments sec sur le site de Belleville-sur-Loire. La morpholine n'est pas présente naturellement dans l'environnement, mais ses applications sont nombreuses impliquant diverses sources de contamination de l'environnement[18]. La morpholine est utilisée comme agent anticorrosif (cas des centrales nucléaires), production de colorant, de médicaments et de produits phytosanitaires. La valeur la plus importante a été mesurée sur le site de Belleville-sur-Loire (BLV-2G). Comme il s'agit du site le plus proche de l'émissaire de rejet, ce marquage semble en lien avec l'activité de la centrale. D'autre part, l'écart est significatif entre cette valeur maximale et la valeur minimale observée à Châtillon-sur-Loire-2 (écart de plus de 2 ordres de grandeur). Toutefois, l'étendue géographique du marquage en morpholine des sédiments de la Loire par le CNPE de Belleville semble relativement limitée. En effet, les teneurs diminuent assez rapidement en direction de l'aval et, la rive droite ne semble pas directement infulencée par cet élément.

- De l'**éthanolamine** est également est détectée dans 6 des 10 échantillons de sédiments analysés. Ces concentrations sont comprises entre 12 ± 2 µg/kg de sédiment sec sur le site de Briare et 660 ± 10 µg/kg de sédiment sec sur le site de Bonny-sur-Loire, situé à 16km en aval du CNPE. Là encore, les données bibliographiques manquent pour établir des niveaux de références, mais les utilisations de l'éthanolamine sont nombreuses : agent anticorrosif (cas des centrales nucléaires), produits cosmétiques, pharmaceutiques, détergents, émulsifiants.

L'éthanolamine est détectée dans les deux échantillons de sédiments prélevés en amont de l'émissaire de rejet (BLV 1G et 1D) à des niveaux comparables à ceux mesurés en aval immédiat (BLV-2G). L'activité de la centrale de Belleville-sur-Loire ne semble donc pas responsable de ce marquage.

<u>Les substances azotées :</u>

Les sédiments sont le siège de divers processus chimiques et microbiens permettant la captation et l'élimination de l'azote dans les milieux aquatiques[19].

- De l'**azote nitreux** (azote provenant des nitrites) est détecté dans les sédiments de Châtillon-sur-Loire 2 à hauteur de 150 ± 80 µg/kg de matière sèche.

- De l'**azote ammoniacal** (azote provenant des ions ammonium) est détecté dans 3 des 10 échantillons analysés. 310 ± 60 mg/kg de sédiment sec sont mesurés dans les sédiments de Belleville-sur-Loire, au plus proche de l'émissaire de rejet alors que 43 ± 9 et 44 ± 9 mg/kg de sédiment sec sont mesurés respectivement dans les sédiments des sites de Beulieu-sur-Loire et de Bonny-sur-Loire. Cette répartition décroissante des concentrations après l'émissaire de rejet laisse supposer un marquage lié aux rejets de la centrale de Belleville-sur-Loire.

---

[17]Santé Canada - Évaluation préalable pour le Défi concernant l'Hydrazine – Janvier 2011
[18] IPCS : International Programme of Chemical Safety - http://www.inchem.org/
[19] Concentrations et flux d'azote dans les sédiments hypoxiques de l'Estuaire Maritime du St-Laurent. Jacqueline Kowarzyk Moreno – Université de Montréal

- Par ailleurs, aucune mesure au-delà des limites de détection n'est relevée concernant l'**azote nitrique** (azote provenant des nitrates) dans les sédiments prélevés.

Les métaux :

Des valeurs significatives sont mesurées en zinc et en cuivre dans tous les échantillons analysés. Des métaux sont contenus naturellement dans les sédiments de rivières à des niveaux variables dépendant de la géologie de la région. Mais les sédiments constituent également un réservoir pour ces micropolluants stockés de manière très efficace par les particules sédimentaires les plus fines.

- Les concentrations en **cuivre** de ces échantillons de sédiments sont comprises entre 10,0 ± 2,5 mg/kg sec dans l'échantillon prélevé à Neuvy-sur-Loire et 40 ± 10 mg/kg sec dans l'échantillon prélevé à Sury-près-Léré. Ces concentrations semblent être corrélées à la répartition granulométrique des sédiments : les concentrations les plus importantes sont mesurées dans les échantillons ayant la plus grande proportion de particules fines (argileuses et limoneuses). L'influence de la centrale n'est donc pas significative dans ces résultats.
Nous pouvons cependant les comparer au système d'évaluation de la qualité d'eau (SEQ-EAU) qui a mis en place un barème pour les micropolluants minéraux dans les sédiments. 7 des 10 échantillons de sédiments présentent des teneurs en cuivre correspondant à une classe de qualité « bonne » et 3 échantillons (Sury-près-Léré, Bonny-sur-Loire et Châtillon-sur-Loire 1) présentent des concentrations correspondant à une classe « passable ».

- Les concentrations en **zinc** mesuré dans ces échantillons sont comprises entre 52 ± 16 mg/kg sec dans l'échantillon prélevé à Briare et 216 ± 64 mg/kg sec dans l'échantillon prélevé à Bonny-sur-Loire. Pour le zinc aussi, les concentrations semblent être corrélées à la répartition granulométrique des sédiments. L'influence de la centrale ne parait pas transparaitre dans ces résultats.
Le graphique suivant illustre la corrélation entre les concentrations en cuivre et en zinc mesurée dans les sédiments et leur composition granulométrique (argiles et limons).

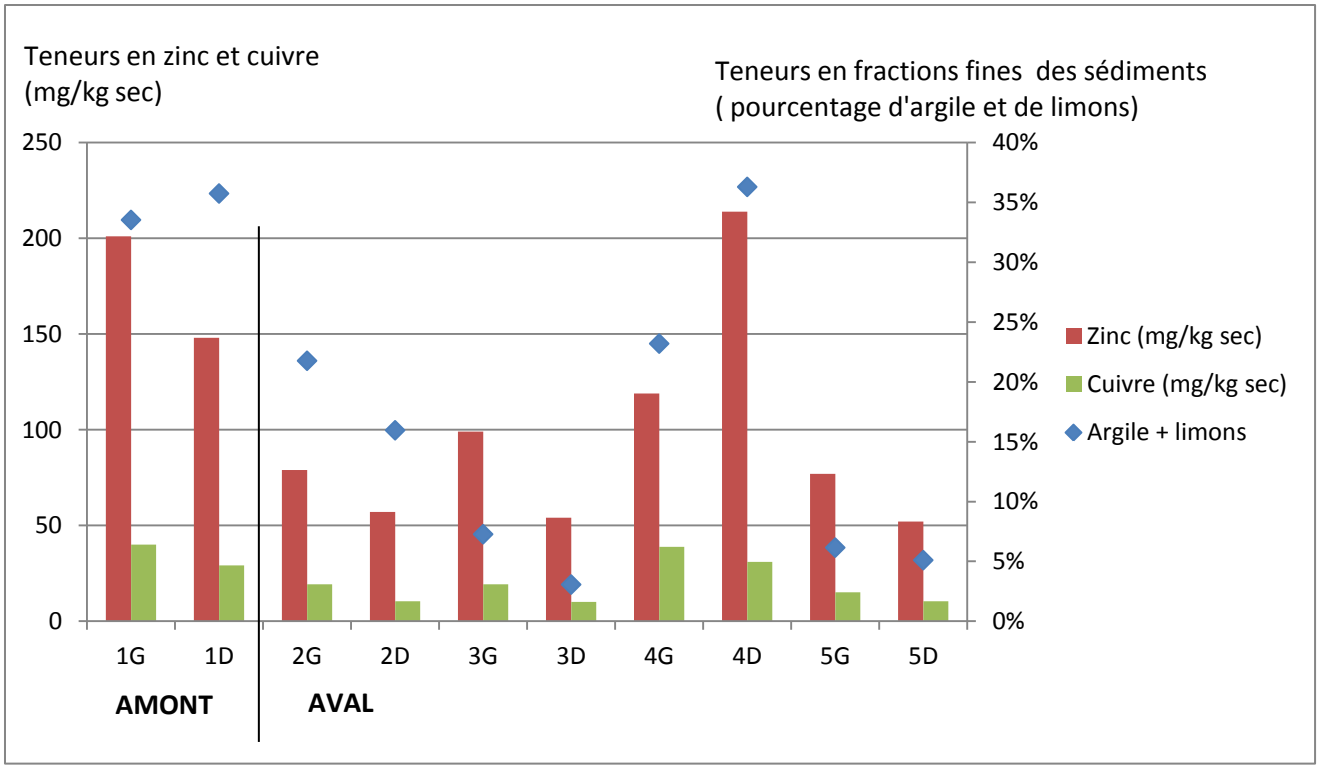


Figure 8 : teneurs en cuivre et en zinc des sédiments et composition granulométrique

Si l'on compare ces résultats à la grille SEQ-EAU, 7 des échantillons de sédiments présentent des teneurs en zinc correspondant à une classe de qualité « bonne » et 3 (Sury-près-Léré, Neuvy-sur-Loire et Châtillon-sur-Loire 1) à une classe de qualité « passable ».

<u>Les HAP dans les sédiments de la Balance :</u>

18 molécules HAP (hydrocarbures) étaient recherchées dans les sédiments de la Balance. 12 sur 18 ont été détectées dans les sédiments prélevés en amont de la centrale et 8 sur 18 dans les sédiments prélevés en aval du site. Les teneurs de ces molécules dans chacun des deux échantillons sont comparables. On ne mesure donc pas d'impact par les rejets en hydrocarbures du CNPE sur les sédiments de la Balance.

Le SEQ-EAU a également une grille permettant d'éclairer ces résultats à la lumière de la directive européenne cadre sur l'eau : la teneur de ces sédiments en hydrocarbure correspond pour chacune des 18 molécules recherchées, à une classe de qualité « très bonne ».

6. Conclusions et perspectives

Cette étude réalisée pour la CLI de Belleville-sur-Loire vient compléter les données disponibles par le biais des mesures réglementaires. Elle permet une vision plus globale de la situation radiologique et chimique de la Loire autour de la centrale par l'étude de la matrice sédimentaire qui intègre les traces de pollution dans le temps et en recherchant des substances chimiques qui ne font pas partie de la surveillance réglementaire.

Des analyses réalisées sur les eaux de la Loire ainsi que sur quelques échantillons de végétaux aquatiques viennent également compléter ces données.

Concernant le volet radiologique, **le césium-137** est présent dans tous les échantillons de sédiments analysés, à des teneurs comparables à celles observées sur le territoire français.

Ce marquage artificiel observé dans l'environnement de Belleville-sur-Loire est principalement imputable aux retombées des essais nucléaires atmosphériques et de la catastrophe de Tchernobyl. Aucune corrélation n'est établie entre les teneurs mesurées dans les sédiments et la distance avec l'émissaire de rejet du CNPE.

Au travers de multiples substances chimiques recherchées au cours de cette étude, certains marquages de l'environnement autour de Belleville-sur-Loire peuvent être associés aux rejets chimiques de la centrale :

- Du **zinc** à été mesuré dans l'eau à Châtillon-sur-Loire-1 à hauteur de 25,9 ± 5,2 µg/l (soit plus de deux fois la teneur naturelle).
- De la **morpholine** a été mesurée dans les sédiments à Belleville-sur-Loire à hauteur de 0,51 ± 0,08 mg/kg de matière sèche (soit jusqu'à 42 fois la teneur mesurée plus en aval, à Chatillon-sur-Loire-2).
- De **l'azote ammoniacal** a été mesuré dans les sédiments à Belleville-sur-Loire à hauteur de 310 ± 60 mg/kg de matière sèche (soit 7 fois les teneurs mesurées plus en aval, à Bonny-sur-Loire et Beaulieu-sur-Loire).

Ces substances sont en effet présentes dans les effluents liquides de l'installation. Dans le cas de la morpholine et de l'azote ammoniacal, les résultats mettent en évidence un transfert de ces contaminants vers les sédiments en aval direct de la centrale.

Cette étude dresse un bilan de la situation radioécologique et chimique de la Loire autour de l'installation nucléaire de Belleville-sur-Loire. Ce travail fournit à la CLI un état des lieux relativement complet qui pourra, par la suite, servir de base pour appréhender d'éventuelles nouvelles études plus spécifiques.

ANNEXE 1 : Informations générales et caractéristiques des radionucléides recherchés

Les radionucléides recherchés dans le cadre de cette étude peuvent avoir une origine naturelle ou artificielle. L'objectif de cette partie est de fournir quelques éléments d'appréciation quant à ces substances, notamment leurs origines potentielles, leurs caractéristiques ainsi que les teneurs habituellement rencontrées dans l'environnement.

Radionucléides naturels

Toute matrice environnementale présente de la radioactivité naturelle. Les rayonnements sont issus de radionucléides d'origine tellurique (potassium-40, chaînes radioactives de l'uranium-238, de l'uranium-235 et du thorium-232) ou cosmique (tritium, béryllium-7, carbone-14).

Ces éléments naturels contribuent au bruit de fond radioactif auquel nous sommes tous soumis. Ce bruit de fond varie d'un endroit à l'autre du globe et en fonction de l'altitude. Certains minerais présentent un caractère radioactif plus élevé compte tenu de leur concentration en radionucléides naturels. Ainsi, les régions dont le sol est essentiellement composé de granit (Bretagne par exemple), sont soumises à une exposition plus élevée que les régions calcaires (bassin parisien, sud-est de la France).

Le potassium-40 est un isotope naturel rencontré en permanence dans l'environnement. Sa présence est corrélée à la teneur naturelle en potassium dans la matrice étudiée (pourcentage isotopique du potassium-40 : 0,01167 %).

A titre d'exemple, dans le sable ou les sédiments, son activité est de l'ordre de plusieurs centaines de becquerels par kilogramme. Dans le corps humain, elle est d'environ 70 becquerels par kilogramme de corps.

Le béryllium-7 est produit dans la stratosphère et la haute troposphère. Sous forme d'aérosols, il est dispersé sur la surface terrestre par dépôts secs ou humides. Sa présence renseigne généralement sur l'interaction du milieu étudié avec le milieu atmosphérique. Son activité dans l'environnement varie généralement entre une dizaine à plusieurs centaines de becquerels.

Il existe 3 chaînes naturelles de désintégration d'origine terrestre dans l'environnement. Les 3 éléments « pères » ou « tête de chaînes » sont l'uranium-238, l'uranium-235 et le thorium-232. Chacun de ces 3 éléments se désintègre en un descendant ou élément « fils », lui-même radioactif, qui va se transformer en un autre élément radioactif. Plusieurs descendants interviennent dans ces processus pour aboutir à un élément stable. L'uranium-238 a 14 descendants, l'uranium-235 et le thorium-232 en ont chacun 11. Les modes de désintégration (rayonnement α, β et/ou γ) ainsi que la période de décroissance sont propres à chaque radionucléide. Les 3 éléments stables (non radioactifs) associés à chacune de ces 3 chaînes sont respectivement le plomb-206, le plomb-208 et le plomb-207. En première approche, si on considère ces chaînes à l'équilibre dans l'environnement, l'activité de chacun des éléments descendants est équivalente tout au long de la chaîne. On parle alors d'équilibre séculaire.

Cas particulier du tritium

Le tritium est un radionucléide particulier puisqu'il peut être d'origine naturelle ou artificielle.

Dans la nature, **le tritium** est formé par interaction des rayons cosmiques avec différents constituants de l'atmosphère. Il intègre par la suite, de façon homogène, le cycle de l'hydrogène sous plusieurs formes chimiques :
- HTO, eau tritiée (forme prépondérante)
- HT, tritium gazeux
- TOL, tritium organiquement lié

Dans une plus large mesure, le tritium a été, et est émis artificiellement dans l'environnement: essais nucléaires atmosphériques, industrie du nucléaire (centrales de production d'électricité, usines de retraitement).

D'une période de 12,32 ans, la portion de tritium rejeté lors des explosions nucléaires atmosphériques (1945-1980), n'est quasiment plus détectable aujourd'hui.

C'est le radionucléide le plus diffusé par voie liquide par une installation nucléaire. La centrale nucléaire de Belleville (2 réacteurs de 1300 MW) a rejeté (voie gazeuse et voie liquide) dans un champ proche de l'installation $61{,}2 \times 10^{12}$Bq en 2015[20].

Quelques chiffres :[21]
Production mondiale en tritium naturel : 50 à 70×10^{15}Bq par an
Les essais nucléaires atmosphériques : 240×10^{18}Bq diffusés dans l'environnement mondial.
Activité volumique naturelle en tritium dans les fleuves : 0,5 Bq/L environ
Activité volumique naturelle en tritium dans les océans : <0,1 Bq/L

La faible énergie d'émission de son rayonnement bêta lors de la désintégration d'un atome en fait une substance considérée comme peu radiotoxique. Ce sujet est actuellement au cœur de nombreux débats scientifiques puisque, à l'heure où les autorisations de rejets en tritium des centrales nucléaires sont de plus en plus élevées, sa radiotoxicité est réévaluée à la hausse[22].

Radioéléments artificiels

Il existe des radionucléides d'origine exclusivement artificielle. Leur dissémination dans l'environnement a débuté avec les premiers essais nucléaires atmosphériques.

Les éléments listés ci-dessous ont été recherchés dans les matrices environnementales prélevées dans le cadre de cette étude (eau, sédiments et végétaux aquatiques). Ces éléments peuvent provenir des installations nucléaires et/ou de la médecine nucléaire (Iode-131), des catastrophes nucléaires ou des essais atmosphériques de la bombe atomique.

[20] Source : Rapport annuel environnement 2015 CNPE de Belleville-sur-Loire, EDF 2016
[21] Informations issues du livre blanc sur le Tritium, réalisé par des groupes de travail sous l'égide de l'ASN, juillet 2010, disponible à l'adresse http://livre-blanc-tritium.asn.fr.
[22] Le Tritium : un risque sous-estimé, dans *le livre blanc du tritium*, Autorité de sûreté nucléaire, 2010/07/08.

Radio-isotope	Période	Provenance	Emission
Manganèse-54	312,5 jours	Réacteurs nucléaires	β, γ
Cobalt-58	7,1 jours	Réacteurs nucléaires	β, γ
Cobalt-60	5,27 ans	Réacteurs nucléaires	β, γ
Argent-110m	249 jours	Réacteurs nucléaires	β, γ
Tellure-123m	119,7 jours	Réacteurs nucléaires	γ
Antimoine-124	60 jours	Réacteurs nucléaires	β, γ
Antimoine-125	2,73 ans	Réacteurs nucléaires	β, γ
Iode-131	8,04 jours	Réacteurs nucléaires, médecine nucléaire	β, γ
Césium-134	2,2 ans	Réacteurs nucléaires, accidents nucléaires	β, γ
Césium-137	30 ans	Réacteurs nucléaires, accidents nucléaires, essais atmosphériques	β, γ
Américium-241	432 ans	Essais atmosphériques	α, γ

Radionucléides émetteurs gamma recherchés dans cette étude

Les radio-isotopes présents dans les effluents d'une installation sont généralement des produits de fission ou des produits d'activation générés au sein des réacteurs.

À titre d'exemple, le manganèse-54 est créé par activation de l'élément fer présent dans les structures métalliques du réacteur.

ANNEXE 2 : Méthodologies appliquées aux prélèvements et aux analyses

Afin de garantir la qualité des mesures réalisées, l'ensemble des méthodes et techniques d'échantillonnage est conforme aux recommandations édictées dans les normes en vigueur.

Les sédiments

Pour tous les sites, un minimum de 5 litres de sédiments est prélevé.

Le prélèvement est réalisé par l'intermédiaire d'un godet en acier inoxydable placé à l'extrémité d'une perche.

L'échantillon est ensuite homogénéisé dans un bac en acier inoxydable. Les échantillons destinés à une analyse par spectrométrie gamma sont conditionnés dans un récipient plastique à usage unique et à fermeture hermétique pour les analyses par spectrométrie gamma alors que les échantillons destinés à analyses chimiques sont conditionnés dans des pots en verre à usage unique.

L'acheminement vers le laboratoire d'analyse est ensuite réalisé dans les plus brefs délais, en glacière réfrigérée.

Les matrices biologiques aquatiques et les eaux

Le prélèvement est réalisé manuellement par coupe ou arrachage des végétaux aquatiques immergés. Ceux-ci sont ensuite rincés sur place avec l'eau du site pour les débarrasser de possibles résidus de particules sédimentaires. Les végétaux sont ensuite conditionnés dans des sachets plastiques hermétiques et à usage unique.

Les eaux sont collectées manuellement par immersion d'un conteneur (du flacon ou du godet à l'extrémité d'une perche suivant l'accessibilité). On veille à ce que la collecte soit effectuée face au courant. Les profondeurs retenues sont d'environ 10 à 20 cm. Pour la recherche d'émetteurs gamma, un minimum de 5 litres d'eau est prélevé en flaconnage plastique. Lorsque des mesures chimiques sont réalisées, 2 litres supplémentaires sont conditionnés dans des flacons en verre.

Chaque conteneur est rincé plusieurs fois avec l'eau à prélever et rempli jusqu'à débordement pour éviter la présence de bulles d'air.

Méthodologie des analyses radiologiques réalisées

Les analyses par spectrométrie gamma et le dosage du tritium libre dans l'eau sont réalisés par le laboratoire de l'ACRO agréé pour ces mesures. Les autres analyses (granulométrie, et analyses chimiques) ont été sous-traitées à d'autres laboratoires réputés compétents pour ces analyses.

- ## Mesure des radioéléments émetteurs gamma

Méthode d'analyse

La mesure des émetteurs gamma est effectuée sur deux chaînes de spectrométrie gamma de haute résolution, équipées de châteaux de plomb d'épaisseur 10 cm, d'analyseurs numériques et de deux détecteurs au germanium hyperpur respectivement de type N (Ortec) et type P (technologie fenêtre mince) d'efficacité 32 % et 42 %.

La bibliothèque de données nucléaires utilisée pour la spectrométrie gamma est celle communiquée par le Bureau National de Métrologie : NUCLEIDE-LARA.

Les mesures sont réalisées avec des géométries identiques à celles des sources de référence et concernent les radionucléides émetteurs gamma présentant une ou plusieurs raies d'émission sur la plage d'énergie prise en référence. Une correction liée à l'atténuation des rayonnements dans la matrice, liée principalement à sa densité, est appliquée.

Seules les activités supérieures au seuil de décision sont exprimées. Dans le cas contraire, et pour les seuls radionucléides mentionnés, la limite de détection –LD- (ou plus petite activité décelable) précédée du signe " < " est rapportée.
L'activité de chaque radioélément présent dans l'échantillon est exprimée en becquerel par kilogramme sec (Bq / kg sec), suivi de son incertitude absolue calculée pour un intervalle de confiance de 95%. Toute activité exprimée, y compris la limite de détection, est rapportée à la date de référence (date de prélèvement) indiquée dans les tableaux de résultats.

- ## Mesure du tritium libre

Le matériel d'analyse est une spectrométrie bêta à scintillation liquide, modèle TRI-CARB de Packard. Le dispositif est réfrigéré en permanence à l'aide d'un groupe froid et la salle de mesure est climatisée pour assurer une température de consigne constante. Les géométries de comptage employées sont des fioles en polyéthylène bas bruit de fond antistatique.

La grandeur déterminée est l'activité en becquerel (Bq) par litre (L) ou activité volumique. Elle est suivie de son incertitude absolue calculée pour un intervalle de confiance de 95%. Seules les activités volumiques supérieures au seuil de décision de la chaîne d'analyse sont exprimées. Toute activité exprimée, y compris la limite de détection, est rapportée à la date de prélèvement.

ANNEXE 3 : Résultats d'analyses radiologiques des eaux

Emetteurs gamma :

PRELEVEMENT					
nature		**Eaux**	**Eaux**	**Eaux**	**Eaux**
Station de prélèvement		Sury-près-Léré	Belleville-sur-Loire	Châtillon-sur-Loire 1	Châtillon-sur-Loire 2
milieu de collecte		La Loire rive gauche	La Loire rive gauche	La Loire rive gauche	La Loire rive gauche
code station		**BLV-1G**	**BLV-2G**	**BLV-4G**	**BLV-5G**
distance émissaire		2,7 km en amont	200 m en aval	12 km en aval	14 km en aval
date de prélèvement		27/07/2016	27/07/2016	27/07/2016	27/07/2016
n° d'enregistrement		160727-BLV-01	160727-BLV-05	160727-BLV-12	160727-BLV-16
CONDITIONNEMENT					
volume de référence (ml)		5359,2	5380,5	5234,2	5225
facteur de concentration		16,8	17,6	16,1	13,6
volume de la géométrie (ml)		500	500	500	500
ANALYSE					
date de l'analyse		08/08/2016	05/08/2016	03/08/201	05/08/2016
temps de comptage (s)		178 765	259 627	173 404	233 550
RADIOELEMENTS ARTIFICIELS (en Bq/l)					
cobalt 57		< 0,012	< 0,010	< 0,0080	< 0,0069
cobalt 58		< 0,023	< 0,019	< 0,016	< 0,013
cobalt 60		< 0,022	< 0,018	< 0,017	< 0,016
ruthénium-106/rhodium-106		< 0,21	< 0,17	< 0,13	< 0,12
argent-110m		< 0,022	< 0,017	< 0,014	< 0,012
iode-131		< 0,059	< 0,040	< 0,025	< 0,027
césium-134		< 0,022	< 0,018	< 0,015	< 0,012
césium-137		< 0,024	< 0,020	< 0,015	< 0,013
europium-154		< 0,025	< 0,021	< 0,016	< 0,014
américium-241		< 0,028	< 0,023	< 0,022	< 0,018
RADIOELEMENTS NATURELS (en Bq/l)					
thorium-234	Ch. 238U	< 0,48	< 0,40	< 0,26	< 0,23
radium-226	Ch. 238U	< 0,53	< 0,51	< 0,36	< 0,32
plomb-214	Ch. 238U	< 0,059	< 0,048	< 0,041	< 0,036
bismuth-214	Ch. 238U	< 0,062	< 0,051	< 0,044	< 0,038
plomb-210	Ch. 238U	< 0,39	< 0,33	< 0,36	< 0,29
actinium-228	Ch. 232Th	< 0,12	< 0,10	< 0,071	< 0,066
plomb-212	Ch. 232Th	< 0,047	< 0,042	< 0,035	< 0,029
bismuth-212	Ch. 232Th	< 0,32	< 0,27	< 0,30	< 0,24
thallium-208	Ch. 232Th	< 0,030	< 0,025	< 0,023	< 0,020
uranium-235	Ch. 235U	< 0,13	< 0,11	< 0,083	< 0,071
potassium-40	isolé	< 0,53	< 0,46	< 0,30	< 0,26
béryllium-7	isolé	< 0,20	< 0,16	< 0,13	< 0,11

Tritium libre

station de prélèvement	Code station	milieu de prélèvement	distance à l'émissaire	date de prélèvement	tritium (en Bq/l)
Sury-près-Léré	BLV-1G	La Loire rive gauche	2,7 km en amont	27/07/2016	< 3,7
Belleville-sur-Loire	BLV-2G	La Loire rive gauche	200 m en aval	27/07/2016	< 3,7
Beaulieu-sur-Loire	BLV-3G	La Loire rive gauche	3,5 km en aval	27/07/2016	< 3,7
Châtillon-sur-Loire 1	BLV-4G	La Loire rive gauche	12 km en aval	27/07/2016	< 3,7
Châtillon-sur-Loire 2	BLV-5G	La Loire rive gauche	14 km en aval	27/07/2016	< 3,7
Balance aval	BLV-6AV	La Balance	en aval	27/07/2016	< 3,7

ANNEXE 4 : Résultats d'analyses radiologiques des sédiments

PRELEVEMENT					
nature		**Sédiments**	**Sédiments**	**Sédiments**	**Sédiments**
Station de prélèvement		Neuvy-sur-Loire 1	Sury-près-Léré	Neuvy-sur-Loire 2	Belleville-sur-Loire
milieu de collecte		La Loire - rive droite	La Loire - rive gauche	La Loire - rive droite	La Loire - rive gauche
code station		**BLV-1D**	**BLV-1G**	**BLV-2D**	**BLV-2G**
distance émissaire		900 m en amont	2,7 km en amont	500 m en aval	200 m en aval
date de prélèvement		27/07/2016	27/07/2016	27/07/2016	27/07/2016
n° d'enregistrement		160727-BLV-04	160727-BLV-03	160727-BLV-08	160727-BLV-07
CONDITIONNEMENT					
état du conditionnement		sec	sec	sec	sec
poids sec / poids frais		35,2%	50,4%	61,7%	32,7%
volume de la géométrie (ml)		61	61	61	61
masse d'échantillon analysé (g)		65,2	67,2	64,9	73,9
densité analysée		1,07	1,10	1,06	1,21
ANALYSE					
date de l'analyse		08/08/2016	10/08/2016	10/08/2016	19/08/2016
temps de comptage (s)		171 997	183 205	182 813	321 706
RADIOELEMENTS ARTIFICIELS (en Bq/kg sec)					
cobalt 57		< 0,33	< 0,35	< 0,34	< 0,21
cobalt 58		< 0,88	< 0,96	< 0,89	< 0,62
cobalt 60		< 0,86	< 0,89	< 0,83	< 0,54
ruthénium-106/rhodium-106		< 6,8	< 7,7	< 7,3	< 4,5
argent-110m		< 0,80	< 0,86	< 0,80	< 0,52
iode-131		< 1,7	< 2,2	< 2,4	< 3,0
césium-134		< 0,83	< 0,81	< 0,76	< 0,48
césium-137		**6,0 ± 0,8**	**8,5 ± 0,9**	**1,63 ± 0,47**	**2,44 ± 0,37**
europium-154		< 0,68	< 0,72	< 0,68	< 0,42
américium-241		< 0,96	< 1,0	< 0,88	< 0,59
RADIOELEMENTS NATURELS (en Bq/kg sec)					
thorium-234	Ch. 238U	62 ± 9	75 ± 10	18 ± 7	38 ± 7
radium-226	Ch. 238U	64 ± 7	84 ± 10	21,1 ± 4,9	41,6 ± 4,4
plomb-214	Ch. 238U	57,2 ± 4,7	74 ± 6	22,3 ± 2,2	40,0 ± 3,3
bismuth-214	Ch. 238U	53,1 ± 4,3	71 ± 6	21,3 ± 2,3	38,1 ± 3,0
plomb-210	Ch. 238U	116 ± 14	112 ± 13	28 ± 7	66 ± 8
actinium-228	Ch. 232Th	79 ± 7	89 ± 8	31,0 ± 3,5	57 ± 5
plomb-212	Ch. 232Th	71 ± 6	82 ± 7	29,3 ± 2,8	50,7 ± 4,2
bismuth-212	Ch. 232Th	78 ± 11	81 ± 13	31 ± 14	56 ± 8
thallium-208	Ch. 232Th	25,1 ± 2,3	28,3 ± 2,5	10,2 ± 1,2	17,0 ± 1,5
uranium-235	Ch. 235U	4,0 ± 0,5	4,6 ± 0,5	1,52 ± 0,32	1,74 ± 0,20
potassium-40	isolé	750 ± 50	740 ± 50	367 ± 35	740 ± 50
béryllium-7	isolé	47 ± 6	6,4 ± 3,2	10,0 ± 4,0	37,6 ± 4,2

PRELEVEMENT				
nature	**Sédiments**	**Sédiments**	**Sédiments**	**Sable**
Station de prélèvement	Neuvy-sur-Loire D	Beaulieu-sur-Loire	Bonny-sur-Loire	Châtillon-sur-Loire 1
milieu de collecte	La Loire - rive droite	La Loire - rive gauche	La Loire - rive droite	La Loire - rive gauche
code station	**BLV-3D**	**BLV-3G**	**BLV-4D**	**BLV-4G**
distance émissaire	2,3 km en aval	3,5 km en aval	12 km en aval	12 km en aval
date de prélèvement	27/07/2016	27/07/2016	27/07/2016	27/07/2016
n° d'enregistrement	160727-BLV-11	160727-BLV-10	160727-BLV-15	160727-BLV-14
CONDITIONNEMENT				
état du conditionnement	sec	sec	sec	sec
poids sec / poids frais	76,6%	62,9%	32,1%	52,5%
volume de la géométrie (ml)	61	61	61	61
masse d'échantillon analysé (g)	98,3	80,6	62,1	71,5
densité analysée	1,61	1,32	1,02	1,17
ANALYSE				
date de l'analyse	26/08/2016	25/08/2016	07/09/2016	25/10/2016
temps de comptage (s)	236 678	106 606	201 374	173 297
RADIOELEMENTS ARTIFICIELS (en Bq/kg sec)				
cobalt 57	< 0,26	< 0,44	< 0,32	< 0,37
cobalt 58	< 0,72	< 1,3	< 1,1	< 1,8
cobalt 60	< 0,57	< 1,1	< 0,75	< 0,84
ruthénium-106/rhodium-106	< 5,1	< 8,9	< 6,9	< 7,6
argent-110m	< 0,57	< 1,1	< 0,80	< 0,90
iode-131	< 1,7	< 8,8	< 21	< 5,1
césium-134	< 0,52	< 0,93	< 0,72	< 0,76
césium-137	< 0,63	**1,6 ± 0,5**	**6,5 ± 0,7**	**3,3 ± 0,5**
europium-154	< 0,50	< 0,86	< 0,62	< 0,63
américium-241	< 0,67	< 1,2	0,85 ± 0,37	< 0,88
RADIOELEMENTS NATURELS (en Bq/kg sec)				
thorium-234 Ch. 238U	33 ± 7	57 ± 11	44 ± 7	55 ± 8
radium-226 Ch. 238U	34,2 ± 4,4	75 ± 8	52 ± 6	50,2 ± 5,5
plomb-214 Ch. 238U	33,2 ± 3,0	70 ± 6	49,1 ± 4,0	52,8 ± 5,3
bismuth-214 Ch. 238U	31,6 ± 2,9	66 ± 5	46,1 ± 3,7	51,1 ± 4,1
plomb-210 Ch. 238U	29 ± 5	72 ± 11	108 ± 13	68 ± 10
actinium-228 Ch. 232Th	50 ± 5	127 ± 11	66 ± 6	70 ± 6
plomb-212 Ch. 232Th	49,5 ± 4,6	117 ± 10	62 ± 5	64 ± 5
bismuth-212 Ch. 232Th	53 ± 10	116 ± 19	60 ± 11	69 ± 11
thallium-208 Ch. 232Th	16,1 ± 1,7	40,5 ± 3,5	20,8 ± 1,9	22,2 ± 2,0
uranium-235 Ch. 235U	2,12 ± 0,31	3,81 ± 0,43	3,20 ± 0,38	3,12 ± 0,36
potassium-40 isolé	750 ± 70	870 ± 60	618 ± 45	840 ± 60
béryllium-7 isolé	< 6,0	7,1 ± 4,4	10,0 ± 4,0	24 ± 8

PRELEVEMENT					
nature		**Sédiments**	**Sédiments**	**Sédiments**	**Sédiments**
Station de prélèvement		Briare	Châtillon-sur-Loire 2	Balance amont	Balance aval
milieu de collecte		La Loire - rive droite	La Loire - rive gauche	Balance	Balance
code station		**BLV-5D**	**BLV-5G**	**BLV-6AM**	**BLV-6AV**
distance émissaire		16 km en aval	14 km en aval	en amont	en aval
date de prélèvement		27/07/2016	27/07/2016	27/07/2016	27/07/2016
n° d'enregistrement		160727-BLV-19	160727-BLV-18	160727-BLV-20	160727-BLV-22
CONDITIONNEMENT					
état du conditionnement		sec	sec	sec	sec
poids sec / poids frais		74,5%	76,6%	31,7%	47,7%
volume de la géométrie (ml)		61	61	61	61
masse d'échantillon analysé (g)		92,6	93,4	72,3	75,0
densité analysée		1,52	1,53	1,19	1,23
ANALYSE					
date de l'analyse		29/08/2016	26/08/2016	12/09/2016	05/09/2016
temps de comptage (s)		172 734	237 084	182 723	345 147
RADIOELEMENTS ARTIFICIELS (en Bq/kg sec)					
cobalt 57		< 0,23	< 0,25	< 0,39	< 0,26
cobalt 58		< 0,76	< 0,74	< 1,23	< 0,80
cobalt 60		< 0,62	< 0,61	0,83	< 0,59
ruthénium-106/rhodium-106		< 4,9	< 5,1	< 7,8	< 5,2
argent-110m		< 0,56	< 6,0	< 0,89	< 6,0
iode-131		< 6,9	< 5,8	< 41	< 16
césium-134		< 0,52	< 0,56	< 0,79	< 0,54
césium-137		**0,88 ± 0,29**	**0,76 ± 0,32**	**3,8 ± 0,6**	**2,13 ± 0,36**
europium-154		< 0,46	< 0,50	< 0,74	< 0,49
américium-241		< 0,64	< 0,71	< 0,97	< 0,64
RADIOELEMENTS NATURELS (en Bq/kg sec)					
thorium-234	Ch. 238U	22,9 ± 4,8	53 ± 7	46 ± 8	31 ± 6
radium-226	Ch. 238U	25,4 ± 3,4	53 ± 5	55 ± 7	33,8 ± 4,7
plomb-214	Ch. 238U	23,2 ± 2,0	54,4 ± 4,4	48,6 ± 4,4	33,9 ± 3,1
bismuth-214	Ch. 238U	22,5 ± 1,9	51,9 ± 4,0	48,7 ± 4,4	31,8 ± 2,9
plomb-210	Ch. 238U	26 ± 5	46 ± 7	75 ± 10	52 ± 7
actinium-228	Ch. 232Th	34,9 ± 3,2	95 ± 8	60 ± 6	46,1 ± 4,5
plomb-212	Ch. 232Th	29,7 ± 2,5	84 ± 7	61 ± 6	44,8 ± 4,2
bismuth-212	Ch. 232Th	30 ± 6	86 ± 11	58 ± 10	47 ± 9
thallium-208	Ch. 232Th	10,0 ± 1,0	29,5 ± 2,5	20,7 ± 2,1	15,3 ± 1,5
uranium-235	Ch. 235U	1,93 ± 0,26	2,57 ± 0,29	5,2 ± 1,6	1,72 ± 0,25
potassium-40	isolé	910 ± 60	870 ± 60	535 ± 48	764 ± 66
béryllium-7	isolé	< 5,9	< 5,8	10,7 ± 4,8	11,0 ± 3,5

PRELEVEMENT			
nature		**Sable**	**Sol en zone marécageuse**
Station de prélèvement		Belleville-sur-Loire	Bonny-sur-Loire
milieu de collecte		La Loire - rive gauche	La Loire - rive droite
code station		**BLV-2G**	**BLV-4D Bis**
distance émissaire		aval immédiat	12 km en aval
date de prélèvement		27/07/2016	27/07/2016
n° d'enregistrement		160727-BLV-07	160727-BLV-24
CONDITIONNEMENT			
état du conditionnement		sec	sec
poids sec / poids frais		76,2%	34,7%
volume de la géométrie (ml)		61	61
masse d'échantillon analysé (g)		103,5	65,3
densité analysée		1,70	1,07
ANALYSE			
date de l'analyse		29/08/2016	09/09/2016
temps de comptage (s)		172 459	229 407
RADIOELEMENTS ARTIFICIELS (en Bq/kg sec)			
cobalt 57		< 0,33	< 0,32
cobalt 58		< 0,90	< 1,1
cobalt 60		< 0,70	< 0,78
ruthénium-106/rhodium-106		< 6,2	< 6,7
argent-110m		< 0,69	< 0,39
iode-131		< 10	< 25
césium-134		< 0,65	< 0,71
césium-137		**0,48 ± 0,37**	**7,1 ± 0,8**
europium-154		< 0,64	< 0,60
américium-241		< 0,86	1,03 ± 0,41
RADIOELEMENTS NATURELS (en Bq/kg sec)			
thorium-234	Ch. 238U	21 ± 11	70 ± 12
radium-226	Ch. 238U	12,6 ± 3,4	77 ± 8
plomb-214	Ch. 238U	14,0 ± 1,4	71 ± 6
bismuth-214	Ch. 238U	13,0 ± 1,4	69 ± 5
plomb-210	Ch. 238U	16 ± 5	118 ± 13
actinium-228	Ch. 232Th	19,1 ± 2,2	92 ± 8
plomb-212	Ch. 232Th	18,5 ± 1,8	85 ± 7
bismuth-212	Ch. 232Th	17 ± 8	85 ± 13
thallium-208	Ch. 232Th	5,7 ± 0,7	29,2 ± 2,6
uranium-235	Ch. 235U	1,3 ± 0,3	4,28 ± 0,46
potassium-40	isolé	990 ± 80	645 ± 46
béryllium-7	isolé	< 7,6	59 ± 7

ANNEXE 5 : Résultats d'analyses radiologiques des végétaux aquatiques

PRELEVEMENT		
nature	**Végétaux aquatiques**	**Végétaux aquatiques**
espèce	Jussie rampante (*Ludwigia peploides*)	Cornifle nageant (*Ceratophyllum demersum*)
Station de prélèvement	Bonny-sur-Loire	Bonny-sur-Loire
milieu de collecte	La Loire - rive droite	La Loire - rive droite
code station	BLV-4D	BLV-4D
distance émissaire	12 km en aval	12 km en aval
date de prélèvement	27/07/2016	27/07/2016
n° d'enregistrement	160727-BLV-26	160727-BLV-25
CONDITIONNEMENT		
état du conditionnement	sec	frais
poids sec / poids frais	11,6%	10,0%
volume de la géométrie (ml)	61	61
masse d'échantillon analysé (g)	23,2	37,1
densité analysée	0,38	0,61
ANALYSE		
date de l'analyse	19/08/2016	28/07/2016
temps de comptage (s)	328 999	92 401
RADIOELEMENTS ARTIFICIELS (en Bq/kg sec)		
cobalt 57	< 0,64	< 5,5
cobalt 58	< 1,9	< 12,4
cobalt 60	< 1,6	< 15
ruthénium-106/rhodium-106	< 14	< 127
argent-110m	< 1,5	< 13
iode-131	< 4,7	< 12
césium-134	< 1,5	< 13
césium-137	< 1,7	< 14
europium-154	< 1,3	< 12
américium-241	< 1,4	< 16
RADIOELEMENTS NATURELS (en Bq/kg sec)		
thorium-234 Ch. 238U	< 26	< 260
radium-226 Ch. 238U	< 29	< 280
plomb-214 Ch. 238U	7,9 ± 2,1	< 36
bismuth-214 Ch. 238U	9,0 ± 2,9	< 43
plomb-210 Ch. 238U	22 ± 14	< 220
actinium-228 Ch. 232Th	18,3 ± 4,1	< 81
plomb-212 Ch. 232Th	10,9 ± 1,9	< 22
bismuth-212 Ch. 232Th	< 23	< 210
thallium-208 Ch. 232Th	2,9 ± 1,5	< 20
uranium-235 Ch. 235U	< 6,7	< 64
potassium-40 isolé	500 ± 50	< 380
béryllium-7 isolé	< 16	< 100

ANNEXE 6 : Résultats d'analyse chimiques des eaux de la Loire

FRANK DUNCOMBE
LABÉO

LABÉO - FRANK DUNCOMBE
14053 CAEN CEDEX 4 (Adresse postale)
1, Route de Rosel, SAINT-CONTEST
ENVIRONNEMENT – ALIMENTATION
Téléphone : 02-31-47-19-19 Télécopie : 02-31-47-19-18

cofrac ESSAIS

ACRO LABORATOIRE
138 RUE DE L'EGLISE

14200 HEROUVILLE ST CLAIR

Date de prélèvement : 27/07/2016 à par
Date de dépôt au laboratoire : 28/07/2016 à 16:40 par M. ROUGIER
Origine : EAUX DE RIVIERE
Usage :
Lieu de prélèvement :
Motif de l'analyse :
Demandeur : ACRO LABORATOIRE
Observation prélèvement :

Date de début d'analyse : 28/07/2016
Mode de traitement :
Facturation : ACRO LABORATOIRE

Echantillon	Observations
E.2016.13968-1-1	REF BLV.1G.E.D, BLV-1G-E-E ET BLV-1G-E-F - 27.07.2016 A 10H00
E.2016.13968-1-2	BLV-2G-E-D, BLV-2G-E-E ET BLV-2G-E-F - 27.07.2016 A 13H00
E.2016.13968-1-3	BLV-4G-E-D, BLV-4G-E-E ET BLV-4G-E-F - 27.07.2016 A 16H00
E.2016.13968-1-4	BLV-5G-E-D, BLV-5G-E-E ET BLV-5G-E-F - 27.07.2016 A 17H00

Chimie	Echantillon n° E.2016.13968-1-1	Echantillon n° E.2016.13968-1-2	Echantillon n° E.2016.13968-1-3	Echantillon n° E.2016.13968-1-4
Zinc total en Zn ICP-Masse (µg/l) NF EN ISO 17294-1+2	< 4.0 (1)	< 4.0 (1)	25.9 (1)	< 4.0 (1)
Cuivre total en Cu ICP-Masse (ug/l) NF EN ISO 17294-1+2	< 4.0 (1)	< 4.0 (1)	< 4.0 (1)	< 4.0 (1)
Carbone organique total (COT) (mg/l C) NF EN 1484	(c) 2.90	(c) 2.95	(c) 3.10	(c) 3.00
Azote Kjeldhal (réduit) en N (mg/l) NF EN 25663	(c) 0.60	(c) < 0.50	(c) < 0.50	(c) 0.51
Ammonium (mg/l NH4) NF ISO 15923-1	(c) 0.03	(c) 0.02	(c) 0.02	(c) < 0.010
Ammonium (mg/l N) calcul	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Nitrates (mg/l NO3) NF EN ISO 13395	(c) 6.2	(c) 6.2	(c) 6.5	(c) 6.4
Nitrates (mg/l N) calcul	1.40	1.40	1.47	1.45
Nitrites (mg/l NO2) NF ISO 15923-1	(c) 0.04	(c) 0.03	(c) 0.03	(c) 0.03
Nitrites (mg/l N) calcul	0.012	0.009	0.009	0.009

RAPPORT D'ANALYSE N° : ***E.2016.13968-1***

Saisie du : 28/07/2016
Demande N° : E.2016.13968

Page 1/2

FRANK DUNCOMBE
LABÉO

LABÉO - FRANK DUNCOMBE
14053 CAEN CEDEX 4 (Adresse postale)
1, Route de Rosel, SAINT-CONTEST
ENVIRONNEMENT – ALIMENTATION
Téléphone : 02-31-47-19-19 Télécopie : 02-31-47-19-18

La reproduction de ce rapport d'analyses n'est autorisée que sous sa forme intégrale
L'accréditation de la section Essais du COFRAC atteste de la compétence technique et de l'aptitude pour les seules analyses couvertes par l'accréditation.
Seuls les essais identifiés par le logo ESSAIS sont réalisés sous le couvert de l'accréditation.
Le rapport d'analyse ne concerne que le(s) échantillon(s) soumis à analyse. Les incertitudes de mesure sont tenues à votre disposition au laboratoire.
(1) analyse réalisée sur un laboratoire agréé par le ministère chargé de l'environnement dans les conditions de l'arrêté du 27 octobre 2011.

(1) Stabilisation non conforme à la norme NF EN ISO 5667-3. Analyse effectuée après digestion de l'échantillon à l'eau régale en système ouvert selon la norme NF EN ISO 15587-1.

Observations laboratoire :

Le Responsable Technique - Saint-Contest le : 08/08/2016
La signature d'une personne par service concerné atteste de la validité du rapport d'analyse
Valérie KIENTZ BOUCHART Virginie DIEULEVEUX Maryline HOUSSIN Jean-Paul MALAS Dominique PERU Sophie RAVELEAU

analytice® SOCIÉTÉ DE SERVICE ANALYTIQUE

www.analytice.com

Rapport : R/16/ 13375
Date d'édition : 12 septembre 2016

Société : ACRO
Nom : M. Guillaume ROUGIER

RAPPORT D'ANALYSES

Echantillon	Paramètre (CAS)	Technique	Méthode	L.Q. (µg/L)	Mesure (µg/L)
BLV-1G-E-C Eau de rivière Prélevé le 27/07/16	Ethanolamine (141-43-5) Morpholine (110-91-8)	HPLC-Fluo HPLC-Fluo	Interne Interne	0,5 0,5	< 0,5 < 0,5
BLV-2G-E-C Eau de rivière Prélevé le 27/07/16	Ethanolamine (141-43-5) Morpholine (110-91-8)	HPLC-Fluo HPLC-Fluo	Interne Interne	0,5 0,5	< 0,5 < 0,5
BLV-5G-E-C Eau de rivière Prélevé le 27/07/16	Ethanolamine (141-43-5) Morpholine (110-91-8)	HPLC-Fluo HPLC-Fluo	Interne Interne	0,5 0,5	< 0,5 < 0,5

Remarque(s) : - Analyses du 25/08 au 08/09/2016.
- Incertitude : ± 15 %.

Qualité : Ce rapport a été établi sur la base du rapport d'analyses d'un laboratoire, disposant d'une accréditation ISO 17025 reconnue par le comité français d'accréditation pour la méthode mise en oeuvre, ayant réalisé la prestation.

Méthodologie : Les échantillons sont analysés selon une méthode interne. Les échantillons sont dérivatisés au chlorure de dansyle et extrait à l'acétate d'éthyle. Une partie aliquote de l'extrait dérivatisé est analysée par chromatographie liquide haute performance (colonne XDB RP18) couplée à un détecteur fluorimétrique (HPLC-Fluo).

J.-F. LACROIX
Direction scientifique & technique
Validé le : 12/09/2016 19:10

Adjoint à la Direction scientifique & technique
Vérifié le : 12/09/2016 10:29

Ce rapport ne concerne que l'échantillon soumis à l'analyse.
Reproduction partielle interdite sans l'accord d'Analytice. Seul le rapport original fait foi.

ANNEXE 7 : Résultats d'analyse chimiques des sédiments de la Loire

analytice® SOCIÉTÉ DE SERVICE ANALYTIQUE

afaq ISO 9001 Qualité AFNOR CERTIFICATION

www.analytice.com

Rapport :	R/16/ 13375	Société :	ACRO
Réf. Dossier :	519/16/00001	Nom :	M. Guillaume ROUGIER
Date d'édition :	12 septembre 2016	Adresse :	138 Rue de l'Eglise
Responsable :	M. LACROIX		14200 HEROUVILLE ST CLAIR

Date de réception : **22/08/2016**
Date de commande : **22/07/2016**
Vos références : **161395 + 161395-2 Bon Pour Accord**
Votre n° d'Affaire : **/**

RAPPORT D'ANALYSES

Echantillon	Paramètre (CAS)	Technique	Méthode	Mesure	Unité
BLV-1G-S-B Sédiment Prélevé le 27/07/16	Hydrazine (302-01-2)	GC-MS	Interne	**0,0058**	mg/kg MS
	Matière sèche	Gravimétrie	EN 15934	**47,5**	% m/m
BLV-2G-S-B Sédiment Prélevé le 27/07/16	Hydrazine (302-01-2)	GC-MS	Interne	**0,0052**	mg/kg MS
	Matière sèche	Gravimétrie	EN 15934	**40,0**	% m/m
BLV-3G-S-B Sédiment Prélevé le 27/07/16	Hydrazine (302-01-2)	GC-MS	Interne	**0,0013**	mg/kg MS
	Matière sèche	Gravimétrie	EN 15934	**74,1**	% m/m
BLV-4G-S-B Sédiment Prélevé le 27/07/16	Hydrazine (302-01-2)	GC-MS	Interne	**0,012**	mg/kg MS
	Matière sèche	Gravimétrie	EN 15934	**50,2**	% m/m
BLV-5G-S-B Sédiment Prélevé le 27/07/16	Hydrazine (302-01-2)	GC-MS	Interne	**0,0097**	mg/kg MS
	Matière sèche	Gravimétrie	EN 15934	**79,7**	% m/m

Remarque(s) : - Analysés du 25/08 au 08/09/2016.
- LQ Hydrazine : 0,001 mg/kg MS.
- Incertitude : ± 15 %.

Méthodologie : Les échantillons sont analysés selon une méthode interne. Les échantillons sont extrait à l'acide sulfurique dilué, puis les extraits sont dérivatisés au pentafluorobenzaldéhyde et extrait à l'hexane. Une partie aliquote de l'extrait dérivatisé est analysée par chromatographie gazeuse (colonne DB-XLB) couplée à un spectromètre de masse (GC-MS).

Ce rapport ne concerne que l'échantillon soumis à l'analyse.
Reproduction partielle interdite sans l'accord d'Analytice. Seul le rapport original fait foi.

Page 1/5

43 Route du Polygone 67100 STRASBOURG – France – Tél : 03 90 41 29 80 – Fax : 03 90 41 29 83 – E-mail : contact@analytice.com
SARL au capital de 300 000 Euros – RCS Strasbourg TI B 439 223 256 - SIRET 439 223 256 00033 – APE 7120 B – TVA intra FR 52 439 223 256

analytice® SOCIÉTÉ DE SERVICE ANALYTIQUE

www.analytice.com

Rapport : R/16/ 13375
Date d'édition : 12 septembre 2016

Société : ACRO
Nom : M. Guillaume ROUGIER

RAPPORT D'ANALYSES

Echantillon	Paramètre (CAS)	Technique	Méthode	Mesure	Unité
BLV-1G-S-B	Ethanolamine (141-43-5)	HPLC-Fluo	Interne	**0,032**	mg/kg MS
Sédiment	Morpholine (110-91-8)	HPLC-Fluo	Interne	**0,12**	mg/kg MS
Prélevé le 27/07/16	Matière sèche	Gravimétrie	EN 15934	**47,5**	% m/m
BLV-2G-S-B	Ethanolamine (141-43-5)	HPLC-Fluo	Interne	**0,10**	mg/kg MS
Sédiment	Morpholine (110-91-8)	HPLC-Fluo	Interne	**0,51**	mg/kg MS
Prélevé le 27/07/16	Matière sèche	Gravimétrie	EN 15934	**40,0**	% m/m
BLV-3G-S-B	Ethanolamine (141-43-5)	HPLC-Fluo	Interne	< 0,01	mg/kg MS
Sédiment	Morpholine (110-91-8)	HPLC-Fluo	Interne	**0,023**	mg/kg MS
Prélevé le 27/07/16	Matière sèche	Gravimétrie	EN 15934	**74,1**	% m/m
BLV-4G-S-B	Ethanolamine (141-43-5)	HPLC-Fluo	Interne	< 0,01	mg/kg MS
Sédiment	Morpholine (110-91-8)	HPLC-Fluo	Interne	**0,15**	mg/kg MS
Prélevé le 27/07/16	Matière sèche	Gravimétrie	EN 15934	**50,2**	% m/m
BLV-5G-S-B	Ethanolamine (141-43-5)	HPLC-Fluo	Interne	< 0,01	mg/kg MS
Sédiment	Morpholine (110-91-8)	HPLC-Fluo	Interne	**0,012**	mg/kg MS
Prélevé le 27/07/16	Matière sèche	Gravimétrie	EN 15934	**79,7**	% m/m

Remarque(s) : - Analysés du 25/08 au 08/09/2016.
- LQ Morpholine et Ethanolamine : 0,01 mg/kg MS.
- Incertitude : ± 15 %.

Qualité : Ce rapport a été établi sur la base du rapport d'analyses d'un laboratoire, disposant d'une accréditation ISO 17025 reconnue par le comité français d'accréditation pour les méthodes mises en oeuvre, ayant réalisé la prestation.

Méthodologie : Les échantillons sont analysés selon une méthode interne. Les échantillons sont extrait à l'acide chlorhydrique dilué, puis les extraits sont dérivatisés au chlorure de dansyle et extrait à l'acétate d'éthyle. Une partie aliquote de l'extrait dérivatisé est analysée par chromatographie liquide haute performance (colonne XDB RP18) couplée à un détecteur fluorimétrique (HPLC-Fluo).

Ce rapport ne concerne que l'échantillon soumis à l'analyse.
Reproduction partielle interdite sans l'accord d'Analytice. Seul le rapport original fait foi.

analytice® SOCIÉTÉ DE SERVICE ANALYTIQUE

www.analytice.com

Rapport : R/16/ 13375
Date d'édition : 12 septembre 2016

Société : ACRO
Nom : M. Guillaume ROUGIER

RAPPORT D'ANALYSES

Echantillon	Paramètre (CAS)	Technique	Méthode	Mesure	Unité
BLV-1D-S-C	Ethanolamine (141-43-5)	HPLC-Fluo	Interne	**0,14**	mg/kg MS
Sédiment	Morpholine (110-91-8)	HPLC-Fluo	Interne	**0,10**	mg/kg MS
Prélevé le 27/07/16	Matière sèche	Gravimétrie	EN 15934	**35,0**	% m/m
BLV-2D-S-C	Ethanolamine (141-43-5)	HPLC-Fluo	Interne	< 0,01	mg/kg MS
Sédiment	Morpholine (110-91-8)	HPLC-Fluo	Interne	**0,018**	mg/kg MS
Prélevé le 27/07/16	Matière sèche	Gravimétrie	EN 15934	**55,9**	% m/m
BLV-3D-S-C	Ethanolamine (141-43-5)	HPLC-Fluo	Interne	**0,24**	mg/kg MS
Sédiment	Morpholine (110-91-8)	HPLC-Fluo	Interne	< 0,01	mg/kg MS
Prélevé le 27/07/16	Matière sèche	Gravimétrie	EN 15934	**75,0**	% m/m
BLV-4D-S-C	Ethanolamine (141-43-5)	HPLC-Fluo	Interne	**0,66**	mg/kg MS
Sédiment	Morpholine (110-91-8)	HPLC-Fluo	Interne	**0,033**	mg/kg MS
Prélevé le 27/07/16	Matière sèche	Gravimétrie	EN 15934	**27,7**	% m/m
BLV-5D-S-C	Ethanolamine (141-43-5)	HPLC-Fluo	Interne	**0,012**	mg/kg MS
Sédiment	Morpholine (110-91-8)	HPLC-Fluo	Interne	< 0,01	mg/kg MS
Prélevé le 27/07/16	Matière sèche	Gravimétrie	EN 15934	**67,1**	% m/m

Remarque(s) : - Analysés du 25/08 au 08/09/2016.
- LQ Morpholine et Ethanolamine : 0,01 mg/kg MS.
- Incertitude : ± 15 %.

Qualité : Ce rapport a été établi sur la base du rapport d'analyses d'un laboratoire, disposant d'une accréditation ISO 17025 reconnue par le comité français d'accréditation pour les méthodes mises en oeuvre, ayant réalisé la prestation.

Méthodologie : Les échantillons sont analysés selon une méthode interne. Les échantillons sont extrait à l'acide chlorhydrique dilué, puis les extraits sont dérivatisés au chlorure de dansyle et extrait à l'acétate d'éthyle. Une partie aliquote de l'extrait dérivatisé est analysée par chromatographie liquide haute performance (colonne XDB RP18) couplée à un détecteur fluorimétrique (HPLC-Fluo).

Ce rapport ne concerne que l'échantillon soumis à l'analyse.
Reproduction partielle interdite sans l'accord d'Analytice. Seul le rapport original fait foi.

LABÉO - F R A N K D U N C O M B E
14053 CAEN CEDEX 4 (Adresse postale)
1, Route de Rosel, SAINT-CONTEST
ENVIRONNEMENT – ALIMENTATION
Téléphone : 02-31-47-19-19 Télécopie : 02-31-47-19-18

La reproduction de ce rapport d'analyses n'est autorisée que sous sa forme intégrale.
L'accréditation de la Section Essais du COFRAC atteste de la compétence technique des laboratoires pour les seules analyses couvertes par l'accréditation.
Seuls les essais identifiés par le sigle (c) sont effectués sous le couvert de l'accréditation.
Le rapport d'analyse ne concerne que le(s) produit(s) soumis à analyse. Les incertitudes de mesure sont tenues à votre disposition au laboratoire.
(e) analyse effectuée par un laboratoire agréé par le ministère chargé de l'environnement dans les conditions de l'arrêté du 27 octobre 2011.

ACRO LABORATOIRE
138 RUE DE L'EGLISE

14200 HEROUVILLE ST CLAIR

Référence du prélèvement

Date de prélèvement.....: 27/07/2016 à 08:45 par /
Date de dépôt au laboratoire.....: 28/07/2016 à 16:40 par MR ROUGIER
Date de début d'analyse.....: 29/07/2016 Bon de commande .....:
Lieu de prélèvement.....:
Demandeur .....: ACRO LABORATOIRE
Facturation .....: ACRO LABORATOIRE

Caractéristiques de l'échantillon

Nature de l'échantillon	Echantillon de sédiment BLV-1D-S-D Aspect : vase liquide
Poids de l'échantillon reçu	1092 g
Préparation de l'échantillon	Homogénéisation - Tamisage à 2 mm avec un refus de 0.39 % (débris végétaux). Séchage à 30 °C et broyage à 250 µm pour la minéralisation et la détermination du carbone.

Chimie

		Méthode	Résultat	
Teneur en matières sèches à 105°C	(c)	NF ISO 11465	26.3	%

Eléments fertilisants

		Méthode	Résultat	
Carbone organique en C	(c)	NF ISO 14235	36.3	g/kg MS
Azote Kjeldhal (réduit) en N	(c)	NF EN 13342	3.24	g/kg MS
Azote ammoniacal en NH4		potentiométrie après lixiviation	< 0.040	g/kg MS
Azote nitreux en NO2		NF EN 26777 après lixiviation	< 0.10	mg/kg MS
Azote nitrique en NO3		NF EN ISO 13395	< 25.0	mg/kg MS

Eléments traces ICP

		Méthode	Résultat		Valeurs limites en E.T (selon la norme NF U 44-095) en mg/kg MS
Zinc total en Zn ICP-AES	(c)	NF EN ISO 11885	148	mg/kg MS	
Cuivre total en Cu ICP-AES	(c)	NF EN ISO 11885	29.1	mg/kg MS	

RAPPORT D'ANALYSE N° : ***E.2016.13969-2***

Saisie du : 28/07/2016
Demande N° : E.2016.13969

Page 1/2

LABÉO - F R A N K D U N C O M B E
14053 CAEN CEDEX 4 (Adresse postale)
1, Route de Rosel, SAINT-CONTEST
ENVIRONNEMENT – ALIMENTATION
Téléphone : 02-31-47-19-19 Télécopie : 02-31-47-19-18

La reproduction de ce rapport d'analyses n'est autorisée que sous sa forme intégrale.
L'accréditation de la Section Essais du COFRAC atteste de la compétence technique des laboratoires pour les seules analyses couvertes par l'accréditation.
Seuls les essais identifiés par le sigle (c) sont effectués sous le couvert de l'accréditation.
Le rapport d'analyse ne concerne que le(s) produit(s) soumis à analyse. Les incertitudes de mesure sont tenues à votre disposition au laboratoire.
(e) analyse effectuée par un laboratoire agréé par le ministère chargé de l'environnement dans les conditions de l'arrêté du 27 octobre 2011.

ACRO LABORATOIRE
138 RUE DE L'EGLISE

14200 HEROUVILLE ST CLAIR

Référence du prélèvement

Date de prélèvement.....: 27/07/2016 à 13:00 par /
Date de dépôt au laboratoire.....: 28/07/2016 à 16:40 par MR ROUGIER
Date de début d'analyse.....: 29/07/2016 Bon de commande .....:
Lieu de prélèvement.....:
Demandeur .....: ACRO LABORATOIRE
Facturation .....: ACRO LABORATOIRE

Caractéristiques de l'échantillon

Nature de l'échantillon	Echantillon de sédiment BLV-2G-S-D Aspect : vase liquide
Poids de l'échantillon reçu	1227 g
Préparation de l'échantillon	Homogénéisation - Tamisage à 2 mm avec un refus de 3.00 % (débris végétaux et cailloux). Séchage à 30 °C et broyage à 250 µm pour la minéralisation et la détermination du carbone.

Chimie

		Méthode	Résultat	
Teneur en matières sèches à 105°C	(c)	NF ISO 11465	25.1	%

Eléments fertilisants

		Méthode	Résultat	
Carbone organique en C	(c)	NF ISO 14235	23.6	g/kg MS
Azote Kjeldhal (réduit) en N	(c)	NF EN 13342	3.76	g/kg MS
Azote ammoniacal en NH4		potentiométrie après lixiviation	0.31	g/kg MS
Azote nitreux en NO2		NF EN 26777 après lixiviation	< 0.10	mg/kg MS
Azote nitrique en NO3		NF EN ISO 13395	< 25.0	mg/kg MS

RAPPORT D'ANALYSE N° : ***E.2016.13969-3***

Saisie du : 28/07/2016
Demande N° : E.2016.13969

Page 1/2

LABÉO - F R A N K D U N C O M B E
14053 CAEN CEDEX 4 (Adresse postale)
1, Route de Rosel, SAINT-CONTEST
ENVIRONNEMENT – ALIMENTATION
Téléphone : 02-31-47-19-19 Télécopie : 02-31-47-19-18

La reproduction de ce rapport d'analyses n'est autorisée que sous sa forme intégrale.
L'accréditation de la Section Essais du COFRAC atteste de la compétence technique des laboratoires pour les seules analyses couvertes par l'accréditation.
Seuls les essais identifiés par le sigle (c) sont effectués sous le couvert de l'accréditation.
Le rapport d'analyse ne concerne que le(s) produit(s) soumis à analyse. Les incertitudes de mesure sont tenues à votre disposition au laboratoire.
(e) analyse effectuée par un laboratoire agréé par le ministère chargé de l'environnement dans les conditions de l'arrêté du 27 octobre 2011.

ACRO LABORATOIRE
138 RUE DE L'EGLISE

14200 HEROUVILLE ST CLAIR

Référence du prélèvement

Date de prélèvement.....: 27/07/2016 à 09:30 par /
Date de dépôt au laboratoire.....: 28/07/2016 à 16:40 par MR ROUGIER
Date de début d'analyse.....: 29/07/2016 Bon de commande .....:
Lieu de prélèvement.....:
Demandeur .....: ACRO LABORATOIRE
Facturation .....: ACRO LABORATOIRE

Caractéristiques de l'échantillon

Nature de l'échantillon	Echantillon de sédiment BLV-2D-S-D Apect : sableux
Poids de l'échantillon reçu	1270 g
Préparation de l'échantillon	Homogénéisation - Tamisage à 2 mm avec un refus de 0.93 % (débris végétaux et cailloux). Séchage à 30 °C et broyage à 250 µm pour la minéralisation et la détermination du carbone.

Chimie

		Méthode	Résultat	
Teneur en matières sèches à 105°C	(c)	NF ISO 11465	61.9	%

Eléments fertilisants

		Méthode	Résultat	
Carbone organique en C	(c)	NF ISO 14235	13.6	g/kg MS
Azote Kjeldhal (réduit) en N	(c)	NF EN 13342	1.27	g/kg MS
Azote ammoniacal en NH4		potentiométrie après lixiviation	< 0.040	g/kg MS
Azote nitreux en NO2		NF EN 26777 après lixiviation	< 0.10	mg/kg MS
Azote nitrique en NO3		NF EN ISO 13395	< 25.0	mg/kg MS

RAPPORT D'ANALYSE N° : ***E.2016.13969-4***

Saisie du : 28/07/2016
Demande N° : E.2016.13969

Page 1/2

LABÉO - F R A N K D U N C O M B E
14053 CAEN CEDEX 4 (Adresse postale)
1, Route de Rosel, SAINT-CONTEST
ENVIRONNEMENT – ALIMENTATION
Téléphone : 02-31-47-19-19 Télécopie : 02-31-47-19-18

La reproduction de ce rapport d'analyses n'est autorisée que sous sa forme intégrale.
L'accréditation de la Section Essais du COFRAC atteste de la compétence technique des laboratoires pour les seules analyses couvertes par l'accréditation.
Seuls les essais identifiés par le sigle (c) sont effectués sous le couvert de l'accréditation.
Le rapport d'analyse ne concerne que le(s) produit(s) soumis à analyse. Les incertitudes de mesure sont tenues à votre disposition au laboratoire.
(e) analyse effectuée par un laboratoire agréé par le ministère chargé de l'environnement dans les conditions de l'arrêté du 27 octobre 2011.

ACRO LABORATOIRE
138 RUE DE L'EGLISE

14200 HEROUVILLE ST CLAIR

Référence du prélèvement

Date de prélèvement.....: 27/07/2016 à 14:30 par /
Date de dépôt au laboratoire.....: 28/07/2016 à 16:40 par MR ROUGIER
Date de début d'analyse.....: 29/07/2016 Bon de commande .....:
Lieu de prélèvement.....:
Demandeur .....: ACRO LABORATOIRE
Facturation .....: ACRO LABORATOIRE

Caractéristiques de l'échantillon

Nature de l'échantillon	Echantillon de sédiment BLV-3G-S-D Aspect : vase granuleuse
Poids de l'échantillon reçu	1340 g
Préparation de l'échantillon	Homogénéisation - Tamisage à 2 mm avec un refus de 9.20 % (débris végétaux, cailloux et graviers). Séchage à 30 °C et broyage à 250 µm pour la minéralisation et la détermination du carbone.

Chimie

		Méthode	Résultat	
Teneur en matières sèches à 105°C	(c)	NF ISO 11465	62.5	%

Eléments fertilisants

		Méthode	Résultat	
Carbone organique en C	(c)	NF ISO 14235	10.1	g/kg MS
Azote Kjeldhal (réduit) en N	(c)	NF EN 13342	1.02	g/kg MS
Azote ammoniacal en NH4		potentiométrie après lixiviation	0.043	g/kg MS
Azote nitreux en NO2		NF EN 26777 après lixiviation	< 0.10	mg/kg MS
Azote nitrique en NO3		NF EN ISO 13395	< 25.0	mg/kg MS

RAPPORT D'ANALYSE N° : ***E.2016.13969-5***

Saisie du : 28/07/2016
Demande N° : E.2016.13969

Page 1/2

LABÉO - F R A N K D U N C O M B E
14053 CAEN CEDEX 4 (Adresse postale)
1, Route de Rosel, SAINT-CONTEST
ENVIRONNEMENT – ALIMENTATION
Téléphone : 02-31-47-19-19 Télécopie : 02-31-47-19-18

La reproduction de ce rapport d'analyses n'est autorisée que sous sa forme intégrale.
L'accréditation de la Section Essais du COFRAC atteste de la compétence technique des laboratoires pour les seules analyses couvertes par l'accréditation.
Seuls les essais identifiés par le sigle (c) sont effectués sous le couvert de l'accréditation.
Le rapport d'analyse ne concerne que le(s) produit(s) soumis à analyse. Les incertitudes de mesure sont tenues à votre disposition au laboratoire.
(e) analyse effectuée par un laboratoire agréé par le ministère chargé de l'environnement dans les conditions de l'arrêté du 27 octobre 2011.

ACRO LABORATOIRE
138 RUE DE L'EGLISE

14200 HEROUVILLE ST CLAIR

Référence du prélèvement

Date de prélèvement.....: 27/07/2016 à 20:00 par /
Date de dépôt au laboratoire.....: 28/07/2016 à 16:40 par MR ROUGIER
Date de début d'analyse.....: 29/07/2016 Bon de commande .....:
Lieu de prélèvement.....:
Demandeur .....: ACRO LABORATOIRE
Facturation .....: ACRO LABORATOIRE

Caractéristiques de l'échantillon

Nature de l'échantillon	Echantillon de sédiment BLV-3D-S-D Aspect : granuleux vaseux
Poids de l'échantillon reçu	1795 g
Préparation de l'échantillon	Homogénéisation - Tamisage à 2 mm avec un refus de 3.35 % (débris végétaux, cailloux et débris de coquillages). Séchage à 30 °C et broyage à 250 µm pour la minéralisation et la détermination du carbone.

Chimie

		Méthode	Résultat	
Teneur en matières sèches à 105°C	(c)	NF ISO 11465	75.0	%

Eléments fertilisants

		Méthode	Résultat	
Carbone organique en C	(c)	NF ISO 14235	< 5.00	g/kg MS
Azote Kjeldhal (réduit) en N	(c)	NF EN 13342	< 0.28	g/kg MS
Azote ammoniacal en NH4		potentiométrie après lixiviation	< 0.040	g/kg MS
Azote nitreux en NO2		NF EN 26777 après lixiviation	< 0.10	mg/kg MS
Azote nitrique en NO3		NF EN ISO 13395	< 25.0	mg/kg MS

RAPPORT D'ANALYSE N° : ***E.2016.13969-6***

Saisie du : 28/07/2016
Demande N° : E.2016.13969

Page 1/2

LABÉO - F R A N K D U N C O M B E
14053 CAEN CEDEX 4 (Adresse postale)
1, Route de Rosel, SAINT-CONTEST
ENVIRONNEMENT – ALIMENTATION
Téléphone : 02-31-47-19-19 Télécopie : 02-31-47-19-18

La reproduction de ce rapport d'analyses n'est autorisée que sous sa forme intégrale.
L'accréditation de la Section Essais du COFRAC atteste de la compétence technique des laboratoires pour les seules analyses couvertes par l'accréditation.
Seuls les essais identifiés par le sigle (c) sont effectués sous le couvert de l'accréditation.
Le rapport d'analyse ne concerne que le(s) produit(s) soumis à analyse. Les incertitudes de mesure sont tenues à votre disposition au laboratoire.
(e) analyse effectuée par un laboratoire agréé par le ministère chargé de l'environnement dans les conditions de l'arrêté du 27 octobre 2011.

ACRO LABORATOIRE
138 RUE DE L'EGLISE

14200 HEROUVILLE ST CLAIR

Référence du prélèvement

Date de prélèvement.....: 27/07/2016 à 16:00 par /
Date de dépôt au laboratoire.....: 28/07/2016 à 16:40 par MR ROUGIER
Date de début d'analyse.....: 29/07/2016 Bon de commande .....:
Lieu de prélèvement.....:
Demandeur .....: ACRO LABORATOIRE
Facturation .....: ACRO LABORATOIRE

Caractéristiques de l'échantillon

Nature de l'échantillon	Echantillon de sédiment BLV-4G-S-D Aspect : vase granuleuse
Poids de l'échantillon reçu	1196 g
Préparation de l'échantillon	Homogénéisation - Tamisage à 2 mm avec un refus de 8.88 % (débris végétaux et cailloux). Séchage à 30 °C et broyage à 250 µm pour la minéralisation et la détermination du carbone.

Chimie

		Méthode	Résultat	
Teneur en matières sèches à 105°C	(c)	NF ISO 11465	48.3	%

Eléments fertilisants

		Méthode	Résultat	
Carbone organique en C	(c)	NF ISO 14235	20.8	g/kg MS
Azote Kjeldhal (réduit) en N	(c)	NF EN 13342	2.25	g/kg MS
Azote ammoniacal en NH4		potentiométrie après lixiviation	< 0.040	g/kg MS
Azote nitreux en NO2		NF EN 26777 après lixiviation	< 0.10	mg/kg MS
Azote nitrique en NO3		NF EN ISO 13395	< 25.0	mg/kg MS

RAPPORT D'ANALYSE N° : ***E.2016.13969-7***

Saisie du : 28/07/2016
Demande N° : E.2016.13969

Page 1/2

LABÉO - F R A N K D U N C O M B E
14053 CAEN CEDEX 4 (Adresse postale)
1, Route de Rosel, SAINT-CONTEST
ENVIRONNEMENT – ALIMENTATION
Téléphone : 02-31-47-19-19 Télécopie : 02-31-47-19-18

La reproduction de ce rapport d'analyses n'est autorisée que sous sa forme intégrale.
L'accréditation de la Section Essais du COFRAC atteste de la compétence technique des laboratoires pour les seules analyses couvertes par l'accréditation.
Seuls les essais identifiés par le sigle (c) sont effectués sous le couvert de l'accréditation.
Le rapport d'analyse ne concerne que le(s) produit(s) soumis à analyse. Les incertitudes de mesure sont tenues à votre disposition au laboratoire.
(e) analyse effectuée par un laboratoire agréé par le ministère chargé de l'environnement dans les conditions de l'arrêté du 27 octobre 2011.

ACRO LABORATOIRE
138 RUE DE L'EGLISE

14200 HEROUVILLE ST CLAIR

Référence du prélèvement

Date de prélèvement.....: 27/07/2016 à 19:00 par /
Date de dépôt au laboratoire.....: 28/07/2016 à 16:40 par MR ROUGIER
Date de début d'analyse.....: 29/07/2016 Bon de commande .....:
Lieu de prélèvement.....:
Demandeur .....: ACRO LABORATOIRE
Facturation .....: ACRO LABORATOIRE

Caractéristiques de l'échantillon

Nature de l'échantillon	Echantillon de sédiment BLV-4D-S-D Aspect : vaseux
Poids de l'échantillon reçu	977 g
Préparation de l'échantillon	Homogénéisation - Tamisage à 2 mm avec un refus de 0.30 % (débris végétaux). Séchage à 30 °C et broyage à 250 µm pour la minéralisation et la détermination du carbone.

Chimie

		Méthode	Résultat	
Teneur en matières sèches à 105°C	(c)	NF ISO 11465	29.7	%

Eléments fertilisants

		Méthode	Résultat	
Carbone organique en C	(c)	NF ISO 14235	45.8	g/kg MS
Azote Kjeldhal (réduit) en N	(c)	NF EN 13342	4.67	g/kg MS
Azote ammoniacal en NH4		potentiométrie après lixiviation	0.044	g/kg MS
Azote nitreux en NO2		NF EN 26777 après lixiviation	< 0.10	mg/kg MS
Azote nitrique en NO3		NF EN ISO 13395	< 25.0	mg/kg MS

Eléments traces ICP

		Méthode	Résultat		Valeurs limites en E.T (selon la norme NF U 44-095) en mg/kg MS
Zinc total en Zn ICP-AES	(c)	NF EN ISO 11885	214	mg/kg MS	
Cuivre total en Cu ICP-AES	(c)	NF EN ISO 11885	31.2	mg/kg MS	

RAPPORT D'ANALYSE N° : ***E.2016.13969-8***

Saisie du : 28/07/2016
Demande N° : E.2016.13969

Page 1/2

LABÉO - F R A N K D U N C O M B E
14053 CAEN CEDEX 4 (Adresse postale)
1, Route de Rosel, SAINT-CONTEST
ENVIRONNEMENT – ALIMENTATION
Téléphone : 02-31-47-19-19 Télécopie : 02-31-47-19-18

La reproduction de ce rapport d'analyses n'est autorisée que sous sa forme intégrale.
L'accréditation de la Section Essais du COFRAC atteste de la compétence technique des laboratoires pour les seules analyses couvertes par l'accréditation.
Seuls les essais identifiés par le sigle (c) sont effectués sous le couvert de l'accréditation.
Le rapport d'analyse ne concerne que le(s) produit(s) soumis à analyse. Les incertitudes de mesure sont tenues à votre disposition au laboratoire.
(c) analyse effectuée par un laboratoire agréé par le ministère chargé de l'environnement dans les conditions de l'arrêté du 27 octobre 2011.

ACRO LABORATOIRE
138 RUE DE L'EGLISE

14200 HEROUVILLE ST CLAIR

Référence du prélèvement

Date de prélèvement.....: 27/07/2016 à 16:00 par /
Date de dépôt au laboratoire.....: 28/07/2016 à 16:40 par MR ROUGIER
Date de début d'analyse.....: 29/07/2016 Bon de commande .....:
Lieu de prélèvement.....:
Demandeur .....: ACRO LABORATOIRE
Facturation .....: ACRO LABORATOIRE

Caractéristiques de l'échantillon

Nature de l'échantillon	Echantillon de sédiment BLV-5G-S-D Aspect : sableux
Poids de l'échantillon reçu	1739 g
Préparation de l'échantillon	Homogénéisation - Tamisage à 2 mm avec un refus de 4.82 % (graviers et cailloux). Séchage à 30 °C et broyage à 250 µm pour la minéralisation et la détermination du carbone.

Chimie

		Méthode	Résultat	
Teneur en matières sèches à 105°C	(c)	NF ISO 11465	75.3	%

Eléments fertilisants

		Méthode	Résultat	
Carbone organique en C	(c)	NF ISO 14235	< 5.00	g/kg MS
Azote Kjeldhal (réduit) en N	(c)	NF EN 13342	0.39	g/kg MS
Azote ammoniacal en NH4		potentiométrie après lixiviation	< 0.040	g/kg MS
Azote nitreux en NO2		NF EN 26777 après lixiviation	0.15	mg/kg MS
Azote nitrique en NO3		NF EN ISO 13395	< 25.0	mg/kg MS

Eléments traces ICP

		Méthode	Résultat		Valeurs limites en E.T (selon la norme NF U 44-095) en mg/kg MS
Zinc total en Zn ICP-AES	(c)	NF EN ISO 11885	76.5	mg/kg MS	
Cuivre total en Cu ICP-AES	(c)	NF EN ISO 11885	15.1	mg/kg MS	

RAPPORT D'ANALYSE N° : ***E.2016.13969-9***

Saisie du : 28/07/2016
Demande N° : E.2016.13969

Page 1/2

LABÉO - F R A N K D U N C O M B E
14053 CAEN CEDEX 4 (Adresse postale)
1, Route de Rosel, SAINT-CONTEST
ENVIRONNEMENT – ALIMENTATION
Téléphone : 02-31-47-19-19 Télécopie : 02-31-47-19-18

La reproduction de ce rapport d'analyses n'est autorisée que sous sa forme intégrale.
L'accréditation de la Section Essais du COFRAC atteste de la compétence technique des laboratoires pour les seules analyses couvertes par l'accréditation.
Seuls les essais identifiés par le sigle (c) sont effectués sous le couvert de l'accréditation.
Le rapport d'analyse ne concerne que le(s) produit(s) soumis à analyse. Les incertitudes de mesure sont tenues à votre disposition au laboratoire.
(e) analyse effectuée par un laboratoire agréé par le ministère chargé de l'environnement dans les conditions de l'arrêté du 27 octobre 2011.

ACRO LABORATOIRE
138 RUE DE L'EGLISE

14200 HEROUVILLE ST CLAIR

Référence du prélèvement

Date de prélèvement.....: 27/07/2016 à 17:45 par /
Date de dépôt au laboratoire.....: 28/07/2016 à 16:40 par MR ROUGIER
Date de début d'analyse.....: 29/07/2016 Bon de commande .....:
Lieu de prélèvement.....:
Demandeur .....: ACRO LABORATOIRE
Facturation .....: ACRO LABORATOIRE

Caractéristiques de l'échantillon

Nature de l'échantillon	Echantillon de sédiment BLV-5D-S-D Aspect : sableux
Poids de l'échantillon reçu	1505 g
Préparation de l'échantillon	Homogénéisation - Tamisage à 2 mm avec un refus de 0.81 % (débris végétaux, cailloux et débris de coquillages). Séchage à 30 °C et broyage à 250 µm pour la minéralisation et la détermination du carbone.

Chimie

		Méthode	Résultat	
Teneur en matières sèches à 105°C	(c)	NF ISO 11465	70.7	%

Eléments fertilisants

		Méthode	Résultat	
Carbone organique en C	(c)	NF ISO 14235	< 5.00	g/kg MS
Azote Kjeldhal (réduit) en N	(c)	NF EN 13342	0.60	g/kg MS
Azote ammoniacal en NH4		potentiométrie après lixiviation	< 0.040	g/kg MS
Azote nitreux en NO2		NF EN 26777 après lixiviation	< 0.10	mg/kg MS
Azote nitrique en NO3		NF EN ISO 13395	< 25.0	mg/kg MS

RAPPORT D'ANALYSE N° : ***E.2016.13969-10***

Saisie du : 28/07/2016
Demande N° : E.2016.13969

Page 1/2

LABÉO - F R A N K D U N C O M B E
14053 CAEN CEDEX 4 (Adresse postale)
1, Route de Rosel, SAINT-CONTEST
ENVIRONNEMENT – ALIMENTATION
Téléphone : 02-31-47-19-19 Télécopie : 02-31-47-19-18

La reproduction de ce rapport d'analyses n'est autorisée que sous sa forme intégrale.
L'accréditation de la Section Essais du COFRAC atteste de la compétence technique des laboratoires pour les seules analyses couvertes par l'accréditation.
Seuls les essais identifiés par le sigle (c) sont effectués sous le couvert de l'accréditation.
Le rapport d'analyse ne concerne que le(s) produit(s) soumis à analyse. Les incertitudes de mesure sont tenues à votre disposition au laboratoire.
(e) analyse effectuée par un laboratoire agréé par le ministère chargé de l'environnement dans les conditions de l'arrêté du 27 octobre 2011.

ACRO LABORATOIRE
138 RUE DE L'EGLISE

14200 HEROUVILLE ST CLAIR

Référence du prélèvement

Date de prélèvement.....: 27/07/2016 à 10:00 par /
Date de dépôt au laboratoire.....: 28/07/2016 à 16:40 par MR ROUGIER
Date de début d'analyse.....: 29/07/2016 Bon de commande .....:
Lieu de prélèvement.....:
Demandeur .....: ACRO LABORATOIRE
Facturation .....: ACRO LABORATOIRE

Caractéristiques de l'échantillon

Nature de l'échantillon	Echantillon de sédiment BLV-1G-S-D Aspect : vaseux
Poids de l'échantillon reçu	1304 g
Préparation de l'échantillon	Homogénéisation - Tamisage à 2 mm avec un refus de 2.31 % (débris végétaux et cailloux). Séchage à 30 °C et broyage à 250 µm pour la minéralisation et la détermination du carbone.

Chimie

		Méthode	Résultat	
Teneur en matières sèches à 105°C	(c)	NF ISO 11465	45.2	%

Eléments fertilisants

		Méthode	Résultat	
Carbone organique en C	(c)	NF ISO 14235	39.2	g/kg MS
Azote Kjeldhal (réduit) en N	(c)	NF EN 13342	4.13	g/kg MS
Azote ammoniacal en NH4		potentiométrie après lixiviation	< 0.040	g/kg MS
Azote nitreux en NO2		NF EN 26777 après lixiviation	< 0.10	mg/kg MS
Azote nitrique en NO3		NF EN ISO 13395	< 25.0	mg/kg MS

RAPPORT D'ANALYSE N° : ***E.2016.13969-1***

Saisie du : 28/07/2016
Demande N° : E.2016.13969

Page 1/2

ANNEXE 8 : Résultats d'analyse des HAP dans les échantillons de la Balance

LABÉO - FRANK DUNCOMBE
14053 CAEN CEDEX 4 (Adresse postale)
1, Route de Rosel, SAINT-CONTEST
ENVIRONNEMENT – ALIMENTATION
Téléphone : 02-31-47-19-19 Télécopie : 02-31-47-19-18

La reproduction de ce rapport d'analyses n'est autorisée que sous sa forme intégrale.
L'accréditation de la Section Essais du COFRAC atteste de la compétence technique des laboratoires pour les seules analyses couvertes par l'accréditation.
Seuls les essais identifiés par le sigle (c) sont effectués sous le couvert de l'accréditation.
Le rapport d'analyse ne concerne que le(s) produit(s) soumis à analyse. Les incertitudes de mesure sont tenues à votre disposition au laboratoire.
(e) analyse effectuée par un laboratoire agréé par le ministère chargé de l'environnement dans les conditions de l'arrêté du 27 octobre 2011.

ACRO LABORATOIRE
138 RUE DE L'EGLISE

14200 HEROUVILLE ST CLAIR

Référence du prélèvement

Date de prélèvement.....: 27/07/2016 à 11:30 par /
Date de dépôt au laboratoire.....: 28/07/2016 à 16:40 par MR ROUGIER
Date de début d'analyse.....: 29/07/2016 Bon de commande .....:
Lieu de prélèvement.....:
Demandeur .....: ACRO LABORATOIRE
Facturation .....: ACRO LABORATOIRE

Caractéristiques de l'échantillon

Nature de l'échantillon	Echantillon de sédiment BLV-6AM-S-E Aspect : vase liquide
Poids de l'échantillon reçu	1047 g
Préparation de l'échantillon	Homogénéisation - Tamisage à 2 mm avec un refus <0.10 % (débris végétaux). Séchage à 30 °C et broyage à 250 µm pour la détermination des HPA et PCB.

Hydrocarbures polycycliques aromatiques
(extraction sous pression à chaud à l'hexane/acétone et dosage par GC/MS/MS) NF EN 15527

	Echantillon n° E.2016.13969-11-1	
Acénaphtène (mg/kg MS)	(c)	0.016
Acénaphtylène (mg/kg MS)	(c)	< 0.013
Anthracène (mg/kg MS)	(c)	< 0.013
Benzo(a)anthracène (mg/kg MS)	(c)	0.041
Benzo(b)fluoranthène (benzo (3,4) fluoranthène) (mg/kg MS)	(c)	0.079
Benzo(k)fluoranthène (benzo (11,12) fluoranthène) (mg/kg MS)	(c)	0.018
Benzo(g,h,i)pérylène (benzo (1,12) pérylène) (mg/kg MS)	(c)	0.017
Benzo(a)pyrène (benzo (3,4) pyrène) (mg/kg MS)	(c)	0.041
Chrysène (mg/kg MS)	(c)	0.043
Dibenzoanthracène (mg/kg MS)	(c)	< 0.013
Fluoranthène (mg/kg MS)	(c)	0.112
Fluorène (mg/kg MS)	(c)	< 0.013
Indéno(1,2,3-cd)pyrène (mg/kg MS)	(c)	0.024
Naphtalène (mg/kg MS)	(c)	0.037
Phénanthrène (mg/kg MS)	(c)	0.045
Pyrène (mg/kg MS)	(c)	0.089
Méthyl 2 naphtalène (mg/kg MS)	(c)	< 0.013
Méthyl 2 fluoranthène (mg/kg MS)	(c)	< 0.013

RAPPORT D'ANALYSE N° : ***E.2016.13969-11***

Saisie du : 28/07/2016
Demande N° : E.2016.13969

Page 1/2

LABÉO - F R A N K D U N C O M B E
14053 CAEN CEDEX 4 (Adresse postale)
1, Route de Rosel, SAINT-CONTEST
ENVIRONNEMENT – ALIMENTATION
Téléphone : 02-31-47-19-19 Télécopie : 02-31-47-19-18

La reproduction de ce rapport d'analyses n'est autorisée que sous sa forme intégrale.
L'accréditation de la Section Essais du COFRAC atteste de la compétence technique des laboratoires pour les seules analyses couvertes par l'accréditation.
Seuls les essais identifiés par le sigle (c) sont effectués sous le couvert de l'accréditation.
Le rapport d'analyse ne concerne que le(s) produit(s) soumis à analyse. Les incertitudes de mesure sont tenues à votre disposition au laboratoire.
(e) analyse effectuée par un laboratoire agréé par le ministère chargé de l'environnement dans les conditions de l'arrêté du 27 octobre 2011.

ACRO LABORATOIRE
138 RUE DE L'EGLISE

14200 HEROUVILLE ST CLAIR

Référence du prélèvement

Date de prélèvement.....: 27/07/2016 à 12:00 par /
Date de dépôt au laboratoire.....: 28/07/2016 à 16:40 par MR ROUGIER
Date de début d'analyse.....: 29/07/2016 Bon de commande .....:
Lieu de prélèvement.....:
Demandeur .....: ACRO LABORATOIRE
Facturation .....: ACRO LABORATOIRE

Caractéristiques de l'échantillon

Nature de l'échantillon	Echantillon de sédiment BLV-6AV-S-E
Poids de l'échantillon reçu	1201 g
Préparation de l'échantillon	Homogénéisation - Tamisage à 2 mm avec un refus de 4.23 % (débris végétaux et graviers). Séchage à 30 °C et broyage à 250 µm pour la détermination des HPA et PCB.

Hydrocarbures polycycliques aromatiques (extraction sous pression à chaud à l'hexane/acétone et dosage par GC/MS/MS) NF EN 15527

	Echantillon n° E.2016.13969-12-1	
Acénaphtène (mg/kg MS)	(c)	< 0.013
Acénaphtylène (mg/kg MS)	(c)	< 0.013
Anthracène (mg/kg MS)	(c)	< 0.013
Benzo(a)anthracène (mg/kg MS)	(c)	0.024
Benzo(b)fluoranthène (benzo (3,4) fluoranthène) (mg/kg MS)	(c)	0.048
Benzo(k)fluoranthène (benzo (11,12) fluoranthène) (mg/kg MS)	(c)	< 0.013
Benzo(g,h,i)pérylène (benzo (1,12) pérylène) (mg/kg MS)	(c)	< 0.013
Benzo(a)pyrène (benzo (3,4) pyrène) (mg/kg MS)	(c)	0.027
Chrysène (mg/kg MS)	(c)	0.026
Dibenzoanthracène (mg/kg MS)	(c)	< 0.013
Fluoranthène (mg/kg MS)	(c)	0.062
Fluorène (mg/kg MS)	(c)	< 0.013
Indéno(1,2,3-cd)pyrène (mg/kg MS)	(c)	0.016
Naphtalène (mg/kg MS)	(c)	< 0.013
Phénanthrène (mg/kg MS)	(c)	0.022
Pyrène (mg/kg MS)	(c)	0.050
Méthyl 2 naphtalène (mg/kg MS)	(c)	< 0.013
Méthyl 2 fluoranthène (mg/kg MS)	(c)	< 0.013

RAPPORT D'ANALYSE N° : ***E.2016.13969-12***

Saisie du : 28/07/2016
Demande N° : E.2016.13969

Page 1/2

ANNEXE 9 : Les classes de qualités d'eau par altération et par paramètre.

SYSTEME D'EVALUATION DE LA QUALITE DE L'EAU DES COURS D'EAU

GRILLES D'EVALUATION
SEQ-EAU
(VERSION 2)

III- CLASSES ET INDICES DE QUALITE DE L'EAU PAR ALTERATION

Classe de qualité →	*Bleu*	*Vert*	*Jaune*	*Orange*	*Rouge*
Indice de qualité →	*80*	*60*	*40*	*20*	
1 - MOOX - MATIERES ORGANIQUES ET OXYDABLES					
Oxygène dissous (mg/l)	8	6	4	3	
Taux sat. O2 (%)	90	70	50	30	
DBO5 (mg/l O2)	3	6	10	25	
DCO (mg/l O2)	20	30	40	80	
Carbone organique (mg/l C)	5	7	10	15	
THM potentiel (mg/l)	0,075	0,1	0,15	0,5	
NH_4^+ (mg/l NH_4)	0,5	1,5	*2,8*	4	
NKJ (mg/l N)	1	2	*4*	6	
2 - AZOT - MATIERES AZOTEES HORS NITRATES					
NH_4^+ (mg/l NH_4)	0,1	0,5	2	5	
NKJ (mg/l N)	1	2	4	10	
NO_2^- (mg/l NO_2)	0,03	0,3	0,5	1	
3 - NITR – NITRATES					
NO_3^- (mg/l NO_3)	2	10	25	50	
4 - PHOS - MATIERES PHOSPHOREES					
PO_4^{3-} (mg/l PO_4)	0,1	0,5	1	2	
Phosphore total (mg/l)	0,05	0,2	0,5	1	
5 – EPRV – EFFETS DES PROLIFERATIONS VEGETALES					
Chlorophylle a + phéopigments (µg/l)	10	60	120	240	
Algues (unité/ml)	50	*2500*	50000	500000	
Taux de saturation en O2 (%) [11]	110	130	150	200	
pH [11]	8,0	8,5	9,0	9,5	
Δ O2 (mini-maxi) (mg/l O_2)	1	3	6	12	

[11] pH et taux de saturation doivent être mesurés simultanément. Le couple de paramètres est donc évalué par l'indice et la classe de qualité le moins déclassant des deux.

Classe de qualité →	*Bleu*	*Vert*	*Jaune*	*Orange*	*Rouge*
Indice de qualité →	*80*	*60*	*40*	*20*	
12 – MPMI - MICROPOLLUANTS MINERAUX SUR EAU BRUTE (unité : µg/l)					
Arsenic (µg/l)	1	*35*	*70*	100	
Cadmium (µg/l)					
Dureté faible	0,001	0,01	0,1	0,37	
Dureté moyenne	0,004	0,04	0,37	1,3	
Dureté forte	0,009	0,09	0,85	3	
Chrome total (µg/l)					
Dureté faible	0,04	0,4	3,6	50	
Dureté moyenne	0,18	1,8	18	50	
Dureté forte	0,36	3,6	36	50	
Cuivre (µg/l)					
Dureté faible	0,017	0,17	1,7	2,5	
Dureté moyenne	0,1	1	10	15	
Dureté forte	0,27	2,7	27	40	
Cyanures libres (µg/l)	0,02	0,2	2	240	
Etain (µg/l)	1	10	100	55000	
Mercure (µg/l)	0,007	0,07	0,7	1	
Nickel (µg/l)					
Dureté faible	0,25	2,5	20	40	
Dureté moyenne	0,62	6,2	*23*	40	
Dureté forte	1,2	12	*26*	40	
Plomb (µg/l)					
Dureté faible	0,21	2,1	21	50	
Dureté moyenne	0,52	5,2	*27*	50	
Dureté forte	1	10	*30*	50	
Zinc (µg/l)					
Dureté faible	0,23	2,3	23	52	
Dureté moyenne	0,43	4,3	43	98	
Dureté forte	1,4	14	140	330	
MICROPOLLUANTS MINERAUX SUR BRYOPHYTES (unité : µg/g de poids sec)					
Arsenic (µg/g de poids sec)	4,5	9	27	54	
Cadmium (µg/g de poids sec)	1,2	2,5	7	14	
Chrome total (µg/g de poids sec)	11	22	65	130	
Cuivre (µg/g de poids sec)	33	66	200	400	
Mercure (µg/g de poids sec)	0,15	0,30	0,85	1,7	
Nickel (µg/g de poids sec)	22	45	130	270	

Grilles d'évaluation version 2 - 27 - 21 mars 2003
Système d'évaluation de la qualité de l'eau des cours d'eau (SEQ-Eau) — MEDD & Agences de l'eau

Classe de qualité →	*Bleu*	*Vert*	*Jaune*	*Orange*	*Rouge*
Indice de qualité →	*80*	*60*	*40*	*20*	
Plomb (µg/g de poids sec)	27	55	160	330	
Zinc (µg/g de poids sec)	170	350	1000	2100	
MICROPOLLUANTS MINERAUX SUR SEDIMENTS (unité : µg/g = mg/kg)					
Arsenic (µg/g)	1	9,8	33		
Cadmium (µg/g)	0,1	1	5		
Chrome total (µg/g)	4,3	43	110		
Cuivre (µg/g)	3,1	31	140		
Mercure (µg/g)	0,02	0,2	1		
Nickel (µg/g)	2,2	22	48		
Plomb (µg/g)	3,5	35	120		
Zinc (µg/g)	12	120	460		
MICROPOLLUANTS MINERAUX SUR MES (unité : µg/g = mg/kg)					
Arsenic (µg/g)	1,5	15	50		
Cadmium (µg/g)	0,15	1,5	7		
Chrome total (µg/g)	6,4	64	160		
Cuivre (µg/g)	4,7	47	220		
Mercure (µg/g)	0,03	0,3	1,5		
Nickel (µg/g)	3,4	34	72		
Plomb (µg/g)	5,3	53	190		
Zinc (µg/g)	18	180	680		
13 – PEST - PESTICIDES SUR EAU BRUTE (unité : µg/l)					
2,4-D-ester (µg/l)	0,00001	0,0001	0,001	0,1	
2,4-D-non-ester (µg/l)	0,1	*0,7*	*1,4*	2	
2,4-MCPA (µg/l)	0,1	*0,7*	*1,4*	2	
Aclonifène (µg/l)	0,007	0,07	0,7	2	
Alachlore (µg/l)	0,1	*0,7*	*1,4*	2	
Aldicarbe (µg/l)	0,005	0,05	0,5	2	
Aldrine (µg/l)	0,001	0,05	*0,2*	1	
Aminotriazole (µg/l)	0,1	*0,7*	*1,4*	2	

Grilles d'évaluation version 2 - 28 - 21 mars 2003
Système d'évaluation de la qualité de l'eau des cours d'eau (SEQ-Eau) — MEDD & Agences de l'eau

Classe de qualité →	*Bleu*	*Vert*	*Jaune*	*Orange*	*Rouge*
Indice de qualité →	*80*	*60*	*40*	*20*	
Deltaméthrine (µg/kg)	0,2	2	20		
Dieldrine (µg/kg)	0,38	3,8	120		
Dinoterbe (µg/kg)	0,08	0,8	8		
Endosulfan (µg/kg)	0,5	5	50		
Endrine (µg/kg)	0,4	4	40		
Fenpropimorphe (µg/kg)	90	900	9000		
Folpel (µg/kg)	0,06	0,6	6		
Isodrine (µg/kg)	0,4	4	40		
Isoproturon (µg/kg)	0,8	8	80		
Lindane (γ-HCH) (µg/kg)	0,47	4,7	9,9		
Métolachlore (µg/kg)	1,2	12	120		
Parathion éthyl (µg/kg)	0,0008	0,008	0,08		
Parathion méthyl (µg/kg)	0,008	0,08	0,8		
Pendiméthaline (µg/kg)	520	5200	52000		
Prochloraz (µg/kg)	4,4	44	430		
Prosulfocarbe (µg/kg)	15	150	1500		
Tebuconazole (µg/kg)	200	2000	20000		
Terbutylazine (µg/kg)	1,4	14	140		
Terbuméton (µg/kg)	7	67	670		
Terbutryne (µg/kg)	1,9	19	190		
Tridémorphe (µg/kg)	67	670	6700		
Trifluraline (µg/kg)	100	1000	10000		
14 – HAP – HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES SUR EAU BRUTE (unité : µg/l)					
Benzo(a)pyrène (µg/l)	0,00003	0,0003	0,08		
Dibenzo(a,h)anthracène (µg/l)	0,000006	0,00006	0,014		
Acénaphtène (µg/l)	0,07	0,7	160		
Acénaphtylène (µg/l)	0,04	0,4	99		
Anthracène (µg/l)	0,009	0,09	21		
Benzo(a)anthracène (µg/l)	0,0005	0,005	1,2		

Classe de qualité →	*Bleu*	*Vert*	*Jaune*	*Orange*	*Rouge*
Indice de qualité →	*80*	*60*	*40*	*20*	
Benzo(b)fluoranthène (µg/l)	**0,0001**	**0,001**	**0,3**		
Benzo(ghi)pérylène (µg/l)	**0,0003**	**0,003**	**0,6**		
Benzo(k)fluoranthène (µg/l)	**0,0003**	**0,003**	**0,8**		
Chrysène (µg/l)	**0,0006**	**0,006**	**1,5**		
Fluoranthène (µg/l)	**0,0024**	**0,024**	**6**		
Fluorène (µg/l)	**0,03**	**0,3**	**77**		
Indéno(1,2,3-cd)pyrène (µg/l)	**0,00016**	**0,0016**	**0,4**		
Naphtalène (µg/l)	**0,19**	**1,9**	**460**		
Phénanthrène (µg/l)	**0,011**	**0,11**	**27**		
Pyrène (µg/l)	**0,0024**	**0,024**	**6**		
HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES SUR SEDIMENTS (unité : µg/kg)					
Benzo(a)pyrène (µg/kg)	**0,5**	**5**	**750**		
Dibenzo(a,h)anthracène (µg/kg)	**0,5**	**5**	**750**		
HAP somme(2) (µg/kg)	**0,5**	**5**	**750**		
Acénaphtène (µg/kg)	**5**	**50**	**7500**		
Acénaphtylène (µg/kg)	**5**	**50**	**7500**		
Anthracène (µg/kg)	**5**	**50**	**7500**		
Benzo(a)anthracène (µg/kg)	**5**	**50**	**7500**		
Benzo(b)fluoranthène (µg/kg)	**5**	**50**	**7500**		
Benzo(ghi)pérylène (µg/kg)	**5**	**50**	**7500**		
Benzo(k)fluoranthène (µg/kg)	**5**	**50**	**7500**		
Chrysène (µg/kg)	**5**	**50**	**7500**		
Fluoranthène (µg/kg)	**5**	**50**	**7500**		
Fluorène (µg/kg)	**5**	**50**	**7500**		
Indéno(1,2,3-cd)pyrène (µg/kg)	**5**	**50**	**7500**		
Naphtalène (µg/kg)	**5**	**50**	**7500**		
Phénanthrène (µg/kg)	**5**	**50**	**7500**		
Pyrène (µg/kg)	**5**	**50**	**7500**		
HAP somme(14) (µg/kg)	**5**	**50**	**7500**		