

SOMMAIRE

Parti	e I - Le Centre Nucléaire de Production d'Electricité de Bugey en 2019	_ 5
I.	Contexte	5
II.	Le CNPE de Bugey	5
III.	Modifications apportées au voisinage du CNPE de Bugey	6
IV.	Évolutions scientifiques susceptibles de modifier l'étude d'impact	7
V. I'e	Bilan des incidents de fonctionnement et des évènements significatifs pour nvironnement	
Parti	e II - Prélèvements d'eau	10
I.	Les prélèvements dans le Rhône	_12
II.	Les prélèvements en nappe	_13
Parti	e III - Consommation et restitution d'eau	15
I.	Consommation d'eau	_15
II.	Restitution d'eau	_15
Parti	e IV - Rejets d'effluents	16
I.	Rejets d'effluents à l'atmosphère	_17
II.	Rejets d'effluents liquides	_26
III.	Rejets thermiques	_43
Parti	e V - Prévention du risque microbiologique	46
I.	Bilan annuel des colonisations en circuit	_46
II.	Synthèse des traitements biocides et rejets associés	_47
Parti	e VI - Surveillance de l'environnement	48
I.	Surveillance de la radioactivité dans l'environnement	_48
II.	Physico-chimie des eaux souterraines	_55
III.	Chimie et physico-chimie des eaux de surface	_56
IV.	Physico-chimie et Hydrobiologie	_58
V.	Acoustique environnementale	_60

Partie VII - Évaluation de l'impact environnemental et sanitaire des rejets de l'installation 61

Parti	ie VIII - Gestion des déchets	65
I.	Les déchets radioactifs	65
II.	Les déchets non radioactifs	71
ABRI	EVIATIONS	73
Anne	exe I : Suivi de la concentration en amibes et en légionelles sur 2019	
Anne	exe II : Suivi radioécologique annuel du CNPE du Bugey	
Anne Buge	exe III : Surveillance hydrobiologique et physico-chimique réglementaire du CN	PE du

Partie I - Le Centre Nucléaire de Production d'Electricité de Bugey en 2019

I. Contexte

« La conformité à la réglementation en vigueur, la prévention des pollutions ainsi que la recherche d'amélioration continue de la performance environnementale » constituent l'un des engagements de la politique environnementale d'EDF.

Dans ce cadre, tous les Centres Nucléaires de Production d'Electricité (CNPE) d'EDF disposent d'un système de management de l'environnement certifié « ISO14001 ».

La maîtrise des événements, susceptibles d'avoir un impact sur l'environnement, repose sur une application stricte des règles de prévention (bonne gestion des eaux usées, des « effluents », de leurs traitements, entreposage, contrôles avant rejet, etc.) et sur un système complet de surveillance de l'environnement sur et autour des CNPE.

En application de l'article 4.4.4 de l'arrêté du 7 février 2012 fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base, ce document présente le bilan de l'année 2019 du CNPE de Bugey en matière d'environnement.

II. Le CNPE de Bugey

Implantée sur la commune de Saint-Vulbas, dans l'Ain, la centrale nucléaire du Bugey occupe une superficie de 100 hectares sur la rive droite du Rhône, à 40 km à l'Est de Lyon. Cette zone non cultivée a été choisie en 1965 en raison de ses caractéristiques géologiques. Les premiers travaux de construction du site du Bugey ont eu lieu à partir de 1967.

La centrale du Bugey emploie près de 1 400 salariés d'EDF et fait appel à environ 425 salariés permanents d'entreprises prestataires. Pour réaliser les travaux lors des arrêts pour maintenance des unités en fonctionnement, la centrale demande l'appui d'intervenants supplémentaires. Selon la nature de l'arrêt, le nombre de ces intervenants varie de 600 à 2 000.

La centrale du Bugey compte quatre unités de production de 900 MW chacune de la filière Réacteur à eau pressurisée (REP) : les unités 2 et 3 (INB n° 78), refroidies directement par l'eau du Rhône, ont été mises en service en 1978 ; les unités 4 et 5 (INB n° 89), mises en service en 1979, sont quant à elles refroidies par deux tours de refroidissement chacune. Depuis leur mise en service, ces quatre unités ont produit 855 milliards de kWh. La centrale du Bugey produit, en moyenne chaque année, près de 24 milliards de kWh, soit près de 6% de la production nucléaire française. Le site du Bugey abrite aussi une unité de la filière UNGG (réacteur Bugey 1 - INB n° 45), mise en service en 1972. Cette unité, définitivement arrêtée en mai 1994, est actuellement en cours de déconstruction. Le décret d'autorisation de démantèlement complet du réacteur du Bugey 1 a été publié dans le Journal officiel en novembre 2008 (Décret n° 2008-1197 du 18 novembre 2008), permettant ainsi la poursuite du programme de déconstruction du Bugey 1.

Un Magasin Inter-Régional de stockage de combustible neuf destiné aux réacteurs du parc nucléaire français est également installé sur le site. Le MIR constitue l'installation nucléaire de base n° 102. Les installations nucléaires de base du Bugey sont placées sous la responsabilité du directeur du CNPE du Bugey, à l'exception des activités de déconstruction de l'INB n°45 (Bugey 1), dont la responsabilité a été transférée au chef de la structure Bugey 1 en mai 2018.

L'Installation de Conditionnement et d'Entreposage des Déchets Activés (ICEDA), INB n° 173, a fait l'objet du décret d'autorisation de création n° 2010-402 du 23 avril 2010. Dans l'attente d'un site de stockage définitif prévu par la loi du 28 juin 2006, cette installation a pour but de conditionner et d'entreposer des déchets radioactifs, produits dans le cadre :

- du programme EDF de démantèlement des centrales nucléaires de première génération et du site de Creys-Malville;
- de l'exploitation (notamment les barres de commande) des centrales nucléaires à eau pressurisée.

L'installation est constituée :

- d'un hall de réception et d'évacuation des emballages de transport ;
- d'un bloc process ;
- d'un bâtiment d'entreposage composé de deux halls d'entreposage ;
- d'un bâtiment technique ;
- de locaux annexes abritant les bureaux et des locaux techniques.

La mise en service de l'installation est prévue prochainement.

III. Modifications apportées au voisinage du CNPE de Bugey

La surveillance de l'environnement industriel est réalisée en application d'une prescription interne d'EDF. Lors de l'année 2019, aucune modification notable au voisinage du CNPE de Bugey n'a été identifiée.

Certaines entreprises situées au voisinage du CNPE de Bugey ont vu leur statut par rapport à la réglementation ICPE évoluer, du fait d'une modification de cette réglementation. Cependant, aucun nouveau risque n'a été induit.

IV. Évolutions scientifiques susceptibles de modifier l'étude d'impact

Dans le cadre d'une démarche d'amélioration continue, EDF mène des études afin d'améliorer la connaissance de ses rejets (identification de sous-produits de la morpholine et de l'éthanolamine, de sous-produits issus des traitements biocides, dégradation de la monochloramine et de l'hydrazine dans l'environnement, etc.).

EDF mène également des études afin d'améliorer la connaissance de l'incidence de ses rejets sur l'Homme et l'environnement. Ces évaluations d'impact nécessitent en effet l'utilisation de valeurs de référence qui font l'objet d'une veille scientifique :

- les Valeurs Toxicologiques de Référence pour l'impact sanitaire sur l'Homme, valeurs sélectionnées selon les critères définis dans la note d'information DGS/EA/DGPR/2014/307 du 31/10/2014,

- les valeurs seuils ou valeurs guides issues des textes réglementaires ou des grilles de qualité d'eau, les données écotoxicologiques, en particulier les PNEC (Predicted No Effet Concentration), et les études testant la toxicité et l'écotoxicité des effluents CRT, pour l'analyse des incidences sur l'environnement. A noter que les PNEC sont validées par la R&D d'EDF après revue bibliographique exhaustive et, si nécessaire, réalisation de tests écotoxicologiques commandités par EDF et réalisés selon les normes OCDE et les Bonnes Pratiques de Laboratoire. L'ensemble de ces évolutions scientifiques est intégré dans les études d'impact.

V. Bilan des incidents de fonctionnement et des évènements significatifs pour l'environnement

En 2003, le CNPE de Bugey a été certifié, pour la première fois, ISO 14001. L'obtention de la norme ISO 14001 est une reconnaissance internationale de la prise en compte de l'environnement dans l'ensemble des activités de l'entreprise. Elle est l'assurance d'une démarche d'amélioration continue et de la mise en place d'une organisation spécifique au domaine de l'environnement.

La protection de l'environnement, sur le terrain comme en laboratoire, a toujours été une priorité pour les CNPE d'EDF. Comme pour tous les sites industriels, les exigences environnementales fixées par le CNPE de Bugey et la réglementation se sont sans cesse accrues au fil des années. Cette certification est le fruit de l'implication de l'ensemble des intervenants - personnels EDF et d'entreprises externes - dans une démarche de respect de l'environnement.

La norme ISO 14001 repose sur la mise en œuvre d'un Système de Management Environnemental (SME). Cela signifie que la performance en matière de protection de l'environnement est intégrée dans l'organisation, c'est-à-dire dans toutes les décisions quotidiennes du CNPE du Bugey. L'ensemble des salariés du CNPE, ainsi que le personnel intervenant pour le compte d'entreprises extérieures, sont impliqués dans le respect de l'environnement.

Dans le cadre de l'amélioration continue, le CNPE de Bugey a mis en place un système permettant de détecter, tracer, déclarer, les Événements Significatifs pour l'Environnement (ESE) à l'Autorité de Sûreté Nucléaire, de traiter ces évènements et d'en analyser les causes profondes pour les éradiquer.

La déclaration d'ESE est établie à partir de critères précis et identiques sur tout le parc nucléaire. Ces critères sont définis par l'Autorité de Sûreté Nucléaire.

1. Bilan des évènements significatifs pour l'environnement déclarés

Le tableau suivant récapitule les évènements significatifs pour l'environnement déclarés par le CNPE de Bugey en 2019.

Typologie	Date	Évènement	Impact sur l'environnement	Principales actions correctives
ESE	28/01/2019	Dépassement de la limite réglementaire du flux annuel ajouté au canal de rejet 2-3 des métaux totaux en 2015, 2016, 2017 et 2018.	Aucun. Les limites réglementaires concernant la concentration maximale ajoutée dans le canal de rejet a été respectée (0,006 mg /l) ainsi que le flux 24h ajouté (<2,4 kg). De plus, le CNPE dispose d'une limite portée à 235 kg, en cas d'opération de démantèlement sur Bugey 1. La limite pour le CNPE, de 55 kg a été dépassée de 5 kg.	Dépôt d'une demande visant à réviser cette limite en métaux totaux inadaptée au fonctionnement du CNPE.
ESE	17/04/2019	Émission de fluides frigorigènes utilisés dans les équipements frigorifiques ou climatiques : cumul annuel d'émission de fluides frigorigènes supérieur à 100 kg sur le site suite à 4 émissions ayant eu lieu entre février et avril 2019. Trois d'entre elles ont fait l'objet d'un EIE car quantités supérieures à 20 kg. Total émis en 2019 : 201,7 kg.	Ces gaz contribuent à l'effet de serre mais n'ont pas d'impact sur la couche d'ozone. Impact environnemental modéré, compte tenu des faibles quantités émises et de leur étalement dans le temps.	Consécutivement aux émissions, des actions correctives (vidange, isolation des organes concernés) ont été mises en œuvre.

Un ESS (Evènement significatif pour la sureté) a également été déclaré en octobre 2019 suite à la détection de cobalt 60 (1,4.10⁻³ Bq/m³) sur le filtre (en place du 15/09/2019 au 22/09/2019) de l'exutoire d'une nouvelle cheminée du bâtiment de conditionnement des déchets. Cette présence d'activité volumique bêta globale d'origine artificielle était due à une erreur de conception d'une installation nouvellement mise en service et immédiatement mise à l'arrêt.

2. Bilan des incidents de fonctionnement

Le CNPE de Bugey a eu, durant l'année 2019, des matériels indisponibles tels que : des dispositifs de traitement des effluents et de prélèvement, des dispositifs de mesure et de surveillance, des réparations des réservoirs d'entreposage d'effluents. Ces indisponibilités (fortuites mais surtout programmées pour réaliser la maintenance) n'ont pas eu d'incidence sur la qualité de la surveillance environnementale compte tenu de la redondance de nos matériels. Des remises en état rapides des matériels ont permis de limiter au maximum l'indisponibilité du matériel.

Le seuil réglementaire d'activité volumique à la cheminée des bâtiments des auxiliaires nucléaire (4 MBq/m³) n'a jamais été atteint sur le CNPE de Bugey en 2019.

Partie II - Prélèvements d'eau

L'eau est une ressource nécessaire au fonctionnement des CNPE et partagée avec de nombreux acteurs : optimiser sa gestion et concilier les usages est donc une préoccupation importante pour EDF.

Que cette eau soit prélevée en mer, dans un cours d'eau, ou dans des nappes d'eaux souterraines, son utilisation est strictement réglementée et contrôlée par les pouvoirs publics.

Dans un CNPE, l'eau est nécessaire pour :

- refroidir les installations,
- constituer des réserves pour réaliser des appoints ou disposer de stockage de sécurité,
- alimenter les circuits de lutte contre les incendies,
- alimenter les installations sanitaires et les équipements de restauration des salariés.

Un CNPE en fonctionnement utilise trois circuits d'eau indépendants :

- le circuit primaire pour extraire la chaleur : c'est un circuit fermé parcouru par de l'eau sous pression (155 bars) et à une température de 300° C. L'eau passe dans la cuve du réacteur, capte la chaleur produite par la réaction de fission du combustible nucléaire et transporte cette énergie thermique vers le circuit secondaire au travers des générateurs de vapeur.
- le circuit secondaire pour produire la vapeur : au contact des milliers de tubes en « U » des générateurs de vapeur, l'eau du circuit primaire transmet sa chaleur à l'eau circulant dans le circuit secondaire, lui-aussi fermé. L'eau de ce circuit est ainsi transformée en vapeur qui fait tourner la turbine. Celle-ci entraîne l'alternateur qui produit l'électricité. Après son passage dans la turbine, la vapeur repasse à l'état liquide dans le condenseur ; cette eau est ensuite renvoyée vers les générateurs de vapeur pour un nouveau cycle.
- un troisième circuit, appelé « circuit de refroidissement » : pour condenser la vapeur et évacuer la chaleur, le circuit de refroidissement comprend un condenseur, appareil composé de milliers de tubes dans lesquels circule de l'eau froide prélevée dans la rivière ou la mer. Au contact de ces tubes, la vapeur se condense. Ce circuit de refroidissement peut-être :
 - o un circuit de refroidissement totalement ouvert : l'eau (environ 50 m³ par seconde) est prélevée dans le milieu pour assurer le refroidissement des équipements via le condenseur. Une fois l'opération de refroidissement effectuée, l'eau qui n'est jamais entrée en contact avec la radioactivité, est intégralement restituée dans le milieu, à une température plus élevée.
 - o un circuit de refroidissement en partie fermé : le refroidissement de l'eau chaude issue du condenseur se fait par échange avec de l'air froid dans une grande tour réfrigérante atmosphérique appelée « aéroréfrigérant ». Une partie de l'eau est vaporisée sous forme d'un panache visible, quand le CNPE fonctionne, au sommet de la tour. Le reste de l'eau refroidie retourne dans le condenseur. Avec ce système, le prélèvement en eau est beaucoup moins important, seulement de l'ordre de 2 m³ par seconde.

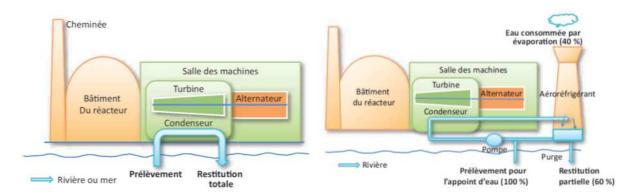


Figure 1 : Schéma d'un CNPE avec un circuit de refroidissement ouvert (à gauche) et semifermé (à droite) (Source : EDF)

Annuellement, en moyenne, le volume d'eau nécessaire au fonctionnement du circuit de refroidissement d'un réacteur est compris entre 50 millions de mètres cubes (si le refroidissement est assuré par un aéroréfrigérant) et 1 milliard de mètres cubes (si l'eau est rejetée directement dans le milieu naturel) soit respectivement un besoin de 6 à 160 litres d'eau prélevés pour produire 1 kWh.

Que les CNPE soient en fonctionnement ou à l'arrêt, la très grande majorité de l'eau prélevée est restituée à sa source, c'est-à-dire au milieu naturel à proximité du point de prélèvement.

Les besoins en eau d'un CNPE servent majoritairement à assurer son refroidissement et, donc, à produire de l'électricité. Cependant, comme tous les sites industriels, un CNPE a besoin d'eau pour :

- faire face, si besoin, à un incendie : l'ensemble des CNPE d'EDF est équipé d'un important réseau d'eau sous pression permettant aux équipes des services de conduite et de la protection des CNPE d'EDF d'intervenir dès la détection d'un incendie jusqu'à l'arrivée des secours externes, et ainsi en limiter sa propagation. Ces réseaux sont régulièrement testés afin de s'assurer de leur fonctionnement et de leur efficacité.
- se laver, boire et se restaurer : selon leur importance (de 2 à 6 réacteurs), les CNPE d'EDF accueillent de 600 à 2 000 salariés permanents (EDF et entreprises extérieures) auxquels s'ajoutent, lors d'un arrêt d'un réacteur pour maintenance, 1000 à 2000 personnes supplémentaires. Les besoins en eau potable sont alors très importants, tant pour les sanitaires que pour la restauration. Les CNPE d'EDF peuvent être reliés aux réseaux d'eau potable des communes sur lesquelles ils sont implantés.

I. Les prélèvements dans le Rhône

1. Cumul mensuel

Le tableau ci-dessous détaille le cumul mensuel du prélèvement dans le Rhône de l'année 2019.

	Prélèvement d'eau	
	(m3)	
Janvier	279 972 616	
Février	252 878 492	
Mars	248 893 001	
Avril	150 141 056	
Mai	152 866 997	
Juin	196 213 081	
Juillet	278 320 483	
Août	245 577 397	
Septembre	270 939 564	
Octobre	280 348 924	
Novembre	270 937 886	
Décembre	279 967 583	
TOTAL (en m³)	2 907 057 078	

2. Comparaison pluriannuelle et au prévisionnel des prélèvements d'eau douce pour 2019

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de prélèvement des années 2017 à 2019 avec la valeur du prévisionnel 2019.

Année	Milieu	Volume	Unité
2017		3 021 000 000	
2018	Rhône	2 981 300 000	m ³
2019	Knone	2 907 100 000	1111
Prévisionnel 2019		2 950 000 000	1

<u>Commentaires</u>: Le volume annuel d'eau prélevé est cohérent au prévisionnel qui avait été définit pour l'année 2019, compte tenu du temps effectif de fonctionnement des tranches.

3. Comparaison aux valeurs limites

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des volumes d'eau prélevés cette année avec les valeurs limites de prélèvement fixées par la décision ASN n°2014-DC-0442.

Limites de prélèvement			Prélèvement	
Prescriptions	Valeur	Unité	Valeur maximale	Valeur moyenne
Débit instantané	106	m³/s	104,79	96,86
Volume journalier	9,1 millions	m ³	9 054 000	8 368 800
Volume annuel	3 300 millions	m ³	2 907 1	00 000

Commentaires: Les valeurs maximales observées sont inférieures aux limites autorisées.

4. Principales opérations de maintenance intervenues sur les équipements et ouvrages de prélèvements du Rhône

L'année 2019 n'a pas été concernée par des actions de maintenance (hors maintenance programmée) et aucune intervention ou opération de maintenance anticipée n'ont été nécessaires.

Aucun remplacement de corps d'échange dans les tours de refroidissement (dit « packings ») n'a été nécessaire en 2019. Le traitement anti-tartre organique contribue à l'absence de tartre sur les packings et à leurs longévités.

5. Opérations exceptionnelles de prélèvements dans le Rhône

Le CNPE de Bugey n'a pas réalisé d'opération exceptionnelle de prélèvement d'eau dans le Rhône en 2019.

II. Les prélèvements en nappe

1. Cumul mensuel

Le tableau ci-dessous détaille le cumul mensuel du prélèvement dans la nappe de l'année 2019.

	Prélèvement d'eau (en m³)
Janvier	0
Février	0
Mars	490
Avril	0
Mai	0
Juin	0
Juillet	493
Août	0
Septembre	0
Octobre	489
Novembre	0
Décembre	0
TOTAL (en m³)	1 472

2. Comparaison pluriannuelle et au prévisionnel des prélèvements d'eau souterraine pour 2019

Les prélèvements réalisés sur 2018 et 2019 ont été effectués dans le cadre des travaux de création de puits de pompage en nappe phréatique, qui permettront au CNPE de disposer d'un moyen complémentaire de pompage en eau d'ultime secours pour refroidir les matériels de l'Ilot Nucléaire. La première mise en exploitation est prévue courant 2020 pour les 4 tranches.

Le tableau ci-dessous reprend les valeurs de prélèvements des années 2018 à 2019, pour lesquelles aucun prévisionnel n'avait été établi puisque les pompages ont été réalisés en phase travaux.

Année	Milieu	Volume	Unité
2018		12 691	
2019	Nappe	1 472	m^3
Prévisionnel		-	

Commentaires:

3. Comparaison aux valeurs limites

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des volumes annuels d'eau prélevés cette année avec les valeurs limites de prélèvement fixées par la décision ASN n° n°2014-DC-0442.

Limites de prélèvement			Prélèvement	
Prescriptions	Valeur (1)	Unité	Valeur maximale	Valeur moyenne
Débit instantané	135	m³/h	68	48
Volume journalier	2 000	m ³	171	123
Volume annuel	46 000	m ³	1 -	472

⁽¹⁾ Il s'agit des limites réglementaires en cas de travaux sur l'installation de pompage d'appoint ultime en eau

Commentaires: Les valeurs maximales observées sont inférieures aux limites autorisées.

4. Principales opérations de maintenance intervenues sur les équipements et ouvrages de prélèvements en nappe

L'année 2019 n'a pas été concernée par des actions de maintenance (hors maintenance programmée) et aucune intervention ou opération de maintenance anticipée n'ont été nécessaires.

L'une des principales opérations de maintenance réalisée sur les équipements et ouvrages de prélèvements en nappe concerne le nettoyage et les inspections télévisuelles des piézomètres du CNPE de Bugey. L'opération s'est déroulée entre le 2 avril et le 13 mai 2019.

A noter que dans le cadre du retour d'expérience de l'événement survenu au CNPE de Fukushima-Daiichi, il a été décidé de mettre en place, sur l'ensemble des CNPE, un moyen complémentaire de pompage en eau d'ultime secours pour les matériels de l'Ilot Nucléaire (bâches d'alimentation en eau de secours des générateurs de vapeur et piscines du bâtiment combustible et du bâtiment réacteur). Sur le CNPE de Bugey, la solution retenue est la réalisation de puits de pompage en nappe phréatique (1 puits par tranche). Les travaux ont commencé en 2018. La première mise en exploitation est prévue courant 2020 pour les 4 tranches.

5. Opérations exceptionnelles de prélèvements en nappe

Le CNPE de Bugey n'a pas réalisé d'opération exceptionnelle de prélèvement d'eau dans la nappe en 2019.

Partie III - Consommation et restitution d'eau

I. Consommation d'eau

Le tableau ci-dessous détaille le cumul mensuel de consommation d'eau de l'année 2019.

	Consommation d'eau (en m3)
Janvier	2 983 616
Février	2 689 492
Mars	2 903 001
Avril	2 751 056
Mai	2 468 997
Juin	2 725 081
Juillet	2 646 483
Août	1 423 397
Septembre	2 571 564
Octobre	3 010 924
Novembre	2 915 886
Décembre	3 052 583
TOTAL (en m3)	32 142 080

II. Restitution d'eau

La restitution d'eau dans le milieu correspond à la différence entre la quantité d'eau prélevée et la consommation. La restitution d'eau du CNPE de Bugey pour l'année 2019 est présentée dans le tableau ci-dessous.

	Restitution d'eau (en
	m3)
Janvier	276 989 000
Février	250 189 000
Mars	245 990 000
Avril	147 390 000
Mai	150 398 000
Juin	193 488 000
Juillet	275 674 000
Août	244 154 000
Septembre	268 368 000
Octobre	277 338 000
Novembre	268 022 000
Décembre	276 915 000
TOTAL (en m3)	2 874 915 000
Pourcentage de restitution d'eau par rapport au prélèvement	98,9%

Partie IV - Rejets d'effluents

Comme beaucoup d'autres activités industrielles, l'exploitation d'un CNPE entraîne des rejets d'effluents à l'atmosphère et par voie liquide. Une réglementation stricte encadre ces différents rejets, qu'ils soient radioactifs ou non.

Chaque CNPE a mis en place une organisation afin d'assurer une gestion optimisée des effluents visant notamment à :

- réduire à la source la production d'effluents, notamment par le recyclage,
- réduire les rejets de substances radioactives ou chimiques au moyen de traitements appropriés,
- optimiser la production de déchets et valoriser les déchets conventionnels qui peuvent l'être.

Les rejets d'effluents se présentent sous différentes formes :

- les rejets radioactifs liquides et atmosphériques, qui peuvent contenir :
 - o Tritium,
 - o Carbone 14,
 - o lode,
 - o Autres produits de fission ou d'activation,
 - o Gaz rares.
- les rejets chimiques liquides classés en deux catégories :
 - les rejets de substances chimiques associées aux effluents radioactifs liquides ou eaux non radioactives issues des salles des machines,
 - les rejets de produits issus des autres circuits non radioactifs (circuit de refroidissements des condenseurs, station de déminéralisation, station d'épuration).
- les rejets chimiques atmosphériques : un CNPE émet peu de substances chimiques par voie atmosphérique. Les émissions proviennent des groupes électrogènes de secours constitués de moteurs diesels ou de turbines à combustion consommant du gasoil, de pertes de fluides frigorigènes, du renouvellement de calorifuges dans le bâtiment réacteur et d'émanations de certaines substances volatiles utilisées pour la protection et le traitement des circuits.
- les rejets thermiques : quel que soit le mode de refroidissement (ouvert ou fermé) d'un CNPE, l'échauffement du milieu aquatique est limité par la réglementation propre à chaque CNPE.

Optimisés, réduits, traités et surveillés, les rejets d'effluents radioactifs atmosphériques et liquides génèrent une exposition des populations plus de 100 fois inférieure à la limite réglementaire d'exposition reçue par une personne du public fixée à 1mSv/an dans l'article R1333-8 du code de la santé publique

I. Rejets d'effluents à l'atmosphère

1. Rejets d'effluents à l'atmosphère radioactifs

Pour les tranches en fonctionnement, il existe deux sources de rejets d'effluents radioactifs à l'atmosphère :

- les effluents dits « hydrogénés » proviennent du dégazage des effluents liquides issus du circuit primaire. Afin d'éviter tout mélange avec l'oxygène de l'air, ces effluents hydrogénés sont collectés et stockés, au minimum 30 jours dans des réservoirs où une surveillance régulière est effectuée. Durant ce temps, la radioactivité décroît naturellement, ce qui réduit d'autant l'impact environnemental. Les effluents sont contrôlés avant leur rejet. Pendant leur rejet, ils subissent systématiquement des traitements tels que la filtration à Très Haute Efficacité (filtres THE) qui permet de retenir les poussières radioactives. Ces rejets occasionnels sont dits « concertés ».
- Les effluents dits « aérés » qui proviennent de la collecte des évents des circuits de traitement des effluents liquides radioactifs, de la dépressurisation du bâtiment du réacteur ainsi que de l'air de la ventilation des locaux de l'îlot nucléaire. La ventilation maintient les locaux en légère dépression par rapport à l'extérieur et évite ainsi les pertes de gaz ou de poussières contaminées vers l'environnement. Les opérations de dépressurisation de l'air du bâtiment réacteur conduisent à des rejets dits «concertés». L'air de ventilation transite par des filtres THE et, dans certains circuits, sur des pièges à iodes à charbon actif avant d'être rejeté en continu à la cheminée. Ces rejets sont dits « permanents ».

Ces deux types d'effluents sont rejetés dans l'atmosphère par une cheminée dédiée à la sortie de laquelle est réalisé, en permanence, un contrôle de l'activité rejetée.

Les cinq catégories de radionucléides réglementés dans les rejets d'effluents à l'atmosphère sont les gaz rares, le tritium, le carbone 14, les iodes et les autres produits de fission (PF) et produits d'activation (PA) :

- Les principaux gaz rares issus de la réaction de fission sont le xénon 133, le xénon 135, le krypton 85 et le xénon 131. Ce sont des gaz inertes, ils ne sont donc pas retenus par les systèmes de filtration (filtres très haute efficacité THE et pièges à iodes).
- Le tritium est un isotope radioactif de l'hydrogène. C'est un émetteur bêta (électron) de faible énergie. Il est rejeté par les CNPE et très majoritairement issu de l'activation neutronique d'éléments tels que le bore 10 et le lithium 6 présents dans le fluide primaire.
- Le carbone 14 présent dans les rejets des CNPE est produit essentiellement par activation de l'oxygène 17 présent dans l'eau du circuit primaire. Une part plus faible est produite par l'activation de l'azote 14 dissous dans l'eau du circuit primaire.
- Les iodes présents dans les rejets d'effluents radioactifs du CNPE (principalement l'iode 131 et l'iode 133) sont des produits de fission, créés dans le combustible par fission des atomes d'uranium ou de plutonium.
- Les autres produits de fission (PF) et produits d'activation (PA) émetteurs β ou γ , correspondent principalement au césium et au cobalt.

Pour les autres installations nucléaires du site (déconstruction notamment), les effluents sont issus de la ventilation des zones nucléaires et des procédés mis en œuvre dans l'installation. Les effluents sont canalisés, filtrés et surveillés en continu. Le rejet est réalisé par des cheminées dédiées de l'installation.

a. Règles spécifiques de comptabilisation

Ces règles s'appuient en premier lieu sur la définition de « spectres de référence », en fonction du type de rejet (liquides ou atmosphériques). Ces rejets sont constitués d'une liste de radionucléides à identifier par les moyens de mesure adéquats. Cette liste a été déterminée par une étude réalisée de 1996 à 1999 sur l'ensemble du parc des CNPE d'EDF. Toutes les substances identifiées dans plus de 90 % des analyses figurent dans cette liste. Des radionucléides comme l'iode, peu présents dans les rejets, figurent également dans cette liste, mais pour des raisons historiques.

La deuxième règle fondamentale consiste à déclarer obligatoirement une activité rejetée pour les radionucléides appartenant à ces différents « spectres de référence ». Les radionucléides dont l'activité mesurée est inférieure au seuil de décision¹ donnent lieu à une comptabilisation d'activité rejetée égale au SD.

Les cumuls mensuels sont établis par sommation des activités rejetées pour chacun des rejets d'effluents du mois considéré. Les cumuls annuels sont égaux à la somme des cumuls mensuels.

b. Spectre de référence des rejets radioactifs à l'atmosphère

Le bilan des rejets d'effluents réalisés à l'atmosphère est déterminé pour chacune des cinq familles de radionucléides réparties comme suit :

- les gaz rares,
- le Tritium,
- le Carbone 14,
- les lodes,
- les autres produits de fission ou d'activation émetteurs bêta et/ou gamma (PF-PA).

Le tableau ci-dessous est un rappel du spectre de référence des rejets radioactifs à l'atmosphère.

Paramètres	Radionucléide			
	⁴¹ Ar			
	⁸⁵ Kr			
Gaz rares	^{131m} Xe			
Gaziales	¹³³ Xe			
	¹³⁵ Xe			
	^{133m} Xe			
Tritium	³ H			
Carbone 14	¹⁴ C			
lodes	131			
loues	133			
	⁵⁸ Co			
Produits de fission et	⁶⁰ Co			
d'activation	¹³⁴ Cs			
	¹³⁷ Cs			

¹ D'après le Bilan de l'état radiologique de l'environnement français de l'IRSN: « Le seuil de décision est la valeur minimale que doit avoir la mesure d'un échantillon pour que le métrologiste puisse « décider » que cette activité est présente et donc mesurée. En dessous de cette valeur, l'activité de l'échantillon est donc trop faible pour être estimée. Ce seuil de décision dépend de la performance et du rayonnement ambiant autour des moyens métrologiques utilisés. »

Rapport environnemental annuel –2019 – CNPE de Bugey

Pour les autres installations nucléaires du site (l'unité de déconstruction Bugey 1), le spectre de référence est rappelé ci-dessous.

Paramètres	Radionucléide
Tritium	³ H
Carbone 14	¹⁴ C
Produits de fission et	⁶⁰ Co
d'activation	⁵⁵ Fe
	⁶³ Ni
Alpha	²³⁸ Pu
	²³⁹ Pu
	²⁴⁰ Pu
	²⁴¹ Am

c. Cumul mensuel

Les cumuls mensuels des rejets d'effluents radioactifs pour les tranches en fonctionnement à l'atmosphère sont donnés dans le tableau suivant.

	Volumes rejetés (m³)	Activités gaz rares (GBq)	Activité Tritium (GBq)	Activité Carbone 14 (GBq)	Activités lodes (GBq)	Activités Autres PF et PA (GBq)
Janvier	355 000 000	47,71	62,39		0,002	2,24.10 ⁻⁴
Février	318 000 000	47,98	57,47	151,8	0,001	1,69.10 ⁻⁴
Mars	348 000 000	63,8	58,97		0,006	2,11.10 ⁻⁴
Avril	355 000 000	40,51	74,16		0,005	1,94.10 ⁻⁴
Mai	358 000 000	51,25	65	62,44	0,001	2,86.10 ⁻⁴
Juin	337 000 000	47,72	52,93	-	0,001	2,98.10-4
Juillet	347 000 000	89,95	77,4		0,0014	3,01.10 ⁻⁴
Août	366 000 000	153,3	92,83	166	0,0023	3,48.10 ⁻⁴
Septembre	357 000 000	56,95	82		0,0013	2,84.10 ⁻⁴
Octobre	354 000 000	45,83	75,11		0,001	3,49.10 ⁻⁴
Novembre	346 000 000	44,22	53,7	87,33	0,007	2,36.10 ⁻⁴
Décembre	406 000 000	73,86	69,97	1	0,006	3,36.10 ⁻⁴
TOTAL ANNUEL	4 250 000 000	777	821,9	467,5	0,036	0,0032

Il a été vérifié que les rejets ne présentent pas d'activité volumique alpha globale d'origine artificielle supérieure aux seuils de décision.

Excepté les mesures de l'activité bêta globale du filtre de l'exutoire 0 KRT 801 ED (nouvelle cheminée du bâtiment de conditionnement des déchets) révélant la présence de Cobalt 60, ayant fait l'objet de l'ESS résumé dans la partie I, les rejets au niveau des cheminées annexes ne présentent pas d'activité volumique bêta globale d'origine artificielle supérieure à celle naturellement présente dans l'air ambiant.

Pour les autres installations nucléaires du CNPE (l'unité de déconstruction Bugey 1), les cumuls mensuels sont donnés dans le tableau suivant.

	Volumes rejetés (m³)	Activité Tritium (GBq)	Activité Carbone 14 (GBq)	Activités Autres PF et PA (GBq)	Activités émetteurs Alpha (GBq)
Janvier	54 300 000	0,09		5,09.10 ⁻⁵	1,53.10 ⁻⁶
Février	44 400 000	0,07	0,06	5,11.10 ⁻⁵	1,34.10 ⁻⁶
Mars	50 400 000	0,1		2,94.10 ⁻⁵	1,39.10 ⁻⁶
Avril	46 400 000	0,02		3,46.10 ⁻⁵	1,01.10 ⁻⁶
Mai	51 800 000	0,03	0,4	9,33.10 ⁻⁶	7,48.10 ⁻⁷
Juin	50 600 000	0,02		1,49.10 ⁻⁵	8,63.10 ⁻⁷
Juillet	48 500 000	0,03		3,93.10 ⁻⁵	8,82.10 ⁻⁷
Août	52 000 000	0,04	0,17	4,5.10 ⁻⁵	9,32.10 ⁻⁷
Septembre	47 200 000	0,03		3,9.10 ⁻⁵	1,1.10 ⁻⁶
Octobre	47 000 000	0,02		3,96.10 ⁻⁵	7,34.10 ⁻⁷
Novembre	43 300 000	0,02	0,019	3,41.10 ⁻⁵	7,78.10 ⁻⁷
Décembre	45 600 000	0,03		3,88.10 ⁻⁵	7,22.10 ⁻⁷
TOTAL ANNUEL	582 000 000	0,5	0,649	4,76.10 ⁻⁴	1,2.10 ⁻⁵

d. Comparaison pluriannuelle et au prévisionnel

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets de l'année 2019 avec les valeurs des années précédentes et celles du prévisionnel 2019 pour les tranches en fonctionnement.

	Rejets par catégorie de radionucléides (GBq)					
Année	Gaz rares	Tritium	Carbone 14	lodes	Autres produits de fission et d'activation	
2017	826	594	439	0,05	0,003	
2018	704	727	594	0,037	0,003	
2019	777 *	822	468	0,036	0,003	
Prévisionnel 2019	2 700 *	900	600	0,05	0,003	

<u>Commentaires</u>: * Lors de l'élaboration du prévisionnel de rejets en janvier 2019, une présomption de défaut de gainage sur l'unité de production n°4 avait été prise en compte pour l'estimation des rejets de tritium et gaz rares. Finalement les rejets en gaz rares ont été moins importants que dans le passé lors d'évènements similaires.

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets de l'année 2019 avec les valeurs des années précédentes et celles du prévisionnel 2019 pour l'unité en déconstruction Bugey 1.

	Rejets par catégorie de radionucléides (GBq)				
Année	Tritium	Carbone 14	Autres produits de fission et d'activation	Emetteurs Alpha	
2017	1,15	0,45	5,84.10 ⁻⁴	1,84.10 ⁻⁵	
2018	1,22	0,87	5,88.10 ⁻⁴	1,83.10 ⁻⁵	
2019	0,48	0,64	4,76.10 ⁻⁴	1,2.10 ⁻⁵	
Prévisionnel 2019	2	1	0,0005	0,00002	

<u>Commentaires</u>: l'écart observé entre les rejets en tritium et le prévisionnel établi est dû à une évolution de la comptabilisation et des méthodes d'analyses employées, qui a eu pour effet d'améliorer les limites de détection et ainsi diminuer les seuils de décision. Or la plupart des valeurs de rejets de tritium étaient déclarées égales au seuil de décision, d'où une forte diminution des valeurs de rejets de tritium, sans que les rejets aient réellement évolué. Ces nouvelles méthodes seront prises en compte dans l'élaboration du prévisionnel 2021.

e. Comparaison aux valeurs limites

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets de l'année 2019 avec les valeurs limites de rejets fixées par la décision n°2014-DC-0443 de l'ASN.

		Limites annue	elles de rejet	Rejet		
Paramètres	Localisation prélèvement (par cheminée principale)	Prescriptions	Valeur	Valeur maximale	Valeur moyenne	
	Réacteurs		50,000,000	400,000	50,000	
	n°2 et 3	Débit d'activité	50 000 000	108 000	56 900	
Gaz rares	Réacteurs n°4 et 5	(Bq/s)	50 000 000	1 200 000	365 000	
	Global site		100 000 000	1 240 000	422 000	
	Réacteurs n°2-3-4 et 5	Activité annuelle rejetée (GBq)	60 000	7	77	
Carbone 14	Réacteur n°1	Activité annuelle rejetée (GBq)	1,5	0,	64	
	Réacteurs n°2-3-4 et 5	Activité annuelle rejetée (GBq)	2 200	46	37,5	
	Réacteur n°1		110 000	47,8	19,5	
	Réacteurs n°2 et 3	Débit d'activité	4 400 000	18 000	13 600	
Tritium	Réacteurs n°4 et 5	(Bq/s)	4 400 000	32 100	17 500	
	Global site		10 000 000	44 000	31 100	
	Réacteur n°1	Activité annuelle	100	0	,48	
	Réacteurs n°2-3-4 et 5	rejetée (GBq)	8 000	8	22	
	Réacteurs n°2 et 3	Débit d'activité	500	8,56	2,44	
lodes	Réacteurs n°4 et 5	(Bq/s)	500	2,69	0,73	
	Global site		1 000	9,21	3,16	
	Réacteurs n°2-3-4 et 5	Activité annuelle rejetée (GBq)	1,2		036	
	Réacteur n°1		480	0,0095	0,007	
Autres	Réacteurs n°2 et 3	Débit d'activité	170	0,091	0,076	
produits de fission et	Réacteurs n°4 et 5	(Bq/s)	170	0,088	0,07	
produits	Global site		1 000	0,172	0,152	
d'activation	Réacteur n°1	Activité annuelle rejetée (GBq)	0,4	4,76	6.10 ⁻⁴	
	Réacteurs n°2-3-4 et 5	Activité annuelle rejetée (GBq)	0,28	0,003		
Alpha	Réacteur n°1	Activité annuelle rejetée (GBq)	0,00015	1,2	.10 ⁻⁵	

<u>Commentaires</u>: Les rejets radioactifs à l'atmosphère respectent les valeurs limites de rejets de la décision n°2014-DC-0443 de l'ASN. Les débits instantanés ont respecté les valeurs de la décision n°2014-DC-0443 de l'ASN tout au long de l'année 2019.

2. Evaluation des rejets diffus d'effluents à l'atmosphère radioactifs

Les rejets radioactifs diffus ont notamment pour origine :

- les évents de réservoirs d'entreposage des effluents radioactifs (T, S), le réservoir de stockage de l'eau borée pour le remplissage des piscines,
- les rejets de vapeur du circuit secondaire par le système de décharge à l'atmosphère, susceptibles de renfermer de la radioactivité en cas d'inétanchéité des tubes de générateurs de vapeur.

Ces rejets, ne transitant pas par la cheminée instrumentée, sont dits « diffus », et font l'objet d'une estimation mensuelle par calcul visant notamment à s'assurer de leur caractère négligeable.

Les cumuls mensuels des rejets diffus d'effluents radioactifs à l'atmosphère sont donnés dans le tableau suivant.

		Rejets de vapeur du circuit secondaire			s au nivea s des rése treposage s liquides que des ré e refroidis es piscine	ervoirs e des Ex, T et éservoirs essement
	Tritium	Iodes	Volume	Tritium	lodes	Volume
	(GBq)	(GBq)	(m ³⁾	(GBq)	(GBq)	(m³)
Janvier	0	0	140	0,071	0	12 077
Février	0	0	0	0,079	0	7 515
Mars	0	0	3 930	0,086	0	6 421
Avril	0,087	0,087 0 2 350			0	19 850
Mai	0	0	3 930	0,086	0	27 490
Juin	0	0	1 720	0,077	0	23 262
Juillet	0	0	5 870	0,033	0	29 502
Août	0	0	6 410	0,076	0	38 860
Septembre	0	0	8 030	0,026	0	30 036
Octobre	0	0	0	0,029	0	22 235
Novembre	0,025	0,025 0 666			0	25 083
Décembre	0	0 0 3 080			0	27 728
TOTAL ANNUEL	0,112	0	36 126	0,663	0	270 059

3. Rejets diffus d'effluents à l'atmosphère non radioactifs

Les CNPE engendrent également des rejets d'effluents à l'atmosphère non radioactifs dont les origines sont :

- Le lessivage chimique des générateurs de vapeur : l'encrassement des générateurs de vapeur peut nécessiter un lessivage chimique à l'origine de rejets chimiques à l'atmosphère (ammoniac...) qui nécessitent une autorisation administrative ; ces rejets sont, soit mesurés, soit estimés par calcul en fonction des quantités de produits chimiques utilisés.
- Les émissions des groupes électrogènes de secours : les groupes électrogènes de secours composés de moteurs diesel, les Turbines à Combustion (TAC) et les Diesels d'Ultime Secours (DUS) fonctionnant au gasoil sont destinés uniquement à alimenter des systèmes de sécurité et/ou à prendre le relais de l'alimentation électrique principale en cas de défaillance de celle-ci. Ils ont donc un rôle majeur en termes de sûreté nucléaire. Les émissions des gaz de combustion (SOx) de ces matériels de petites puissances sont faibles sachant qu'ils ne fonctionnent que peu de temps (moins de 50 h/an par diesel) lors des essais périodiques ou d'incidents.
- Les émissions de fluides frigorigènes. En effet, un CNPE est équipé de groupes frigorifiques pour assurer la production d'eau glacée et pour la réfrigération des locaux techniques et administratifs. Ces matériels utilisent des produits pouvant accroître l'effet de serre. Le fonctionnement des matériels et les opérations de maintenance peuvent conduire à des émissions de fluides frigorigènes. Ces émissions sont réglementairement déclarées et comptabilisées et des actions sont prises pour remédier à la situation.
- Les opérations de maintenance effectuées dans les bâtiments réacteur des CNPE : Lors de ces opérations, une quantité plus ou moins importante de calorifuges est remplacée par des produits neufs. Pendant les phases de montée en température correspondant à la remise en service des installations, certains types de calorifuges émettent, par dégradation thermique, des vapeurs formolées dans l'enceinte, qui peuvent être à l'origine de rejets de monoxyde de carbone.
- Le conditionnement de circuit à l'arrêt : à l'occasion des arrêts de tranche pour une durée supérieure à une semaine, la conservation humide des générateurs de vapeur permet de s'affranchir du risque de corrosion des matériaux constitutifs et de disposer d'une barrière biologique (écran d'eau) pour réaliser des travaux environnants. Les générateurs de vapeur sont alors remplis avec de l'eau déminéralisée conditionnée à l'hydrazine et additionnée avec de l'ammoniaque dans des proportions définies dans les spécifications chimiques de conservation à l'arrêt.

a. Rejets d'oxyde de soufre

La quantité annuelle évaluée d'oxyde de soufre (SOx) rejetée dans l'atmosphère lors du fonctionnement périodique des groupes électrogènes de secours (moteurs Diesels), ayant consommé 122 m³ de carburant (GNR), de la turbine à combustion (TAC) ayant consommé 15 m³ de kérosène et des diesels d'ultime secours (DUS) ayant consommé 132 m³ de GNR, au total sur les 4 tranches pour 2019 est de :

Paramètre	Unité	Groupes électrogènes	TAC (Turbine à combustion)	Diesels ultimes de secours	TOTAL
SOx	kg	2	76	2	80

b. Rejets de formaldéhyde et de monoxyde de carbone

En 2019, 69 m³ de calorifuges dans les enceintes des bâtiments réacteurs 3 et 4 ont été renouvelés.

Ce volume donne une estimation des concentrations maximales ajoutées dans l'atmosphère.

Concentration calculée	Unité	Paramètres	Circuit de balayage de l'enceinte en marche (EBA)	Circuit de balayage de l'enceinte à l'arrêt (ETY)
Concentration maximale		Formaldéhyde	7,6.10 ⁻³	1,8.10 ⁻⁴
ajoutée dans l'atmosphère	mg/m ³	Monoxyde de carbone	7,1.10 ⁻³	1,7.10 ⁻⁴

c. Rejets de substances volatiles en lien avec le conditionnement de circuits à l'arrêt

L'estimation du rejet des espèces volatiles est la suivante :

Paramètre	Unité	TOTAL
Ammoniac	lea	307
Morpholine	кg	66

d. Bilan des émissions gaz à effet de serre et de fluides frigorigènes

Un bilan des émissions de gaz à effet de serre et de fluides frigorigènes est réalisé annuellement par le CNPE. L'estimation des émissions de gaz à effet de serre et de fluides frigorigènes est la suivante pour 2019 :

Paramètre	Unité	TOTAL
Chloro-fluoro-carbone (CFC)		0
Hydrogéno-chloro-fluor-carbone (HCFC)	Ka	0
Hydrogéno-fluoro-carbone (HFC)	Kg	201,7
Hexafluorure de soufre (SF6)		2,4

4. Principales opérations de maintenance intervenues sur les équipements et ouvrages de rejets d'effluents à l'atmosphère

L'année 2019 n'a pas été concernée par des actions de maintenance (hors maintenance programmée) et aucune intervention ou opération de maintenance anticipée n'ont été nécessaires.

5. Opérations exceptionnelles de rejets d'effluents à l'atmosphère

Le CNPE de Bugey n'a pas réalisé d'opération exceptionnelle de rejets d'effluents à l'atmosphère en 2019.

II. Rejets d'effluents liquides

1. Rejets d'effluents liquides radioactifs

Lorsque l'on exploite un CNPE en fonctionnement, des effluents liquides radioactifs sont produits :

- Les effluents provenant du circuit primaire dits « effluents primaires hydrogénés » contiennent des gaz de fission (xénons, iodes, césiums, ...) et des produits d'activation (cobalts, manganèse, tritium, carbone 14...) et de fission. Ces effluents sont essentiellement produits en phase d'exploitation du fait des mouvements d'eau primaire effectués lors des variations de puissance ou de l'ajustement des paramètres chimiques de l'eau du réacteur...).
- Les effluents issus des circuits auxiliaires dits « effluents usés » constituent le reste des effluents. Ils résultent principalement des opérations de maintenance nécessitant des vidanges de circuit (filtres, déminéraliseurs, échangeurs...), des opérations d'évacuation du combustible usé et de conditionnement des résines usées, des actions de maintien de la propreté des installations (lavage du sol et du linge).

La totalité de ces effluents est collectée, puis traitée, pour retenir l'essentiel de la radioactivité.

Les effluents issus du circuit primaire sont dirigés vers le circuit de Traitement des Effluents Primaires (TEP). Celui-ci comprend une chaîne de filtration et de déminéralisation, un dégazeur permettant d'envoyer les gaz dissous vers le système de Traitement des Effluents Gazeux (TEG), et une chaîne d'évaporation permettant de séparer l'effluent traité en un distillat (eau) d'activité volumique faible pouvant être recyclé ou rejeté le cas échéant, et en un concentrat renfermant le bore, qui est généralement recyclé vers le circuit primaire.

Les effluents liquides oxygénés recueillis dans les puisards des différents locaux sont dirigés vers le circuit de Traitement des Effluents Usés (TEU) où ils sont traités. Collectés sélectivement suivant plusieurs catégories (résiduaires, chimiques, planchers, servitudes), le traitement de ces effluents, approprié à leurs caractéristiques physico-chimiques, peut se faire:

- par filtration et déminéralisation (résines échangeuses d'ions) permettant de retenir l'essentiel de la radioactivité,
- sur chaîne d'évaporation, permettant d'obtenir d'une part un distillat épuré chimiquement et d'activité faible, et d'autre part un concentrat composé principalement d'acide borique,
- par filtration pour les drains de planchers et servitudes (laverie, douches...) peu radioactifs.

Les effluents sont ensuite acheminés vers des réservoirs d'entreposage dénommés réglementairement T ou S, où ils sont analysés, sur le plan radioactif et sur le plan chimique, avant d'être rejetés, en respectant la réglementation.

Les eaux issues des salles des machines (groupe turbo-alternateur) ne sont pas considérées comme des effluents radioactifs au sens de la réglementation (article 2.3.3 de la décision n°2017-DC-0588). Ces eaux sont collectées sans traitement préalable vers des réservoirs dénommés réglementairement Ex où elles sont contrôlées avant d'être rejetées.

Pour les autres installations nucléaires (déconstruction notamment), des effluents liquides radioactifs peuvent être générés par les procédés mis en œuvre. Ces effluents sont récoltés, stockés, traités et contrôlés avant rejet. Les rejets sont surveillés en continu et réalisés en concertation avec les autres rejets pour l'ensemble du site.

a. Règles spécifiques de comptabilisation

Ces règles s'appuient en premier lieu sur la définition de « spectres de référence », en fonction du type de rejet (liquides ou atmosphériques). Ces rejets sont constitués d'une liste de radionucléides à identifier par les moyens de mesure adéquats. Cette liste a été déterminée par une étude réalisée de 1996 à 1999 sur l'ensemble du parc des CNPE d'EDF. Toutes les substances identifiées dans plus de 90 % des analyses figurent dans cette liste. Des radionucléides comme l'iode, peu présents dans les rejets, figurent également dans cette liste, mais pour des raisons historiques.

La deuxième règle fondamentale consiste à déclarer obligatoirement une activité rejetée pour les radionucléides appartenant à ces différents « spectres de référence ». Les radionucléides dont l'activité mesurée est inférieure au seuil de décision¹ donnent lieu à une comptabilisation d'activité rejetée égale au SD.

Les cumuls mensuels sont établis par sommation des activités rejetées pour chacune des catégories d'effluents du mois considéré (T, S, Ex). Les cumuls annuels sont égaux à la somme des cumuls mensuels.

Rapport environnemental annuel –2019 – CNPE de Bugey

¹ D'après le Bilan de l'état radiologique de l'environnement français de l'IRSN: « Le seuil de décision est la valeur minimale que doit avoir la mesure d'un échantillon pour que le métrologiste puisse « décider » que cette activité est présente et donc mesurée. En dessous de cette valeur, l'activité de l'échantillon est donc trop faible pour être estimée. Ce seuil de décision dépend de la performance et du rayonnement ambiant autour des moyens métrologiques utilisés. »

b. Spectre de référence des rejets d'effluents radioactifs liquides

Le bilan des rejets d'effluents radioactifs liquides est déterminé pour chacune des quatre familles de radionucléides réparties comme suit :

- le Tritium,
- le Carbone 14,
- les lodes,
- les autres produits de fission ou d'activation émetteurs bêta et/ou gamma (PF-PA).

Le tableau ci-dessous est un rappel du spectre de référence des rejets radioactifs liquides pour les tranches en fonctionnement.

Paramètres	Radionucléide		
Tritium	³ H		
Carbone 14	¹⁴ C		
lodes	131		
	⁵⁴ Mn		
	⁶³ Ni		
	⁵⁸ Co		
	⁶⁰ Co		
Produits de fission et	^{110m} Ag		
ďactivation	^{123m} Te		
	¹²⁴ Sb		
	¹²⁵ Sb		
	¹³⁴ Cs		
	¹³⁷ Cs		

Pour les autres installations nucléaires du site (l'unité de déconstruction Bugey 1), le spectre de référence est rappelé ci-dessous.

Paramètres	Radionucléide	
Tritium	³ H	
	⁵⁸ Co	
Produits de fission et	¹³⁷ Cs	
d'activation	⁶³ Ni	
	⁵⁵ Fe	

c. Cumul mensuel

Le cumul mensuel des rejets d'effluents radioactifs liquides pour les tranches en fonctionnement est donné dans le tableau suivant :

	Volumes rejetés (m³)	Activité Tritium (GBq)	Activité Carbone 14 (GBq)	Activités lodes (GBq)	Activités Autres PF et PA (GBq)
Janvier	28 600	5 550	1,083	0,0013	0,082
Février	27 800	6 200	1,336	0,0013	0,051
Mars	28 200	6 800	1,324	0,0011	0,083
Avril	19 800	3 610	0,737	0,0008	0,088
Mai	33 300	6 000	1,093	0,0018	0,124
Juin	30 200	5 850	3,253	0,0005	0,189
Juillet	38 600	2 450	1,707	0,0017	0,111
Août	36 100	5 080	1,577	0,0016	0,136
Septembre	35 200	1 780	0,804	0,0017	0,131
Octobre	24 600	2 170	0,674	0,0009	0,125
Novembre	28 200	3 420	0,579	0,0011	0,119
Décembre	34 900	7 880	2,245	0,0018	0,208
TOTAL ANNUEL	365 500	56 790	16,412	0,0156	1,44

Il a été vérifié que les rejets ne présentent pas d'activité volumique alpha globale d'origine artificielle supérieure aux seuils de décision.

Le cumul mensuel des rejets d'effluents radioactifs liquides pour l'unité en déconstruction Bugey 1 est donné dans le tableau suivant :

	Volumes rejetés (m³)	Activité Tritium (GBq)	Activités Autres PF et PA (GBq)	
Janvier	0	0	0	
Février	0	0	0	
Mars	96	0,0125	0,0009	
Avril	0	0	0	
Mai	0	0	0	
Juin	0	0	0	
Juillet	0	0	0	
Août	0	0	0	
Septembre	0	0	0	
Octobre	0	0	0	
Novembre	0	0	0	
Décembre	0	0	0	
TOTAL ANNUEL	96	0,0125	0,0009	

<u>Commentaires</u>: sur 2019 un seul réservoir de stockage d'effluents liquides a été vidangé pour l'unité en déconstruction Bugey 1, en mars.

d. Comparaison pluriannuelle et au prévisionnel

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejet de l'année 2019 avec les valeurs des années précédentes et celles du prévisionnel 2019 pour les tranches en fonctionnement.

	Rejets par catégorie de radionucléides (GBq)				
	Tritium Carbone 14 lodes Autres PA et PF				
2017	48 900	11,9	0,017	0,99	
2018	49 700	15,3	0,018	1,41	
2019	56 790	16,412	0,0156	1,44	
Prévisionnel 2019	60 000	25	0,02	1,4	

<u>Commentaires</u>: Les rejets radioactifs liquides sont cohérents avec les valeurs du prévisionnel 2019.

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejet de l'année 2019 avec les valeurs des années précédentes et celles du prévisionnel 2019 pour l'installation en déconstruction Bugey 1.

Année	Rejets par catégorie de radionucléides (GBq) Tritium Autres PA et PF						
2017	3	0,9					
2018*	0	0					
2019	0,0125**	0,0009					
Prévisionnel 2019	0,005	0,9					

Commentaires: * Pas de rejet radioactif liquide sur Bugey 1 en 2018.

** Le dépassement du prévisionnel de rejets liquides de tritium du réacteur n°1 est dû au peu de retour d'expérience disponible pour établir le prévisionnel, suite à une modification d'exploitation réalisée fin 2015, qui a conduit à diminuer fortement le volume d'effluents rejeté annuellement. Ainsi depuis 2016, un seul rejet liquide a été réalisé, en 2017. Le prévisionnel 2019 avait été établi sur la base de cet unique rejet. Ce nouveau rejet a été considéré pour affiner les prévisions de rejets pour 2020.

e. Comparaison aux limites

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets de l'année 2019 avec les valeurs limites de rejets fixées par la décision n°2014-DC-0443 de l'ASN pour les tranches en fonctionnement.

	Limites annuelles of	Rejet	
Paramètres	Prescriptions Valeur		Valeur maximale (GBq)
Tritium	Activité annuelle rejetée (GBq)	90 000	56 790
Carbone 14	Activité annuelle rejetée (GBq)	260	16,412
lodes	Activité annuelle rejetée (GBq)	0,4	0,0156
Autres PA et PF	Activité annuelle rejetée (GBq)	36	1,44

Commentaires: Les limites réglementaires de rejets ont été respectées.

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets de l'année 2019 avec les valeurs limites de rejets fixées par la décision n°2014-DC-0443 de l'ASN pour l'unité en déconstruction Bugey 1.

	Limites annuelles de rej	Rejet	
Paramètres	Prescriptions	Valeur	Valeur maximale (GBq)
Tritium	Activité annuelle rejetée	0,2	0,0125
Autres PA et PF	Activité annuelle rejetée	0,01	0,0009

Commentaires : Les limites réglementaires de rejets ont été respectées.

f. Surveillance des eaux de surface

Des prélèvements d'eau du Rhône sont réalisés lors de chaque rejet d'effluents liquides radioactifs (à mi-rejet). Des prélèvements journaliers sont également réalisés en dehors des périodes de rejet. Plusieurs analyses sont réalisées sur ces échantillons d'eau filtrée (mesure de l'activité alpha globale, bêta globale, du tritium et de la teneur en potassium sur l'eau et mesures de l'activité bêta globale sur les matières en suspension). Ces analyses permettent de s'assurer du respect des valeurs d'activité volumique limites fixées par la réglementation.

Les résultats des mesures réalisées sur les eaux de surface pour l'année 2019 sont donnés dans le tableau suivant (valeurs moyennes et maximales).

		Activité volumique horaire à mi-rejet		Activité volumique : moyenne journalière			
	Paramètre analysé	Valeur moyenne mesurée en 2019	Valeur maximale mesurée en 2019	Limite réglementaire	Valeur moyenne mesurée en 2019	Valeur maximale mesurée en 2019	Limite réglementaire
Eau filtrée	Activité bêta globale	0,23 Bq/L	0,4 Bq/L	2 Bq/L ⁽⁴⁾	-	-	_(3)
	Tritium	107 Bq/L	180 Bq/L	280 Bq/L	43,5 Bq/L	120 Bq/L	140 ⁽¹⁾ / 100 ⁽²⁾ Bq/L
	Potassium	2,1 mg/L	3,1 mg/L	_ (3)	-	1	_(3)
Matières en suspension	Activité bêta globale	0,05 Bq/L	0,1 Bq/L	2 Bq/L ⁽⁴⁾	-	-	_(3)

⁽¹⁾ en présence de rejets radioactifs / (2) en l'absence de rejets radioactifs / (3) Pas de limite réglementaire pour ces paramètres / (4) limite pour l'activité bêta totale, sur eau filtrée et MES

<u>Commentaires</u>: Les mesures de surveillance dans les eaux de surface pour l'année 2019 sont cohérentes avec les valeurs attendues du fait des rejets d'effluents autorisés du CNPE. Les mesures d'activité bêta globale et de l'activité en tritium dans l'eau sont très inférieures aux limites réglementaires.

2. Rejets d'effluents liquides chimiques

Le fonctionnement d'un CNPE nécessite l'utilisation de substances chimiques et donne lieu à des rejets chimiques par voie liquide dans l'environnement.

Ces rejets d'effluents chimiques sont issus :

- des produits de conditionnement des circuits primaire, secondaire et auxiliaires utilisés pour garantir l'intégrité des matériels contre la corrosion (rejets chimiques associés aux effluents radioactifs ou non): ils sont rejetés via le canal de rejet 2/3 sur le site de Bugey,
- de la production d'eau déminéralisée, également rejetés via le canal 2/3,
- du traitement des eaux vannes (eaux rejetées par les installations domestiques),
- des traitements des circuits du refroidissement à l'eau brute contre les dépôts de tartre et le développement des micro-organismes, rejetés via le canal 4/5 du site de Bugey.

Les principales substances utilisées dans les circuits primaires et secondaires sont :

- l'acide borique (H₃BO₃) : le bore contenu dans cet acide est « avide » des neutrons produits lors de la réaction nucléaire. C'est une substance neutrophage, qui permet donc le contrôle de la réaction de fission et donc le pilotage du réacteur. Ce bore est dissous dans l'eau du circuit primaire.
- la lithine (LiOH) : ce produit est utilisé pour maintenir le pH du circuit primaire. En effet, le bore est sous forme acide. Pour éviter les effets de corrosion liés à cet acide, de la lithine est ajoutée à l'eau du circuit primaire afin d'ajuster le pH à celui de moindre corrosion. La concentration en lithine est donc directement liée à celle du bore.
- l'hydrazine (N₂H₄) : ce produit est utilisé principalement dans le circuit secondaire comme un agent anti-oxydant. Il permet d'éliminer l'oxygène dissous dans le mélange eau-vapeur, et ainsi maintenir là aussi un pH de moindre corrosion du circuit secondaire.
- La morpholine (C₄H₉NO), l'éthanolamine (C₂H₇NO) et l'ammoniaque (NH₄OH) sont des amines volatiles qui peuvent être employées, seules ou en combinaison, pour maintenir le bon pH dans le circuit secondaire. Elles complètent l'action de l'hydrazine. Le mode de conditionnement du circuit secondaire a évolué avec les années pour tenir compte du retour d'expérience interne et étranger. L'éthanolamine (C₂H₇NO), utilisée sur quelques CNPE, constitue une alternative intéressante à la morpholine, en particulier pour la protection des pièces internes des générateurs de vapeur et des purges des sécheurs-surchauffeurs de la turbine. Son utilisation est en cours de déploiement pour Bugey.
- le phosphate trisodique (Na₃PO₄) : comme l'hydrazine, le phosphate est utilisé pour le conditionnement des circuits de refroidissement intermédiaires.
- les détergents : ces produits sont régulièrement utilisés pour le nettoyage des locaux industriels ; qu'ils soient en ou hors zone contrôlée. Ils sont également utilisés à la laverie du CNPE pour le nettoyage des tenues d'intervention.

Les autres rejets chimiques réglementés ont pour origine le traitement des eaux potentiellement huileuses issues de la salle des machines, des transformateurs principaux. Les rejets des eaux pluviales sont également réglementés au niveau des émissaires de rejet.

Pour ce qui est des circuits de refroidissement des condenseurs semi-fermés, qui véhiculent de l'eau chaude dans laquelle peuvent se développer des salissures et des micro-organismes, des traitements biocide et anti-tartre sont mis en œuvre.

L'injection d'anti-tartre organique agit sur le processus de germination du tartre par un ralentissement de la vitesse de croissance des cristaux et permet de limiter également l'adhésion du tartre et des matières en suspension sur les parois des principaux composants des circuits de par son effet filmant et dispersant.

Il existe également des rejets chimiques résultant du traitement contre la prolifération des amibes *Naegleria fowleri* et des légionelles *Legionella pneumophila* qui sont :

- des composés liés à la fabrication de la monochloramine sur CNPE, tels que le sodium, les chlorures et l'ammonium issus respectivement de l'hypochlorite de sodium (NaOCI) et de l'ammoniaque (NH₄OH),
- des composés issus de la réaction du chlore de la monochloramine avec les matières organiques présentes dans l'eau circulant dans les circuits de refroidissement, tels que les AOX (dérivés organo-halogénés),
- des nitrites et nitrates liés à la décomposition de la monochloramine et à l'oxydation de l'azote réduit (ammonium).

Le résiduel en chlore total à maintenir en sortie de condenseur (paramètre de pilotage) est à l'origine du flux de Chlore Résiduel Total (CRT).

Les autres installations nucléaires du site (la structure en déconstruction Bugey 1 notamment) ne contribuent aux rejets d'effluents chimiques du site que pour une très faible part des rejets de métaux totaux issus de la corrosion des circuits.

a. Etat des connaissances sur la toxicité de la morpholine et de ses produits dérivés

Une évolution des connaissances sur la toxicité de la morpholine a été identifiée en 2019. De même, une substance formée à partir de la réaction de nitrosation d'un sous-produit de la morpholine a été identifiée récemment. Ces évolutions sont présentées ci-après.

Les principaux effets connus sont également rappelés ci-après :

- La morpholine a des propriétés irritantes (respiratoire, oculaire et cutané) et corrosives. Une Valeur Toxicologique de Référence (VTR) chronique par voie orale de 0,12 mg/kg/j a été établie par l'ANSES en 2019. Une mise à jour de l'évaluation de risque sanitaire suite à la prise en compte de cette VTR pour la morpholine a été réalisée. Elle conclut à une absence de risque sanitaire pour les populations riveraines et à des concentrations ajoutées faibles dans l'environnement.
- Les produits de dégradation de la morpholine sont constitués de composés carbonés : ions acétates, formiates, glycolates et oxalates, ainsi que de composés azotés : diéthanolamine, éthanolamine, méthylamine, pyrrolidine, diéthylamine, éthylamine, N-nitrosomorpholine. Il s'agit de substances qui sont faiblement toxiques dans les conditions de rejet. Aucune VTR issues des bases de données de référence n'est associée à ces substances à l'exception de la N-nitrosomorpholine.
- De plus, la morpholine peut notamment être transformée in vivo en Nnitrosomorpholine en présence de nitrites. Une VTR chronique par voie orale pour la N-nitrosomorpholine de 4 (mg/kg/j)⁻¹ a été établie par l'ANSES en 2012.
- De même, la pyrrolidine peut être transformée in vivo en N-nitrosopyrrolidine. Il s'agit d'une substance identifiée depuis le dernier rapport, formée à partir de la réaction de nitrosation d'un sous-produit de la morpholine, la pyrrolidine. Une VTR chronique par voie orale pour la N-nitrosopyrrolidine de 2,1 (mg/kg/j)-1 a été établie par l'US EPA en 1987. Une mise à jour de l'évaluation de risque sanitaire suite à la prise en compte de cette substance a été réalisée. Elle conclut à une absence de risque sanitaire pour les populations riveraines et à des concentrations ajoutées faibles dans l'environnement.

L'étude d'impact n'a pas mis en évidence de risque sanitaire attribuable aux rejets liquides de morpholine et de ses produits dérivés.

b. Règles spécifiques de comptabilisation

En application de l'article 3.2.7. -I. de la décision ASN n° 2013-DC-0360 modifiée, une nouvelle règle est appliquée à compter du 1er janvier 2015 pour la comptabilisation des quantités de substances chimiques rejetées. Cette règle consiste à retenir par convention une valeur de concentration égale à la limite de quantification divisée par deux lorsque le résultat de la mesure est en dessous de la limite de quantification des moyens métrologiques employés pour effectuer l'analyse.

c. Rejets d'effluents liquides chimiques via le canal de rejet 2/3

i. Cumul mensuel

Le cumul mensuel des rejets chimiques transitant par le canal de rejet 2/3 est donné dans le tableau suivant :

	Acide borique (kg)	Morpholine (kg)	Hydrazine (kg)	Lithine (kg)	Détergents (kg)	Azote (kg)	Phosphat es (kg)	Sodium (kg)	Chlorures (kg)	Métaux totaux (kg)	Sulfates (kg)	MES (kg)	DCO (kg)
Janvier	1 021	66,3	0,168	0,5	2,66	390,8	84,45	5 100	510	4,5	13 000		71
Février	234,6	57	0,164	0,48	3,01	331,3	50,12	4 600	500	4,4	12 000	1,88	70
Mars	592	63,6	0,128	0,84	3,08	356,3	79,54	4 300	510	3,1	10 000		180
Avril	562,8	39,1	0,098	0,44	2,62	227	84,13	3 800	440	4,9	9 700		180
Mai	1 255	58,8	0,162	0,58	4,31	282	60,5	4 900	600	5,9	13 000	3,3	82
Juin	1 358	78,2	0,279	1,5	3,07	310,4	57,77	6 200	660	8,6	15 000		170
Juillet	491,4	147,8	0,188	0,68	3,1	433,9	77,28	7 100	750	8,3	18 000		280
Août	174,3	97,5	0,179	0,63	3,03	347,6	59,05	6 600	690	6,5	16 000	3,9	90
Septembre	655,1	94,5	0,129	0,62	3,77	377,9	43,13	9 000	910	6,5	22 000	•	90
Octobre	623	58	0,079	0,43	1,97	504,6	45,65	4 400	480	4,6	11 000		190
Novembre	1 179	68,4	0,096	0,5	2,3	364,6	35,41	6 100	700	3,2	15 000	8	250
Décembre	2 710	62,1	0,154	0,61	2,51	317,3	78,84	5 400	670	7,6	14 000		300
TOTAL ANNUEL	10 856	891,3	1,8	7,81	35,4	4 245,7	755,87	67 500	7 420	71,6	168 700	17,08	1 953

ii. Comparaison pluriannuelle et au prévisionnel

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets d'effluents non radioactifs liquides de l'année 2019 avec les valeurs des années précédentes et celles du prévisionnel 2019 pour les tranches en fonctionnement.

Substances	Unité	2017	2018	2019	Prévisionnel 2019
Acide borique	kg	5 850	6 486	10 856*	10 000
Morpholine	kg	803	658	891,3*	800
Hydrazine	kg	2,9	2,9	1,8	2,8
Lithine	kg	11	18	7,8	(1)
Détergents	kg	32	37	35,4	50
Azote	kg	3 771	3 526	4 246	6 000
Phosphates	kg	943	781	756	800
Sodium	kg	66 200	70 320	67 500	70 000
Chlorures	kg	6 540	7 780	7 420	7 000
Métaux totaux	kg	59	60	71,6	(1)
Sulfates	kg	161 400	175 300	168 700	170 000
MES	kg	27	13,2	17,1	(1)
DCO	kg	1 469	1 125	1 953	(1)

⁽¹⁾ Pas de prévisionnel pour ces paramètres

Commentaires: *L'augmentation des rejets de morpholine et acide borique est due au nombre de mises à l'arrêt et redémarrages en 2019 suite à fortuits.

iii. Comparaison aux limites

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets de l'année 2019 avec les valeurs limites de rejets fixées par les décisions n°2014-DC-0443 et n°2014-DC-0442 de l'ASN.

	Limite	Re	jet	Limite	Rejet	Limite	Rejet	Limite	Rejet
Substances	Concentration maximale ajoutée (mg/l)	Valeur maximale (mg/l)	Valeur moyenne (mg/l)	Flux 24h (kg)	Valeur maximale (kg)	Flux 2h (kg)	Valeur maximale (kg)	Flux annuel ajouté (kg)	Flux annuel ajouté (kg)
Acide borique	3	0,18	0,09	2 100	560	500	110	23 000	10 856
Morpholine	0,28	0,043	0,007	27	11	(1)	-	2 090	891,3
Hydrazine	0,006	9,9.10 ⁻⁵	2,7.10 ⁻⁵	2,2	0,12	(1)	-	32	1,8
Détergents	0,36	4,3.10-4	1,9.10 ⁻⁴	135	1,4	60	0,28	8 000	35,4
Azote	0,3	0,28	0,036	120	39	(1)	-	8 900	4245,7
Phosphates	0,24	0,02	0,008	100	26	40	7,2	1 550	755,87
Sodium	1,8	0,54	0,34	820	470	(1)	-	(1)	67 500
Chlorures	0,11	0,07	0,04	150	64	(1)	-	(1)	7 420
Métaux totaux	0,006	8,6.10 ⁻⁵	1,3.10 ⁻⁵	2,4	1,5	(1)	-	55	71,6*
Sulfates	8,9	1,38	0,858	3 000	1 200	(1)	-	(1)	168 700
MES	0,25	0,003	0,0017	120	3,1	(1)	-	(1)	17,08
DCO	0,79	0,006	0,0006	450	45	(1)	-	(1)	1 953

⁽¹⁾ Pas de limite réglementaire pour ces paramètres

L'article 5.3.1 de la décision ASN n°2017-DC-0588 demande une évaluation de la quantité annuelle de lithine rejetée. En 2019, la quantité de lithine rejetée par le CNPE de Bugey est évaluée à 7,81 kg.

<u>Commentaires</u>: * Ce dépassement du flux annuel de métaux totaux en 2019 a été déclaré via une montée d'indice de l'ESE déclaré chaque année pour le dépassement du flux annuel, dont les causes sont identiques depuis 2015 et l'application des nouvelles décisions rejets sur le site (sous dimensionnement de la limite).

d. Rejets d'effluents liquides chimiques via le canal 4/5

Ce paragraphe présente les rejets de substances chimiques liés au traitement contre le tartre et au traitement biocide du CNPE de Bugey pour l'année 2019.

i. Cumul mensuel
 Le tableau ci-dessous présente les rejets mensuels pour chaque type de substances chimiques par voie liquide.

	Chlorures	Sodium	AOX	THM	CRT	Ammonium	Nitrites	Nitrates	Chlore	Sulfates	DCO (kg)	Antitartre
	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	libre (kg)	(kg)	DCO (kg)	organique (kg)
Janvier		1 950									29 700	29 700
Février	(1)	1 720	(1)		(1)	(1)	(1)	(1)			26 100	26 100
Mars		2 320									35 200	35 200
Avril	5 934	4 798	0		0	224	17	5 363			25 900	25 900
Mai	2 426	3 037	0		0	48	0	2 213			25 300	25 300
Juin	15 155	12 004	414		65	233	0	13 947			30 500	30 500
Juillet	9 415	7 795	43	(2)	0	65	0	8 619	(2)	(3)	25 769	25 769
Août	5 530	4 435	0	(2)	0	45	0	5 088	(2)	(0)	12 961	12 961
Septembre	4 986	4 909	13		0	159	11	4 550			25 536	25 536
Octobre	1 933	3 133	28		0	112	0	1 775			28 608	28 608
Novembre	(1)	2 450	(1)		(1)	(1)	(1)	(1)			37 400	37 400
Décembre	(1) 3 370	(1)		(1)	(1)	(1)	(1)			51 400	51 400	
TOTAL ANNUEL	45 378	53 687	498		65	886	28	41 554			354 375	354 375

⁽¹⁾ Pas de traitement biocide sur ces mois (2) Pas de chloration massive sur l'année (3) Pas de chloration massive ni de traitement antitartre à l'acide sur l'année

ii. Comparaison pluriannuelle et au prévisionnel

Les limites réglementaires relatives aux rejets des substances chimiques liées au traitement biocide sont réglementées par la décision n°2014-DC-0443 de l'ASN.

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets d'effluents liquides chimiques de l'année 2019 avec les valeurs des années précédentes et celles du prévisionnel 2019.

Paramètres	Unité	2017	2018	2019	Prévisionnel 2019				
Chlorures		43 479	31 899	45 378	55 000				
Sodium		44 031	44 021	53 687	85 000				
AOX		548	223	498	600				
THM		Pas de traitement par chloration massive							
CRT		314	160	65*	500				
Ammonium		566	643	886**	700				
Nitrites		862	285	28**	850				
Nitrates	ka	38 643	28 842	41 554	45 000				
Chlore libre (si	kg								
chloration		Pas	s de traiteme	nt par chlora	ation massive				
massive)									
Sulfates (si		Pas de	o traitomont	nar chloratic	on massive ni de				
chloration				•	sur ces années				
massive)		traite	ineni antitai	tie a i acide	sui ces ailliees				
DCO		243 480	355 270	354 375	(1)				
Antitartre		243 480	355 270	354 375	500 000				
organique		243 400	333 210	334 313	300 000				

⁽¹⁾ Pas de prévisionnel établi pour cette substance

<u>Commentaires</u>: * L'estimation du prévisionnel de rejets pour le CRT (comme pour les AOX) est toujours difficile à établir du fait de l'instabilité de cette substance, qui varie en fonction de la qualité d'eau et de la température.

^{**} Le dépassement du prévisionnel établi pour le flux d'ammonium est certainement dû à la présence de pics de rejets au moment des démarrages de traitement, phénomène que l'on peut observer lorsque l'écosystème du circuit et le cycle de l'azote ne sont pas tout à fait stabilisés. A contrario, l'absence de pic nitrite au démarrage des traitements en 2019 explique le très faible flux de nitrites rejetés.

iii. Comparaison aux limites et au prévisionnel

Le tableau ci-dessous présente les rejets annuels relatifs au traitement biocide à la monochloramine pour chaque type de substance chimique.

	Limite	Re	jet	Limite	Rejet	Limite	Rejet
Paramètres	Concentration maximale ajoutée au rejet (mg/L)	Valeur maximale (mg/L)	Valeur moyenne (mg/L)	Flux 24h ajouté (kg)	Valeur maximale (kg)	Flux annuel ajouté (kg)	Flux annuel (kg)
Chlorures	1,7	0,97	0,52	1 490	969	180 000	45 378
Sodium	1,7	0,74	0,42	1 480	770	380 000	53 687
AOX	0,05	0,03	0,013	40	27	1 500	499
THM	0,2	(1)	(1)	10	(1)	(3)	(1)
CRT	0,14	0,06	0,015	120	65	13 000	65
Ammonium				100	27	(3)	886
Nitrites	0,36	0,2	0,105	100	12	(3)	28
Nitrates				1 370	876	(3)	41 554
Chlore libre	0,1	(1)	(1)	(3)	(1)	(3)	(1)
Sulfates	29	(2)	(2)	25 000	(2)	520 000	(2)
DCO	4,5	2,7	1,88	3 900	2 450	(3)	354 375
Antitartre organique	3,5	2,7	1,88	3 000	2 450	(3)	354 375

⁽¹⁾ Pas de chloration massive sur l'année 2019 (2) Pas de chloration massive ni de traitement antitartre à l'acide sur l'année 2019 (3) Pas de limite réglementaire pour ces paramètres

Commentaires: RAS

3. Principales opérations de maintenance intervenues sur les équipements et ouvrages de rejets liquides

L'année 2019 n'a pas été concernée par des actions de maintenance (hors maintenance programmée) et aucune intervention ou opération de maintenance anticipée n'ont été nécessaires.

4. Opérations exceptionnelles de rejets d'effluents liquides

Le CNPE de Bugey n'a pas réalisé d'opération exceptionnelle de rejet d'effluents liquides chimiques en 2019.

III. Rejets thermiques

Dans un CNPE, le fluide « eau-vapeur » du circuit secondaire suit un cycle thermodynamique au cours duquel il échange de l'énergie thermique avec deux sources de chaleur, l'une chaude, l'autre froide.

Le circuit assurant le refroidissement du condenseur (circuit tertiaire) constitue la source froide dont la température varie entre 0 °C et 30 °C environ. La source froide, nécessaire au fonctionnement, peut être apportée :

- soit directement par l'eau prélevée en rivière (ou en mer) dans un circuit dit ouvert,
- soit indirectement par l'air ambiant au moyen d'un aéroréfrigérant dans un circuit dit semi-fermé.

En circuit ouvert, l'échauffement de l'eau (écart de température entre la sortie et l'entrée: $\Delta T^{\circ}C$) est lié à la puissance thermique (Pth) à évacuer au condenseur et au débit d'eau brute au condenseur (Q).

Afin de réduire le volume d'eau prélevée et limiter l'échauffement du milieu aquatique, le refroidissement peut se faire en circuit semi-fermé au moyen d'aéroréfrigérants. Dans un aéroréfrigérant, une grande part de la chaleur extraite du condenseur est transférée directement à l'atmosphère sous forme de chaleur latente de vaporisation (75 %) et sous forme de chaleur sensible (25 %). Le reste de la chaleur est rejeté au cours d'eau par la purge. La purge de l'aéroréfrigérant constitue donc le rejet thermique de l'installation.

Les contrôles destinés à s'assurer du respect des limites réglementaires s'appuient sur des calculs effectués à partir de paramètres physiques tels que le rendement thermodynamique, l'énergie électrique produite, les débits de rejet et du cours d'eau, pour estimer l'écart de température à ajouter à la température mesurée à l'amont.

1. En conditions climatiques normales

Les rejets thermiques issus du circuit de refroidissement du CNPE de Bugey et des différents circuits secondaires nécessaires à son fonctionnement doivent respecter les limites fixées dans la décision ASN n°2014-DC-0443. Le CNPE de Bugey réalise en continu des mesures de températures en amont, au rejet et en aval du CNPE et un suivi des rejets thermiques conformément aux autorisations de rejet en vigueur. Le bilan des valeurs mensuelles de ces différents paramètres pour l'année 2019 est présenté dans les tableaux suivants :

	Température moyenne journalière mesurée à			Echauffement moyen journalier (°C)	Température moyenne journalière calculée à l'aval (°C)		
	l'amont (°C) Max Min Moy			Max			
Janvier	7,2	4,4	5,4	6,7	12,2	6,6	9,4
Février	8,1	4,8	6,1	5,4	12,6	6,3	8,8
Mars	11,2	7	8,3	4,9	14	8,1	10,2
Avril	13,6	9,3	11,2	2,6	15,4	10,5	12,8
Mai	16,1	10,9	12,6	2,5	17,4	11,7	14
Juin	22,8	14	17,7	1,5	23,6	14,6	18,5
Juillet	24,3	20,4	22,5	1,4	25,8	20,7	23,9
Août	23	16,1	21,1	3,2	25,2	16,8	22,8
Septembre	22	18,4	19,9	5,2	24,3	20,2	23,2
Octobre	18,3	13,1	14,4	6,1	22,8	15,2	17,9
Novembre	14,6	8,7	10	5,2	16,9	10,5	12,3
Décembre	9,1	6,8	7,8	4	11,2	8,3	9,3

2. Comparaison aux limites

Les rejets thermiques doivent respecter les limites fixées à l'article EDF-BUG-161 de la décision ASN n°2014-DC-0443.

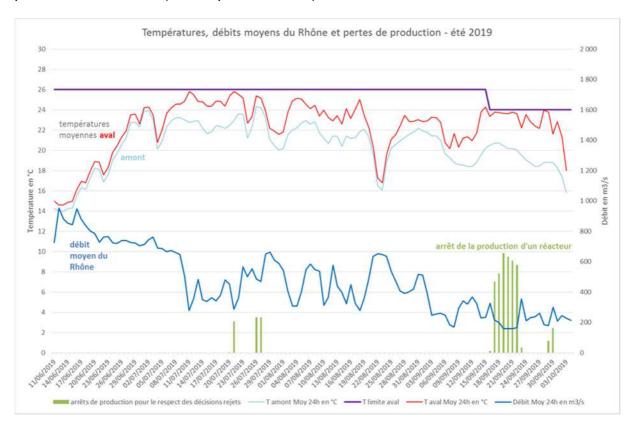
Paramètres	Unité	Limite en vigueur	Valeurs maximales
Température moyenne journalière aval	°C	Du 1 ^{er} mai au 15 septembre : 26°C	25,81
calculée		Du 16 septembre au 30 avril : 24°C	23,97
Echauffement moyen journalier	°C	Du 1 ^{er} mai au 15 septembre : 5°C	4,3
		Du 16 septembre au 30 avril : 7°C	6,7

<u>Commentaires</u>: les limites réglementaires associées aux rejets thermiques ont toujours été respectées.

3. Suivi de tendance des débits du Rhône et des rejets thermiques

Le graphique ci-après est présenté en réponse à la prescription [EDF-BUG-143] de la décision n°2014-DC-0442, il représente le débit moyen du Rhône sur la période estivale 2019 (en bleu foncé) ainsi que les températures moyennes observées chaque jour dans le Rhône à l'amont du CNPE (en bleu clair)

La courbe rouge représente la température moyenne journalière calculée à l'aval, sur laquelle porte la limite de 26°C (24°C à partir du 16/09).



4. En conditions climatiques exceptionnelles

Aucun épisode caniculaire nécessitant l'utilisation des limites en conditions climatiques exceptionnelles n'a eu lieu en 2019.

5. Principales opérations de maintenance intervenues sur les équipements et ouvrages de rejets thermiques

L'année 2019 n'a pas été concernée par des actions de maintenance (hors maintenance programmée) et aucune intervention ou opération de maintenance anticipée n'ont été nécessaires.

Partie V - Prévention du risque microbiologique

Le CNPE de Bugey peut être confronté au risque de prolifération de micro-organismes pathogènes pour l'homme, comme les amibes ou les légionelles, qui sont naturellement présents dans les cours d'eau en amont des installations et transitent par les circuits de refroidissement.

Ces micro-organismes trouvent en effet un terrain de développement favorable dans l'eau des circuits de refroidissement dits semi-fermés des CNPE. Ces circuits de refroidissement, équipés de tours aéroréfrigérantes, sont soumis depuis le 1^{er} avril 2017 à une réglementation commune, la décision ASN n° 2016-DC-0578 relative à la prévention des risques résultant de la dispersion de micro-organismes pathogènes, qui fixe des seuils à partir desquels des actions doivent être menées afin de rétablir les concentrations à des niveaux inférieurs.

Afin de limiter ces proliférations, le CNPE de Bugey applique un traitement biocide à l'eau des circuits de refroidissement depuis l'année 2002. Dans l'objectif de limiter l'impact sur l'environnement de ce traitement par injection de monochloramine, le CNPE de Bugey développe depuis plusieurs années une méthodologie de traitement séquentiel au lieu d'une injection continue. Cette méthode permet de maîtriser le risque microbiologique tout en diminuant de façon notable les quantités de produits chimiques rejetés.

Les résultats microbiologiques indiqués sont issus de l'exigence 5.4.1 de la décision ASN n°2016-DC-0578 dite « Amibes-Légionelles ». Pour corréler les résultats microbiologiques et le traitement biocide associés mis en place sur les CNPE, les exigences des décisions individuelles des CNPE liées à la surveillance et aux résultats de mesures du traitement biocide sont présentées également ci-dessous.

I. Bilan annuel des colonisations en circuit

Les valeurs maximales observées en 2019 en *Legionella pneumophila* mesurées en bassin, et en *Naegleria fowleri* calculées en aval dans le fleuve, sont détaillées dans le tableau ci-dessous.

Les résultats des analyses de suivi des concentrations en *Legionella pneumophila* et en *Naegleria fowleri* sont détaillés en annexe 1.

Paramètre	Valeur maximale observée en 2019	Seuil d'action
Legionella pneumophila	1 100 UFC/L mesuré en bassin	10 000 UFC / L
Naegleria fowleri	12 N.fowleri/L calculé dans le Rhône	100 N.fowleri / L

Pendant toute la durée du suivi microbiologique, la concentration en *Naegleria fowleri* calculée dans le Rhône après dilution du rejet n'a jamais atteint la valeur limite de 100 *Nf/L*, et la concentration en *Legionella pneumophila* dans les bassins n'a jamais atteint le seuil d'action de 10 000 UFC/L.

II. Synthèse des traitements biocides et rejets associés

Les données concernant les rejets associés aux traitements biocides se trouvent dans la Partie IV- Rejets d'effluents.

La stratégie de traitement, communiquée à l'Autorité de Sûreté Nucléaire en début d'année, consiste en un traitement continu suivi d'un traitement séquentiel. Le traitement séquentiel consiste en une injection de 4 à 7 heures par jour. Le traitement est démarré et arrêté sur des critères basés sur les niveaux de colonisations, en amibes *Naegleria fowleri* ou en légionelles *Legionella pneumophila*.

Données d'ensemble de la campagne de traitement 2019 :

		Circuits de re	efroidissement		
Paramètres	File 4.1	File 4.2	File 5.1	File 5.2	
Date de démarrage du traitement	21/05	10/06	08/06	04/06	
Date d'arrêt du traitement	22/09	16/10	09/10	14/10	
Date d'arrêt de Tranche	Du 27/07	au 05/09	-		
Nombre de jour de traitement continu	21	14	7	11	
Nombre de jour de traitement séquentiel	29	46	115	120	
Nombre de jours de Chloration massive	0	0	0	0	
CRT moyen sortie condenseur (mg/L)	0,23	0,23	0,24	0,23	
Consommation réelle d'eau de Javel (m³)	320				
Consommation réelle d'ammoniaque (m³)		53			

Les approvisionnements en réactifs se sont déroulés comme prévu et n'ont pas posé de difficulté particulière.

Partie VI - Surveillance de l'environnement

I. Surveillance de la radioactivité dans l'environnement

EDF met en place depuis la mise en service de chaque CNPE un programme de surveillance de la radioactivité dans l'environnement du CNPE. Cette surveillance consiste à prélever des échantillons, à des fins d'analyse, dans les écosystèmes proches du CNPE, sous et hors des vents dominants, en amont et en aval des rejets liquides et dans les eaux souterraines. Ces mesures, associées à un contrôle strict des rejets d'effluents radiologiques, permettent de s'assurer de l'absence d'impact sur l'Homme et l'environnement comme démontré dans l'étude d'impact.

La surveillance radiologique de l'environnement remplit trois fonctions principales.

Une fonction d'alerte assurée au moyen de mesures en continu. Elle permet la détection précoce de toute évolution atypique d'un ou plusieurs paramètres environnementaux en lien avec l'exploitation des installations afin de déclencher les investigations et, si nécessaire, des actions de prévention (arrêt du rejet...);

Une fonction de contrôle du bon fonctionnement global des installations au travers des paramètres que la réglementation demande de suivre à différentes fréquences. Les résultats des analyses sont comparés, soit aux limites autorisées, soit à des valeurs repères (seuil de détection des appareils de mesure, bruit de fond naturel...);

Une fonction de suivi et d'étude visant à s'assurer de l'absence d'impact à long terme des prélèvements et des rejets sur les écosystèmes terrestre et aquatique. C'est l'objet des campagnes de mesures saisonnières de radioécologie.

Les prélèvements et analyses sont réalisés à des fréquences variables en cohérence avec les objectifs assignés à la mesure (alerte, contrôle,...). Des contrôles quotidiens, hebdomadaires et mensuels sont ainsi réalisés dans l'écosystème terrestre, l'air ambiant, les eaux de surface recevant les rejets liquides et les eaux souterraines. Les prélèvements et les analyses sont réalisés par le CNPE selon les modalités fixées par les autorisations délivrées par l'administration. La stricte application du programme de surveillance fait l'objet d'inspections programmées ou inopinées de la part de l'ASN, qui réalise des expertises indépendantes.

Le CNPE dispose pour la réalisation de ce programme de surveillance d'un laboratoire dédié aux mesures environnementales dit laboratoire « Environnement », ainsi que du personnel compétent et qualifié en analyses chimiques et radiochimiques. Ces laboratoires sont équipés d'appareillages spécifiques permettant l'analyse des échantillons prélevés dans le milieu naturel. Ils sont soumis à des exigences relatives aux équipements, aux techniques de prélèvement et de mesure, de maintenance et d'étalonnage. Certaines analyses peuvent être sous-traitées à des laboratoires agréés.

Ainsi, le CNPE réalise annuellement, sous le contrôle de l'ASN, plusieurs milliers d'analyses (26 400 pour 2019) dont les résultats sont transmis à l'administration et publiés par EDF sur le site internet du CNPE (EDF Bugey https://www.edf.fr/groupe-edf/producteur-industriel/carte-des-implantations/centrale-nucleaire-du-bugey/presentation). Les résultats des mesures de radioactivité réalisées dans le cadre de la surveillance réglementaire de l'environnement sont également accessibles en ligne gratuitement sur le site internet du Réseau National de Mesures de la radioactivité de l'environnement (RNM - http://www.mesure-radioactivite.fr).

Ces mesures réalisées en routine sont complétés depuis 1992 par un suivi radioécologique annuel des écosystèmes terrestre et aquatique auquel sont venues s'ajouter des mesures réglementaires réalisées à maille trimestrielle et annuelle et nécessitant le recours à des techniques analytiques d'expertise non compatibles avec les activités d'un laboratoire environnement d'un industriel. Tous les 10 ans, un bilan radioécologique décennal plus poussé est également réalisé. L'ensemble de ces prélèvements et analyses permettent de suivre à travers une grande variété d'analyses des paramètres environnementaux pertinents (i.e.: bio indicateurs) afin d'évaluer finement et dans la durée l'impact du fonctionnement du CNPE sur l'environnement et répondre ainsi à la fonction de suivi et d'étude. Ces études nécessitent des connaissances scientifiques approfondies de la biologie et des comportements des écosystèmes vis-à-vis des substances radioactives. Elles font aussi appel à des techniques de prélèvement d'échantillons et d'analyse complexes différentes de celles utilisées pour la surveillance de routine. Ces études sont donc confiées à des laboratoires externes qualifiés, agréés et reconnus pour leurs compétences spécifiques.

Ces études radioécologiques assurent un suivi long terme essentiel à la compréhension des mécanismes de transfert des radionucléides dans l'environnement et pour déterminer l'influence potentielle des rejets de l'installation au regard des autres sources de radioactivité naturelle et/ou artificielle.

La nature des échantillons et les lieux de prélèvement sont sélectionnés afin de mettre en évidence une éventuelle contribution des rejets d'effluents liquides et/ou atmosphériques des installations à l'ajout de radioactivité dans l'environnement.

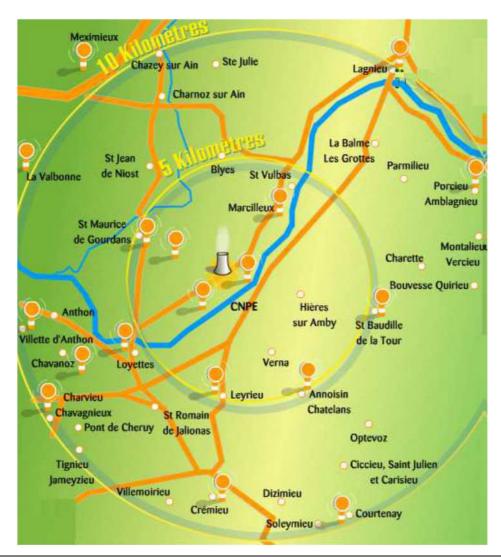
En règle générale, le plan d'échantillonnage contient des échantillons biologiques, qui constituent des voies de transfert possibles, directes ou indirectes, de la radioactivité vers l'Homme (prélèvements de légumes, fruits, poissons, lait, eaux, herbes...) et des échantillons, appelés bioindicateurs, qui sont connus pour leur aptitude à fixer spécifiquement certains polluants (lichens, mousses, bryophytes...). Le plan d'échantillonnage prévoit également des prélèvements dans des matrices dites « d'accumulation » (sols, sédiments), dans lesquels certains composants radiologiques peuvent rester piégés.

Les stations de prélèvements sont choisies en fonction de la rose des vents locale, des conditions hydrologiques, de la répartition de la population et de la disponibilité des échantillons dans l'environnement du CNPE. Les prélèvements collectés dans l'environnement terrestre sont répartis en distinguant les zones potentiellement influencées des zones non influencées par les rejets atmosphériques du CNPE. Dans l'environnement aquatique, les prélèvements sont effectués en amont et en aval des points de rejets des effluents liquides en tenant compte de la présence éventuelle d'une autre installation nucléaire en amont.

Ces études radioécologiques ont permis de caractériser finement les niveaux de radioactivité d'origine naturelle et artificielle dans les différents compartiments de l'environnement autour du CNPE, et de préciser l'influence des rejets d'effluents liquides et à l'atmosphère. Les données collectées depuis plusieurs décennies ont montré que la radioactivité naturelle constitue la principale composante de la radioactivité dans l'environnement, et que la radioactivité artificielle provient majoritairement d'une rémanence des retombées des essais nucléaires atmosphériques et de l'accident de Tchernobyl. Du fait de l'éloignement de ces événements anciens et des efforts réalisés par EDF pour diminuer les rejets de ses installations nucléaires, le niveau de radioactivité dans l'environnement à proximité du CNPE a considérablement diminué depuis une vingtaine d'année.

1. Surveillance de la radioactivité ambiante

Le système de surveillance de la radioactivité ambiante s'articule autour de 4 réseaux de balises radiamétriques (clôture, à 1 km, à 5 km et à 10 km) via la mesure en continu du débit de dose gamma ambiant. Les balises de chaque réseau sont implantées à intervalle régulier de façon à réaliser des mesures dans toutes les directions. Elles permettent l'enregistrement et la retransmission en continu du débit de dose gamma ambiant et de donner l'alerte en cas de dépassement du bruit de fond ambiant augmenté de 114 nSv/h. Les balises sont également équipées d'un système d'alarme signalant toute interruption de leur fonctionnement.



Les informations (débits de dose et états de fonctionnement) issues des balises sont envoyées en continu vers un centralisateur qui permet la visualisation et l'enregistrement des données. Les débits de dose moyens enregistrés par les différents réseaux de mesure pour l'année 2019 sont présentés dans le tableau suivant. Les débits de dose maximaux et les données relatives à l'année antérieure sont également présentés à titre de comparaison.

Réseau de mesure	Débit de dose moyen année 2019 (nSv/h)	Débit de dose max année 2019 (nSv/h)	Débit de dose moyen année 2018 (nSv/h)	Débit de dose moyen année 2017 (nSv/h)
Clôture	0,100	0,106	0,089	0,083
1 km	0,095	0,104	0,088	0,083
5 km	0,103	0,122	0,086	0,086
10 km	0,104	0,117	0,093	0,092

<u>Commentaires</u>: Pour les quatre réseaux, les débits de dose moyens enregistrés pour l'année 2019 sont de l'ordre de grandeur du bruit de fond, et cohérents avec les résultats des années antérieures.

2. Surveillance du compartiment atmosphérique

Quatre stations d'aspiration en continu des poussières atmosphériques (aérosols) sont implantées dans un rayon de 1 km autour du CNPE. Des analyses journalières de l'activité alpha globale et bêta globale à J+6 sont réalisées quotidiennement sur les filtres, ainsi qu'une analyse isotopique mensuelle par spectrométrie gamma sur regroupement des filtres quotidiens par station.

Un dispositif de prélèvement du tritium atmosphérique par barbotage est également implanté sous les vents dominants à la station dite AS1. L'analyse du tritium atmosphérique piégé est réalisée pour chacune des périodes définies réglementairement (du 1er au 7, du 8 au 14, du 15 au 21 et du 22 à la fin du mois).

Un dispositif de prélèvement des eaux de pluie par un collecteur de précipitations est implanté sous les vents dominants à la station AS1. Des analyses bimensuelles des activités alpha globale bêta globale et tritium sont réalisées.

Les résultats des mesures réalisées sur le compartiment atmosphérique pour l'année 2019 sont donnés dans le tableau suivant.

Compartiment	Para	amètres	Moyenne annuelle	Valeur minimale mesurée	Valeur maximale mesurée	Limite réglementaire (pour chaque analyse)
		Alpha obale	<5,6.10 ⁻⁵ Bq/m ³	<1,9.10 ⁻⁵ Bq/m ³	<1,3.10 ⁻⁴ Bq/m ³	(1)
		Bêta obale	<6,1.10 ⁻⁴ Bq/m ³	<9,35.10 ⁻⁵ Bq/m ³	<1,9.10 ⁻³ Bq/m ³	0,01 Bq/m ³
		⁵⁸ Co	<1,37.10 ⁻⁵ Bq/m ³	<7,4.10 ⁻⁶ Bq/m ³	<2,3.10 ⁻⁵ Bq/m ³	
		⁶⁰ Co	<1,4.10 ⁻⁵ Bq/m ³	<4,7.10 ⁻⁶ Bq/m ³	<9,83.10 ⁻³ Bq/m ³	
		¹³⁴ Cs	<9,23.10 ⁻⁶ Bq/m ³	<4,7.10 ⁻⁶ Bq/m ³	<1,3.10 ⁻⁵ Bq/m ³	
Poussières atmosphériques	Spectrométrie gamma	¹³⁷ Cs	<8,11.10 ⁻⁶ Bq/m ³	<4,8.10 ⁻⁶ Bq/m ³	<9,9.10 ⁻⁶ Bq/m ³	
		⁴⁰ K	<2,17.10 ⁻⁴ Bq/m ³	<1,6.10 ⁻⁴ Bq/m ³	<3,3.10 ⁻⁴ Bq/m ³	(1)
		²⁴¹ Am	<1,8.10 ⁻⁶ Bq/m ³	<1,37.10 ⁻⁶ Bq/m ³	<4,7.10 ⁻⁴ Bq/m ³	
		²⁴⁴ Cm	<1, 49.10 ⁻⁶ Bq/m ³	<2,2.10 ⁻⁷ Bq/m ³	<4,5.10 ⁻⁶ Bq/m ³	
		²³⁸ Pu	<1,73.10 ⁻⁶ Bq/m ³	<1,3.10 ⁻⁶ Bq/m ³	<2.10 ⁻⁶ Bq/m ³	
		²⁴⁰ Pu	<7,84.10 ⁻⁷ Bq/m ³	<4.10 ⁻⁷ Bq/m ³	<1,2.10 ⁻⁶ Bq/m ³	
Tritium atmos	phéri	que	<0,23 Bq/m ³	<0,13 Bq/m ³	<0,76 Bq/m ³	50 Bq/m ³
		Alpha Ilobale	<0,04Bq/L	<0,021 Bq/L	<0,0762 Bq/L	(1)
Eau de pluie	Ç	Bêta lobale	<0,14Bq/L	<0,0681 Bq/L	<0,27 Bq/L	(1)
	7	ritium -	<4,43 Bq/L	<3,94 Bq/L	<5,4 Bq/L	(1)

⁽¹⁾ Pas de limite réglementaire pour ces paramètres

<u>Commentaires</u>: Les mesures de surveillance du compartiment atmosphérique pour l'année 2019 sont cohérentes en moyenne avec les valeurs du bruit de fond. Les mesures de l'activité bêta globale et de l'activité en tritium atmosphérique sont très inférieures aux limites réglementaires.

3. Surveillance du milieu terrestre

Les résultats des mesures réalisées sur le compartiment terrestre pour l'année 2019 sont donnés dans le tableau suivant. Concernant les résultats des analyses par spectrométrie gamma, seules les activités relatives aux radionucléides d'origine artificielle et supérieures aux limites de détection sont présentées.

Nature du prélèvement	Radionucléide		Périodicité	Moyenne annuelle	Valeur minimale mesurée	Valeur maximale mesurée
		⁵⁸ Co		<0,352	<0,3	<0,46
Végétaux	C	⁶⁰ Co		<0,337	<0,29	<0,4
terrestres	Spectrométrie gamma	¹³⁴ Cs	Mensuelle	<0,284	<0,22	<0,38
(Bq/kg sec)		¹³⁷ Cs		<0,315	<0,19	0,62
		⁴⁰ K		656	480	810
		⁵⁸ Co		<0,373	<0,34	<0,41
Lait	Spectrométrie	⁶⁰ Co		<0,391	<0,37	<0,41
(Bq/L)	gamma	¹³⁴ Cs	Mensuelle	<0,387	<0,36	<0,4
		¹³⁷ Cs		<0,376	<0,35	<0,39
		⁴⁰ K		51	44	65

<u>Commentaires</u>: Les résultats des mesures annuelles réalisées sur le compartiment terrestre ainsi que leur interprétation pour l'année 2018 sont présentés dans le rapport du suivi radioécologique annuel, présenté en **annexe 2**.

4. Surveillance du milieu aquatique

Les résultats des mesures annuelles réalisées sur le compartiment aquatique ainsi que leur interprétation pour l'année 2018 sont présentés dans le rapport du suivi radioécologique annuel, présenté en **annexe 2**.

5. Surveillance des eaux souterraines

Les eaux souterraines situées au droit du CNPE font l'objet d'une surveillance radiologique dont les résultats sont présentés dans le tableau suivant.

Paramètres	Unité	Valeur maximale mesurée
Tritium	Bg/L	170*
Bêta global	7	0,34
Potassium 40	mg/L	8

<u>Commentaires</u>: * Valeur maximale sur le piézomètre 0SEZ13PZ, piézomètre suivi à la suite de l'ESE déclaré en 2017.

Suite à cet événement de 2017, une surveillance complémentaire a été mise en place sur le CNPE de Bugey. Cette surveillance complémentaire concerne aujourd'hui 14 piézomètres surveillés à fréquence hebdomadaire ou mensuelle pour le tritium. Les résultats de cette surveillance complémentaire sont présentés dans le tableau suivant.

Paramètres Paramètres	Unité	Valeur maximale mesurée
Tritium	Bq/L	213

II. Physico-chimie des eaux souterraines

Une surveillance physico-chimique des eaux souterraines est effectuée sur les paramètres physicochimiques par le biais de prélèvements sur 30 piézomètres du CNPE.

Paramètres	Unité	Valeur maximale mesurée
рН	-	8,3
Conductivité	μS/cm	1 335
Hydrocarbures		0,1
DCO		<20
Azote total		<1
Métaux totaux		4,2
Phosphates	mg / I	0,24
Nitrates		57
Chlorures		43
Sulfates		20
Sodium		23,9

<u>Commentaires</u>: Cette valeur élevée en conductivité a été détectée sur le piézomètre 0SEZ150PZ (novembre 2019). Elle n'est pas liée, étant donné l'emplacement du piézomètre en amont des installations, aux activités du site.

III. Chimie et physico-chimie des eaux de surface

1. Physico-chimie en continu

Les stations multi-paramètres (SMP), situées à « l'amont » et à « l'aval » du CNPE, mesurent en continu le pH, la conductivité, la température de l'eau et l'oxygène dissous dans le milieu récepteur.

Les tableaux suivants présentent les résultats du suivi sur l'année 2019 pour les stations à l'amont et à l'aval du site. Il s'agit des valeurs moyennes obtenues

Station amont	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
Oxygène dissous (mg/L)	11,9	11,7	11,5	10,8	10,2	8,7	8	8,5	8,9	8,9	9,6	10,8
Conductivité (µS/cm)	370	399	356	327	312	288	288	287	299	325	344	367
рН	8,3	8,3	8,3	8,1	8,1	7,9	8	8	8,2	8,1	8,1	8,2
Température mesurée (°C)	5,42	6,13	8,33	11,24	12,64	17,71	22,48	21,05	19,7	14,38	9,99	7,81

Commentaires: RAS

Station aval	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
Oxygène dissous (mg/L)	10,6	11	10,5	10	9,6	8,4	7,6	8	8,3	8,6	9,4	10,3
Conductivité (µS/cm)	360	394	357	330	312	303	290	279	289	301	322	338
рН	8,1	8,3	8,4	8,4	8,2	8,2	8,2	8,3	8,3	8	8	8,1
Température mesurée (°C)	14,28	13,9	14,33	16,8	17,37	21,45	26,73	24,2	25,47	22,66	16,91	13,37

Commentaires: RAS

Il n'y a pas de différence significative des mesures moyennes mensuelles de pH, oxygène dissous et de conductivité entre les stations amont et aval du CNPE.

2. Physico-chimie des eaux de surface

Le CNPE fait réaliser par un laboratoire indépendant, en amont et en aval, des mesures de certains paramètres physico-chimiques soutenant la vie biologique. La fréquence des analyses est mensuelle, à l'exception des ions majeurs et de certains paramètres de minéralisation (Ca, Mg, K, TAC, TH), ainsi que de la chlorophylle, seulement analysés de manière trimestrielle. Les résultats de cette surveillance sont présentés en **annexe 3** du rapport.

3. Chimie des eaux de surface

Les rejets chimiques résultant du fonctionnement du CNPE sont issus :

- des produits de conditionnement des circuits ;
- des traitements de l'eau des circuits contre le tartre, la corrosion ;
- de l'usure normale des matériaux
- du lavage du linge utilisé en zone contrôlée

Ces rejets font l'objet d'une surveillance des concentrations présentes dans le milieu récepteur. A cet effet, des mesures de substances chimiques sont effectuées trimestriellement dans le fleuve en amont et en aval du CNPE. Les tableaux suivants présentent les valeurs mesurées aux deux stations amont et aval sur l'année 2019.

Paramètres Station amont		Unité	Trimestre 1	Trimestre 2	Trimestre 3	Trimestre 4
Во	re		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Métaux	Fraction brute		0,14	0,055	0,44	0,21
totaux	Fraction dissoute		0,013	0,021	0,024	0,087
Hydra	azine		<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Morph	noline	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Déter	gents		<2	<2	<2	<2
Hydroca	arbures		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
AC	X		(1)	<0,01	<0,01	(1)
Acides chloroacétiques			(1)	<0,005	<0,005	(1)
Chlore résiduel total			(1)	<0,05	<0,05	(1)
TH	IM		(2)	(2)	(2)	(2)

Paramètres Station aval		Unité	Trimestre 1	Trimestre 2	Trimestre 3	Trimestre 4
Во	re		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Métaux	Fraction brute		0,048	0,05	0,33	0,1
totaux	Fraction dissoute		0,012	0,023	0,035	0,16
Hydra	azine		<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Morph	noline	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Déter	gents		<2	<2	<2	<2
Hydroca	arbures		0,2	<0,1	<0,1	<0,1
AC	X		(1)	0,016	<0,01	(1)
Acides chloroacetiques			(1)	<0,005	<0,005	(1)
Chlore résiduel total			(1)	<0,05	<0,05	(1)
TH	IM		(2)	(2)	(2)	(2)

⁽¹⁾ Pas de traitement biocide sur le trimestre (2) Pas de chloration massive sur le trimestre

Commentaires: RAS

IV. Physico-chimie et Hydrobiologie

Chaque année, le CNPE confie la réalisation de la surveillance physico-chimique et hydrobiologique à un organisme reconnu dans le domaine, ARALEP. Sont distinguées la surveillance pérenne, réalisée annuellement, de la surveillance renforcée qui serait mise en place en cas d'apparition de conditions climatiques exceptionnelles (CCE), ne permettant pas de respecter les limites applicables aux rejets thermiques, alors que les réacteurs en circuit ouverts (unités de production n°2 et 3) sont déjà à l'arrêt et que RTE requiert le fonctionnement de la centrale à un niveau de puissance minimal (cf exigence BUG-161-II).

L'objectif de la surveillance pérenne est de suivre l'évolution naturelle du milieu récepteur et de déceler une évolution anormale de l'écosystème, sur le long terme, qui pourrait être attribuable au fonctionnement du CNPE. Au contraire, les surveillances en conditions climatiques exceptionnelles et situations exceptionnelles ont plutôt pour objectif d'étudier la réponse à court terme de l'écosystème sous conditions de débits contraints et températures ambiantes élevées, le CNPE étant en fonctionnement.

1. Surveillance pérenne

La synthèse du rapport de surveillance, réalisée par ARALEP en collaboration avec INRAE (ex. IRSTEA) pour le suivi ichtyologique, est présentée ci-dessous.

« En résumé, l'influence du fonctionnement du CNPE du Bugey reste principalement notable au travers du réchauffement engendré en rive droite à l'aval immédiat du site, un échauffement résiduel étant toujours présent à Loyettes en dépit des phénomènes de mélange et de dilution en cours. Le fonctionnement et la qualité physico-chimique de l'eau n'apparaissent toutefois aucunement altérés par cet échauffement.

La structure très déséquilibrée du peuplement de poissons du Rhône dans le secteur du Bugey, la faiblesse de son abondance échantillonnée et la forte variabilité spatiale et temporelle des abondances / biomasses par espèce et par taxon, entre l'amont et l'aval du CNPE de Bugey, ne permettent pas de mettre en évidence un effet du fonctionnement du CNPE à l'échelle de l'année 2019.

Du point de vue biologique, l'analyse des peuplements diatomiques du Rhône à Bugey montre une situation très homogène. Cette homogénéité est à la fois spatiale et temporelle. Les variations observées restent dans des écarts globalement faibles, indépendamment des conditions hydrologiques et/ou d'échantillonnage, aussi bien vis-à-vis des indices que des espèces dominantes. Aucun impact significatif du rejet n'est mis en évidence sur le peuplement diatomique et les analyses ne mettent pas en évidence de plus grande fragilité de ce compartiment et/ou la présence de certaines espèces polluotolérantes dans des conditions plus pénalisantes.

La situation est plus contrastée pour les macro-invertébrés pour lesquels la disparité amont-aval reste présente au fil des années via l'échantillonnage par substrats artificiels, tant en termes de richesse que d'effectif ou de note indicielle. En dehors de cette situation, récurrente, l'année 2019 est principalement marquée pour ce descripteur par une chute générale de richesse taxonomique atteignant près de 20 unités tant pour les stations que pour les techniques d'échantillonnage. Il apparait toutefois difficile de trancher et d'apporter une explication définitive et satisfaisante, les influences étant multiples (thermie en RD, conditions hydrodynamiques en RG pour ce qui est de la station aval) et agissant en synergie dans ce type de milieu aménagé et soumis à de multiples stress anthropiques (aménagement physique, éclusées énergétiques, rejets thermiques, etc.). A cela s'ajoute la part de plus en plus grandissante des taxons invasifs qui représentent cette année 75% des individus. »

2. Surveillance en conditions climatiques exceptionnelles

En 2019, le CNPE de Bugey n'a pas recouru à cette surveillance.

V. Acoustique environnementale

L'arrêté du 7 février 2012 fixe les règles générales applicables à toutes les phases du cycle de vie des installations nucléaire de base visant à garantir la protection des intérêts contre l'ensemble des inconvénients ou des risques que peuvent présenter les INB. Le titre IV sur la maîtrise des nuisances et de l'impact sur la santé et l'environnement fixe deux critères visant à limiter l'impact du bruit des installations nucléaires de base.

Le premier critère, appelé « émergence sonore » et s'exprimant en Décibel A - dB (A) est la différence de niveau sonore entre le niveau de bruit ambiant et le bruit résiduel. L'émergence sonore se calcule à partir de mesures réalisées aux premières habitations, en Zone à Émergence Réglementée (ZER).

Le deuxième critère, en vigueur depuis le 1^{er} juillet 2013, concerne le niveau sonore mesuré en dB (A) en limite d'établissement de l'installation.

Pour répondre à ces exigences réglementaires et dans l'optique de réduire l'impact de ses installations, EDF mène depuis 1999 des études d'impact acoustique basées sur des mesures de longue durée dans l'environnement et sur les matériels. En parallèle, des modélisations 3D sont réalisées pour hiérarchiser les sources sonores les plus prépondérantes, et si nécessaire, définir des objectifs d'insonorisation.

Les principales sources de bruit des installations nucléaires sont généralement les réfrigérants atmosphériques pour les CNPE équipés, les stations de pompage, les salles des machines, les cheminées du bâtiment des auxiliaires nucléaires, et les transformateurs.

La Mission Communication du CNPE de Bugey réalise des informations, par le biais du numéro vert du CNPE mais aussi en s'adressant directement aux mairies dans un rayon de 2 km (Saint Vulbas, Loyettes, Vernas, Hières sur Amby), lors de la réalisation d'opérations pouvant générer du bruit, comme par exemple lors de la réalisation de certains essais périodiques sur l'installation.

Le numéro vert permet de retrouver toute l'actualité du CNPE de Bugey, 24 heures sur 24 : 0800 01 02 03.

Partie VII - Évaluation de l'impact environnemental et sanitaire des rejets de l'installation

Une surveillance des niveaux de radioactivité est effectuée dans l'environnement du CNPE de Bugey dans le cadre du programme de surveillance réglementaire et du suivi radioécologique du CNPE (cf. Partie VI Surveillance de l'environnement, I- Surveillance de la radioactivité dans l'environnement).

Les résultats de cette surveillance et des mesures associées montrent des niveaux très faibles de radioactivité artificielle dans l'environnement du CNPE dont la majeure partie trouve son origine dans d'autres sources (retombées atmosphériques des essais nucléaires, Tchernobyl,...). L'analyse détaillée des résultats est présentée dans le rapport du suivi radioécologique annuel réalisé par l'IRSN, présenté en annexe 2.

L'IRSN produit également un bilan radiologique de l'environnement français disponible au lien suivant :

https://www.irsn.fr/FR/expertise/rapports_expertise/Documents/environnement/IRSN-ENV_Bilan-Radiologique-France-2015-2017.pdf

À partir des activités annuelles rejetées par radionucléide, une dose efficace³ est calculée en tenant compte des mécanismes de transfert de l'environnement jusqu'à l'homme. Cette dose permet de « mesurer » le niveau d'exposition attribuable aux rejets d'effluents radioactifs liquides et atmosphériques d'une installation et de le positionner par rapport à la limite réglementaire pour l'exposition de la population aux rayonnements ionisants conformément à l'article R1333-11 du Code de la Santé Publique.

Le calcul de dose efficace annuelle tient compte de données spécifiques à chaque CNPE telles que les conditions météorologiques, les habitudes alimentaires des riverains, les conditions de dispersion des effluents rejetés dans le milieu récepteur, etc. Les données alimentaires et les temps consacrés aux activités intérieures ou extérieures dans les environnements terrestre et aquatique ont été actualisés en 2019 avec les dernières bases de données et enquêtes disponibles.

Rapport environnemental annuel –2019 – CNPE de Bugey

 $^{^3}$ La **dose efficace** est la somme des doses absorbées par tous les tissus, pondérée d'un facteur radiologique W_R (W_R = Radiation Weighting factor) facteur de pondération du rayonnement) pour tenir compte de la qualité du rayonnement (α , β , γ ...) et d'un facteur de pondération tissulaire W_T (W_T = Tissu Weighting factor) correspondant à la radiosensibilité relative du tissu exposé. La dose efficace a pour objectif d'apprécier le risque total et s'exprime en sievert (S_V). Elle est appelée communément « S_V 0 dose ».

Les principales hypothèses retenues sont les suivantes :

- les habitants consomment pour partie des aliments produits dans l'environnement proche du CNPF :
- ils vivent toute l'année sur leur lieu d'habitation (non prise en compte de leurs périodes d'absence pour le travail, les vacances...);
- l'eau captée à l'aval des installations est considérée comme provenant de captages d'eaux superficielles, même s'il s'agit de captages en nappes d'eaux souterraines, ce qui revient à considérer que le milieu aquatique à l'aval du CNPE est toujours influencé par les rejets d'effluents liquides de l'installation;
- on considère que l'eau de boisson n'a subi aucun traitement de potabilisation (autre que la filtration), et donc qu'aucune rétention de radionucléides n'a été effectuée lors de procédés de traitement ;
- la pêche de poissons dans les fleuves à l'aval des CNPE est supposée systématique, sans exclure les zones de pêche interdite.

Les principaux facteurs d'incertitudes dans le calcul de dose sont associés essentiellement à quelques données et paramètres difficiles à acquérir sur le terrain, tels que certaines caractéristiques de l'environnement et comportements précis des populations riveraines (les rations alimentaires par exemple).

L'échelle suivante présente des ordres de grandeur de doses résultant de situations courantes et la comparaison aux seuils réglementaires :

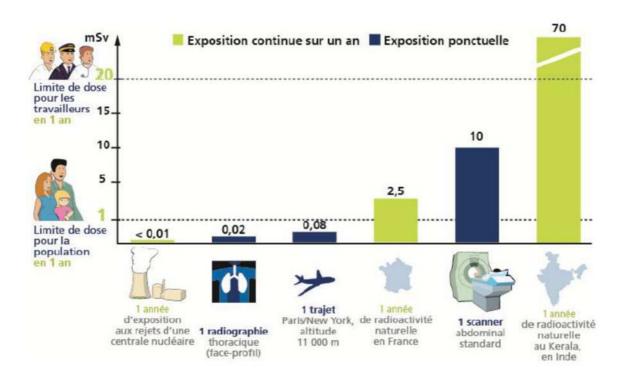


Figure 2 : Echelle des ordres de grandeur de doses résultant de situations courantes et comparaison aux seuils réglementaires (Source : EDF)

L'exposition moyenne de la population française aux rayonnements ionisants (d'origine naturelle et artificielle) est de 4,5 mSv/an. Les contributions des différentes sources d'exposition sont présentées sur la figure 3 ci-après.

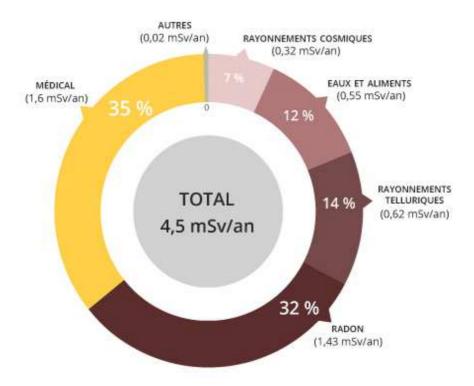


Figure 3 : Part relative des différentes sources d'expositions de la population française aux rayonnements ionisants (Source : Bilan IRSN 2015)

Le tableau suivant fournit les valeurs de dose efficace totale calculées à partir des rejets radioactifs réels de l'année 2019 effectués par le CNPE de Bugey, pour la personne représentative. Cette personne représente les individus pouvant recevoir la dose efficace annuelle maximale induite par les rejets d'effluents radioactifs autorisés du CNPE.

ADULTE	Exposition externe (mSv)	Exposition interne (mSv)	Total (mSv)
Rejets d'effluents à l'atmosphère	2,1E-06	1,4E-05	1,6E-05
Rejets d'effluents liquides	1,8E-06	7,1E-05	7,2E-05
Total	3,9E-06	8,4E-05	8,8E-05

ENFANT DE 10 ANS	Exposition externe (mSv)	Exposition interne (mSv)	Total (mSv)
Rejets d'effluents à l'atmosphère	2,1E-06	1,3E-05	1,5E-05
Rejets d'effluents liquides	\$.0	7,2E-05	7,2E-05
Total	2,1E-06	8,5E-05	8,7E-05

ENFANT DE 1 AN	Exposition externe (mSv)	Exposition interne (mSv)	Total (mSv)
Rejets d'effluents à l'atmosphère	2,1E-06	2,2E-05	2,4E-05
Rejets liquides	s.o	1,1E-04	1,1E-04
Total	2,1E-06	1,3E-04	1,3E-04

Les valeurs de doses calculées sont inférieures à 1.10⁻⁴ mSv/an pour l'adulte, 1.10⁻⁴ mSv/an pour l'enfant de 10 ans et 1.10⁻³ mSv/an pour l'enfant de 1 an.

Les valeurs de doses calculées pour l'adulte, l'enfant de 10 ans et l'enfant de 1 an, attribuables aux rejets d'effluents radioactifs de l'année 2019 sont plus de 1 000 fois inférieures à la limite d'exposition fixée à 1 mSv par an pour la population, par l'article R1333-11 du Code de la Santé Publique. L'ensemble des populations résidant de manière permanente ou temporaire autour du CNPE est exposé à une dose efficace inférieure ou égale à la dose calculée pour la personne représentative, présentée ci-dessus.

Ces résultats sont cohérents avec ceux de l'étude d'impact de l'installation, dont les hypothèses et modalités de calcul restent pertinentes au regard des évolutions scientifiques.

Partie VIII - Gestion des déchets

Comme toute activité industrielle, la production d'électricité d'origine nucléaire génère des déchets, dont des déchets conventionnels et radioactifs à gérer avec la plus grande rigueur.

Responsable légalement, industriellement et financièrement des déchets qu'il produit, EDF a, depuis l'entrée en service de ses premières centrales nucléaires, mis en œuvre des procédés adaptés qui permettent de protéger efficacement l'environnement, les populations, les travailleurs et les générations futures contre les risques associés à ses déchets.

La démarche industrielle repose sur 4 principes :

- limiter les quantités produites et la nocivité des déchets ;
- trier par nature et niveau de radioactivité;
- conditionner et préparer la gestion à long terme ;
- isoler les déchets de l'homme et de l'environnement.

Pour les installations nucléaires de base du CNPE de Bugey, la limitation de la production des déchets se traduit par la réduction, pour atteindre des valeurs aussi basses que possible, du volume et de l'activité des déchets dès la phase d'achat de matériel ou de la prestation, durant la phase de préparation des chantiers et lors de leur réalisation.

I. Les déchets radioactifs

Les modalités de gestion mises en œuvre visent notamment à ce que les déchets radioactifs n'aient aucune interaction avec les eaux (nappe et cours d'eau) et les sols. Les opérations de tri, de conditionnement, de préparation à l'expédition s'effectuent dans des locaux dédiés et équipés de systèmes de collecte d'effluents éventuels.

Avant de sortir des bâtiments, les déchets radioactifs bénéficient tous d'un conditionnement étanche qui constitue une barrière à la radioactivité et prévient tout transfert dans l'environnement.

Les contrôles réalisés par les experts internes et les pouvoirs publics sont nombreux et menés en continu pour vérifier l'absence de contamination.

Les déchets conditionnés et contrôlés sont ensuite expédiés vers les filières de traitement ou de stockage définitif.

Les mesures prises pour limiter les effets de ces déchets sur la santé comptent parmi les objectifs visés par les dispositions mises en œuvre pour protéger la population et les intervenants des risques de la radioactivité. L'ensemble de ces dispositions constitue la radioprotection. Ainsi, pour protéger les personnes travaillant dans les centrales, et plus particulièrement les équipes chargées de la gestion des déchets radioactifs, des mesures simples sont prises, comme la mise en place d'un ou plusieurs écrans (murs et dalles de béton, parois en plomb, verres spéciaux chargés en plomb, eau des piscines, etc.), dont l'épaisseur est adaptée à la nature du rayonnement du déchet.

1. Les catégories de déchets radioactifs

Selon la durée de vie des éléments radioactifs contenus et le niveau d'activité radiologique qu'ils présentent, les déchets sont classés en plusieurs catégories. On distingue les déchets « à vie courte » des déchets « à vie longue » en fonction de leur période (une période s'exprime en années, jours, minutes ou secondes. Elle quantifie le temps au bout duquel l'activité radioactive initiale du déchet est divisée par deux).

Tous les déchets dits « à vie courte » ont une période inférieure ou égale à 31 ans. Ils bénéficient de solutions de gestion industrielles définitives dans les centres spécialisés de l'Andra situés dans l'Aube à Morvilliers (déchets de très faible activité, TFA) ou Soulaines (déchets de faible à moyenne activité à vie courte, FMAVC).

Ces déchets proviennent essentiellement :

- des systèmes de filtration (épuration du circuit primaire : filtres, résines, concentrats, boues...);
- des opérations de maintenance sur matériels : pompes, vannes...
- des opérations d'entretien divers : vinyles, tissus, gants...
- de certains travaux de déconstruction des centrales mises à l'arrêt définitif (gravats, pièces métalliques...).

Le conditionnement des déchets triés consiste à les enfermer dans des emballages ou contenants adaptés pour éviter toute dissémination de la radioactivité. On obtient alors des déchets conditionnés, appelés aussi «colis de déchets». Sur les sites nucléaires, le choix du conditionnement dépend de plusieurs paramètres, notamment du niveau d'activité, des dimensions du déchet, de l'aptitude au compactage, à l'incinération et de la destination du colis. Ainsi, le conditionnement de ces déchets est effectué dans différents types d'emballages: coque ; fût ou caisson métallique ; fût plastique (PEHD : polyéthylène haute densité) pour les déchets destinés à l'incinération dans l'installation Centraco ; big-bag ou casier.

Les progrès constants accomplis, tant au niveau de la conception des centrales que de la gestion du combustible et de l'exploitation des installations, ont déjà permis de réduire les volumes de déchets à vie courte de façon significative. Ainsi, les volumes des déchets d'exploitation ont été divisés par trois depuis 1985, à production électrique équivalente.

Les déchets dits « à vie longue » ont une période supérieure à 31 ans. Ils sont générés :

- par le traitement du combustible nucléaire usé effectué dans l'usine ORANO de la Hague, dans la Manche ;
- par la mise au rebut de certaines pièces métalliques issues des réacteurs ;
- par la déconstruction des centrales d'ancienne génération.

Le remplacement de certains équipements du cœur des réacteurs actuellement en exploitation (« grappes » utilisées pour le réglage de la puissance, fourreaux d'instrumentation, etc.) produit des déchets métalliques assez proches en typologie et en activité des structures d'assemblages de combustible : il s'agit aussi de déchets « de moyenne activité à vie longue » (MAVL) qui sont entreposés dans les piscines de désactivation.

Le traitement des combustibles usés consiste à séparer les matières qui peuvent être valorisées et les déchets. Cette opération est réalisée dans les ateliers spécialisés situés dans l'usine ORANO.

Après une utilisation en réacteur pendant quatre à cinq années, le combustible nucléaire contient encore 96 % d'uranium qui peut être recyclé pour produire de nouveaux assemblages de combustible. Les 4 % restants (les « cendres » de la combustion nucléaire) constituent les déchets ultimes qui sont vitrifiés et coulés dans des conteneurs en acier inoxydable : ce sont des déchets « de haute activité à vie longue (HAVL) ». Les parties métalliques des assemblages sont compactées et conditionnées dans des conteneurs en acier inoxydable qui sont entreposés dans l'usine précitée : ce sont des déchets « de moyenne activité à vie longue (MAVL) ».

Depuis la mise en service du parc nucléaire d'EDF, et à production énergétique équivalente, l'amélioration continue de l'efficacité énergétique du combustible a permis de réduire de 25 % la quantité de combustible consommée chaque année. Ce gain a permis de réduire dans les mêmes proportions la production de déchets issus des structures métalliques des assemblages de combustible.

La déconstruction produit également des déchets de catégorie similaire. Enfin, les empilements de graphite des anciens réacteurs dont la déconstruction est programmée généreront des déchets « de faible activité à vie longue (FAVL) ».

En ce qui concerne les déchets de haute et moyenne activité « à vie longue », la solution industrielle de gestion à long terme retenue par la loi du 28 juin 2006 est celle du stockage géologique (projet Cigéo, en cours de conception). Les déchets déjà existants sont pour le moment entreposés en toute sûreté sur leur lieu de production dans l'attente de la mise en service de l'installation ICEDA (Installation de Conditionnement et d'Entreposage des Déchets Activés). Le tableau ci-dessous présente les différentes catégories de déchets, les niveaux d'activité et les conditionnements utilisés.

Types déchet	Niveau d'activité	Durée de vie	Classification	Conditionnement
Filtres d'eau et résines primaires	Faible et Moyenne		FMA-VC (faible et moyenne activité à vie courte)	Fûts, coques
Filtres d'air				
Résines secondaires				
Concentrats, boues		Courte		
Pièces métalliques	Très faible, Faible et Moyenne		TFA (très faible activité),	Casiers, big-bags, futs,
Matières			FMA-VC	coques, caissons
plastiques,				
cellulosiques				
Déchets non				
métalliques				
(gravats)				
Déchets graphite	Faible		FA-VL (faible activité à vie longue)	Entreposage sur site
Pièces métalliques				Entreposage sur site (en
et		Longue	MA-VL (moyenne activité	piscine de
autres déchets	Moyenne		à vie longue)	refroidissement pour les
actives		a vie longue)		grappes et autres
actives				déchets actives REP)

2. Le transport des déchets

Après conditionnement, les colis de déchets peuvent être orientés vers :

- le centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage des déchets de très faible activité (CIRES) exploité par l'Andra et situé à Morvilliers (Aube) ;
- le centre de stockage de l'Aube (CSA) pour les déchets à faible ou moyenne activité exploité par l'Andra et situé à Soulaines (Aube) ;
- l'installation Centraco exploitée par Cyclife France et située à Marcoule (Gard) qui reçoit les déchets destinés à l'incinération et à la fusion. Après traitement, ces déchets sont évacués vers l'un des deux centres exploités par l'Andra.

DE LA CENTRALE AUX CENTRES DE TRAITEMENT ET DE STOCKAGE

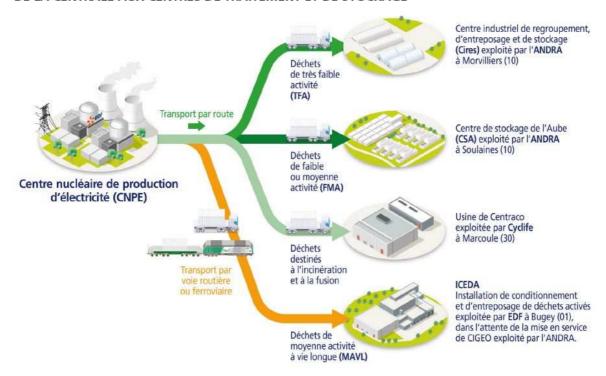


Figure 4 : Transport des déchets radioactifs (Source : EDF)

3. Les quantités de déchets entreposées au 31/12/2019

Le tableau suivant présente les quantités de déchets en attente de conditionnement au 31 décembre 2019 pour les 4 réacteurs en fonctionnement du CNPE de Bugey.

Catégorie déchet	Quantité entreposée au 31/12/2019	Type d'emballage			
TFA	207 tonnes	En conteneur sur l'aire TFA			
FMAVC (Liquides)	35 tonnes	Effluents du lessivage chimique, huiles, solvants			
FMAVC (Solides)	65 tonnes	Localisation Bâtiment de Auxiliaires Nucléaire			
FAVL	0				
MAVL	245 objets	Concerne les grappes et les étuis dans les piscines de désactivation (déchets technologiques, galette inox, bloc béton et chemise graphite)			

Le tableau suivant présente les quantités de déchets conditionnés en attente d'expédition au 31 décembre 2019 pour les 4 réacteurs en fonctionnement du CNPE de Bugey.

Catégorie déchet	Quantité entreposée au 31/12/2019	Type d'emballage			
TFA	32 colis	Tous types d'emballages confondus			
FMAVC	80 colis	Coques béton			
FMAVC	350 colis	Fûts (métalliques, PEHD)			
FMAVC	20 colis	Autres (caissons, pièces massives)			

Le tableau suivant présente le nombre de colis évacués et les sites d'entreposage en 2019 pour les 4 réacteurs en fonctionnement du CNPE de Bugey.

Site destinataire	Nombre de colis évacués
Cires à Morvilliers	152
CSA à Soulaines	631
Centraco à Marcoule	1 922

En 2019, 2 705 colis ont été évacués vers les différents sites de traitement ou de stockage appropriés (Centraco et Andra).

Le tableau suivant présente les quantités de déchets en attente de conditionnement au 31 décembre 2019 pour le réacteur en déconstruction de Bugey.

Catégorie déchet	Quantité entreposée au 31/12/2019	Commentaires		
TFA	14,08 tonnes	DRA – colis + FS		
FMAVC (Liquides)	0,834 tonnes	DRA – colis + FS		
FMAVC (Solides)	14,96 tonnes	DRA – colis + FS		
FAVL	0			
MAVL	0			

Le tableau suivant présente les quantités de déchets conditionnés en attente d'expédition au 31 décembre 2019 pour le réacteur en déconstruction de Bugey.

Catégorie déchet	Quantité entreposée au 31/12/2019	Type d'emballage
TFA	18m ³	GRV
		Casiers 1m ³ et 2m ³
		FM Pulvérulant
FMAVC (Liquides)	4,645 tonnes	Citerne
FMAVC (Solides)	25,93m ³	FPE 200 I
		6BO
FAVL	0	
MAVL	0	

Le tableau suivant présente le nombre de colis évacués et les sites d'entreposage en 2019 pour le réacteur en déconstruction du CNPE de Bugey.

Site destinataire	Nombre de colis évacués
Cires à Morvilliers	25
CSA à Soulaines	10
Centraco à Marcoule	72

En 2019, 107 colis ont été évacués vers les différents sites de traitement ou de stockage appropriés (Centraco et Andra).

II. Les déchets non radioactifs

Conformément à l'arrêté INB et à la décision ASN 2015-DC-0508, les INB établissent et gèrent un plan de zonage déchets, qui vise à distinguer :

- les zones à déchets conventionnels (ZDC) d'une part, à l'intérieur desquelles les déchets produits ne sont ni contaminés ou activés ni susceptibles de l'être ;
- les zones à production possible de déchets nucléaires (ZPPDN) d'autre part, à l'intérieur desquelles les déchets produits sont contaminés, activés ou susceptibles de l'être.

Les déchets conventionnels produits par les INB sont ceux issus de ZDC et sont classés en 3 catégories :

- les déchets inertes (DI), qui ne contiennent aucune trace de substances toxiques ou dangereuses, et ne subissent aucune modification physique, chimique ou biologique importante pour l'environnement (déchets minéraux, verre, déblais, terres et gravats, ...);
- les déchets non dangereux non inertes, qui ne présentent aucune des propriétés qui rendent un déchet dangereux (gants, plastiques, déchets métalliques, papier/carton, caoutchouc, bois, câbles électriques, ...);
- les déchets dangereux (DD) qui contiennent des substances dangereuses ou toxiques, ou sont souillés par de telles substances (accumulateurs au plomb, boues/terres marquées aux hydrocarbures, résines, peintures, piles, néons, déchets inertes et industriels banals souillés, déchets amiantifères, bombes aérosols, ...).

Le tableau ci-dessous présente les quantités de déchets conventionnels produites en 2019 par les INB d'EDF.

Quantités 2019	Déchets dangereux		Déchets non dangereux non inertes		Déchets inertes		Total	
en tonnes	Produits	Valorisés	Produits	Valorisés	Produits	Valorisés	Produits	Valorisés
Sites en exploitation	7 931	6 405	40 126	37 030	54 293	54 287	102 350	97 722
Sites en déconstruction	70	19	405	356,5	435,5	425,5	910,5	801

Les déchets conventionnels sont gérés conformément aux principes définis dans la directive cadre sur les déchets :

- réduire leur production et leur dangerosité par une gestion optimisée,
- favoriser le recyclage et la valorisation.

La production de déchets inertes a été historiquement conséquente en 2019 du fait d'importants chantiers, en particulier les chantiers de modifications post Fukushima et l'aménagement de parkings ou bâtiments tertiaires. Les productions de déchets dangereux et de déchets non dangereux non internes restent relativement stables.

De nombreuses actions sont mises en œuvre par EDF pour en optimiser la gestion, afin notamment d'en limiter les volumes et les effets sur la santé et l'environnement. Parmi celles-ci, peuvent être citées :

- la création en 2006 du Groupe Déchets Economie Circulaire, chargé d'animer la gestion des déchets conventionnels pour l'ensemble des entités d'EDF. Ce groupe, qui s'inscrit dans le cadre du Système de Management Environnemental certifié ISO 14001 d'EDF, est composé de représentants des Divisions/Métiers des différentes Directions productrices de déchets. Ses principales missions consistent à apporter de la cohérence en proposant des règles et outils de référence aux entités productrices de déchets.
- les entités productrices de déchets conventionnels disposent d'un outil informatique qui permet en particulier de maîtriser les inventaires de déchets et leurs voies de gestion,
- la définition depuis 2008 d'un objectif de valorisation pour l'ensemble des déchets valorisables. Cet objectif est actuellement fixé à 90%,
- la prise en compte de la gestion des déchets dans les contrats de gestion des sites,
- la mise en place de structures opérationnelles assurant la coordination et la sensibilisation à la gestion des déchets de l'ensemble des métiers,
- la création de stages de formation spécifiques « gestion des déchets conventionnels»,
- le recensement annuel des actions de prévention de production des déchets.

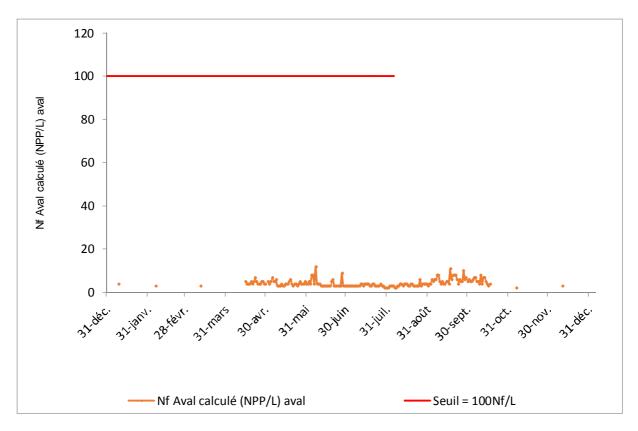
En 2019, les 4 unités de production du CNPE de Bugey ont produit 102 350 tonnes de déchets conventionnels : 95,5% de ces déchets ont été valorisés ou recyclés.

Concernant les unités en déconstruction, 910,5 tonnes de déchets conventionnels ont été produites en 2019. 88% de ces déchets ont été valorisés ou recyclés.

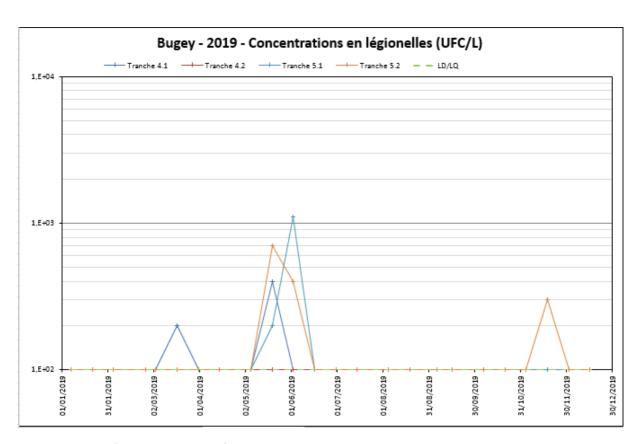
ABREVIATIONS

- ANDRA Agence Nationale pour la gestion des Déchets RAdioactifs
- ASN Autorité Sûreté Nucléaire
- CNPE Centre Nucléaire de Production d'Électricité
- COT Carbone Organique Total
- DBO5 Demande Biologique en Oxygène sur 5 jours
- DCO Demande Chimique en Oxygène
- DUS Diesel d'Ultime Secours
- EBA Ventilation de balayage en circuit ouvert tranche à l'arrêt
- ESE Évènement Significatif Environnement
- FMA Faible Moyenne Activité
- ICPE Installations Classées pour la Protection de l'Environnement
- INB Installation Nucléaire de Base
- IRSN Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire
- ISO International Standard Organization
- KRT Chaîne de mesure de radioactivité
- MES Matières En Suspension
- PA Produit d'Activation
- PF Produit de Fission
- REX Retour d'Expérience
- SME Système de Management de l'Environnement
- SMP Station Multi Paramètres
- TAC Turbine à Combustion
- TEU Traitement des Effluents Usés
- TFA Très Faible Activité
- THE Très Haute Efficacité
- UFC Unité Formant Colonie

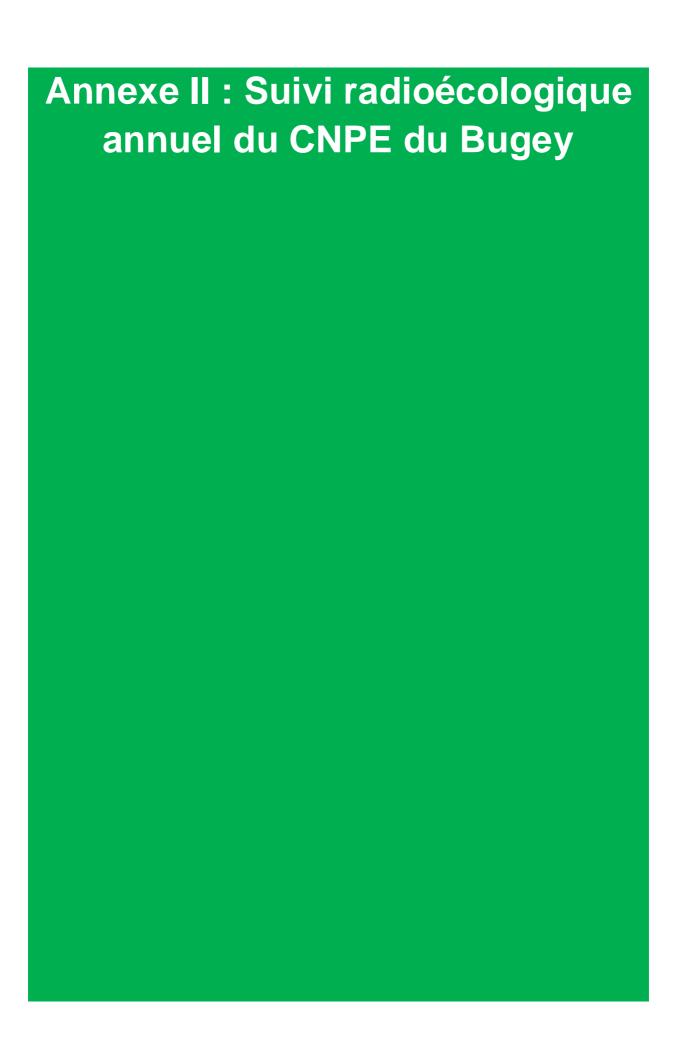
Annexe I : Suivi de la concentration en amibes et en légionelles sur 2019



Amibes calculées à l'aval dans le Rhône sur 2019



Légionelles mesurées dans les bassins des 4 circuits de refroidissement





Suivi radioécologique annuel des CNPE du Rhône et du site en démantèlement de Creys-Malville

Année 2018

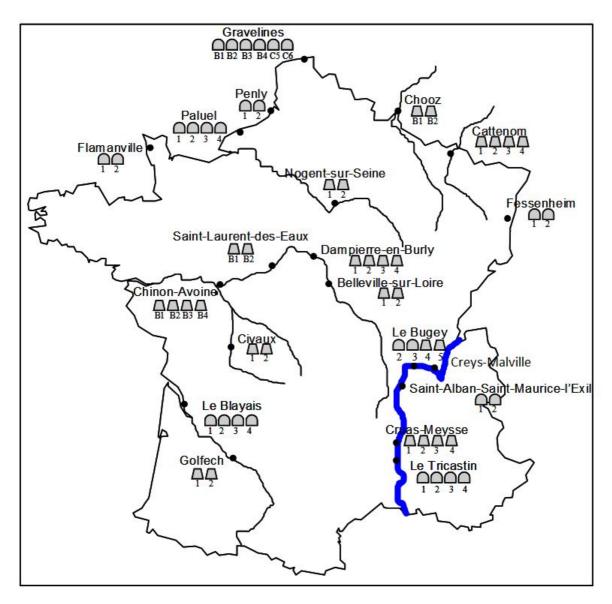
Rapport IRSN/2019-00435

Pôle Santé et Environnement Pôle Santé et Environnement Pôle Santé et Environnement

Service d'expertise et d'étude en radioprotection des populations et de la radioactivité dans l'environnement

Suivi radioécologique annuel des CNPE du Rhône et du site en démantèlement de Creys-Malville

Année 2018



Résumé

L'objectif du suivi radioécologique des CNPE implantés le long du Rhône et du site en démantèlement de Creys-Malville est de caractériser les niveaux de radioactivité dans l'environnement proche de ces sites dans quelques matrices représentatives des compartiments terrestre et aquatique. Il s'agit d'identifier les différentes sources, passées ou présentes, à l'origine de la présence des radionucléides observés dans l'environnement des sites et d'analyser l'évolution temporelle de leurs concentrations dans les matrices.

Pour le compartiment terrestre, le ¹³⁷Cs est le seul radionucléide émetteur gamma détecté dans la quasi-totalité des échantillons), à des niveaux comparables à ceux des années précédentes. Ce radionucléide artificiel est issu des retombées des essais aériens d'armes nucléaires et de l'accident de Tchernobyl. Les rejets de tritium à l'atmosphère opérés par les CNPE implantés sur le Rhône excepté le CNPE de Bugey et par le site en démantèlement de Creys-Malville marquent les échantillons prélevés dans leur environnement immédiat. Il en va de même pour le ¹⁴C qui est mesuré avec des activités supérieures au bruit de fond aux alentours des sites de Cruas-Meysse et de Tricastin.

Pour le compartiment aquatique, le ¹³⁷Cs est mesuré dans presque tous les échantillons prélevés et analysés. Si sa présence est pour l'essentiel héritée des retombées atmosphériques anciennes, une contribution des rejets liquides des CNPE ne peut être exclue. En effet, la présence d'autres radionucléides émetteurs gamma d'origine artificielle (⁵⁸Co, ⁶⁰Co, ^{110m}Ag) mesurés dans des échantillons prélevés en aval des sites de Bugey, de Cruas-Meysse et de Tricastin attestent du marquage de l'environnement aquatique par les rejets d'effluents liquides de ces CNPE

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

Un marquage en ¹⁴C est également mis en évidence dans l'environnement aquatique depuis l'aval du CNPE du Bugey jusqu'en aval du Tricastin. On notera que les échantillons de poissons prélevés dans la partie basse du Rhône présentent les activités les plus importantes. Cela est possiblement lié au cumul des rejets des différents sites étudiés, comme observé dans de précédentes études.

L'¹³¹I est également régulièrement mesuré dans l'environnement aquatique. Cependant, les activités étant soit équivalentes entre l'amont et l'aval soit supérieures en amont des sites, il est difficile d'attribuer la présence de ce radionucléide aux rejets d'effluents liquides. La présence d'unités médicales dans les agglomérations riveraines est à l'origine de la présence de ce radionucléide dans l'environnement aquatique.

Le ⁶³Ni et le ⁵⁵Fe sont détectés sporadiquement. Bien que présents dans les rejets des installations nucléaires¹, il est difficile de se prononcer du fait d'une connaissance encore peu robuste sur d'une part l'origine précise de ces deux radionucléides dans l'environnement (rejets liés aux opérations de démantèlement pour les ⁶³Ni et ⁵⁵Fe, retombées atmosphériques globales pour le ⁶³Ni) et d'autre part sur la variabilité des activités dans l'environnement.

Page: 18/264

¹ Le ⁵⁵Fe, produit par activation neutronique du fer dans les réacteurs des CNPE, peut se retrouver dans leurs effluents liquides.

0 OBJECTIFS

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

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

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

La stratégie de prélèvements et d'analyses est commune à l'ensemble des sites. Des contraintes supplémentaires peuvent localement modifier la position, le nombre ou les analyses réalisées. Le choix des stations et de la nature des prélèvements permet la comparaison des résultats avec ceux des études antérieures. Les stations de prélèvement ont été définies en fonction du régime éolien local en milieu terrestre et en fonction de l'hydrodynamisme local en milieu aquatique (Annexe 11.1).

Les matrices échantillonnées sont les plus abondantes localement et/ou caractéristiques de l'économie locale (Annexe 11.2 et Annexe 11.5). Elles correspondent également, pour la plupart, aux espèces prélevées lors de l'état de référence. Les matrices prélevées tiennent également compte de la réglementation applicable à chaque CNPE.

L'ensemble des analyses sont réalisées à fréquence annuelle, ainsi qu'à fréquence trimestrielle pour le ¹⁴C mesuré dans les végétaux terrestres (Annexe 11.3), voire quinquennale pour quelques techniques plus pointues. Dans la plupart des matrices collectées, une analyse gamma, une analyse de tritium organiquement lié voire de tritium libre et une analyse de ¹⁴C sont réalisées (Annexes 11.4, 11.7, 11.8 et 11.10). Dans certaines matrices, des analyses supplémentaires peuvent être réalisées (Annexe 11.4). L'analyse des émetteurs gamma d'origine naturelle permet de caractériser les échantillons prélevés, de vérifier la qualité des prélèvements et des analyses. Les méthodes de prélèvement, de préparation et d'analyses des échantillons mises en œuvre aux fins de la présente étude sont détaillées en annexes (Annexes 0.1, 11.5 et 11.6).

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

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

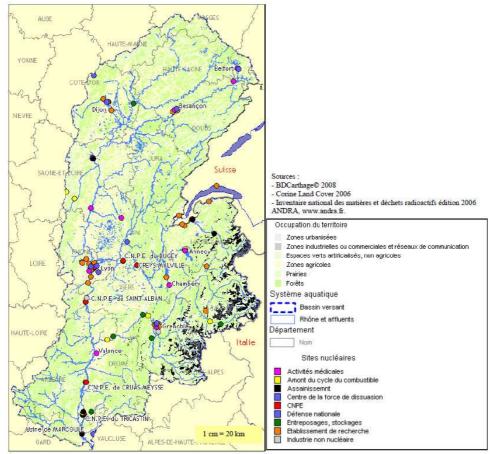


Figure 1 - Localisation des sites détenant des radionucléides dans le bassin versant du Rhône

2.1 Radionucléides d'origine naturelle

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

2.1.1 <u>Origine tellurique</u>

Les radionucléides d'origine tellurique sont principalement le ⁴⁰K et les produits des chaînes de désintégration de l'²³⁸U, de l'²³⁵U et du ²³²Th. Présents dans l'écorce terrestre, ces radionucléides sont persistants dans les divers compartiments de l'environnement du fait de leur période radioactive de l'ordre de plusieurs milliards d'années. Leurs niveaux d'activité usuels sont indiqués dans le bilan de l'état radiologique de l'environnement français de 2015 à 2017 [1].

2.1.2 Origine cosmogénique et comportement du tritium et du ¹⁴C

Le rayonnement cosmique en provenance du soleil et de l'espace interagit avec la haute atmosphère terrestre et engendre en permanence la production de radionucléides cosmogéniques, comme le tritium (³H), le ¹⁴C, ⁷Be et le ²²Na. Leurs niveaux d'activité usuels sont indiqués dans le bilan de l'état radiologique de l'environnement français de 2015 à 2017 [1].

Le ³H et le ¹⁴C ont également une origine anthropique, qui sera traité plus en détail dans le paragraphe 2.2.

En tant qu'isotope de l'hydrogène, le ³H (période radioactive : 12,312 ans [2]) est intimement lié au cycle de cet élément dans l'environnement. Il peut être présent dans toutes les molécules hydrogénées, être associé aussi bien à l'eau tissulaire qu'à la matière organique des végétaux et des animaux. Sous la forme d'eau tritiée (HTO), ce radionucléide est extrêmement mobile dans l'environnement et dans tous les systèmes biologiques et, de ce fait rapidement intégré dans de nombreux cycles de la géosphère et de la biosphère. En situation d'équilibre, il ne s'accumule pas dans tel ou tel composant environnemental ou biologique. Ainsi, les activités en tritium métabolisé dans la matière organique (tritium organiquement lié, TOL) sont généralement à l'équilibre avec les activités en HTO [3-5]. Avant l'ère nucléaire, les valeurs en ³H atmosphérique étaient de l'ordre de 0,1 à 0,6 Bq.L⁻¹.

S'agissant du ¹⁴C (période radioactive : 5 700 ans [2]), en milieu terrestre, les observations permettent de montrer que l'activité spécifique, exprimée en becquerels de ¹⁴C par kilogramme de carbone total (Bq.kg⁻¹ C), est en équilibre dans les composantes de l'environnement, notamment avec celle du CO₂ atmosphérique. Contrairement au milieu terrestre, le ¹⁴C des écosystèmes d'eau douce n'est pas en équilibre avec le CO₂ atmosphérique du fait de sa dilution notamment par les carbonates des roches sédimentaires anciennes dépourvues de ¹⁴C. L'activité spécifique hors influence industrielle locale peut donc être plus faible et variable en fonction de la teneur en carbonates anciens, entre 180 et 220 Bq.kg⁻¹ C [6].

2.2 Radionucléides d'origine artificielle

2.2.1 Retombées des essais aériens d'armes nucléaires et des chutes de satellites

Entre 1945 et 1980, les États-Unis d'Amérique, l'Union Soviétique, la France, la Grande-Bretagne et la Chine ont procédé à plus de 500 essais aériens d'armes nucléaires, l'essentiel de la puissance ayant été libéré entre 1954 et 1958, puis en 1961 et 1962 [7]. Les particules radioactives libérées dans la troposphère et la stratosphère au cours de ces essais sont retombées sur l'ensemble du globe, mais en raison de la localisation des sites de tirs, l'hémisphère nord a reçu la majorité des retombées radioactives issues de ces essais. En France métropolitaine, les retombées de ces essais ont été globalement homogènes et constituent la principale source de radioactivité artificielle dans l'environnement.

En termes d'activité, les dépôts les plus importants concernent les radionucléides à vie courte. Ainsi, en France, les dépôts d'¹³¹I, de ⁹⁵Zr, de ¹⁴⁴Ce/Pr et de ¹⁰⁶Ru/Rh (périodes radioactives respectives de 8,0233, 64,032, 285,0 et 371,5 jours [2]), aujourd'hui disparus, ont été 10 fois plus importants que les dépôts de radionucléides à vie moyenne (⁹⁰Sr et ¹³⁷Cs, de

28,80 et 30,05 ans de périodes radioactives respectives [2]). Les dépôts de radionucléides à vie longue (241 Am², 14C, 240 Pu et ²³⁹Pu, de 432,6, 5 700, 6 561 et 24 100 ans de périodes respectives [2]) ont été comparativement très faibles [8]. Le ¹³⁷Cs, le ⁹⁰Sr, le ²³⁸Pu, le ^{239, 240}Pu et l'²⁴¹Am sont encore détectés aujourd'hui dans de nombreux compartiments. Leurs faibles décroissances radioactives et, pour certains, leurs faibles mobilités dans les sols entretiennent un marquage ne diminuant que lentement depuis le milieu des années 1960 [8]. Dans une moindre mesure, la désintégration de onze satellites artificiels lors de leur entrée dans l'atmosphère, entre 1964 et 1996, a provoqué la dispersion dans l'atmosphère terrestre de ²³⁸Pu, d'²³⁵U et de leurs produits de fission, puis leurs retombées sur l'ensemble de la planète. Pour ces radionucléides, l'activité rémanente des retombées anciennes constitue, dans le cadre de la présente étude, un bruit de fond radiologique dont les valeurs sont présentées dans le bilan de l'état radiologique de l'environnement français de 2015 à 2017 [1] et plus brièvement ci-dessous. En 2018, sur la majeure partie de la France, les activités rémanentes en ¹³⁷Cs des retombées des essais aériens étaient comprises entre 1 400 et 2 000 Bq.m⁻² [9], compte tenu de la seule décroissance radioactive du ¹³⁷Cs. Elles ont été augmentées par les retombées de l'accident de Tchernobyl (voir paragraphe suivant). En comparaison, celles de l'accident de Fukushima-Daiichi sont beaucoup plus faibles (voir paragraphe 2.2.3).

Le ³H a été massivement émis lors des essais aériens d'armes nucléaires. De plus de 500 Bq.L⁻¹ dans les eaux de pluie analysées à Thonon-les-Bains ou à Vienne dans les années 1960, l'activité volumique a décru à moins de 10 Bq.L⁻¹ dès la fin des années 1970. Depuis la fin des années 1990, elle est inférieure à 2 Bq.L-1 [8-11] (Figure 2 page 22.

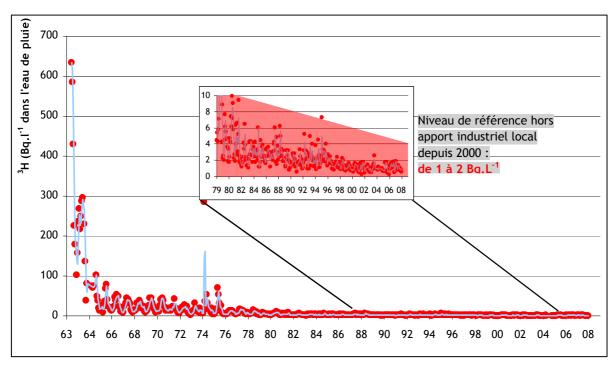


Figure 2 - Activités de ³H dans l'eau de pluie à Thonon-les-Bains, d'après IAEA/WMO 2006.

Les valeurs acquises pour les eaux des cours d'eau français en dehors des zones d'influence des rejets industriels (tête de bassin versant ou hydro-systèmes non nucléarisés) sur la même période ne présentent pas de différence significative par rapport aux niveaux observés dans les eaux de pluie (1,4±0,4 Bq.L⁻¹) [14]. Le tritium produit lors des essais aériens est quantifiable aujourd'hui sous les deux formes, HTO et TOL. En milieu aquatique continental, hors influence industrielle

² L'²⁴¹Am n'a pas été produit directement lors des essais mais par la décroissance du ²⁴¹Pu (T=14,4 ans).

locale, la forme libre (HTO) est à l'équilibre avec les activités atmosphériques actuelles. Le bruit de fond radiologique du tritium libre et organiquement lié en milieu terrestre hors influence d'un rejet est de 1,4±1,2 Bq.L⁻¹ en France métropolitaine (mesures de 2007 à 2012 [15]) pour les matrices annuelles, proche des activités en tritium libre de la vapeur d'eau atmosphérique.

Les essais aériens d'armes nucléaires ont également conduit à l'époque à doubler les quantités de ¹⁴C présent dans l'atmosphère. L'activité spécifique atmosphérique en ¹⁴C a atteint plus de 400 Bq.kg⁻¹ C avant de décroître suite à l'arrêt des essais atmosphériques ainsi qu'à l'augmentation des rejets de CO₂ dans l'atmosphère liée à l'utilisation grandissante de combustibles fossiles, dépourvus de ¹⁴C [16]. En 1999, l'activité spécifique dans le milieu terrestre s'élevait à 255±7 Bq.kg⁻¹ C [17]. En 2018, elle est proche de 230 Bq.kg⁻¹ C et se rapproche de l'activité spécifique atmosphérique antérieure aux premiers essais aériens (226,0±1,1 Bq.kg⁻¹ C) [1] (Figure 3 page 23).

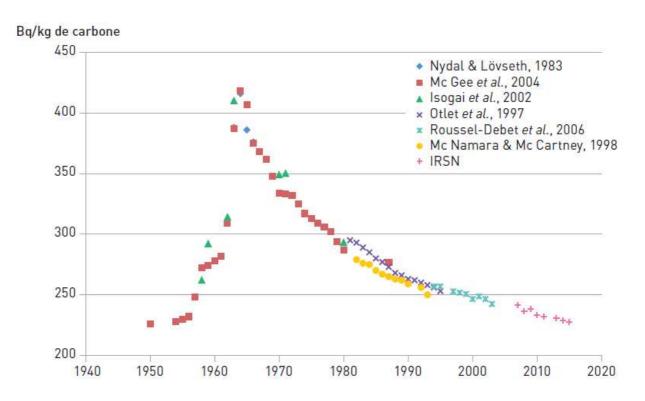


Figure 3 - Évolution de l'activité spécifique du ¹⁴C dans l'hémisphère nord depuis 1950 (tirée de [1]).

Le ¹⁴C des écosystèmes d'eau douce n'est pas en équilibre avec le CO₂ atmosphérique du fait de sa dilution notamment par les carbonates des roches sédimentaires anciennes dépourvues de ¹⁴C. L'activité spécifique hors influence industrielle locale peut donc être plus faible et variable en fonction de la teneur en carbonates anciens, entre 180 et 220 Bq.kg⁻¹ C [6].

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

2.2.2 <u>Retombées de l'accident de Tchernobyl</u>

Le 26 avril 1986, le réacteur n°4 de la centrale de Tchernobyl (Ukraine), en service depuis 3 ans, explose accidentellement lors de la réalisation d'un essai technique. L'énergie libérée par l'explosion entraîne l'émission dans l'atmosphère de produits de fission et d'activation jusqu'à plus de 1 200 mètres de hauteur. Pendant dix jours, près de 10⁷ TBq sont libérés dans l'environnement, la majorité des radionucléides émis ayant une période radioactive inférieure à un mois. Jusqu'à la mi-mai 1986, la dispersion du panache radioactif dissémine divers radionucléides sur la plupart des pays d'Europe. La dispersion du panache radioactif s'accompagne d'une dilution de l'activité volumique des radionucléides artificiels au sein de celui-ci. Ainsi, l'activité mesurée au sein du panache au voisinage du réacteur accidenté, de l'ordre de 10⁷ Bq/m³, n'était plus que de quelques dizaines de Bq/m³ lorsque le panache a atteint la France métropolitaine durant la première semaine de mai 1986. Les évènements pluvieux concomitants ont favorisé le dépôt des particules. Dix-neuf radionucléides ont été détectés dans les retombées de l'accident de Tchernobyl et sept ont principalement été mis en évidence sur le territoire français (103Ru, 106Ru/Rh, 110mAg, 131I, 132Te, 134Cs et 137Cs). Les retombées atmosphériques de l'accident de Tchernobyl ont affecté l'ensemble du territoire et, plus particulièrement, la moitié est de la France. La figure 4 page 25 présente la répartition des activités surfaciques estimées en 137Cs dans la vallée du Rhône issues de la rémanence de ces retombées. De nos jours, seul le 137Cs est encore mesurable [18].

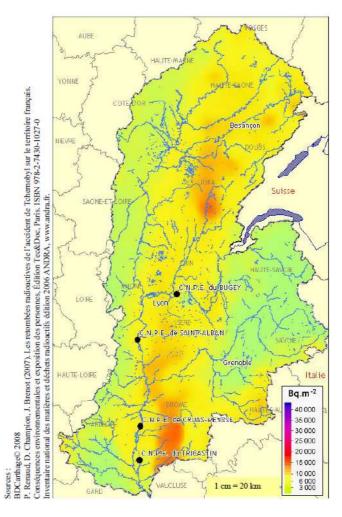


Figure 4 - Activités surfaciques de ¹³⁷Cs estimées en 2010 issues des retombées atmosphériques des essais aériens et de l'accident de Tchernobyl d'après [19].

2.2.3 Retombées de l'accident de Fukushima-Daiichi

Les dépôts issus des retombées atmosphériques de l'accident de Fukushima-Daiichi survenu le 11 mars 2011 ont été de 500 à plus de 1 000 fois inférieurs à ceux mesurés début mai 1986 en France après l'accident de Tchernobyl (Figure 5 page 26). Les résultats des analyses réalisées sur le territoire métropolitain par l'IRSN et les exploitants nucléaires ont montré la présence d'131, de 137Cs et de 134Cs [20]. Du fait de sa courte période radioactive (8,0233 jours [2]), l'131 a rapidement disparu de l'environnement. Le 134Cs, dont le dépôt massif issu des retombées de l'accident de Tchernobyl n'était plus détecté compte tenu de sa courte période radioactive (2,0644 ans [2]), a pu être attribué à cet accident. En revanche, les résultats de 137Cs sont difficilement imputables à ce seul évènement compte-tenu de la rémanence de ce radionucléide dans le bassin versant rhodanien.

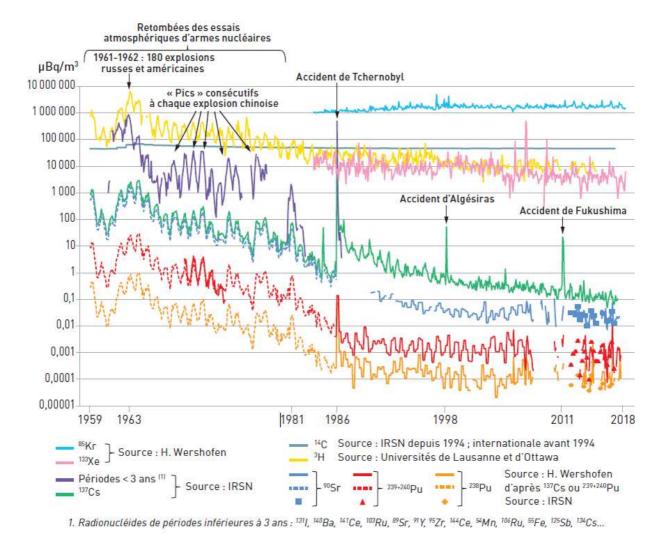


Figure 5 - Évolution des activités des principaux radionucléides artificiels mesurés dans l'air en France et en Allemagne au cours des 60 dernières années (tirée de [1]).

2.2.4 Installations nucléaires exploitées par EDF

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

Les rejets d'effluents radioactifs atmosphériques des CNPE comprennent notamment le tritium, le ¹⁴C, l'⁴¹Ar, les xénons métastables 131, 133 et 135, le ⁸⁵Kr, les ¹³¹I et ¹³³I, les ⁵⁸Co et ⁶⁰Co et les césiums 134 et 137. Au sein des rejets d'effluents radioactifs liquides, le tritium, le ¹⁴C, les cobalts 58 et 60, le ⁶³Ni, les antimoines 142 et 125, les césiums 134

et 137, le ⁵⁴Mn, l'argent 110 métastable, le ^{123m}Te, et l'¹³¹I sont prépondérants. Le ⁵⁵Fe et le l'argent 108 métastable sont rejetés dans une moindre mesure.

Les conditions d'exécution et les limites des rejets d'effluents, dans les cours d'eau et dans l'atmosphère, sont définies par l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN). L'exploitant n'a pas porté à la connaissance de l'IRSN d'évènements intéressants l'environnement pour l'année 2018 ayant pu avoir une conséquence mesurable sur les niveaux d'activité des échantillons analysés dans le cadre du suivi.

2.2.5 Autres activités

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

Outre la filière énergétique, plusieurs unités hospitalières sont également présentes sur le territoire étudié à Lyon, Valence, Annecy, Chambéry et dans d'autres agglomérations du bassin versant de la Saône. Parmi les principaux radionucléides utilisés en médecine nucléaire, le ^{99m}Tc (en diagnostic fonctionnel, période radioactive de 6,01 heures) et l'¹³¹I (en thérapie métabolique, période radioactive de 8,02 jours) représentent à eux seuls près de 99% de la radioactivité utilisée par les services de médecine nucléaire [21]. L'¹³¹I ainsi introduit dans l'environnement via les urines et les selles des patients traités peut être détecté dans les stations d'épuration et en aval des celles-ci. Difficile à détecter dans l'eau, l'¹³¹I peut être mesuré dans les végétaux. On compte également de nombreux centres de recherche utilisant des produits radioactifs, notamment autour des agglomérations lyonnaise et grenobloise. Enfin, dans le Haut-Rhône et le Doubs, les déchets de peintures luminescentes notamment de l'industrie horlogère utilisant du tritium jusque dans les années 1990, ont contribué au marquage encore actuel de l'environnement aquatique. Les autres installations présentées sur la Figure 1 page 20 représentent des sources de radionucléides négligeables par rapport aux apports ci-dessus.

3 CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL ET GÉOGRAPHIQUE

3.1 Climatologie

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

3.2 Géologie et hydrogéologie

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

Page: 27/264

Sous les alluvions modernes, on trouve, sur le site du Bugey, un horizon intermédiaire épais de plusieurs dizaines de mètres et constitué d'argile sur la partie supérieure et de galets reliés entre eux par un ciment sableux ou sablo-argileux sur la partie inférieure. Cet horizon recouvre une formation de molasse ayant une centaine de mètres d'épaisseur au niveau du site et constituée de sables, de grès sableux, de lits silteux bruns et de quelques niveaux de grès francs. Au niveau de Saint-Alban, on retrouve des formations pliocènes et miocènes qui recouvrent le socle cristallin avec une épaisseur très variable sur cette zone. À Cruas, en revanche, la stratigraphie est relativement simple car les alluvions récentes recouvrent de puissants bancs calcaires du Jurassique et du Crétacé inférieur qui se développent sur environ 3 500 mètres d'épaisseur. Au niveau du site du Tricastin, les dépôts marneux du Pliocène s'intercalent entre les alluvions quaternaires en surface et les formations marno-calcaires du Crétacé sous-jacentes.

3.3 Hydrographie et hydrologie

Le Rhône est l'un des plus grands fleuves métropolitains français par la taille de son bassin versant (environ 98 000 km²) et par son débit moyen annuel (environ 1 800 m³.s⁻¹ à Beaucaire, en amont immédiat de son delta). Le cours du fleuve (522 km en France) est aujourd'hui largement contraint par les aménagements hydro-électriques qui le jalonnent depuis son entrée en France jusqu'à son débouché en Méditerranée (barrages, seuils, centrales hydroélectriques). Du lac Léman à l'amont du Bugey, seuls le Fier et l'Arve viennent grossir les eaux du Rhône qui présente alors un débit moyen de l'ordre de 450 à 600 m³.s⁻¹. Entre Le Bugey et Saint-Alban, le Rhône est alimenté par les eaux de l'Ain et surtout de la Saône, principal affluent du fleuve. Son débit moyen annuel augmente alors à 1 040 m³.s⁻¹ à Ternay. Plus au sud, entre Saint-Alban-Saint-Maurice-L'Exil et Cruas-Meysse, ce sont la Drôme et l'Isère, situées en rive gauche, qui constituent les affluents principaux du Rhône. À Valence, le débit moyen annuel est d'environ 1 410 m³.s-1. Entre Cruas-Meysse et Le Tricastin, aucun affluent n'alimente le fleuve. Enfin, l'Ardèche se jette dans le Rhône en aval immédiat du CNPE du Tricastin, bientôt rejoint par l'Ouvèze, la Durance et le Gard. La diversité des bassins-versant drainés et des conditions hydrologiques des affluents qui alimentent le Rhône conduisent à des débits variables à l'échelle intra et interannuelle. Si à l'amont des débits sont relativement plus élevés en été, soutenus par les affluents alpins, vers l'aval les affluents méridionaux contribuent à l'alternance d'étiages marqués en été avec des crues soudaines et parfois intenses d'un point de vue hydrologique et sédimentaire de l'automne au printemps. Ainsi, les débits enregistrés à Beaucaire (dernière station hydrométrique avant l'entrée du fleuve dans son delta) varient de 350 m³.s⁻¹ en étiage à plus de 10 000 m³.s⁻¹ en crue.

5 ÉTAT RADIOLOGIQUE DU CNPE DU BUGEY

5.1 Généralités et chronologie des études radioécologiques antérieures

Le CNPE du Bugey est situé en rive droite du Rhône, à environ 40 km à l'est de Lyon (figure 15 page 79). Il est composé d'une tranche de 500 MWe de la filière des réacteurs Uranium Naturel Graphite-Gaz (UNGG) arrêté le 27 mai 1994 ainsi que de quatre tranches de 900 MWe de la filière des réacteurs à Eau Pressurisée (R.E.P.), couplées au réseau en mai 1978, septembre 1978, mars 1979 et juillet 1979. L'installation en déconstruction de Creys-Malville est située à 34 km à l'amont du CNPE du Bugey sur le Rhône. Sur la frontière franco-suisse sont implantées les installations du CERN dont le grand collisionneur de hadrons. Des services de médecine nucléaire, utilisant de l'¹³¹I, sont situés en amont du Bugey, à Annecy, Chambéry et Genève.

Les conditions d'exécution et les limites des rejets d'effluents, dans le cours d'eau et dans l'atmosphère, sont définies par l'ASN. L'exploitant n'a pas porté à la connaissance de l'IRSN d'évènements intéressant l'environnement pour l'année 2018 ayant pu avoir une conséquence mesurable sur les niveaux d'activité des échantillons analysés dans le cadre du suivi.

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

La chronologie des études radioécologiques conduites dans l'environnement du CNPE du Bugey est présentée sur la figure 14 page 73.

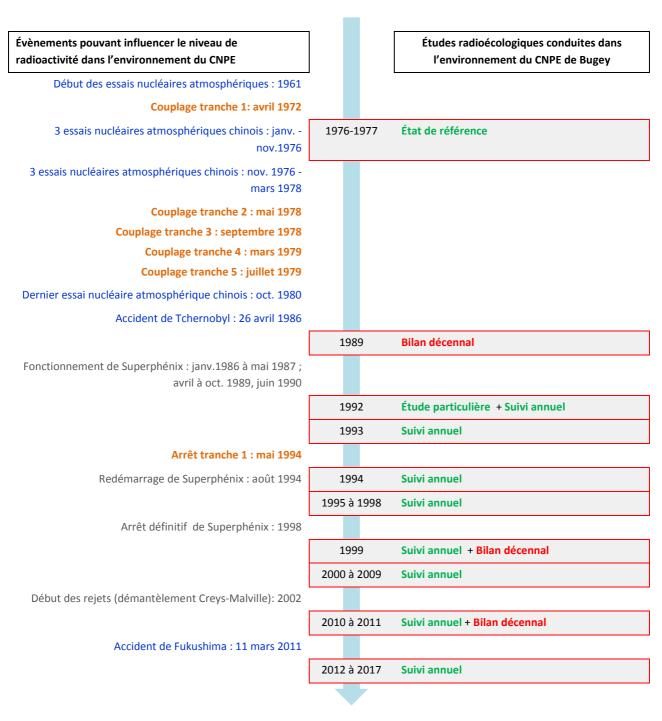


Figure 14 - Chronologie des études radioécologiques conduites dans l'environnement du CNPE du Bugey

5.2 État radiologique de l'environnement terrestre

5.2.1 Stratégie d'échantillonnage

La localisation des stations de prélèvement et la nature des échantillons collectés sont présentées à la figure 15 page 79. Les caractéristiques (dates, stations, natures, etc.) identifiant chaque échantillon analysé sont présentées dans le tableau

25 page 75 et suivantes. La granulométrie et la teneur en matière organique du sol de prairie analysé sont présentées dans le tableau 38 page 106.

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

Des contraintes supplémentaires peuvent localement modifier la position, le nombre ou les analyses réalisées. Dans la stratégie 2018, une mousse terricole, trois productions agricoles (deux céréales et un légume-feuille), un sol de prairie, de l'herbe et un lait sont prélevés sous les vents dominants. Hors vents, de l'herbe de prairie et le sol sous-jacent sont collectés ainsi qu'une production agricole (céréale).

Les prélèvements potentiellement influencés par les rejets d'effluents atmosphériques du CNPE sont situés au sud de l'installation (Leyrieu, Loyettes carrières). Les maïs prélevés à Loyettes-Les Brotteaux, à l'ouest du CNPE, sont potentiellement influencés via l'irrigation par les rejets d'effluents liquides du CNPE. Les stations de référence, hors influence des rejets d'effluents atmosphériques et liquides, sont situées à Sainte-Julie et Pizay. Les maïs prélevés à Sainte-Julie sont irrigués par l'eau provenant d'un captage localisé à Proulieu, en amont du dispositif de rejet liquide du CNPE.

Les mousses et le maïs prélevés sous et hors influence ont fait l'objet d'une mesure par spectrométrie gamma. L'¹³¹l a été recherché spécifiquement dans les mousses terricoles. Les autres échantillons récoltés sous les vents dominants (salade, lait, herbe, sol de prairie) ont également été mesurés en spectrométrie gamma. Les échantillons de sols de prairie récoltés hors et sous vents dominants ont été mesurés en spectrométrie alpha. Du ⁵⁵Fe et du ⁹⁰Sr ont été recherchés dans les échantillons de sol de prairie récoltés sous les vents dominants. Dans le lait, les salades, le maïs et l'herbe, le tritium libre (HTO) et le tritium organiquement lié (TOL) ont été recherchés. Enfin, le ¹⁴C est recherché dans l'herbe, le lait, les salades et les grains de maïs.

Des échantillons d'herbe et de sol non cultivé prélevés hors et sous vents dominants sont placés en échantillothèque pour une durée de 10 ans.

Tableau 25 - Identification des échantillons analysés dans l'environnement terrestre du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique de 2018

Situation par rapport au CNPE	Station	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
1,75 km OSO	Loyettes, carriere	05,24747	45,78640	Cereales	Mais Zea mays	Graine	11/09/2018	Spectrometrie gamma (cendres)	1,18	75,82
1,75 km OSO	Loyettes, carriere	05,24747	45,78640	Cereales	Mais Zea mays	Graine	11/09/2018	Tritium lié	1,16	-
1,75 km OSO	Loyettes, carriere	05,24747	45,78640	Cereales	Mais Zea mays	Graine	11/09/2018	Tritium libre	1,16	-
1,75 km OSO	Loyettes, carriere	05,24747	45,78640	Cereales	Mais Zea mays	Graine	11/09/2018	Carbone 14	1,16	-
1,75 km OSO	Loyettes, carriere	05,24747	45,78640	Cereales	Mais Zea mays	Graine	11/09/2018	C-13 sur C-12	1,16	-
1,75 km OSO	Loyettes, carriere	05,24747	45,78640	Cereales	Mais Zea mays	Graine	11/09/2018	Hydrogene	1,16	-
2,5 km SSO	Cros du Buis	05,26108	45,77665	Sols non cultives	Sol de paturage ou de prairie 0 - 5 cm	Diametre inferieur a 2 mm	20/02/2018	Spectrometrie gamma (sec)	1,25	-
2,5 km SSO	Cros du Buis	05,26108	45,77665	Sols non cultives	Sol de paturage ou de prairie 0 - 5 cm	Diametre inferieur a 2 mm	20/02/2018	Fer 55	1,25	1,08
2,5 km SSO	Cros du Buis	05,26108	45,77665	Sols non cultives	Sol de paturage ou de prairie 0 - 5 cm	Diametre inferieur a 2 mm	20/02/2018	Strontium 90	1,25	1,08
2,5 km SSO	Cros du Buis	05,26108	45,77665	Sols non cultives	Sol de paturage ou de prairie 0 - 5 cm	Diametre inferieur a 2 mm	20/02/2018	Spectrometrie alpha (cendres)	1,25	1,08
2,5 km SSO	Cros du Buis	05,26108	45,77665	Sols non cultives	Sol de paturage ou de prairie 0 - 5 cm	Diametre inferieur a 2 mm	20/02/2018	Granulometrie (sec)	1,25	-
2,5 km SSO	Cros du Buis	05,26108	45,77665	Sols non cultives	Sol de paturage ou de prairie 0 - 5 cm	Diametre inferieur a 2 mm	20/02/2018	Calcium	1,25	1,08
2,5 km SSO	Cros du Buis	05,26070	45,77675	Prairies	Herbe de prairie permanente	Parties aeriennes	16/04/2018	Spectrometrie gamma (cendres)	2,82	9,97
2,5 km SSO	Cros du Buis	05,26070	45,77675	Prairies	Herbe de prairie permanente	Parties aeriennes	16/04/2018	Tritium lié	3,24	-
2,5 km SSO	Cros du Buis	05,26070	45,77675	Prairies	Herbe de prairie	Parties aeriennes	16/04/2018	Tritium libre	3,24	-

Page : 75/264

Situation par rapport au CNPE	Station	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
					permanente					
2,5 km SSO	Cros du Buis	05,26070	45,77675	Prairies	Herbe de prairie permanente	Parties aeriennes	16/04/2018	Hydrogene	3,24	-
4 km S	Leyrieu	05,25511	45,75833	Produits alimentaires liquides non transformes	Lait de vache	Entier	20/02/2018	Spectrometrie gamma (cendres)	7,50	16,66
4 km S	Leyrieu	05,25511	45,75833	Produits alimentaires liquides non transformes	Lait de vache	Entier	20/02/2018	Tritium lié	7,75	-
4 km S	Leyrieu	05,25511	45,75833	Produits alimentaires liquides non transformes	Lait de vache	Entier	20/02/2018	Tritium libre	7,75	-
4 km S	Leyrieu	05,25511	45,75833	Produits alimentaires liquides non transformes	Lait de vache	Entier	20/02/2018	Carbone 14	7,75	-
4 km S	Leyrieu	05,25511	45,75833	Produits alimentaires liquides non transformes	Lait de vache	Entier	20/02/2018	C-13 sur C-12	7,75	
4 km S	Leyrieu	05,25511	45,75833	Produits alimentaires liquides non transformes	Lait de vache	Entier	20/02/2018	Hydrogene	7,75	-
4 km S	Leyrieu, ferme La Combe	05,26353	45,75731	Legumes	Salade Laitue Batavia <i>Lactuca sativa L</i> .	Feuilles	03/07/2018	Spectrometrie gamma (cendres)	20,39	3,13
4 km S	Leyrieu, ferme La Combe	05,26353	45,75731	Legumes	Salade Laitue Batavia <i>Lactuca sativa L</i> .	Feuilles	03/07/2018	Tritium lié	15,37	
4 km S	Leyrieu, ferme La Combe	05,26353	45,75731	Legumes	Salade Laitue Batavia <i>Lactuca sativa L</i> .	Feuilles	03/07/2018	Tritium libre	15,37	
4 km S	Leyrieu, ferme La Combe	05,26353	45,75731	Legumes	Salade Laitue Batavia <i>Lactuca sativa L</i> .	Feuilles	03/07/2018	Carbone 14	15,37	
4 km S	Leyrieu, ferme La	05,26353	45,75731	Legumes	Salade Laitue	Feuilles	03/07/2018	C-13 sur C-12	15,37	-

Rapport IRSN/2019-00435

Page : 76/264

Situation par rapport au CNPE	Station	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
	Combe				Batavia Lactuca sativa L.					
4 km S	Leyrieu, ferme La Combe	05,26353	45,75731	Legumes	Salade Laitue Batavia <i>Lactuca sativa L</i> .	Feuilles	03/07/2018	Hydrogene	15,37	-
4 km S	Leyrieu, ferme La Combe	05,26877	45,75760	Mousses terricoles	Mousse Rhytidiadelphus triquetrus	Entier	20/02/2018	Spectrometrie gamma (frais) + I-131	6,05	-
5,5 km O	Loyettes, Les Brotteaux	05,19741	45,78890	Cereales	Mais Zea mays	Graine	11/09/2018	Spectrometrie gamma (cendres)	1,24	66,55
5,5 km O	Loyettes, Les Brotteaux	05,19741	45,78890	Cereales	Mais Zea mays	Graine	11/09/2018	Tritium lié	1,21	-
5,5 km O	Loyettes, Les Brotteaux	05,19741	45,78890	Cereales	Mais Zea mays	Graine	11/09/2018	Tritium libre	1,21	-
5,5 km O	Loyettes, Les Brotteaux	05,19741	45,78890	Cereales	Mais Zea mays	Graine	11/09/2018	Carbone 14	1,21	-
5,5 km O	Loyettes, Les Brotteaux	05,19741	45,78890	Cereales	Mais Zea mays	Graine	11/09/2018	C-13 sur C-12	1,21	-
5,5 km O	Loyettes, Les Brotteaux	05,19741	45,78890	Cereales	Mais Zea mays	Graine	11/09/2018	Hydrogene	1,21	-
10 km N	Sainte-Julie	05,25944	45,89134	Cereales	Mais Zea mays	Graine	11/09/2018	Spectrometrie gamma (cendres)	1,17	75,15
10 km N	Sainte-Julie	05,25944	45,89134	Cereales	Mais Zea mays	Graine	11/09/2018	Tritium lié	1,15	-
10 km N	Sainte-Julie	05,25944	45,89134	Cereales	Mais Zea mays	Graine	11/09/2018	Tritium libre	1,15	-
10 km N	Sainte-Julie	05,25944	45,89134	Cereales	Mais Zea mays	Graine	11/09/2018	Carbone 14	1,15	-
10 km N	Sainte-Julie	05,25944	45,89134	Cereales	Mais Zea mays	Graine	11/09/2018	C-13 sur C-12	1,15	-
10 km N	Sainte-Julie	05,25944	45,89134	Cereales	Mais Zea mays	Graine	11/09/2018	Hydrogene	1,15	-
15 km ONO	Pizay	05,09388	45,88070	Sols non cultives	Sol de paturage ou de prairie 0 - 5 cm	Diametre inferieur a 2 mm	20/02/2018	Spectrometrie alpha (cendres)	1,45	1,08
15 km ONO	Pizay	05,09388	45,88070	Sols non cultives	Sol de paturage ou de prairie 0 - 5 cm	Diametre inferieur a 2 mm	20/02/2018	Granulometrie (sec)	1,45	-

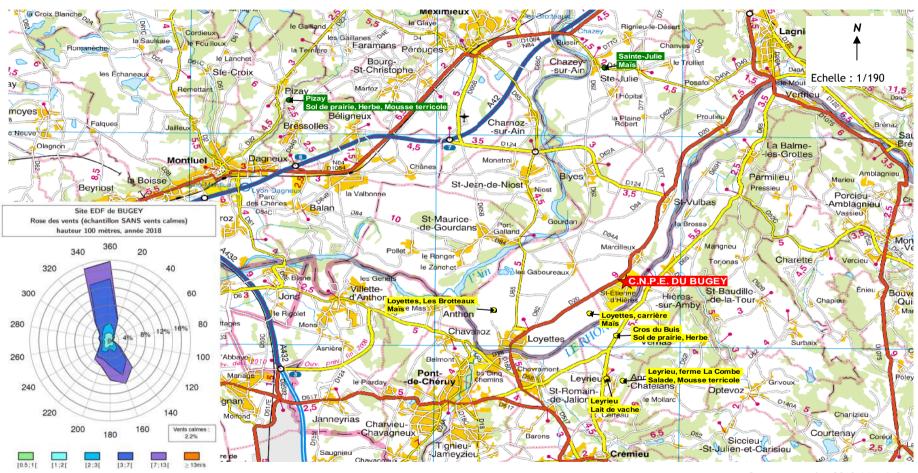
Rapport IRSN/2019-00435

Page : 77/264

- : absence de traitement.

Prélèvements hors vents dominants de l'installation
Prélèvements sous les vents dominants de l'installation
Prélèvements sous les vents dominants de l'installation mais alimenté par une nappe phréatique située hors influence de l'installation

Figure 15 - Localisation générale des stations de prélèvement dans le milieu terrestre pour le suivi radioécologique annuel 2018 du CNPE du Bugey (en vert les stations hors vents dominants, en jaune les stations sous les vents dominants)



Source: scandep 2010 / MapInfo

Rapport IRSN/2019-00435

Page : 79/264

5.2.2 Résultats et interprétation

5.2.2.1 Radionucléides émetteurs gamma

5.2.2.1.1 Radionucléides émetteurs gamma d'origine naturelle

Les résultats d'analyse par spectrométrie γ des activités en radionucléides d'origine naturelle dans l'environnement terrestre du CNPE du Bugey sont présentés dans le tableau 39 page 107.

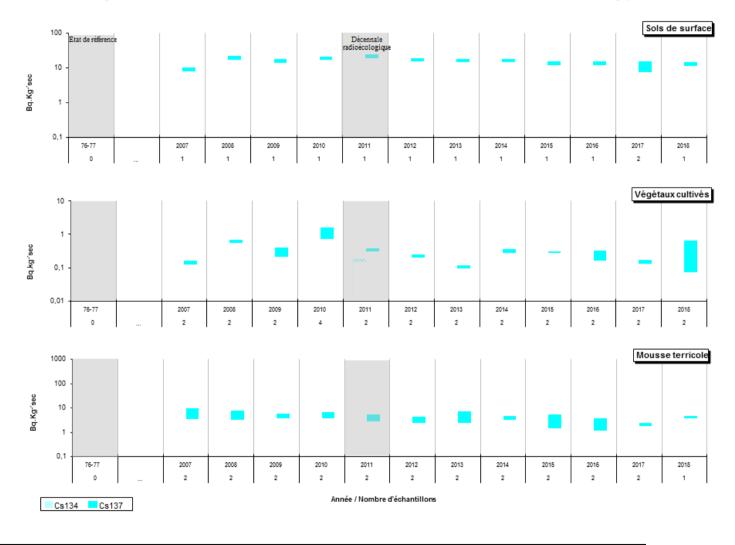
En 2018, les activités détectées dans les matrices terrestres prélevées autour du CNPE du Bugey sont proches des valeurs habituelles pour ces matrices [1]. La radioactivité d'origine naturelle présente une composante tellurique prépondérante dans les sols et les végétaux. Elle est principalement due au ⁴⁰K et, dans une moindre mesure, par les radionucléides des familles du ²³²Th et de l'²³⁸U. Dans les sols, les activités massiques en ⁴⁰K et en descendants du ²³²Th et du ²³⁸U sont en accord avec les valeurs observées en France métropolitaine [22, 23, 1]. La seconde composante, d'origine cosmogénique, est due au ⁷Be présent principalement dans les végétaux dont la surface foliaire est propice à la captation des retombées atmosphériques. Dans le lait de vache, le ⁴⁰K est toujours proche de 50 Bq.L⁻¹, quels que soient l'année ou le lieu du prélèvement. Ces résultats de mesure attestent de l'absence de biais dans les étapes de prélèvements, de préparation et de mesure des échantillons.

5.2.2.1.2 Radionucléides émetteurs gamma d'origine artificielle

Les résultats d'analyse par spectrométrie γ des activités en radionucléides d'origine artificielle dans l'environnement terrestre du CNPE du Bugey sont présentés dans le tableau 40 page 108.

Le ¹³⁷Cs est quantifié dans toutes les matrices prélevées excepté pour un échantillon de maïs prélevé à Loyettes Les Brotteaux. En 2018, les activités en ¹³⁷Cs détectées dans l'environnement terrestre du CNPE du Bugey sont dans la gamme des niveaux observés au cours des dix dernières années (figure 16 page 81 et tableau 27 page 95 à tableau 32 page 100). Les activités des autres émetteurs γ d'origine artificielle ne sont pas quantifiées dans les matrices prélevées.

Figure 16 - Variation temporelle des activités (valeurs minimales à maximales) des principaux radionucléides artificiels détectés par spectrométrie γ dans les échantillons de sols, végétaux (salades et herbes) et mousses collectés dans l'environnement terrestre du CNPE du Bugey



Page : 81/264

5.2.2.2 Radionucléides émetteurs bêta

5.2.2.2.1 Tritium

Les résultats d'analyse des activités en tritium libre et en tritium organiquement lié dans l'environnement terrestre du CNPE du Bugey sont présentés dans le tableau 41 page 109 et le tableau 42 page 110.

Les activités en tritium sont proches du bruit de fond attendu en milieu terrestre hors influence d'un apport industriel local (1 à 3 Bq.L⁻¹ d'après [1]) à l'exception de deux échantillons de maïs prélevés à Loyettes Les Brotteaux et Loyettes carrière pour lesquels les activités en tritium libre et tritium organiquement lié sont plus élevées que le bruit de fond.

5.2.2.2.2 Carbone 14

Les résultats d'analyse des activités en ¹⁴C dans l'environnement terrestre du CNPE du Bugey sont présentés dans le tableau 43 page 111.

Les activités en ¹⁴C mesurées dans l'herbe, les salades et le lait prélevés à Leyrieu en 2017 et en 2018 sont proches du bruit de fond attendu hors influence d'un apport industriel local (proche de 230 Bq.kg⁻¹ C d'après [1]). Les activités en ¹⁴C mesurées dans les trois prélèvements de maïs présentent une activité proche de la valeur attendue hors influence d'un apport industriel local.

5.2.2.2.3 Strontium 90 et fer 55

Les résultats d'analyse des activités en ⁹⁰Sr et ⁵⁵Fe dans l'environnement terrestre du CNPE du Bugey sont présentés dans le tableau 45 page 112 et le tableau 46 page 112.

L'activité en ⁹⁰Sr mesurée dans les sols non cultivés est inférieure à la valeur attendue hors influence d'un apport industriel local (valeur moyenne de 3 Bq.kg⁻¹ sec d'après [1]). L'activité en ⁵⁵Fe détectée dans les sols non cultivés est inférieure au seuil de décision.

5.2.2.3 Radionucléides émetteurs alpha

Les résultats d'analyse des activités en ²³⁸Pu, ²³⁹⁺²⁴⁰Pu et ²⁴¹Am dans l'environnement terrestre du CNPE du Bugey sont présentés dans tableau 44 page 112. Les activités en ²³⁹⁺²⁴⁰Pu mesurées dans les sols non cultivés sont proche du bruit de fond attendu hors influence d'un apport industriel local (valeur moyenne de 0,4 Bq.kg⁻¹ sec d'après [1]). Les rapports d'activité ²³⁸Pu/²³⁹⁺²⁴⁰Pu et ²⁴¹Am/²³⁹⁺²⁴⁰Pu des échantillons de sols non cultivés sont caractéristiques de la signature des retombées des essais nucléaires aériens, voisine de 0,028±0,002 pour ²³⁸Pu/²³⁹⁺²⁴⁰Pu et de 0,436±0,036 pour ²⁴¹Am/²³⁹⁺²⁴⁰Pu d'après [24, 25].

5.3 État radiologique de l'environnement aquatique

5.3.1 Stratégie d'échantillonnage

La localisation des stations de prélèvement et la nature des échantillons collectés sont indiquées à la figure 17 page 88. Les caractéristiques (dates, stations, natures, etc.) identifiant chaque échantillon sont répertoriées dans le tableau 26 page 84 et suivantes. La teneur en matière organique et la granulométrie des sédiments sont présentées dans le tableau 47 page 114.

Les stations de prélèvement et la nature des échantillons permettent la comparaison des résultats avec ceux des études antérieures. La station de référence, en amont du site, est localisée à Sault-Brenaz. La zone de mélange complet est éloignée du site au niveau de la confluence avec la rivière d'Ain. Aussi, depuis les premières études, la station en aval immédiat est placée avant la zone de mélange complet, à Loyettes. Cette station est néanmoins peu propice aux prélèvements (peu de poissons et de phanérogames). Les trois stations en aval lointain (Villette-d'Anthon, Pont-de-Jons et à l'écluse de Jonage) sont dans la zone de mélange complet, mais sont aussi dans la zone de dilution du Rhône par l'Ain.

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

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

Tableau 26 - Identification des échantillons analysés dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique de 2018

Situation par rapport au CNPE	Station	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Lieu de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
19 km amont	Sault-Brenaz	05,40947	45,85068	Rive droite	Sediment	Sediment	Diametre inferieur a 2 mm	20/02/2018	Spectrometrie gamma (sec)	2,31	-
19 km amont	Sault-Brenaz	05,40947	45,85068	Rive droite	Sediment	Sediment	Diametre inferieur a 2 mm	20/02/2018	Granulometrie (sec)	2,31	-
19 km amont	Sault-Brenaz	05,41883	45,84196	Rive droite	Phanerogames immergees	Myriophylle en epi Myriophyllum spicatum L.	Parties aeriennes	12/09/2018	Spectrometrie gamma (frais) + I-131	9,98	-
19 km amont	Sault-Brenaz	05,41883	45,84196	Rive droite	Phanerogames immergees	Myriophylle en epi Myriophyllum spicatum L.	Parties aeriennes	12/09/2018	Spectrometrie gamma (cendres)	16,50	5,03
19 km amont	Sault-Brenaz	05,41883	45,84196	Rive droite	Phanerogames immergees	Myriophylle en epi Myriophyllum spicatum L.	Parties aeriennes	12/09/2018	Tritium lié	9,98	-
19 km amont	Sault-Brenaz	05,41883	45,84196	Rive droite	Phanerogames immergees	Myriophylle en epi Myriophyllum spicatum L.	Parties aeriennes	12/09/2018	Tritium libre	9,98	-
19 km amont	Sault-Brenaz	05,41883	45,84196	Rive droite	Phanerogames immergees	Myriophylle en epi Myriophyllum spicatum L.	Parties aeriennes	12/09/2018	Radiochimie beta (sec)	9,98	-
19 km amont	Sault-Brenaz	05,41883	45,84196	Rive droite	Phanerogames immergees	Myriophylle en epi Myriophyllum spicatum L.	Parties aeriennes	12/09/2018	C-13 sur C-12	9,98	-
19 km amont	Sault-Brenaz	05,41883	45,84196	Rive droite	Phanerogames immergees	Myriophylle en epi Myriophyllum spicatum L.	Parties aeriennes	12/09/2018	Hydrogene	9,98	-
19 km amont	Sault-Brenaz	05,40601	45,85631	Rive droite	Mousses aquatiques	Mousse Cinclidotus fontinaloides (Hedw.) P.Beauv.	Parties aeriennes	02/07/2018	Fer 55	5,29	4,95
19 km amont	Sault-Brenaz	05,40428	45,85662	Rive droite canal	Poissons	Barbeau fluviatile Barbus barbus	Muscle	17/04/2018	Spectrometrie gamma (cendres)	4,03	21,47

Rapport IRSN/2019-00435

Page : 84/264

Situation par rapport au CNPE	Station	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Lieu de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
19 km amont	Sault-Brenaz	05,40428	45,85662	Rive droite canal	Poissons	Barbeau fluviatile Barbus barbus	Muscle	17/04/2018	Tritium lié	4,35	-
19 km amont	Sault-Brenaz	05,40428	45,85662	Rive droite canal	Poissons	Barbeau fluviatile Barbus barbus	Muscle	17/04/2018	Tritium libre	4,35	-
19 km amont	Sault-Brenaz	05,40428	45,85662	Rive droite canal	Poissons	Barbeau fluviatile Barbus barbus	Muscle	17/04/2018	Carbone 14	4,35	-
19 km amont	Sault-Brenaz	05,40428	45,85662	Rive droite canal	Poissons	Barbeau fluviatile Barbus barbus	Muscle	17/04/2018	C-13 sur C-12	4,35	-
19 km amont	Sault-Brenaz	05,40428	45,85662	Rive droite canal	Poissons	Barbeau fluviatile Barbus barbus	Muscle	17/04/2018	Hydrogene	4,35	-
7,5 km aval	Chavanoz cimetiere	05,16893	45,77164	Cimetiere	Eau douce	Eau de boisson	Filtrat a 0,20 µm	03/07/2018	Tritium libre	-	-
2,7 km aval	Station pompage ASIA de Loyette	05,23984	45,77820	Rive droite. Eau servant a l'irrigation des cultures.	Eau douce	Eau de cours eau	Filtrat a 0,20 µm	03/07/2018	Tritium libre	-	-
6 km aval	Loyettes	05,19972	45,77218	Rive droite	Sediment	Sediment	Diametre inferieur a 2 mm	20/02/2018	Spectrometrie gamma (sec)	1,57	-
6 km aval	Loyettes	05,19972	45,77218	Rive droite	Sediment	Sediment	Diametre inferieur a 2 mm	20/02/2018	Granulometrie (sec)	1,57	-
6 km aval	Loyettes	05,20832	45,77120	Rive gauche	Mousses aquatiques	Mousse Fontinalis antipyretica Hedw.	Parties aeriennes	03/07/2018	Fer 55	5,61	4,39
6 km aval	Loyettes	05,20832	45,77120	Rive gauche	Mousses aquatiques	Mousse Fontinalis antipyretica Hedw.	Parties aeriennes	03/07/2018	Nickel 63	5,61	4,39
6 km aval	Loyettes	05,20832	45,77120	Rive gauche	Mousses aquatiques	Mousse Fontinalis antipyretica Hedw.	Parties aeriennes	03/07/2018	Nickel	5,61	4,39
15 km aval	Villette-d'Anthon	05,11739	45,81437	Rive droite	Phanerogames immergees	Myriophylle en epi Myriophyllum spicatum L.	Parties aeriennes	11/09/2018	Spectrometrie gamma (frais) + I-131	8,12	-

Page : 85/264

Situation par rapport au CNPE	Station	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Lieu de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
15 km aval	Villette-d'Anthon	05,11739	45,81437	Rive droite	Phanerogames immergees	Myriophylle en epi Myriophyllum spicatum L.	Parties aeriennes	11/09/2018	Spectrometrie gamma (cendres)	14,54	4,18
15 km aval	Villette-d'Anthon	05,11739	45,81437	Rive droite	Phanerogames immergees	Myriophylle en epi Myriophyllum spicatum L.	Parties aeriennes	11/09/2018	Tritium lié	8,12	-
15 km aval	Villette-d'Anthon	05,11739	45,81437	Rive droite	Phanerogames immergees	Myriophylle en epi Myriophyllum spicatum L.	Parties aeriennes	11/09/2018	Tritium libre	8,12	-
15 km aval	Villette-d'Anthon	05,11739	45,81437	Rive droite	Phanerogames immergees	Myriophylle en epi Myriophyllum spicatum L.	Parties aeriennes	11/09/2018	Radiochimie beta (sec)	8,12	-
15 km aval	Villette-d'Anthon	05,11739	45,81437	Rive droite	Phanerogames immergees	Myriophylle en epi Myriophyllum spicatum L.	Parties aeriennes	11/09/2018	C-13 sur C-12	8,12	-
15 km aval	Villette-d'Anthon	05,11739	45,81437	Rive droite	Phanerogames immergees	Myriophylle en epi Myriophyllum spicatum L.	Parties aeriennes	11/09/2018	Hydrogene	8,12	-
15 km aval	Villette-d'Anthon	05,12808	45,81034	Rive droite	Poissons	Barbeau fluviatile Barbus barbus	Muscle	17/04/2018	Spectrometrie gamma (cendres)	4,80	17,60
15 km aval	Villette-d'Anthon	05,12808	45,81034	Rive droite	Poissons	Barbeau fluviatile Barbus barbus	Muscle	17/04/2018	Tritium lié	5,14	-
15 km aval	Villette-d'Anthon	05,12808	45,81034	Rive droite	Poissons	Barbeau fluviatile Barbus barbus	Muscle	17/04/2018	Tritium libre	5,14	-
15 km aval	Villette-d'Anthon	05,12808	45,81034	Rive droite	Poissons	Barbeau fluviatile Barbus barbus	Muscle	17/04/2018	Carbone 14	5,14	-
15 km aval	Villette-d'Anthon	05,12808	45,81034	Rive droite	Poissons	Barbeau fluviatile Barbus barbus	Muscle	17/04/2018	C-13 sur C-12	5,14	-
15 km aval	Villette-d'Anthon	05,12808	45,81034	Rive droite	Poissons	Barbeau fluviatile Barbus barbus	Muscle	17/04/2018	Hydrogene	5,14	-
17 km aval	Pont de Jons	05,08841	45,81227	Rive droite	Sediment	Sediment	Diametre inferieur a 2	20/02/2018	Granulometrie (sec)	1,64	-

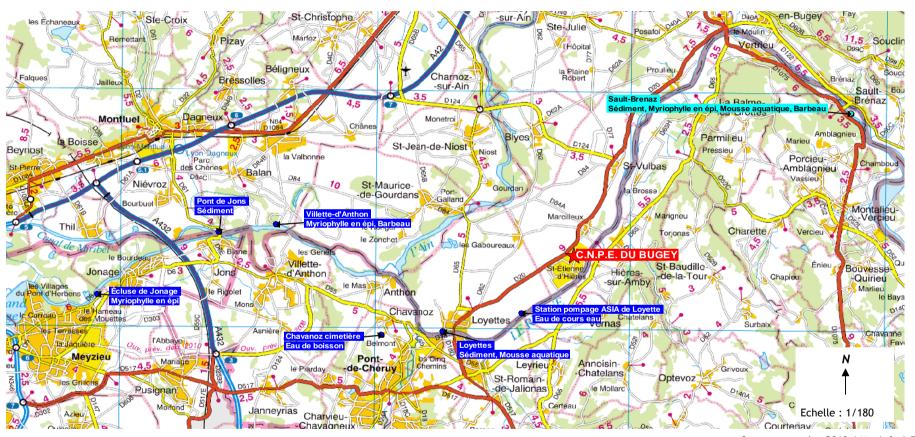
Page : 86/264

Situation par rapport au CNPE	Station	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Lieu de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
23 km aval	Ecluse de Jonage	05,02622	45,78968	Rive gauche	Phanerogames immergees	Myriophylle en epi Myriophyllum spicatum L.	mm Parties aeriennes	11/09/2018	Spectrometrie gamma (cendres)	12,09	3,69

- : absence de traitement.

,	Amont Prélèvements en amont du dispositif de rejet des effluents liquides								
,	Aval	Prélèvements en aval du dispositif de rejet des effluents liquides							
		Prélèvements en aval du dispositif de rejet des effluents liquides							

Figure 17 - Localisation générale des stations de prélèvement dans le milieu aquatique (bleu clair en amont et bleu foncé en aval) pour le suivi radioécologique annuel 2018 du CNPE du Bugey



Source: scandep 2010 / MapInfo 6.5

Page : 88/264

5.3.2 Résultats et interprétation

5.3.2.1 Radionucléides émetteurs gamma

5.3.2.1.1 Radionucléides émetteurs gamma d'origine naturelle

Les résultats d'analyse par spectrométrie γ des activités en radionucléides d'origine naturelle dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey sont présentés dans le tableau 48 page 115.

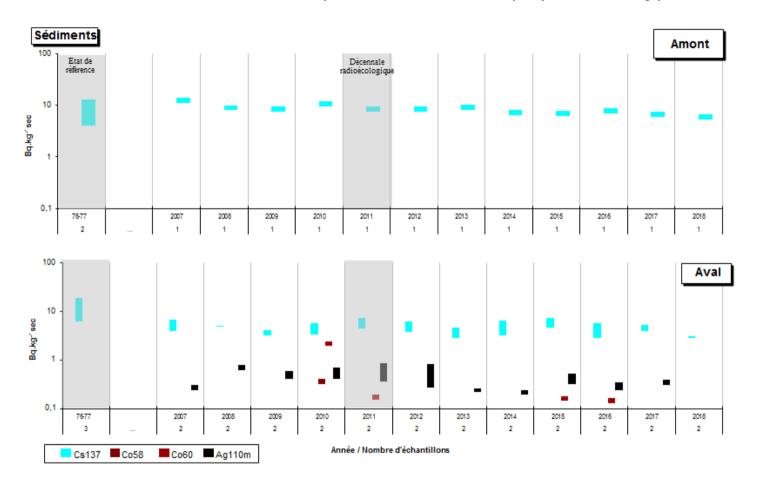
En 2018, la radioactivité d'origine naturelle détectée dans les sédiments, les végétaux et les poissons est proche des valeurs habituelles pour ces matrices [1]. La radioactivité est liée à la présence du ⁴⁰K dans l'ensemble des matrices échantillonnées. Les activités en ⁴⁰K dans les poissons sont en accord avec les valeurs attendues pour ces animaux dont la teneur en potassium est physiologiquement régulée (activité massique toujours proche de 100 Bq.kg⁻¹ frais). Les éléments des familles de l'²³⁸U et du ²³²Th ainsi que le ⁷Be sont détectés dans les sédiments et les végétaux. Ces résultats de mesure attestent de l'absence de biais dans les étapes de prélèvements, de préparation et de mesure des échantillons.

5.3.2.1.2 Radionucléides émetteurs gamma d'origine artificielle

Les résultats d'analyse par spectrométrie γ des activités en radionucléides d'origine artificielle dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey sont présentés dans le tableau 49 page 116.

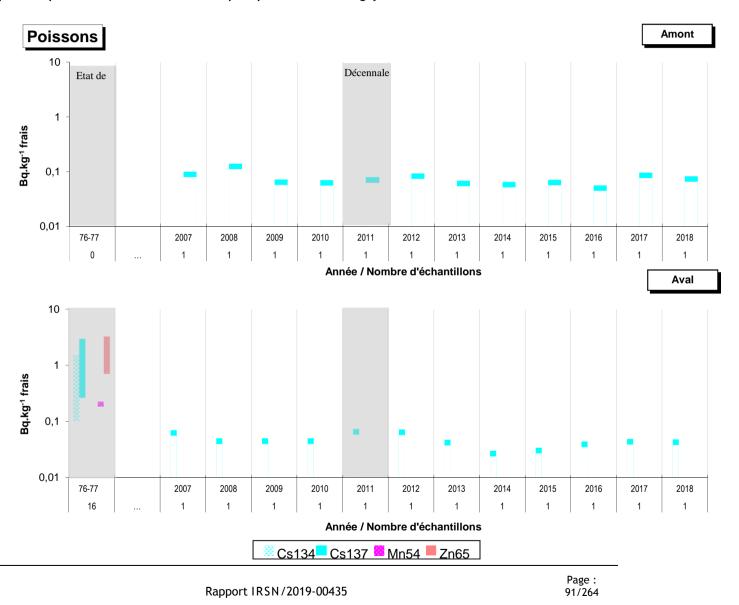
Le ¹³⁷Cs est présent dans tous les compartiments de l'écosystème aquatique sans distinction notable entre l'amont et l'aval en tenant compte de la variabilité observée au cours des années antérieures (figure 18 page 90 à figure 20 page 92 et tableau 34 page 102 au tableau 37 page 105). Comme fréquemment au cours des études précédentes, des traces de ⁵⁸Co, ⁶⁰Co et ^{110m}Ag sont observées dans les végétaux prélevés en aval du CNPE du Bugey. L'activité en ¹³¹I mesurée dans les phanérogames immergées est légèrement plus élevée en amont du site, comme le plus souvent au cours des années antérieures.

Figure 18 - Variation temporelle des activités (valeurs minimales à maximales) des principaux radionucléides artificiels détectés par spectrométrie γ dans les sédiments prélevés dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey



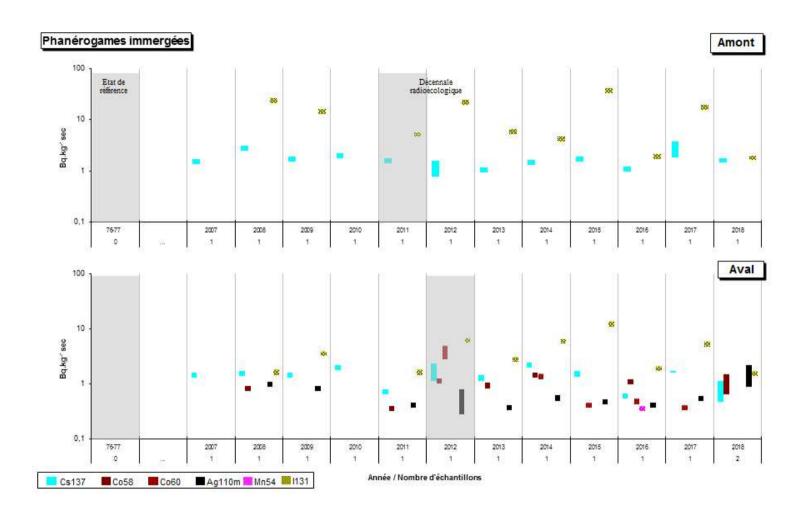
Page : 90/264

Figure 19 - Variation temporelle des activités (valeurs minimales à maximales) des principaux radionucléides artificiels détectés par spectrométrie γ dans les poissons pêchés dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey



Sous réserve du droit des tiers, ce document ne peut être communiqué, divulgué ou reproduit à ou par des tiers sans autorisation écrite préalable.

Figure 20 - Variation temporelle des activités (valeurs minimales à maximales) des principaux radionucléides artificiels détectés par spectrométrie γ dans les phanérogames immergées prélevées dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey



Page : 92/264

5.3.2.2 Radionucléides émetteurs bêta

5.3.2.2.1 Tritium

Les résultats d'analyse des activités en tritium libre et organiquement lié dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey sont présentés dans le tableau 50 page 117 et le tableau 51 page 118.

Les activités en tritium libre et en tritium organiquement lié mesurées dans les muscles de poissons sont proches entre l'amont et l'aval du CNPE du Bugey et sont dans la variabilité observée au cours des années antérieures (tableau 37 page 105). Le tritium organiquement lié mesuré dans les muscles de poissons présente une activité volumique supérieure à la valeur caractéristique d'un environnement non soumis à des rejets industriels (1 à 3 Bq.L⁻¹ d'après [1]) avec une activité en aval supérieure à celle mesurée en amont, ce qui atteste d'une contribution au marquage par les rejets du site.

Les activités en tritium libre mesurées dans les phanérogames immergées en amont et en aval du site sont du même ordre de grandeur que les valeurs attendues dans un environnement non soumis à des rejets industriels (1 à 3 Bq.L⁻¹ d'après [1]). En revanche, les activités en tritium organiquement lié observées dans les phanérogames immergées sont supérieures aux valeurs caractéristiques d'un environnement non soumis à des rejets industriels, aussi bien en amont qu'en aval du CNPE. L'origine de ce marquage n'est pas identifiable (horlogerie, influence des sites de Creys-Malville et de Bugey). Dans l'eau de boisson, le tritium libre détecté présente une activité volumique qui est du même ordre de grandeur que la valeur attendue dans un environnement non soumis à des rejets industriels (1 à 3 Bq.L⁻¹ d'après [1]).

5.3.2.2.2 Carbone 14

Les résultats d'analyse des activités en ¹⁴C dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey sont présentés dans le tableau 52 page 119.

En aval du CNPE, l'activité en ¹⁴C mesurée dans les phanérogames immergées est plus élevée que dans les échantillons prélevés en amont, avec une valeur supérieure au bruit de fond radiologique sur le territoire français hors influence industrielle (inférieure à 220 Bq.kg⁻¹ C d'après [1]).

Dans les poissons, l'activité en ¹⁴C mesurée dans l'échantillon prélevé en aval est supérieure à celle mesurée en amont du site. Le résultat obtenu dans l'échantillon prélevé en aval est également supérieur à la valeur caractéristique d'un milieu fluvial non soumis à des rejets d'effluents radioactifs (de l'ordre de 200 à 220 Bq.kg⁻¹ C d'après [1]).

5.3.2.2.3 Nickel 63 et Fer 55

Les résultats d'analyse des activités en ⁶³Ni et ⁵⁵Fe dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey sont présentés dans le tableau 53 page 120 et le tableau 54 page 120.

Les activités en ⁶³Ni et ⁵⁵Fe dans les mousses aquatiques prélevées en amont et aval du site sont inférieures aux seuils de décision.

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

En 2018, la radioactivité d'origine naturelle reste qualitativement et quantitativement équivalente à celle observée avant la mise en service industrielle du CNPE. Ses composantes sont le ⁴⁰K, les éléments des familles du ²³²Th et de l'²³⁸U, d'origine tellurique, ainsi que le ⁷Be d'origine cosmogénique.

La radioactivité gamma d'origine artificielle du milieu terrestre est exclusivement imputable au ¹³⁷Cs présent dans le sol, le maïs, les salades, l'herbe, les mousses terrestres et le lait échantillonnés. La présence de ce radionucléide artificiel dans l'environnement terrestre est essentiellement liée aux retombées des essais nucléaires et de Tchernobyl. Les activités en tritium libre et en tritium organiquement lié mesurées dans l'herbe, les salades et le lait de vache ne mettent pas en évidence de marquage lié aux rejets d'effluent à l'atmosphère, excepté pour les grains de maïs prélevés à Loyettes Les Brotteaux et Loyettes carrière pour lesquels un apport local du fait des rejets d'effluents liquides via l'irrigation est mis en évidence. L'activité en ¹⁴C mesurée dans le lait de vache, les grains de maïs et l'herbe prélevée en 2017 est proche du bruit de fond radiologique sur le territoire français hors influence industrielle (proche de 230 Bq.kg⁻¹ C en 2018 d'après [1]). Au vu des résultats obtenus dans le cadre du suivi radioécologique 2018, les activités mesurées sur les matrices prélevées ne mettent pas en évidence de marquage par les rejets d'effluents atmosphériques du CNPE du Bugey. Les grains de maïs prélevés à Loyettes Les Brotteaux et Loyettes carrière sont quant à eux marqués en tritium libre et en tritium organiquement lié par les rejets d'effluents liquides du CNPE, via l'irrigation.

Dans le domaine aquatique, le marquage par les rejets d'effluents liquides du CNPE du Bugey est mis en évidence en 2018 par la détection des ⁵⁸Co, ⁶⁰Co et ^{110m}Ag dans les phanérogames immergées prélevées en aval du site. L'activité en tritium lié mesurée dans les phanérogames immergées, supérieure au bruit de fond attendu et du même ordre de grandeur à l'amont et à l'aval, témoigne d'un marquage des eaux du Rhône par des rejets passés de l'industrie horlogère mais également par les rejets tritiés du site. Les activités plus élevées mesurées en aval du site en comparaison des activités en amont de ce site pour le tritium organiquement lié dans les poissons et le ¹⁴C dans les phanérogames immergées et les poissons attestent également d'un marquage de cet environnement par les rejets d'effluents liquides du site du Bugey. En revanche, l'activité en ¹³¹I détectée en amont et en aval du CNPE du Bugey dans les phanérogames immergées est essentiellement liée aux rejets hospitaliers. Le ¹³⁷Cs détecté est, quant à lui, essentiellement dû aux retombées de l'accident de Tchernobyl et des essais aériens d'armes nucléaires.

5.5 Tableaux de résultats

Tableau 27 - Activités en radionucléides émetteurs γ des échantillons de sols collectés dans l'environnement terrestre du site du Bugey lors des études radioécologiques de 2008 à 2018 (Bq.kg⁻¹ sec)

Date	juillet 2008	avril 2009	avril 2010	avril 2011	avril 2012	avril 2013	avril 2014	avril 2015	avril 2016	avril 2017	février 2018
Distance par rapport au site	4 km	4 km	4 km	4 km	4 km	4 km	4 km	4 km	4 km	1,9 à 4 km	2,5 km
netteurs γ d'origine artifi	cielle :										
¹³⁴ Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹³⁷ Cs	22 (1/1)	18 (1/1)	9,3-21 (8/8)	18,6 (1/1)	19,4 (1/1)	18,3 (1/1)	18,4 (1/1)	15,4 (1/1)	15,1 (1/1)	7,4-15,3 (2/2)	14,6 (1/1)
⁵⁸ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁶⁰ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
110m Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁵⁴ Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

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

Page : 95/264

Tableau 28 - Activités en radionucléides émetteurs γ des échantillons de mousses collectés dans l'environnement terrestre du site du Bugey lors des études radioécologiques de 2008 à 2018 (Bq.kg⁻¹ sec)

Date	mars 2008	mars 2009	mars 2010	mars 2011	mars 2012	mars 2013	février 2014	mars 2015	mars 2016	mars 2017	février 2018
Distance par rapport au site	4 à 15 km	4 à 15 km	4 à 15 km	4 à 15 km	4 à 15 km	4 à 15 km	4 à 15 km	4 km			
Émetteurs γ d'origine a	rtificielle :										
¹³⁴ Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹³⁷ Cs	3,4-8 (2/2)	3,9-6 (2/2)	3,9-7 (2/2)	2,8-5,4 (2/2)	2,5-4,5 (2/2)	2,5-7,2 (2/2)	3,3-4,8 (2/2)	1,5-5,5 (2/2)	1,2-3,8 (2/2)	1,87-2,54 (2/2)	4,9 (1/1)
⁵⁸ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁶⁰ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$^{110\mathrm{m}}\mathrm{Ag}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁵⁴ Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$^{131}\mathbf{I}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Page : 96/264

Tableau 29 - Activités en radionucléides émetteurs γ et β des échantillons d'herbe collectés dans l'environnement terrestre du site du Bugey lors des études radioécologiques de 2008 à 2018

Date	Juillet 2008	Avril 2009	Avril 2010	Avril 2011	Avril 2012	Juin 2013	Avril 2014	Avril 2015	Avril 2016	Avril 2017	Avril 2018
Distance par rapport au site	4 km	4 km	3,75-4 km	4 km	4 km	4 km	4 km	4 km	4 km	4 km	2,5 km
Émetteurs γ d'or	igine artificiell	e (Bq.kg ⁻¹ sec	e)								
¹³⁴ Cs	-	-	-	0,19 (1/1)	-	-	-	-	-	-	-
¹³⁷ Cs	0,69 (1/1)	0,21 (1/1)	1,6 (1/2)	0,38 (1/1)	-	0,12 (1/1)	0,36 (1/1)	0,31 (1/1)	0,16 (1/1)	0,137 (1/1)	0,074 (1/1)
⁵⁸ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁶⁰ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
^{110m} Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁵⁴ Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Émetteurs β (³H)	libre : Bq.L ⁻¹ d	'eau de dessi	ccation, ³ H lie	: Bq.L ⁻¹ d'eau	de combustion,	¹⁴ C : Bq.kg ⁻¹ de C)					
³ H libre	n.a.	n.a.	1,3-1,9 (2/2)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,6 (1/1)	1,5 (1/1)	1,5 (1/1)	1,1 (1/1)
³ H lié	n.a.	n.a.	2-2,4 (2/2)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,5 (1/1)	1,8 (1/1)	1,6 (1/1)
¹⁴ C	n.a.	n.a.	n.a.	241 (1/1)	228 (1/1)	230 (1/1)	227 (1/1)	231,5 (1/1)	232,9 (1/1)	226-230 (3/3)	226-234 (2/2)

Page : 97/264

Tableau 30 - Activités en radionucléides émetteurs γ et β des échantillons de salade collectés dans l'environnement terrestre du site du Bugey lors des études radioécologiques de 2008 à 2018

Date	Juillet 2008	Juin 2009	Juin 2010	Juillet 2011	Juin 2012	Juillet 2013	Juin 2014	Juin 2015	Juin 2016	Juin 2017	Juillet 2018
Distance par rapport au site	4 km	4 km	4-20,5 km	4 km	4 km	4 km	4 km	4 km	4 km	4 km	4 km
Émetteurs γ d'o	origine artificiel	le (Bq.kg ⁻¹ se	ec)								
¹³⁴ Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹³⁷ Cs	-	0,4 (1/1)	0,7 (2/2)	-	0,25 (1/1)	-	0,28 (1/1)	0,28 (1/1)	0,32 (1/1)	0,17 (1/1)	0,64 (1/1)
⁵⁸ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁶⁰ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
^{110m} Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁵⁴ Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Émetteurs β (³H	I libre : Bq.L ⁻¹ d	l'eau de des	siccation, ³ H	lié : Bq.L ⁻¹ d'ea	u de combusti	on, ¹⁴ C : Bq.kg ⁻¹ de	e C)				
³ H libre	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,9 (1/1)	1,1 (1/1)	1,6 (1/1)
³ H lié	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,6 (1/1)	1,7 (1/1)
¹⁴ C	n.a.	n.a.	235 (1/1)	235,7 (1/1)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	239 (1/1)	231 (1/1)	227 (1/1)

Page : 98/264

Tableau 31 - Activités en radionucléides émetteurs γ et β des échantillons de maïs collectés dans l'environnement terrestre du site du Bugey lors des études radioécologiques de 2015 à 2018

Date	Septembre 2015	Septembre 2016	Septembre 2017	Septembre 2018
Distance par rapport au site	1,75-10 km	1,75-10 km	1,75-10 km	1,75-10 km
Émetteurs γ d'origine artificielle (Bq	.kg ⁻¹ sec)			
¹³⁴ Cs	-	-	-	-
¹³⁷ Cs	0,04-0,076 (3/3)	0,020-0,027 (2/3)	0,0053-0,027 (3/3)	0,024-0,034 (2/3)
⁵⁸ Co	-	-	-	-
⁶⁰ Co	-	-	-	-
^{110m} Ag	-	-	-	-
⁵⁴ Mn	-	-	-	-
Émetteurs β (³H libre : Bq.L-¹ d'eau o	de dessiccation, ³ H lié : Bq.L ⁻¹ d'eau de	combustion, ¹⁴ C : Bq.kg ⁻¹ de C)		
³ H libre	1,3-4,3	1,6-2,6	1,2-1,8	1,4-7,8
n noic	(3/3)	(3/3)	(3/3)	(3/3)
³ H lié	0,7-5,5	0,9-2,9	1,2-3,24	2,22-9,3
II ne	(3/3)	(3/3)	(3/3)	(3/3)
¹⁴ C	227-232	235-239	231-237	239-243
C	(3/3)	(3/3)	(3/3)	(3/3)

Page : 99/264

Tableau 32 - Activités en radionucléides émetteurs γ et β des échantillons de lait collectés dans l'environnement terrestre du site du Bugey lors des études radioécologiques de 2008 à 2018

Date	septembre 2008	avril 2009	avril 2010	juillet 2011	avril 2012	avril 2013	juin 2014	avril 2015	avril 2016	avril 2017	février 2018
Distance par rapport au site	4 km	4 km	3,75-4 km	4 km	4 km	4 km	4 km	4 km	4 km	4 km	4 km
Émetteurs γ d'origi	ne artificielle (Bq.)	L ⁻¹):									
¹³⁴ Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹³⁷ Cs	0,047 (1/1)	0,019 (1/1)	0,013-0,023 (2/2)	0,034 (1/1)	0,023 (1/1)	0,023 (1/1)	0,026 (1/1)	0,010 (1/1)	0,013 (1/1)	0,0172 (1/1)	0,0223 (1/1)
⁵⁸ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁶⁰ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
110mAg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁵⁴ Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Émetteurs β (³H lib	re : Bq.L ⁻¹ , ³ H lié :	Bq.L ⁻¹ d'eau	de combustion,1	C: Bq.kg ⁻¹ de C	C):						
³ H libre	1,8 (1/1)	1,4 (1/1)	0,7 (1/1)	1,1 (1/1)	1,2 (1/1)	0,9 (1/1)	1,0 (1/1)	-	0,6 (1/1)	1,2 (1/1)	-
³ H lié	n.a.	1,6 (1/1)	1,8 (1/1)	1,54 (1/1)	1,1 (1/1)	-	1,6 (1/1)	0,8 (1/1)	1,6 (1/1)	-	-
¹⁴ C	n.a.	n.a.	240-245 (2/2)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	237 (1/1)

Page : 100/264

Tableau 33 - Activités en radionucléides des échantillons d'eau de boisson collectés dans l'environnement du site du Bugey lors des études radioécologiques de 2008 à 2018 (Bq.L⁻¹)

Date	septembre 2008	juin 2009	avril 2010	juin 2011	juin 2012	juillet 2013	juin 2014	juin 2015	juin 2016	juin 2017	juillet 2018
Distance par rapport au site	7,5 km	7,5 km	7,5 et 12 km	7,5 km	7,5 km	7,5 km	7,5 km	7,5 km	7,5 km	7,5 km	7,5 km
Nature	eau	eau	eau	eau	eau	eau	eau	eau	eau	eau	eau
Émetteurs β:											
³ H libre	2,7 (1/1)	2,4 (1/1)	5,7 (1/1)	2,5 (1/2)	6,2 (1/1)	3,2 (1/1)	2 (1/1)	3,7 (1/1)	1,1 (1/1)	8,2 (1/1)	2,7 (1/1)

Page : 101/264

Tableau 34 - Activités en radionucléides émetteurs γ des échantillons de sédiments collectés dans l'environnement aquatique du site du Bugey lors des études radioécologiques de 2008 à 2018 (Bq.kg¹ sec)

Date	mars	2008	mars	2009	mars	s 2010	mars	s 2011	mars	2012	mars	2013	févrie	er 2014	mars	2015	mars	2016	mars	2017	févrie	r 2018
Situation par rapport au site	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval
Émetteurs y	d'origi	ne artif	icielle :	;																		
¹³⁴ Cs	-	-	_	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹³⁷ Cs	10 (1/1)	4,7-5,0 (2/2)	9,3 (1/1)	3,9-4 (2/2)	12 (1/1)	3,3-5,7 (2/2)	9,5 (1/1)	4,4-7,2 (2/2)	9,6 (1/1)	3,7-6,2 (2/2)	10,1 (1/1)	2,73-4,6 (2/2)	8,0 (1/1)	3,1-6,5 (2/2)	7,8 (1/1)	4,6-7,4 (2/2)	8,7 (1/1)	2,79-5,7 (2/2)	7,4 (1/1)	3,86- 5,23 (2/2)	6,6 (1/1)	2,71-3 (2/2)
⁵⁸ Co	-	-	-	-	-	0,4 (1/2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁶⁰ Co	-	-	-	-	-	2,4 (1/2)	-	0,19 (1/2)	-	-	-	-	-	-	-	0,18 (1/2)	-	0,16 (1/2)	-	-	-	-
^{110m} Ag	-	0,6-0,8 (2/2)	-	0,4-0,6 (2/2)	-	0,4-0,7 (2/2)	-	0,36- 0,84 (2/2)	-	0,27- 0,83 (2/2)	-	0,22- 0,26 (2/2)	-	0,24 (1/2)	-	0,31- 0,23 (2/2)	-	0,23- 0,34 (2/2)	-	0,3-0,39 (2/2)	-	-
⁵⁴ Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Page : 102/264

Tableau 35 - Activités en radionucléides émetteurs γ et β des échantillons de mousses collectés dans l'environnement aquatique du site du Bugey lors des études radioécologiques de 2008 à 2018

Date	septembro	e 2008	septem	bre 2009	avril	2010	juin	2011	septeml	bre 2012	septem	bre 2013	octobro	e 2014		ût et bre 2015	octol	ore 2016	septem	bre 2017	juille	t 2018
Situation par rapport au site	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	amont	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval
Émetteurs	d'origine	artifici	ielle (Bq	.kg ⁻¹ sec)	:																	
¹³⁴ Cs	-	-	-	-	-	-	-	0,41 (1/2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a	n.a.
¹³⁷ Cs	2,2 (1/1)	2,0-5,4 (2/2)	2,5 (1/1)	3,0-7,9 (2/2)	5,1 (1/1)	2,0-6,8 (2/2)	1,42 (1/1)	1,74-9,4 (2/2)	2,47 (1/1)	3,1-5,9 (2/2)	1,46 (1/1)	2,26-3,2 (2/2)	2,16 (1/1)	1,49- 2,8 (2/2)	1,74 (1/1)	2,07- 3,60 (2/2)	1,62 (1/1)	1,51-2,80 (2/2)	2,31 (1/1)	1,78-2,99 (2/2)	1,28 (1/1)	n.a.
⁵⁸ Co	-	0,9-4,7 (2/2)	-	0,5 (1/2)	-	1,3-4,3 (2/2)	-	2,4 (1/2)	-	1,28 (1/2)		2,8 (1/2)	-	0,39- 2,6 (2/2)	-	0,38 (1/2)	-	3,90 (1/2)	-	0,47 (1/2)	-	n.a.
⁶⁰ Co	-	1,2 (1/2)	-	0,5 (1/2)		0,9 (1/2)	-	2,4 (1/2)	-	1-4,8 (2/2)	-	0,71 (1/2)	-	0,5-3,8 (2/2)	-	1,33 (1/2)	-	2,0 (1/2)	-	0,22-3,38 (2/2)	-	n.a.
⁵⁴ Mn		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,42 (1/1)	-	-	1,18 (1/2)	-	-	-	n.a.
^{110m} Ag	-	1,0-1,5 (2/2)	-	1,6 (1/2)	-	0,8 (1/2)	-	1,95 (2/2)	-	0,43 (1/2)	-	0,54 (1/2)	-	0,47 (1/2)	-	0,35- 1,05 (2/2)	-	0,23-0,47 (2/2)	-	0,77 (1/2)	-	n.a.
¹³¹ I ⁽¹⁾	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Émetteurs	3 (Bq.L ⁻¹ d	l'eau de	dessicc	ation, ⁶³ N	i en Bq.k	g ⁻¹ sec, N	i en g.kg	g ⁻¹ sec et	⁵⁵ Fe en I	3q.kg ⁻¹ se	ec):											
³ H libre	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,8 (1/1)	0,7-0,3 (2/2)	n o	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
⁶³ Ni	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,23 (1/1)	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	-
Ni	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,0266	0,029 (1/1)	n a	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,026438 (1/1)	0,023435 (1/1)
⁵⁵ Fe	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	-

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

Page : 103/264

Tableau 36 - Activités en radionucléides émetteurs γ et β des échantillons de végétaux (phanérogames immergées et semi-aquatiques, toutes fractions confondues) collectés dans l'environnement aquatique du site du Bugey lors des études radioécologiques de 2008 à 2018

Date	septem	nbre 2008	septembi	re 2009	juillet	2010	juin	2011	septem	bre 2012	septembi	re 2013	octobr	e 2014		eptembre	août	2016	septem	ore 2017	septem	abre 2018
Situation par rappor au site	t amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval
Émetteurs	γ d'orig	ine artifici	elle (Bq.k	g ⁻¹ sec)	:						_											
¹³⁴ Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹³⁷ Cs	3,1 (1/1)	1,7 (1/1)	1,9 (1/1)	1,6 (1/1)	2,2 (1/1)	2,2 (1/1)	1,75 (1/1)	0,79 (1/1)	0,75 (1/1)	1,12 (1/1)	1,17 (1/1)	1,41 (1/1)	1,62 (1/1)	2,4 (1/1)	1,88 (1/1)	1,68 (1/1)	1,22 (1/1)	0,67 (1/1)	1,79- 3,8 (2/2)	1,54-1,7 (2/2)	0,35- 1,8 (2/2)	0,46-1,14 (3/3)
⁵⁸ Co	-	0,9 (1/1)	-	-	-	-	-	0,39 (1/1)	-	1,24 (1/1)	-	1,03 (1/1)	-	1,6 (1/1)	-	-	-	1,19 (1/1)	-	-	-	0,63-1,47 (3/3)
⁶⁰ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,9 (1/1)	-	-	-	1,51 (1/1)	-	0,45 (1/1)	-	0,53 (1/1)	-	0,41 (1/2)	-	0,39-0,87 (2/3)
⁵⁴ Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,39 (1/1)	-	-	-	-
^{110m} Ag	-	1,1 (1/1)	-	0,9 (1/1)	-	-	-	0,45 (1/1)	-	0,27 (1/1)	-	0,41 (1/1)		0,61 (1/1)		0,53 (1/1)	-	0,45 (1/1)	-	0,32 (1/2)	-	0,86-2,2 (3/3)
$^{131}I^{(1)}$	26 (1/1)	1,8 (1/1)	16 (1/1)	3,9 (1/1)	-	-	5,7 (1/1)	1,8 (1/1)	24,2 (1/1)	6,8 (1/1)	6,5 (1/1)	3,1 (1/1)	4,7 (1/1)	6,6 (1/1)	41 (1/1)	13,6 (1/1)	2,1 (1/1)	-	19 (1/1)	5,9 (1/1)	2 (1/1)	1,7 (1/1)
Émetteurs	β (³H lil	ore : Bq.L	¹ d'eau de	dessico	ation, ³ H	lié : Bo	լ.L⁻¹ d'e	au de coi	nbustio	n, ¹⁴ C : B	q.kg ⁻¹ de	C):										
³ H libre	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,8 (1/1)	0,8 (1/1)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	0,6 (1/1)	1,3 (1/1)	1,1 (1/1)	-	13,1 (1/1)	1,2 (1/1)	1 (1/1)
³ H lié	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	14 (1/1)		15,9 (1/1)	n.a.	9,3 (1/1)	n.a.	7,6 (1/1)	n.a.	8,7 (1/1)	n.a.	n.a.	n.a.	7,3 (1/1)	7 (1/1)
¹⁴ C	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	201 (1/1)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	189,4 (1/1)	256,6 (1/1)

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

Page : 104/264

Tableau 37 - Activités en radionucléides émetteurs γ et β des échantillons de poissons (muscles) collectés dans l'environnement aquatique du site du Bugey lors des études radioécologiques de 2008 à 2018

Date	mar septe 20	mbre	avril	2009	avril 2	2010	avril 2	2011	juillet	2012	avril	2013	juillet	2014	avril	2015	avril	2016	avril	2017	avril	2018
Situation par rapport au site	t amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval
Émetteurs	γ d'ori	gine art	tificielle	e (Bq.kg	g ⁻¹ frais) :																	
¹³⁴ Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹³⁷ Cs	0,14 (1/1)	0,05 (1/1)	0,072 (1/1)	0,05 (1/1)	0,07 (1/1)	0,05 (1/1)	0,078 (1/1)	0,074 (1/1)	0,093 (1/1)	0,072 (1/1)	0,068 (1/1)	0,047 (1/1)	0,065 (1/1)	0,03 (1/1)	0,071 (1/1)	0,034 (1/1)	0,056 (1/1)	0,044 (1/1)	0,096 (1/1)	0,049 (1/1)	0,082 (1/1)	0,048 (1/1)
⁵⁸ Co	-	-	_	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁶⁰ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
110m Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁵⁴ Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Émetteurs	β (³ H li	ibre : B	q.L-1 d	'eau de	dessiccat	ion, TC	L : Bq.L	-1 d'eau	de com	bustion,	¹⁴ C : Bq	.kg ⁻¹ de C	:									
³ H libre	-	1,0 (1/1)	0,8 (1/1)	2,4 (1/1)	0,9 (1/1)	1,2 (1/1)	-	14,1 (1/1)	-	1,6 (1/1)	-	1,0 (1/1)	-	0,7 (1/1)	0,9 (1/1)	6,7 (1/1)	0,9 (1/1)	2,1 (1/1)	0,9 (1/1)	-	0,7 (1/1)	0,7 (1/1)
TOL	n.a.	n.a.	7 (1/1)	13,8 (1/1)	3 (1/1)	3,3 (1/1)	3,9 (1/1)	13,9 (1/1)	2,5 (1/1)	5,5 (1/1)	3,5 (1/1)	7,6 (1/1)	3,8 (1/1)	7,4 (1/1)	3,0 (1/1)	6,6 (1/1)	4,7 (1/1)	12,1 (1/1)	1,9 (1/1)	4,2 (1/1)	2,6 (1/1)	4,8 (1/1)
¹⁴ C	n.a.	n.a.	254 (1/1)	454,8 (1/1)	231 (1/1)	253 (1/1)	208,3 (1/1)	303,5 (1/1)	215,3 (1/1)	264,2 (1/1)	264,3 (1/1)	340,2 (1/1)	204,3 (1/1)	269,6 (1/1)	208 (1/1)	290 (1/1)	261 (1/1)	354 (1/1)	207 (1/1)	272 (1/1)	220 (1/1)	282 (1/1)

Page : 105/264

Tableau 38 - Matière organique et granulométrie de sols de prairie récoltés dans la région du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2018

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Date de mesure	Qualité	Frais/Sec	Fractions	%
Cros du Buis	20/02/2018	Sols non cultives	Sol de paturage ou de prairie 0 - 5 cm	Diametre inferieur a 2 mm	15/05/2018	sec	1,25	Matiere organique	4,50
								Argiles (<2µm)	18,70
								Limons Fins	13,90
								Limons Grossiers	11,60
								Sables Fins	14,60
								Sables Grossiers	41,20
Pizay	20/02/2018	Sols non cultives	Sol de paturage ou de prairie 0 - 5 cm	Diametre inferieur a 2 mm	15/05/2018	sec	1,45	Matiere organique	5,00
								Argiles (<2µm)	20,60
								Limons Fins	29,00
								Limons Grossiers	33,20
								Sables Fins	14,00
								Sables Grossiers	3,20

Dans les tableaux des pages suivantes, pour le milieu terrestre :

Prélèvements hors vents dominants de l'installation
Prélèvements sous les vents dominants de l'installation
Prélèvements sous les vents dominants de l'installation mais alimenté par une nappe phréatique située hors influence de l'installation

Page : 106/264

Tableau 39 - Activités en radionucléides émetteurs γ d'origine naturelle mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du site du Bugey lors du suivi radioécologique 2018 (Bq.kg-1 sec pour les sols et les végétaux, Bq.L-1 pour le lait)

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Date de mesure	Qualité	Frais/Sec	⁴⁰ K	Famille du ²³² Th	Fan	nille de	l' ²³⁸ U	⁷ Be	Unité
									²²⁸ Ac	²³⁴ Th	^{234m} Pa	²¹⁰ Pb		
Cros du Buis	20/02/2018	Sols non cultives	Sol de paturage ou de prairie 0 - 5 cm	Diametre inferieur a 2 mm	21/03/2018	sec	1,25	290±25	33,8±4,0	n.a.	23±9	n.a.	4,5±1,0	Bq.kg ⁻¹ sec
Loyettes, carriere	11/09/2018	Cereales	Mais Zea mays	Graine	30/10/2018	cendres	1,18	120±12	≤ 0,042	≤ 0,09	≤ 1,4	≤ 0,11	0,24±0,06	Bq.kg ⁻¹ sec
Loyettes, Les Brotteaux	11/09/2018	Cereales	Mais Zea mays	Graine	30/10/2018	cendres	1,24	127±12	≤ 0,049	≤ 0,13	≤ 1,7	≤ 0,14	0,20±0,07	Bq.kg ⁻¹ sec
Sainte- Julie	11/09/2018	Cereales	Mais Zea mays	Graine	06/11/2018	cendres	1,17	118±12	≤ 0,042	≤ 0,11	≤ 1,5	≤ 0,12	≤ 0,12	Bq.kg ⁻¹ sec
Leyrieu, ferme La Combe	03/07/2018	Legumes	Salade Laitue Batavia Lactuca sativa L.	Feuilles	14/09/2018	cendres	20,39	2910±280	2,2±0,5	2,0±0,9	≤ 24	7,1±1,2	43,6±4,4	Bq.kg ⁻¹ sec
Cros du Buis	16/04/2018	Prairies	Herbe de prairie permanente	Parties aeriennes	25/07/2018	cendres	2,82	810±80	0,61±0,17	≤ 1,1	≤ 8	27,2±2,5	266±24	Bq.kg ⁻¹ sec
Leyrieu, ferme La Combe	20/02/2018	Mousses terricoles	Mousse Rhytidiadelphus triquetrus	Entier	28/02/2018	frais	6,05	192±22	≤ 1,7	n.a.	≤ 50	n.a.	481±41	Bq.kg ⁻¹ sec
Leyrieu	20/02/2018	Produits alimentaires liquides non transformes	Lait de vache	Entier	28/03/2018	cendres	7,50	49,5±4,9	≤ 0,017	≤ 0,044	≤ 0,6	≤ 0,08	≤ 0,035	Bq.L ⁻¹

n.a: non analysé.

Page : 107/264

Tableau 40 - Activités en radionucléides émetteurs γ d'origine artificielle mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du site du Bugey lors du suivi radioécologique 2018 ($Bq.kg^{-1}$ sec pour les sols et les végétaux, $Bq.L^{-1}$ pour le lait)

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité	Frais/Sec	Date de mesure	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁵⁸ Co	⁶⁰ Co	^{110m} Ag	⁵⁴ Mn	¹³¹ *	Unité
Cros du Buis	20/02/2018	Sols non cultives	Sol de paturage ou de prairie 0 - 5 cm	Diametre inferieur 2 mm	sec	1,25	21/03/2018	≤ 0,14	14,6±1,2	≤ 0,16	≤ 0,13	≤ 0,17	≤ 0,15	n.a.	Bq.kg ⁻¹ sec
Loyettes, carriere	11/09/2018	Cereales	Mais Zea mays	Graine	cendre	1,18	30/10/2018	≤ 0,008	0,024±0,006	≤ 0,016	≤ 0,014	≤ 0,012	≤ 0,011	n.a.	Bq.kg ⁻¹ sec
Loyettes, Les Brotteau	11/09/2018	Cereales	Mais Zea mays	Graine	cendre:	1,24	30/10/2018	≤ 0,011	≤ 0,011	≤ 0,019	≤ 0,017	≤ 0,014	≤ 0,013	n.a.	Bq.kg ⁻¹ sec
Sainte- Julie	11/09/2018	Cereales	Mais Zea mays	Graine	cendres	1,17	06/11/2018	≤ 0,009	0,034±0,007	≤ 0,017	≤ 0,014	≤ 0,013	≤ 0,010	n.a.	Bq.kg ⁻¹ sec
Leyrieu, ferme La Combe	03/07/2018	Legumes	Salade Laitue Batavia Lactuca sativa L.	Feuilles	cendre:	20,39	14/09/2018	≤ 0,16	0,64±0,11	≤ 0,34	≤ 0,24	≤ 0,23	≤ 0,19	n.a.	Bq.kg ⁻¹ sec
Cros du Buis	16/04/2018	Prairies	Herbe de prairie permanente	Parties aeriennes	cendre:	2,82	25/07/2018	≤ 0,05	0,074±0,028	≤ 0,15	≤ 0,08	≤ 0,08	≤ 0,07	n.a.	Bq.kg ⁻¹ sec
Leyrieu, ferme La Combe	20/02/2018	Mousses terricoles	Mousse Rhytidiadelphus triquetrus	Entier	frais	6,05	28/02/2018	≤ 0,40	4,9±0,7	≤ 0,45	≤ 0,49	≤ 0,5	≤ 0,42	≤ 0,7	Bq.kg ⁻¹ sec
Leyrieu	20/02/2018	Produits alimentaire liquides no transforme	n Lait de vache	Entier	cendre:	7,50	28/03/2018	≤ 0,0037	0,0223±0,0034	≤ 0,006	≤ 0,006	≤ 0,005	≤ 0,0043	n.a.	Bq.L ⁻¹

n.a: non analysé.

Page: 108/264

^{*} Du fait de sa courte période radioactive, l'¹³¹l a été analysé sur des échantillons frais.

Tableau 41 - Activités en tritium libre (HTO) mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2018

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Date de mesure	³ H libre (Bq.L ⁻¹ d'eau de dessiccation)	sec ou	Unité ³H libre
Loyettes, carriere	11/09/2018	Cereales	Mais Zea mays	Graine	1,16	08/10/2018	2,9±0,7	0,39±0,09	Bq.kg ⁻¹ frais
Loyettes, Les Brotteaux	11/09/2018	Cereales	Mais Zea mays	Graine	1,21	08/10/2018	7,8±0,8	1,37±0,14	Bq.kg ⁻¹ frais
Sainte- Julie	11/09/2018	Cereales	Mais Zea mays	Graine	1,15	08/10/2018	1,4±0,6	0,18±0,08	Bq.kg ⁻¹ frais
Leyrieu, ferme La Combe	03/07/2018	Legumes	Salade Laitue Batavia <i>Lactuca sativa L</i> .	Feuilles	15,37	25/07/2018	1,6±0,6	1,5±0,5	Bq.kg ⁻¹ frais
Cros du Buis	16/04/2018	Prairies	Herbe de prairie permanente	Parties aeriennes	3,24	03/07/2018	1,1±0,6	0,74±0,39	Bq.kg ⁻¹ frais
Leyrieu	20/02/2018	Produits alimentaires liquides non transformes	Lait de vache	Entier	7,75	11/03/2018	≤ 0,6	≤ 0,5	Bq.L ⁻¹ d'ECH.

Page : 109/264

Tableau 42 - Activités en tritium organiquement lié (TOL) mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2018

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Date de mesure	TOL (Bq.L ⁻¹ d'eau de combustion)	ou frais ou	Unité TOL
Loyettes, carriere	11/09/2018	Cereales	Mais Zea mays	Graine	1,16	17/12/2018	4,3±0,8	2,28±0,44	Bq.kg ⁻¹ frais
Loyettes, Les Brotteaux	11/09/2018	Cereales	Mais Zea mays	Graine	1,21	17/12/2018	9,3±0,6	4,78±0,38	Bq.kg ⁻¹ frais
Sainte- Julie	11/09/2018	Cereales	Mais Zea mays	Graine	1,15	17/12/2018	2,11±0,45	1,12±0,24	Bq.kg ⁻¹ frais
Leyrieu, ferme La Combe	03/07/2018	Legumes	Salade Laitue Batavia <i>Lactuca sativa L</i> .	Feuilles	15,37	06/09/2018	1,7±0,9	0,062±0,032	Bq.kg ⁻¹ frais
Cros du Buis	16/04/2018	Prairies	Herbe de prairie permanente	Parties aeriennes	3,24	13/09/2018	1,6±0,6	0,28±0,10	Bq.kg ⁻¹ frais
Leyrieu	20/02/2018	Produits alimentaires liquides non transformes	Lait de vache	Entier	7,75	12/07/2018	≤ 0,6	≤ 0,005	Bq.L ⁻¹ d'ECH.

Page : 110/264

Tableau 43 - Activités en ¹⁴C mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2018

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Date de mesure ¹⁴ C	¹⁴ C (Bq.kg ⁻¹ de C)	δ ^{12/13} C (‰)	pMC (%)	¹⁴ C (Bq.kg ⁻¹ sec ou frais ou Bq.L ⁻¹)	C TOT. (g.kg ⁻¹ sec ou frais ou g.L ⁻¹)	Unité
Loyettes, carriere	11/09/2018	Cereales	Mais Zea mays	Graine	1,16	17/03/2019	243±12	-12,7	105±5	87,4±4,3	360	Frais
Loyettes, Les Brotteaux	11/09/2018	Cereales	Mais Zea mays	Graine	1,21	17/03/2019	241±12	-12,43	104±5	82,6±4,1	340	Frais
Sainte-Julie	11/09/2018	Cereales	Mais Zea mays	Graine	1,15	20/03/2019	239±12	-13,62	103±5	85,6±4,3	360	Frais
Leyrieu, ferme La Combe	03/07/2018	Legumes	Salade Laitue Batavia Lactuca sativa L.	Feuilles	15,37	28/04/2019	227±11	-26,83	100,8±4,9	5,51±0,27	24	Frais
Leyrieu	20/02/2018	Produits alimentaires liquides non transformes	Lait de vache	Entier	7,75	28/01/2019	237±12	-20,38	104±5	16,0±0,8	67	Liquide

Page : 111/264

Tableau 44 - Activités en radionucléides émetteurs α mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du site du Bugey lors du suivi radioécologique 2018

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Date de mesure	²⁴⁴ Cm	²³⁸ Pu	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	²⁴¹ Am	²³⁸ Pu/ ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	²⁴¹ Am/ ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	Unité
Cros du Buis	20/02/2018	Sols non cultives	Sol de paturage ou de prairie 0 - 5 cm	Diametre inferieur a 2 mm	1,25	25/07/2018	n.a.	9,4±1,3	326±15	139±8	0,0289±0,0043	0,426±0,030	mBq.kg ⁻¹ sec
Pizay	20/02/2018	Sols non cultives	Sol de paturage ou de prairie <i>0 - 5 cm</i>	Diametre inferieur a 2 mm	1,45	25/07/2018	n.a.	5,2±0,9	221±10	94±5	0,0234±0,0042	0,423±0,031	mBq.kg ⁻¹ sec

Tableau 45 - Activité en 90 Sr mesurée dans des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2018

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Date de mesure	⁹⁰ Sr	⁹⁰ Sr/Ca (Bq.g ⁻¹ de Ca)	Unité ⁹⁰ Sr
Cros du Buis	20/02/2018	Sols non cultives	Sol de paturage ou de prairie	Diametre inferieur a 2 mm	1,25	07/09/2018	0,83±0,25	0,032±0,010	Bq.kg ⁻¹ sec

Page : 112/264

Tableau 46 - Activité en ⁵⁵Fe mesurée dans des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2018

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité	Frais/Sec	Date de mesure	⁵⁵ Fe	Unité
Cros du Buis	20/02/2018	Sols non cultives	Sol de paturage ou de prairie 0 - 5 cm	Diametre inferieur a 2 mm	cendres	1,25	20/10/2018	≤ 11	Bq.kg ⁻¹ sec

Page : 113/264

Tableau 47 - Matière organique et granulométrie des échantillons de sédiments collectés dans le Rhône en amont et en aval de l'émissaire de rejets du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2018

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Date de mesure	Qualité	Frais/Sec	Fractions	%
Sault-Brenaz	20/02/2018	Sediment	Sediment	Diametre inferieur a 2 mm	15/05/2018	sec	2,31	Matiere organique	4,20
								Argiles (<2µm)	21,70
								Limons Fins	33,40
								Limons Grossiers	19,00
								Sables Fins	24,50
								Sables Grossiers	1,40
Loyettes	20/02/2018	Sediment	Sediment	Diametre inferieur a 2 mm	15/05/2018	sec	1,57	Matiere organique	2,50
								Argiles (<2µm)	6,00
								Limons Fins	11,70
								Limons Grossiers	24,90
								Sables Fins	55,30
								Sables Grossiers	2,00
Pont de Jons	20/02/2018	Sediment	Sediment	Diametre inferieur a 2 mm	15/05/2018	sec	1,64	Matiere organique	2,10
								Argiles (<2µm)	8,60
								Limons Fins	19,90
								Limons Grossiers	20,30
								Sables Fins	28,20
								Sables Grossiers	23,00

Dans les tableaux des pages suivantes, pour le milieu aquatique :

Prélèvements en amont du dispositif de rejet des effluents liquides

Prélèvements en aval du dispositif de rejet des effluents liquides

Page : 114/264

Tableau 48 - Activités en radionucléides émetteurs γ d'origine naturelle mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2018 (Bq.kg⁻¹ sec pour les sédiments et les végétaux, Bq.kg⁻¹ frais pour les poissons)

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité	Frais/Sec	Date de mesure	⁴⁰ K	Famille du ²³² Th	Fan	nille de l	^{·238} U	⁷ Be	Unité
									²²⁸ Ac	²³⁴ Th	^{234m} Pa	²¹⁰ Pb		
Sault- Brenaz	20/02/2018	Sediment	Sediment	Diametre inferieur a 2 mm	sec	2,31	22/03/2018	505±45	51±6	n.a.	65±15	n.a.	36,0±3,4	Bq.kg ⁻¹ sec
Loyettes	20/02/2018	Sediment	Sediment	Diametre inferieur a 2 mm	sec	1,57	22/03/2018	398±35	29,1±3,5	n.a.	31±7	n.a.	20,8±2,1	Bq.kg ⁻¹ sec
Pont de Jons	20/02/2018	Sediment	Sediment	Diametre inferieur a 2 mm	sec	1,64	21/03/2018	388±33	35,6±4,3	n.a.	38±10	n.a.	11,1±1,4	Bq.kg ⁻¹ sec
Sault- Brenaz	12/09/2018	Phanerogames immergees	Myriophylle en epi Myriophyllum spicatum L.	Parties aeriennes	cendres	16,50	30/10/2018	800±80	7,7±1,1	25,5±2,5	26±8	10,9±1,3	53±5	Bq.kg ⁻¹ sec
Sault- Brenaz	12/09/2018	Phanerogames immergees	Myriophylle en epi Myriophyllum spicatum L.	Parties aeriennes	frais	9,98	19/09/2018	670±70	13,4±4,2	n.a.	≤ 130	n.a.	69±9	Bq.kg ⁻¹ sec
Villette- d'Anthon	11/09/2018	Phanerogames immergees	Myriophylle en epi Myriophyllum spicatum L.	Parties aeriennes	cendres	14,54	30/10/2018	680±70	8,9±1,3	15,4±1,8	≤ 27	14,8±1,7	86±8	Bq.kg ⁻¹ sec
Villette- d'Anthon	11/09/2018	Phanerogames immergees	Myriophylle en epi Myriophyllum spicatum L.	Parties aeriennes	frais	8,12	19/09/2018	452±47	12,0±3,3	n.a.	≤ 90	n.a.	80±9	Bq.kg ⁻¹ sec
Ecluse de Jonage	11/09/2018	Phanerogames immergees	Myriophylle en epi Myriophyllum spicatum L.	Parties aeriennes	cendres	12,09	06/11/2018	620±60	14,4±2,0	18,6±2,1	≤ 21	23,4±2,5	71±7	Bq.kg ⁻¹ sec
Sault- Brenaz	17/04/2018	Poissons	Barbeau fluviatile Barbus barbus	Muscle	cendres	4,03	30/07/2018	104±10	≤ 0,045	≤ 0,07	≤ 1,2	≤ 0,07	≤ 0,15	Bq.kg ⁻¹ frais
Villette- d'Anthon	17/04/2018	Poissons	Barbeau fluviatile <i>Barbus barbus</i>	Muscle	cendres	4,80	27/07/2018	101±10	≤ 0,034	≤ 0,08	≤ 1,2	≤ 0,09	≤ 0,17	Bq.kg ⁻¹ frais

n.a: non analysé.

Page : 115/264

Tableau 49 - Activités en radionucléides émetteurs γ d'origine artificielle mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2018 (Bq.kg⁻¹ sec pour les sédiments et les végétaux, Bq.kg⁻¹ frais pour les poissons)

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction Q	Qualité F	rais/Sed	Date de mesur	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁵⁸ Co	⁶⁰ Co	^{110m} Ag	⁵⁴ Mn	¹³¹ *	Unité
Sault-Brenaz	20/02/2018	Sediment	Sediment	Diametre inferieur 2 mm	sec	2,31	22/03/2018	≤ 0,18	6,6±0,6	≤ 0,23	≤ 0,22	≤ 0,24	≤ 0,25	n.a.	Bq.kg ⁻¹ sec
Loyettes	20/02/2018	Sediment	Sediment	Diametre inferieur 2 mm	sec	1,57	22/03/2018	≤ 0,14	2,71±0,26	≤ 0,17	≤ 0,16	≤ 0,19	≤ 0,18	n.a.	Bq.kg ⁻¹ sec
Pont de Jons	20/02/2018	Sediment	Sediment	Diametre inferieur 2 mm	sec	1,64	21/03/2018	≤ 0,13	3,00±0,28	≤ 0,15	≤ 0,15	≤ 0,15	≤ 0,17	n.a.	Bq.kg ⁻¹ sec
Sault-Brenaz	12/09/2018 ^I	Phanerogames immergees	Myriophylle en epi Myriophyllum spicatum L.	Parties aerienne:	endre:	16,50	30/10/2018	≤ 0,10	0,35±0,07	≤ 0,15	≤ 0,14	≤ 0,13	≤ 0,11	n.a.	Bq.kg ⁻¹ sec
Sault-Brenaz	12/09/2018 [[]	Phanerogames immergees	Myriophylle en epi Myriophyllum spicatum L.	Parties aerienne:	frais	9,98	19/09/2018	≤ 0,7	1,8±0,6	≤ 0,9	≤ 1,3	≤ 1,0	≤ 0,9	2,0±0,8	Bq.kg ⁻¹ sec
Villette-d'Anthon	11/09/2018 [[]	Phanerogame: immergees	Myriophylle en epi Myriophyllum spicatum L.	Parties aerienne: Co	endre	14,54	30/10/2018	≤ 0,25	0,46±0,10	1,47±0,24	0,87±0,18	1,15±0,19	≤ 0,22	n.a.	Bq.kg ⁻¹ sec
Villette-d'Anthon	11/09/2018 [[]	Phanerogame: immergees	Myriophylle en epi Myriophyllum spicatum L.	Parties aerienne:	frais	8,12	19/09/2018	≤ 0,6	0,80±0,45	0,91±0,46	≤ 0,9	2,2±0,7	≤ 0,7	1,7±0,7	Bq.kg ⁻¹ sec
Ecluse de Jonage	11/09/2018 [[]	Phanerogame: immergees	Myriophylle en epi Myriophyllum spicatum L.	Parties aerienne: Co	endre	12,09	06/11/2018	≤ 0,15	1,14±0,16	0,63±0,18	0,39±0,13	0,86±0,17	≤ 0,17	n.a.	Bq.kg ⁻¹ sec
Sault-Brenaz	17/04/2018	Poissons	Barbeau fluviatile Barbus barbus	Muscle co	endre:	4,03	30/07/2018	≤ 0,007	0,082±0,009	≤ 0,020	≤ 0,011	≤ 0,011	≤ 0,009	n.a.	Bq.kg ⁻¹ frais
Villette-d'Anthon	17/04/2018	Poissons	Barbeau fluviatile Barbus barbus	Muscle co	endre	4,80	27/07/2018	≤ 0,008	0,048±0,007	≤ 0,022	≤ 0,012	≤ 0,013	≤ 0,010	n.a.	Bq.kg ⁻¹ frais

n.a: non analysé.

Page : 116/264

^{*} Du fait de sa courte période radioactive, l'¹³¹l a été analysé sur des échantillons frais.

Tableau 50 - Activités en tritium libre (HTO) mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2018

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Date de mesure	³ H libre (Bq.L ⁻¹ d'eau de dessiccation)	sec ou	Unité ³H libre
Sault-Brenaz	12/09/2018	Phanerogames immergees	Myriophylle en epi Myriophyllum spicatum L.	Parties aeriennes	9,98	07/10/2018	1,2±0,5	1,08±0,49	Bq.kg ⁻¹ frais
Villette-d'Anthon	11/09/2018	Phanerogames immergees	Myriophylle en epi Myriophyllum spicatum L.	Parties aeriennes	8,12	07/10/2018	1,0±0,5	0,86±0,48	Bq.kg ⁻¹ frais
Sault-Brenaz	17/04/2018	Poissons	Barbeau fluviatile Barbus barbus	Muscle	4,35	21/05/2018	0,7±0,6	0,58±0,45	Bq.kg ⁻¹ frais
Villette-d'Anthon	17/04/2018	Poissons	Barbeau fluviatile <i>Barbus barbus</i>	Muscle	5,14	21/05/2018	0,7±0,6	0,56±0,47	Bq.kg ⁻¹ frais
Chavanoz cimetiere	03/07/2018	Eau douce	Eau de boisson	Filtrat a 0,20 μm	-	29/07/2018	2,7±0,6	2,7±0,6	Bq.L ⁻¹ d'ECH.
Station pompage ASIA de Loyette	03/07/2018	Eau douce	Eau de cours eau	Filtrat a 0,20 μm	-	29/07/2018	≤ 0,5	≤ 0,5	Bq.L ⁻¹ d'ECH.

Page : 117/264

Tableau 51 - Activités en tritium lié (TOL) mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2018

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Date de mesure	TOL (Bq.L ⁻¹ d'eau de combustion)	TOL (Bq.kg ⁻¹ sec ou frais ou Bq.L ⁻¹)	Unité TOL
Sault-Brenaz	12/09/2018	Phanerogames immergees	Myriophylle en epi Myriophyllum spicatum L.	Parties aeriennes	9,98	29/11/2018	7,3±0,9	0,271±0,037	Bq.kg ⁻¹ frais
Villette-d'Anthon	11/09/2018	Phanerogames immergees	Myriophylle en epi Myriophyllum spicatum L.	Parties aeriennes	8,12	29/11/2018	7,0±0,8	0,337±0,046	Bq.kg ⁻¹ frais
Sault-Brenaz	17/04/2018	Poissons	Barbeau fluviatile Barbus barbus	Muscle	4,35	02/07/2018	2,6±0,6	0,42±0,10	Bq.kg ⁻¹ frais
Villette-d'Anthon	17/04/2018	Poissons	Barbeau fluviatile <i>Barbus barbus</i>	Muscle	5,14	02/07/2018	4,8±0,9	0,64±0,12	Bq.kg ⁻¹ frais

Page : 118/264

Tableau 52 - Activités en ¹⁴C mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2018

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Date de mesure ¹⁴ C	¹⁴ C (Bq.kg ⁻¹ de C)	δ ^{12/13} C (‰)	рМС (%)	¹⁴ C (Bq.kg ⁻¹ sec ou frais ou Bq.L ⁻¹)	C TOT. (g. kg ⁻¹ sec ou frais ou g.L ⁻¹)	Unité
Sault-Brenaz	12/09/2018	Phanerogames immergees	Myriophylle en epi Myriophyllum spicatum L.	Parties aeriennes	9,98	07/12/2018	189,4±1,2	-14,81	82,1±0,5	5,752±0,036	30	Frais
Villette- d'Anthon	11/09/2018	Phanerogames immergees	Myriophylle en epi Myriophyllum spicatum L.	Parties aeriennes	8,12	07/12/2018	256,6±1,3	-20,2	112,4±0,6	9,93±0,05	39	Frais
Sault-Brenaz	17/04/2018	Poissons	Barbeau fluviatile Barbus barbus	Muscle	4,35	26/11/2018	220±11	-26,14	97,6±4,9	23,4±1,2	110	Frais
Villette- d'Anthon	17/04/2018	Poissons	Barbeau fluviatile Barbus barbus	Muscle	5,14	26/11/2018	282±14	-27,38	125±6	25,5±1,3	90	Frais

Page : 119/264

Tableau 53 - Activités en ⁶³Ni mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2018

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Qualité	Date de mesure ⁶³ Ni	⁶³ Ni (Bq.kg ⁻¹ sec)	Ni (g.kg ⁻¹ sec)	Unité
Sault-Brenaz	02/07/2018	Mousses aquatiques	Mousse Cinclidotus fontinaloides (Hedw.) P.Beauv.	Parties aeriennes	5,29	cendres	10/10/2018	≤ 0,07	0,026438	Sec
Loyettes	03/07/2018	Mousses aquatiques	Mousse Fontinalis antipyretica Hedw.	Parties aeriennes	5,61	cendres	11/09/2018	≤ 0,09	0,023435	Sec

Tableau 54 - Activités en ⁵⁵Fe mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2018

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité	Frais/Sec	Date de mesure	⁵⁵ Fe	Unité
Sault-Brenaz	02/07/2018	Mousses aquatiques	Mousse Cinclidotus fontinaloides (Hedw.) P.Beauv.	Parties aeriennes	cendres	5,29	20/10/2018	≤ 6	Bq.kg ⁻¹ sec
Loyettes	03/07/2018	Mousses aquatiques	Mousse Fontinalis antipyretica Hedw.	Parties aeriennes	cendres	5,61	20/10/2018	≤ 7	Bq.kg ⁻¹ sec

Page : 120/264

Annexe III: Surveillance hydrobiologique et physico-chimique réglementaire du CNPE du Bugey

SURVEILLANCE HYDROBIOLOGIQUE ET PHYSICOCHIMIQUE REGLEMENTAIRE DU SECTEUR FLUVIAL DU RHÔNE AUTOUR DU CNPE DE BUGEY

Données recueillies au cours de l'année 2019

Rapport final - mai 2020

Suivi physico-chimie, diatomées et macroinvertébrés : Aralep

(J.-F. Fruget, A. Guenat, A. Morgillo)

Suivi ichtyologique et assemblage du rapport : INRAE (RiverLy/EcoFlowS)

(H. Capra, B. Launay, G. Le Goff et M. Forcellini)







TABLE DE MATIERES

R	ESUM	E	10
1 L		SCRIPTION DES CONDITIONS ENVIRONNEMENTALES POUR NTILLONNAGE 2019	16
	1.1	Secteur d'étude	16
	1.2 sites d	Conditions d'habitat (bathymétrie, substrat, hauteur d'eau et vitesse de courant) 'échantillonnage	
2 S		NDITIONS HYDROLOGIQUES ET THERMIQUES DU RHONE DANS LE IR D'ETUDE EN 2019	26
	2.1	Débit et température de l'eau moyens journaliers en amont du CNPE-Bugey	26
	2.2	Analyse du rejet thermique	27
3	SUI	RVEILLANCE ICHTYOLOGIQUE	36
	3.1	Technique d'échantillonnage des pêches en berge.	36
	3.2	Conditions environnementales lors de l'échantillonnage	40
	3.3	Conditions environnementales de la période de reproduction des poissons	41
	3.4	Description de la structure globale du peuplement de poissons	42
	3.4.	1 Richesse spécifique globale	42
	3.4.	2 Abondance et biomasse totales	44
	3.4.	Abondance et biomasse totales par espèce	45
	3.4.	Richesse spécifique par campagne et par station	47
	3.4.	Abondance et biomasse par campagne, par station et par espèce	49
	3.4.	Evolution des effectifs des espèces principales depuis 2000	52
	3.4.	Structure des populations (taxons Grands et Petits individus)	54
	3.5	Comparaison du peuplement de poissons entre l'amont et l'aval du CNPE de Bu 63	ıgey
	3.5.	1 Richesse spécifique	64
	3.5.	2 Abondance (nombre d'individus par Ha)	64
	3.5.	Biomasse (g ou kg/Ha)	68
	3.5.	Proportions des taxons Petits et Grands individus	71
	3.5.	Synthèse de la comparaison amont – aval des échantillonnages piscicoles	76
	3.6	Synthèse du suivi ichtyologique	77
4	PHY	SICO-CHIMIE, DIATOMEES ET MACROINVERTEBRES	82
	4.1	Objectif	82
	4.2	Stations et dates d'échantillonnage	82
	4.3	Physico-chimie	86

	4.3.1	Méthodologie d'échantillonnage	86
	4.3.2	Résultats	87
	4.4 Dia	tomées benthiques	97
	4.4.1	Méthodologie d'échantillonnage	97
	4.4.2	Analyse des peuplements de diatomées	99
	4.4.3	Structure des peuplements et écologie des taxons	108
	4.4.4	Conclusion	113
	4.5 Mag	croinvertébrés benthiques	115
	4.5.1	Méthodologie d'échantillonnage de la faune benthique	115
	4.5.2	Analyse des peuplements	118
	4.5.3	Analyse indicielle	129
	4.5.4	Discussion – Conclusions	135
	4.6 Cor 137	nclusion pour la partie physicochimie, diatomées et macroinvertébrés benth	niques
5	ANNEX	ES	139
	5.1 Ann	nexes suivi ichtyologique	139
	5.1.1	Liste des espèces potentielles	139
	5.1.2 poids po	Tableau récapitulatif des différentes classes de taille et des relations taille ur certaines espèces	
	5.1.3	Tableau des effectifs capturés par station et par campagne	141
	5.1.4	Tableau des biomasses estimées (en gramme) par station et par campagne	e 142
	5.2 Ann	nexes suivi physico-chimie, diatomées et macroinvertébrés benthiques	143
	5.2.1 biologiq	Géoréférencement des différents points d'échantillonnage physico-chimie ue.	-
	5.2.2	Méthodes et normes d'analyses utilisées pour la physico-chimie	144
	5.2.3 et classes	Comparaison des grilles physico-chimiques : classes de qualité SEQ-Eau s d'état DCE 2009.	
	5.2.4	Résultats physico-chimiques Bugey 2019	146
	5.2.5	Résultats diatomées Bugey 2019.	150
	5.2.6	Résultats macroinvertébrés Bugey 2019.	152

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Aperçu général de la répartition spatiale des sites d'échantillonnage au sein du secteur d'étude (P1 à P7 = stations de pêches ; PDI = station de prélèvement Physico-chimie, Diatomées & Invertébrés)16
Figure 2 : Bathymétrie (gauche) et photo aérienne géoréférencée (droite) de la partie amont du secteur
amont du CNPE: amont de l'île de la Fenière. Les points de limites amont et aval de la station de pêche
et les points de prélèvements invertébrés (Aralep ; S = substrat artificiel) sont indiqués dans des petites
étiquettes18
Figure 3 : Bathymétrie (gauche) et photo aérienne géoréférencée (droite) de la partie aval du secteur amont
- île de la Fenière. Les points de limite amont et aval des stations de pêche et les points de
prélèvements invertébrés (Aralep ; PC = physico-chimie – S = substrat artificiel – F = filet surber de
bordure – D = dragage) sont indiqués dans des petites étiquettes19
Figure 4 : Simulation de la variation de la surface mouillée et des surfaces de chaque classe de hauteur d'eau
(m), h – en haut (respectivement vitesse du courant (m.s ⁻¹), v– en bas) en fonction du débit pour le
secteur amont du CNPE. Pour un débit donné, la surface totale de chaque classe de hauteur, et de
vitesse, est exprimée en pourcentage de la surface mouillée totale. Le secteur amont est l'ensemble
des deux parties amont et pourtour de l'île de la Fenière (cf. ci-avant)20
Figure 5 : Bathymétrie (bas) et photo aérienne géoréférencée (haut) du secteur Rejet (aval rejet 2-3). Les
points de limites amont et aval de la station de pêche et les points de prélèvements invertébrés
(Aralep; PC = physico-chimie – S = substrat artificiel – F = filet surber de bordure – D = dragage) sont
indiqués dans des petites étiquettes21
Figure 6 : Simulation de la variation de la surface mouillée et des surfaces de chaque classe de hauteur d'eau
(m), h – en haut (respectivement vitesse du courant (m.s ⁻¹), v– en bas) en fonction du débit pour le
secteur Rejet. Pour un débit donné, la surface totale de chaque classe de hauteur et de vitesse, est
exprimée en pourcentage de la surface mouillée totale22
Figure 7 : Bathymétrie (A, amont et C, aval du pont de Loyettes) et photo aérienne géoréférencée (B, amont
et D, aval du pont de Loyettes) du secteur aval du CNPE. Les points de limites amont et aval des
stations de pêche et les points de prélèvements invertébrés (Aralep ; PC = physico-chimie – S = substrat
artificiel – F = filet surber de bordure – D = dragage) sont indiqués dans des petites étiquettes24
Figure 8 : Simulation de la variation de la surface mouillée et des surfaces de chaque classe de hauteur d'eau
(m), h – en haut (respectivement vitesse du courant (m.s-1), v– en bas) en fonction du débit pour le
secteur aval du CNPE. Pour un débit donné, la surface totale de chaque classe de hauteur et de vitesse,
est exprimée en pourcentage de la surface mouillée totale
Figure 9 : Hydraulicité du Rhône en amont du secteur d'étude de 1980 à 2019. Données source EDF-CNPE.
(Qmoy = moyenne annuelle des débits moyens journaliers)
Figure 10 : Débit moyen journalier du Rhône en amont du secteur d'étude pour l'année 2019 (noir), moyenne
(rouge), minimum (gris sombre) et maximum (gris clair) calculés pour chaque jour de l'année sur la
période 1980 – 2018. Les ronds sur l'axe des abscisses représentent les dates de pêche électrique (noir)
et les relevés des substrats artificiels (gris). R2 à R5 représentent les puissances actives
(fonctionnement) des réacteurs du CNPE de Bugey en 2019 (+2000 MW). Données source EDF-CNPE-
Bugey-2019. Échelle log pour les ordonnées29
Figure 11 : Thermicité du Rhône en amont du secteur d'étude de 1980 à 2019. Données source EDF. (Tmoy =
température journalière moyenne de l'eau du Rhône en amont, i.e. non réchauffée par le CNPE de
Bugey)
Figure 12 : Température moyenne journalière du Rhône en amont du secteur d'étude pour l'année 2019
(noir), moyenne (rouge), minimum (gris sombre) et maximum (gris clair) calculés pour chaque jour de
l'année sur la période 1980 – 2018. Les ronds sur l'axe des abscisses représentent les dates de pêche
électrique (noir) et les relevés des substrats artificiels (gris). Les traits de couleur R2 à R5 représentent
les puissances actives (fonctionnement) des réacteurs du CNPE de Bugey en 2019 ((+2000)/40 MW).
Données source FDF-CNPF-Rugey-2019 Échelle log nour les ordonnées

Figure 13 : Evolution du débit moyen annuel (A) et de la température de l'eau moyenne annuelle (B) du Rhône en amont du CNPE de Bugey (Données EDF – CNPE Bugey) de 1980 à 2019 (courbes noires). Er rouge sont représentés pour chaque variable les moyennes annuelles calculées uniquement sur la	1
période de reproduction (avril – juin)	. 33
Figure 14 : évolution des températures de l'eau mesurées ponctuellement (sondes) en amont et en aval du	ı
CNPE Bugey (décalée d'une heure) et de l'écart (Aval – Amont). Données EDF-CNPE-Bugey 2019	. 34
Figure 15 : Pêches en continu avec anode fixe (avant juin 2010 ; photo Cemagref_20020213) à gauche, et	
pêche en continu avec anode mobile (à main ; depuis juin 2010 ; photo Irtstea_20150408) à droite	. 35
Figure 16 : Localisation des stations de pêche du suivi ichtyologique, échelle 1/25000. Les station 1, 2 et 3 =	
Amont CNPE ; la station 5 = Rejet CNPE ; les stations 6D, 6G et 7 = Aval CNPE	
Figure 17 : exemple d'exondation de la station 3 pour un débit de 165 m³ s-1 (Station hydrologique de Lagn	
- CNR) à gauche et pour 600 m ³ s ⁻¹ à droite (les photos n'ont pas été prises cette année, mais peu de	
changements s'observent d'une année à l'autre dans ce secteur du Rhône)	38
Figure 18: Evolution des débits moyens journaliers de l'année 2019 au cours de la période de reproduction	
des poissons (avril-juin) au regard de la moyenne et des extrêmes journaliers interannuels 1980-2018	8.
Figure 19 : Evolution des températures moyennes journalières de l'année 2019 au cours de la période de	.41
reproduction des poissons (avril-juin) au regard de la moyenne et des extrêmes journaliers	
	44
interannuels 1980-2019.	
Figure 20 : Suivi piscicole du Rhône à Bugey. Nombre total d'individus capturés annuellement et biomasse	
estimée totale exprimée en kg*100 (toutes stations confondues, temps de pêche par station	
standardisé à 30 min).	
Figure 21 : Effectifs (haut) et biomasses (bas) par hectare +1 pour chaque espèce. Les espèces sont ordonne	
de gauche à droite par abondance croissante (échelle log pour axe des ordonnées). Nous n'avons pas	
de relation taille-poids pour le carassin (CAG), la grémille (GRE), la blennie (BLE)	. 45
Figure 22 : Abondances relatives + 1 par espèce (exprimé en % de l'effectif total estimé, toutes stations et	
campagnes confondues et par hectare pêché en 2019, +1) ; (échelle log de l'axe des ordonnées)	. 46
Figure 23 : Biomasse estimée relative +1 (biomasse totale estimée pour une espèce exprimé en % de la	
biomasse totale estimée, toutes stations et campagnes confondues et par hectare pêché en 2019 +1)).
(Échelle log de l'axe des ordonnées)	. 46
Figure 24 : Représentation du nombre d'espèces capturées par station et par campagne en 2019. Stations :	1,
2, 3 = Amont CNPE, station 5 = Rejet et stations 6D, 6G, et 7 = Aval CNPE (Cf. Figure 1 et Figure 16 pou	ır
la localisation des stations d'échantillonnage).	. 47
Figure 25 : Représentation des effectifs de poissons capturés par Ha par station et par campagne en 2019.	
(Echelle log pour l'axe des ordonnées). Pour chaque station les valeurs de chaque campagne sont	
représentées par une barre de couleur différente	.51
Figure 26 : Représentation des biomasses de poissons en kg par Ha (biomasse estimée) par station et par	
campagne en 2019. La biomasse de la blennie n'est pas estimée. (Echelle log pour l'axe des ordonnée	es).
Pour chaque station les valeurs de chaque campagne sont représentées par une barre de couleur	,
différente	. 51
Figure 27 : Evolution des effectifs totaux annuels pour 30 min de pêche pour les espèces principales (forts	
effectifs): ablette, barbeau, chevaine, hotu et spirlin entre 2000 et 2019. (Echelle log pour l'axe des	
ordonnées)	52
Figure 28 : Evolution des effectifs totaux + 1 annuels pour 30 min de pêche pour les espèces secondaires à	
effectifs moyens (haut) et pour les espèces à faible effectif (bas) entre 2000 et 2019. (Echelle log pou	_
l'axe des ordonnées).	
•	. ၁၁
Figure 29 : Effectif total par Ha par taxon (Petits individus en gris et Grands individus en noir) et par	
campagne d'échantillonnage en 2019.	. 55
Figure 30 : Effectif total par taxon (ind/Ha) pour les espèces principales (il n'est pas possible de définir les	
différents taxons pour toutes les espèces) échantillonnées en 2019. Effectifs répartis en Petits	
(rectangles gris) et Grands (rectangles noirs) individus selon des seuils de longueur totale définis par	
espèce (cf. Annexe - Tableau 18)	. 55

Figure 31 : histogrammes des longueurs totales (par classe de 5 mm) des spirlins capturés en 2019 pour chaque campagne. Les points rouges représentent les limites de taille entre petits et grands individus	
comme définies dans Annexe - Tableau 18	56
Figure 32 : histogrammes des longueurs totales (par classe de 5 mm) des chevaines capturés en 2019 pour chaque campagne. Les points rouges représentent les limites de taille entre petits et grands individus	
comme définies dans Annexe - Tableau 18	5/
Figure 33 : histogrammes des longueurs totales (par classe de 5 mm) des barbeaux capturés en 2019 pour chaque campagne. Les points rouges représentent les limites de taille entre petits et grands individus comme définies dans Annexe - Tableau 18	
Figure 34 : histogrammes des longueurs totales (par classe de 5 mm) des goujons capturés en 2019 pour	50
chaque campagne. Les points rouges représentent les limites de taille entre petits et grands individus comme définies dans Annexe - Tableau 18	
	23
Figure 35 : histogrammes des longueurs totales (par classe de 5 mm) des hotus capturés en 2019 pour chaque campagne. Les points rouges représentent les limites de taille entre petits et grands individus comme définies dans Annexe - Tableau 18	
Figure 36 : histogrammes des longueurs totales (par classe de 5 mm) des brèmes bordelières capturées en	00
2019 pour chaque campagne. Les points rouges représentent les limites de taille entre petits et granc individus comme définies dans Annexe - Tableau 18	
Figure 37 : histogrammes des longueurs totales (par classe de 5 mm) des ablettes capturées en 2019 pour chaque campagne. Les points rouges représentent les limites de taille entre petits et grands individus	
comme définies dans Annexe - Tableau 18	
Figure 38 : richesse spécifique par type de station (Amont, Rejet et Aval du CNPE) par campagne – 2019	64
Figure 39 : Effectifs (ind/Ha) par type de station (amont, rejet et aval du CNPE) par campagne	
d'échantillonnage 2019. L'abondance de la station rejet en avril est nulle	jet
Figure 41 : Effectif capturé (ind/Ha) + 1 par espèce et par campagne en 2019 dans le Rhône par type de	00
station (amont, rejet et aval du CNPE)	67
Figure 42 : biomasses totale (g/Ha) par type de station (amont, rejet et aval du CNPE) par campagne d'échantillonnage en 2019.	
_	UC
Figure 43 : Biomasse capturée (à partir des masses individuelles estimées ; kg/Ha) + 1 par espèce en 2019	
dans le Rhône en amont (gris) et en aval (noir) du CNPE de Bugey et dans la station Rejet (rouge) Figure 44 : Biomasse capturée (à partir des masses individuelles estimées ; kg/Ha) + 1 par espèce et par	
campagne en 2019 dans le Rhône en amont (gris) et en aval (noir) du CNPE de Bugey et dans la statio	
Rejet (rouge).	
Figure 45 : Effectif des taxons Petits et Grands individus (ind/Ha) +1, par type de station (amont, rejet et av du CNPE) et par campagne d'échantillonnage en 2019	71
Figure 46 : Effectif des taxons Grands (haut) et Petits (bas ; ind/Ha) +1, par type de station (amont, rejet et	
aval du CNPE) et par espèce pour l'année 2019	ıe
Figure 48 : Effectif des Petits individus (ind/Ha) +1, par type de station (amont, rejet et aval), par campagne	•
et par espèce pour l'année 2019	
Bugey (ensemble des stations amont, rejet et aval du CNPE de Bugey réunies.	
Figure 50 : Zone d'étude et localisation des stations.	82
Figure 51 : Détail de l'emplacement des différents points de prélèvement et de mesure à chacune des stations (A = amont, B= rejet et C = aval). Les échantillons sont numérotés dans un ordre croissant, indifféremment de la station. Fond de carte IGN Géoportail 1:8500. PC = physico-chimie (en bleu) – S substrat artificiel – F = filet surber de bordure – D = dragage - I = IBD (même point que les filets – en	
vert)	
Figure 52 : Débit moyen journalier à la station CNR de Lagnieu (aire) et température moyenne journalière e	

au QMNA5 (orange), au module (bleu) et à la crue annuelle (rouge). Données hydrologiques Hydrore	
RDB RMC et données thermiques EDF Bugey	
Figure 53 : Distribution 2019 des données pour les éléments de qualité température, bilan de l'oxygène et	
acidification selon le principe des « boites et moustaches »	.91
Figure 54 : Distribution 2019 des données pour les altérations particules en suspension et effets des	03
proliférations végétales (i.e. chlorophylle) selon le principe des « boites et moustaches »	
Figure 55 : Distribution 2019 des données pour l'élément de qualité nutriments selon le principe des « boi et moustaches »	
Figure 56 : Distribution 2019 des données pour l'élément de qualité salinité selon le principe des « boites «	et
moustaches »	
Figure 57 : Distribution 2019 des données pour l'altération minéralisation selon le principe des « boites et moustaches ».	
Figure 58 : Comparaison des résultats moyens 2019 aux valeurs moyennes de la chronique décennale 2009	
2018 pour une sélection de paramètres représentatifs. 2007-2014 : 4 mesures annuelles puis une	
mesure mensuelle	. 96
Figure 59 : Evolution inter-annuelle (par stations et totale) de la richesse spécifique des diatomées	
benthiques dans le secteur du CNPE de Bugey.	101
Figure 60 : Evolution inter-dates de la richesse spécifique du périphython en 2019 dans le secteur du CNPE	
Bugey.	101
Figure 61 : Evolution inter-stations de la richesse spécifique du périphython en 2019 dans le secteur du CN	PE
de Bugey	102
Figure 62 : Evolution inter-annuelle (par stations et totale) de l'IBD dans le secteur du CNPE de Bugey	103
Figure 63: IBD moyen inter station (toutes dates) dans le secteur du CNPE de Bugey	103
Figure 64: Evolution inter-stations et inter-dates des notes IBD, IPS et IDSE en 2019	105
Figure 65 : Evolution moyenne inter-stations et inter-dates des indices de diversité H' et d'équitabilité J' d	es
diatomées en 2019.	107
Figure 66 : Evolution inter-dates et inter-stations des espèces dominantes (abondance >5%) et profil	
écologique au sens de l'IBD (7 classes).	111
Figure 67 : Profil écologique au sens de l'IBD (classes de qualité croissante) des taxons dominants (i.e. >5%	
et profil écologique moyen	112
Figure 68 : Evolution inter-annuelle de la richesse DCE selon différents points de vue	119
Figure 69 : Répartition des taxons dans les principaux groupes faunistiques selon leur richesse taxonomiqu	ıe
et leur abondance sur le total et pour chacune des stations	121
Figure 70 : Répartition des taxons dans les principaux groupes faunistiques selon leur richesse taxonomiqu	ıe
et leur abondance sur le total et pour chacune des techniques d'échantillonnage	122
Figure 71 : Comparaison stationnelle des richesses, effectifs, diversités H' et équitabilités J' selon la techni	-
d'échantillonnage (valeurs moyennes annuelles par bocaux des 4 échantillons unitaires regroupés).	126
Figure 72 : Comparaison de l'évolution temporelle des richesses et des effectifs des différentes stations se	
la technique d'échantillonnage (4 échantillons unitaires regroupés par bocal)	
Figure 73 : Comparaison temporelle des diversités H' et des équitabilités J' des différentes stations selon la	
technique d'échantillonnage (4 échantillons unitaires regroupés par bocal)	
Figure 74 : Evolution décennale inter-stations de la richesse et de la note indicielle IQBP (valeurs moyenne	
annuelles par stations). Les limites des classes de qualité sont figurées pour la note indicielle	
Figure 75 : Evolution de la richesse taxonomique totale annuelle des substrats artificiels depuis le début de	
chronique de suivi	132

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Dates des quatre campagnes déchantillonnage de la communauté piscicole du Rhône à Bugey en 2019
Tableau 2 : Coordonnées système WGS 84 (Am = amont ; Av = aval de la station), surfaces prospectées (m²),
longueur (en km), durée de pêche (min) et température instantanée mesurée (°C) des stations de
pêche échantillonnées en 2019. Dans la première colonne de « Surface Tot » sont présentées les
surfaces totales des stations amont (1, 2 & 3), rejet (5) et aval (6D, 6G et 7) du CNPE de Bugey par
campagne. Dans la deuxième colonne de « Surface Tot » sont présentées les sommes des surfaces de
toutes les stations pour chaque campagne et dans la troisième colonne de « Surface Tot » sont
présentées les sommes des surfaces de chaque station au cours de l'année 2019 au complet39
Tableau 3 : Caractéristiques générales des conditions de pêche en 2019 pour chacune des quatre campagnes
(débit et température moyens journaliers du Rhône à l'amont du secteur d'étude) : moyennes (1) des
10 j précédant la pêche et (2) du jour de la pêche. (Débits et températures du Rhône = Source EDF) 40
Tableau 4 : Abondance (ind/30 min de pêche) de chaque espèce et richesse spécifique (nombre d'espèces
capturées) du peuplement de poissons du Rhône estimée avec les campagnes d'échantillonnage du
suivi réglementaire du CNPE de Bugey de 2000 à 2019 ; liste des espèces capturées chaque année 43
Tableau 5 : Effectifs par espèce capturés en 2019 exprimé par hectare et par station, triés par ordre croissant
d'occurrence dans les stations (max = 7) et d'abondance dans les stations48
Tableau 6 : Effectifs capturés par hectare et biomasses estimées en grammes par hectare, par campagne et
par espèce pour l'année 2019. (Pour la signification des codes espèces, cf. Annexe 3 - Tableau 17) 49
Tableau 7 : Calendrier d'échantillonnage 201983
Tableau 8 : Résumé des principales statistiques des paramètres physico-chimiques mesurés (moyenne
annuelle et minimum et maximum annuels), et comparaison avec la station RCS de St-Sorlin-en-Bugey.
Les paramètres sont classés par éléments de qualité et/ou types d'altération. En italique, les
paramètres échantillonnés uniquement de façon trimestrielle90
Tableau 9 : Résumé des principaux paramètres descripteurs des communautés de diatomées benthiques du
Rhône à Bugey pour l'année 2019100
Tableau 10 : Abondances relatives et occurrences des principales espèces de diatomées en 2019. En gras les
espèces dominantes (i.e. > 5%) à une station110
Tableau 11 : Valeurs hydrologiques et thermiques caractéristiques lors de chaque campagne
d'échantillonnage118
Tableau 12 : Caractéristiques des peuplements d'invertébrés selon le point de vue « technique
d'échantillonnage ». Taxons dominants à sub-dominants123
Tableau 13 : Abondances relatives et occurrences des principaux taxons d'invertébrés échantillonnés en
2019, selon le point de vue « station »
Tableau 14 : Résumé de différents paramètres descripteurs des communautés d'invertébrés au sens de
l'IQBP et code couleur de la qualité biologique130
Tableau 15 : Résumé de différents paramètres descripteurs des communautés d'invertébrés au sens de
l'IBGA-DCE. Le code couleur de la qualité biologique est adapté de l'IBGA « classique »134
Tableau 16 : Valeurs moyennes par stations de la note indicielle et de la richesse taxonomique des
différentes composantes de la méthode DCE
Tableau 17 : liste des espèces potentielles (nom scientifique et nom commun) et code de l'espèce
(classement par ordre alphabétique du code de l'espèce) de poissons, de lamproies et d'écrevisses. 139
Tableau 18 : Liste des espèces avec les coefficients de la relation Masse ~ Taille et les limites de tailles des
individus pour leur répartition dans les deux taxons : Petits et Grands
Tableau 19 : Effectifs capturés par espèce pour chaque station de pêche lors de chaque campagne de pêche
en 2019, exprimés en nombre d'individus par hectare échantillonné
Tableau 20 : Biomasses estimées capturées par espèce pour chaque station de pêche lors de chaque campagne de pêche en 2019, exprimées en grammes par hectare échantillonné
Languagne de deche en 2013, explimees en grammes dat neclate echantillonne

RESUME

Commencé en 1978 le programme de surveillance physico-chimique et biologique du Rhône dans le secteur du Bugey a pour objectif de suivre l'évolution du milieu récepteur (l'hydrosystème Rhône) et de déceler une évolution anormale d'un ou de plusieurs compartiments qui proviendrait des activités du CNPE de Bugey (EDF).

Cette surveillance est basée sur :

- * la description des conditions environnementales générales (débit et température de l'eau) et de l'habitat des sites d'échantillonnage des communautés aquatiques ; analyse des écarts de température entre l'amont du CNPE et l'aval (sonde EDF de Loyettes) ;
- * des analyses de la qualité physico-chimique de l'eau (échantillonnages mensuels 5 stations) ;
- * la surveillance de la communauté piscicole (4 campagnes 7 stations) ;
- * la surveillance des communautés d'invertébrés benthiques et de diatomées (4 campagnes 5 stations).

Les stations d'échantillonnage peuvent se regrouper en trois secteurs : Amont, Rejet et Aval du CNPE, dont l'emprise totale s'étend sur 13 km entre Saint-Vulbas (amont ile de la Fenière, Pk50.5) et Loyettes (aval pont, PK37.5). Ces secteurs sont toutefois subdivisés pour la physicochimie et les diatomées, pour lesquelles les deux rives sont considérées aux stations amont et aval, ce sont donc 5 stations qui sont échantillonnées pour ces deux descripteurs.

Conditions environnementales

L'amont du CNPE de Bugey est un habitat assez courant avec une hétérogénéité des profondeurs. A l'aval du CNPE de Bugey les conditions d'habitat sont légèrement moins courantes qu'à l'amont mais avec une diversité de profondeur comparable. Les conditions d'habitat de la station Rejet sont plus lentes.

L'hydrologie du Rhône dans le secteur du Bugey en 2019 a été très variable avec une hydraulicité très légèrement négative (-0.034). Le régime thermique était caractérisé par une température très fréquemment supérieure à la moyenne interannuelle. Donc 2019 est une année plutôt chaude avec un débit moyen mais très variable. L'étiage estival-automnal n'a pas été aussi marqué que d'habitude et de fortes variations de débit caractérisent le début de l'hiver.

Physico-chimie

Le constat 2019 reste « classique » : en dehors du phénomène thermique, récurrent d'une année sur l'autre (delta T moyen 2019 de 8,1°C en aval immédiat du canal de rejet et de 3,2°C à Loyettes RD), l'ensemble des autres paramètres montre peu de discriminations entre les stations. Le fonctionnement et la qualité physico-chimique de l'eau n'apparaissent pas altérés par cet échauffement. Les écarts existants sont le plus souvent dus à des conditions précises, tel

que le rejet de la STEP de Saint-Vulbas en amont RD (conductivité, ammonium, chlorures et sodium notamment), ou, plus ponctuellement, celui de celle de St-Romain-de-Jalionas en aval RG (NH4 et, surtout, DBO5 en novembre). L'influence des phénomènes hydrologiques est également à prendre en compte tel que l'accroissement des matières en suspension et de la turbidité lors d'épisodes de hautes eaux (campagne du mois de juin, voire mars).

Les valeurs unitaires les plus élevées restent essentiellement liées à l'hydrologie via les phénomènes de concentration-dilution et/ou à la production primaire. L'ensemble des stations présente une très bonne qualité des eaux au sens de l'arrêté du 25 janvier 2010 modifié 27 juillet 2018 permettant d'évaluer l'état chimique des masses d'eau, et/ou du SEQ-Eau pour les paramètres considérés uniquement par celui-ci, en dehors des quelques phénomènes ponctuels mentionnés précédemment.

Comparées aux résultats de la chronique des 10 dernières années, les résultats 2019 se situent globalement dans la même gamme de valeurs. Le pH, l'ammonium et les nitrates sont toutefois en moyenne plus élevés cette année, à l'inverse des matières en suspension et des sulfates. Ces résultats restent également très voisins de ceux de la station RCS de l'Agence de l'Eau située en amont de Lagnieu à Saint-Sorlin-en-Bugey.

Poissons

En 2019, les sept stations du suivi réglementaire du secteur fluvial du Rhône autour du CNPE de Bugey ont été échantillonnées lors de quatre campagnes (avril, août, octobre et décembre ; Tableau 1). Nous avons fourni une description de la structure de la communauté piscicole estimée à partir de nos échantillonnages pour évaluer si cette communauté était différente entre l'amont et l'aval du CNPE de Bugey. La structure de la communauté a été évaluée à travers l'estimation des abondances et des biomasses totales sur l'année 2019, par campagne de pêche, par station de pêche, par espèce puis par classe de taille (Grands et Petits individus, ces derniers étant principalement les juvéniles de première année) et entre l'amont et l'aval du CNPE de Bugey.

Tableau 1 : Dates des quatre campagnes d'échantillonnage de la communauté piscicole du Rhône à Bugey en 2019

Numéro de campagne	Dates
Campagne 1 – BUG0419	9 et 10 avril 2019
Campagne 2 – BUG0819	21 et 22 août 2019
Campagne 3 – BUG1019	8 octobre 2019
Campagne 4 – BUG1219	4 décembre 2019

L'image globale du peuplement piscicole du Rhône dans le secteur du Bugey qui émerge de l'analyse des données issues des pêches de 2019 montre une communauté piscicole de 25 espèces dont seulement 14 sont présentes systématiquement depuis 2000. Le peuplement est relativement pauvre compte tenu du potentiel minimum de 32 espèces (nb d'espèces capturées depuis 2000) et déséquilibré du fait de la domination de seulement quelques espèces en abondance comme en biomasse accompagnées de beaucoup d'espèces très peu abondantes (Shannon = 2.8 et équitabilité = 0.58). Dans le secteur du Bugey, le peuplement de poissons

attendu doit être plus riche en blageon, hotu, gardon, barbeau et autres carnassiers que les brochets issus d'empoissonnement ou le silure (plutôt opportuniste).

Le nombre total de poissons capturés (2440) n'a jamais été aussi faible depuis 2000 (pour un effort de pêche comparable). La biomasse estimée totale capturée de 85.5 kg est faible, mais grâce à quelques gros individus ce n'est pas la plus faible jamais observée. Certaines années avec plusieurs milliers de jeunes poissons de l'année se traduisent par des biomasses plus faibles.

L'abondance des espèces principales est en forte diminution en 2019, y compris le silure pourtant en augmentation régulière depuis 2000 sans que l'absence de campagne d'échantillonnage en juin ne puisse expliquer ces fortes diminutions. Les conditions hydrologiques et thermiques très variables de la reproduction des poissons en 2019 n'ont pas été très favorables. Le recrutement 2019 ne semble pas avoir été bon pour l'ablette, le spirlin (deux espèces assez proches) et le hotu (parmi les premières espèces à se reproduire). En revanche la brème bordelière présente une belle cohorte 2019 dans nos échantillonnages.

A l'échelle de la station, 6.5 espèces ont été capturées en moyenne, avec une abondance de 11 à 6212 ind/Ha. Nous observons une forte variabilité des effectifs capturés par Ha en fonction de la campagne d'échantillonnage pour toutes les stations, une forte variabilité pour une station d'une campagne à l'autre et d'une station à l'autre par campagne. Cette variabilité spatiale et temporelle des abondances par espèce se retrouve encore à l'échelle des classes de taille. Notons que plus de 60 % des individus capturés sont des Petits individus. La variabilité spatiale et temporelle de la composition du peuplement en biomasse est très similaire à ce que révèle l'abondance. Cependant, la capture de quelques (n < 30) gros (> 500g) à très gros (> 1 kg) individus peut localement (une station lors d'une campagne) engendrer une très forte biomasse.

Pour évaluer si la structure du peuplement de poissons du Rhône diffère entre l'amont et l'aval du CNPE de Bugey nous pouvons résumer les informations issues de notre échantillonnage de 2019 comme suit :

- sur l'année, nous observons toujours plus d'espèces en aval (22 esp) qu'en amont (16 esp) ;
- ce patron est pratiquement constant d'une campagne à l'autre ;
- l'abondance totale à l'aval est plus élevée qu'à l'amont sur l'année, par campagne et pour la plupart des espèces et des classes de taille par espèce;
- la biomasse est plutôt supérieure à l'amont du fait de la capture de quelques gros individus (10 ind / 23 pesaient plus que 500g) ;
- le spirlin, le chevaine, la brème bordelière, l'ablette, le goujon et le barbeau dominent le peuplement de poissons aussi bien à l'amont qu'à l'aval ;
- l'image assez stable de la structure du peuplement de poissons dans le temps (campagne) et dans l'espace (stations) démontre la validité et la représentativité de notre échantillonnage ;
- il y a cependant une forte variabilité entre stations et campagnes des abondances et des biomasses observées par espèce et par classe de taille.

Diatomées

La richesse diatomique globale 2019 est de 148 taxons et la richesse unitaire est en moyenne de 38,3 taxons par station. Les peuplements apparaissent globalement bien équilibrés (J') et diversifiés (H'). Le niveau de richesse atteint est cohérent avec celui des années précédentes et la baisse observée depuis le début du suivi est stoppée en 2019, la richesse cette année étant proche de celle 2017.

La note indicielle IBD moyenne est de 15,0, 70% des notes se situant entre 14,5 et 15,5 et 95% entre 14 et 16. La majorité des notes correspond à une bonne qualité d'eau. Les notes IBD moyennes sont comparables à celles des années précédentes dans des conditions hydrologiques variables mais similaires aux années précédentes. Il existe une très bonne stabilité de la qualité de l'eau au sens IBD dans les environs du CNPE de Bugey depuis le début du suivi. Les notes IPS présentent une tendance à être légèrement inférieures à celles de l'IBD ce qui est une tendance naturelle de cet indice. L'indice IDS/E est élevé (>3,5) et montre une altération globale modérée. L'évolution inter-dates ou inter-stations des indices IPS et IDS/E est très similaire à celle de l'IBD renforcant les résultats de ce dernier.

L'évolution inter-stations ne fait pas apparaître de gradient amont/aval très significatif, de même l'évolution inter-dates reste dans des gammes de valeurs très faibles. Par ailleurs, la station rejet ne présente pas de fléchissement en période d'étiage cette année.

Du point de vue taxonomique, la majorité des espèces dominantes sont, « classiquement », ubiquistes et cosmopolites. La cohorte des espèces dominantes à la fois sur le critère d'abondance et d'occurrence est très similaire aux années précédentes. Le taxon dominant est cette année CEUG, comme souvent depuis le début du suivi. L'espèce invasive ADMO est présente, son abondance est proche de celle des années 2015 à 2017. Le profil écologique (au sens de l'IBD) de ces espèces est homogène et montre une qualité d'eau globalement bonne (classe 5/7). Au regard des caractéristiques autoécologiques de Van Dam et al. (1994), elles sont tolérantes aux nutriments et beaucoup moins à la matière organique.

D'une manière générale, l'analyse 2019 des peuplements diatomiques du Rhône à Bugey montre une situation très homogène, à la fois spatiale (entre les stations) et temporelle (depuis le début du suivi). Les variations observées restent dans des écarts globalement faibles, indépendamment des conditions hydrologiques et/ou d'échantillonnage, aussi bien vis-à-vis des indices que des espèces dominantes. Aucun impact significatif du rejet n'est mis en évidence sur le peuplement diatomique et les analyses ne mettent pas en évidence de plus grande fragilité de ce compartiment et/ou la présence de certaines espèces polluotolérantes dans des conditions plus pénalisantes. L'étiage marqué en fin d'été, toutefois moins long que les années précédentes, semble avoir été contre balancé par la bonne hydrologie générale de l'année.

Macroinvertébrés

L'étude IBGA-DCE 2019 met en évidence une décroissance constante depuis 3 années de la richesse taxonomique totale de la macrofaune benthique du Rhône aux environs du CNPE du Bugey. Cette année, 83 taxons (aux limites systématiques de la méthode, à savoir *a maxima* le Genre) ont été échantillonnés, soit 68 taxons en amont (Saint-Vulbas) ainsi qu'au rejet et 53 taxons en aval (Loyettes). Les substrats artificiels déposés en zone intermédiaire sont toujours

la technique d'échantillonnage permettant la capture du plus grand nombre de taxons (71) par opposition aux dragages du chenal (48 taxons) et aux filets littoraux (50 taxons). Le constat à la baisse est général avec une perte pour l'année 2019 d'une vingtaine de taxons en moyenne tant pour les stations que pour les techniques.

Sur la période 2015-2019, la richesse totale moyenne décroit progressivement de l'amont vers l'aval (84 taxons à l'amont, 78 au rejet et seulement 65 à l'aval, pour une moyenne générale de 100 taxons). Selon la technique d'échantillonnage, elle est en moyenne supérieure en zone rivulaire (67 taxons pour les filets de bordures) et plus faible dans le chenal (56 taxons pour les dragages). Les substrats artificiels déposés en zone intermédiaire, et échantillonnant aussi bien la faune en place que celle en dérive, sont les plus biogènes, permettant en moyenne la capture de 87 taxons.

Outre la chute accélérée de la richesse, ces dernières années sont également marquée du point de vue taxonomique par l'explosion du Crustacé exotique *Jaera istri*, apparu en 2017 et abritant cette année la moitié des individus, tandis que les Gammares natifs ont totalement disparu. De manière similaire aux années précédentes, quelques taxons concentrent une majorité d'individus, *Jaera*, *Dikerogammarus* et les Chironomes représentent ainsi en 2019 87% de l'abondance totale. Parmi les 13 taxons sub-résidants > 0,1% à dominants, 5 d'entre eux sont exotiques (2 Crustacés, 2 Mollusques et 1 Polychète), soit près de 75% des individus. Quelques taxons représentatifs du Rhône restent malgré tout présents parmi ceux-ci tels que le Mollusque *Ancylus*, l'Ephémère *Heptagenia*, les Trichoptères *Psychomyia et Hydroptila*.

Les substrats artificiels, technique d'échantillonnage utilisée depuis les origines du suivi permettent d'appréhender l'évolution temporelle long terme. Si la richesse taxonomique totale IQBP (niveau d'identification systématique à la famille) montre une tendance constante à l'accroissement au long de la chronique de suivi depuis 1980 (maximums de 92 et 93 taxons en 2017 et 2015), elle se stabilise progressivement sur les dernières années. A l'échelle stationnelle, seule la station amont RD présente une tendance régulière à la hausse tandis que la RG et les deux stations aval enregistrent une baisse depuis plusieurs années . Il apparait tentant d'incriminer le changement de type de substrat artificiel pratiqué à partir de 2015, or, si la chute aux stations aval s'accentue depuis cette date, la tendance apparait engagée depuis 2011 et aucune tendance à la baisse n'est notée de façon systématique en amont. Par ailleurs, la tendance régulière à l'augmentation de la richesse générale reste bien marquée.

D'un point de vue méthodologique, la comparaison de la méthode originelle (substrats artificiels et calcul de l'IQBP) et de la méthode DCE permet de mettre en évidence l'apport des différents compartiments (dérive pour les substrats, zone rivulaire pour les filets, chenal pour les dragages) et leur complémentarité. La combinaison rive+chenal (i.e. filets+dragages F+D) apparait toujours plus biogène que la zone intermédiaire échantillonnée par les substrats artificiels (IQBP), en moyenne de près de 3 taxons et de 3 points indiciels, ceci étant particulièrement sensible à la station aval (+7 taxons, +5,5 points).

Du point de vue stationnel, la disparité (baisse) amont-aval reste présente au fil des années, tant en termes de richesse que de qualité indicielle. Si il apparait difficile de trancher dans des milieux à stress multiples comme le Rhône aménagé, le fait que la combinaison F+D soit d'autant plus biogène à la station aval par rapport aux substrats artificiels IQBP met bien en évidence l'existence de conditions hydrauliques particulièrement discriminantes à cette station, en particulier avec le violent courant le long de la digue d'enrochements RG, voire thermiques

nos mesures physico-chimiques mensuelles montrant un échauffement résiduel moyen de près de 3°C entre l'amont et l'aval RD ainsi qu'une température moyenne 2,5°C plus élevée entre cette dernière et la rive opposée.

Toutefois, il faut garder à l'esprit que dans un milieu aménagé et soumis à de nombreux stress anthropiques comme le Rhône (aménagement physique, éclusées énergétiques, rejets thermiques, opérations régulières de chasse des sédiments, etc.), (i) les influences sont multifactorielles et agissent en synergie et (ii) les fluctuations inter-annuelles inhérentes à tout écosystème sont d'autant plus exacerbées.

Conclusion

En résumé, l'influence du fonctionnement du CNPE du Bugey reste principalement notable au travers du réchauffement engendré en rive droite à l'aval immédiat du site, un échauffement résiduel étant toujours présent à Loyettes en dépit des phénomènes de mélange et de dilution en cours. Le fonctionnement et la qualité physico-chimique de l'eau n'apparaissent toutefois aucunement altérés par cet échauffement.

La structure très déséquilibrée du peuplement de poissons du Rhône dans le secteur du Bugey, la faiblesse de son abondance échantillonnée et la forte variabilité spatiale et temporelle des abondances / biomasses par espèce et par taxon, entre l'amont et l'aval du CNPE de Bugey, ne permettent pas de mettre en évidence un effet du fonctionnement du CNPE à l'échelle de l'année 2019.

Du point de vue biologique, l'analyse des peuplements diatomiques du Rhône à Bugey montre une situation très homogène. Cette homogénéité est à la fois spatiale et temporelle. Les variations observées restent dans des écarts globalement faibles, indépendamment des conditions hydrologiques et/ou d'échantillonnage, aussi bien vis-à-vis des indices que des espèces dominantes. Aucun impact significatif du rejet n'est mis en évidence sur le peuplement diatomique et les analyses ne mettent pas en évidence de plus grande fragilité de ce compartiment et/ou la présence de certaines espèces polluotolérantes dans des conditions plus pénalisantes.

La situation est plus contrastée pour les macroinvertébrés pour lesquels la disparité amont-aval reste présente au fil des années via l'échantillonnage par substrats artificiels, tant en termes de richesse que d'effectif ou de note indicielle. En dehors de cette situation, récurrente, l'année 2019 est principalement marquée pour ce descripteur par une chute générale de richesse taxonomique atteignant près de 20 unités tant pour les stations que pour les techniques d'échantillonnage. Il apparait toutefois difficile de trancher et d'apporter une explication définitive et satisfaisante, les influences étant multiples (thermie en RD, conditions hydrodynamiques en RG pour ce qui est de la station aval) et agissant en synergie dans ce type de milieu aménagé et soumis à de multiples stress anthropiques (aménagement physique, éclusées énergétiques, rejets thermiques, etc.). A cela s'ajoute la part de plus en plus grandissante des taxons invasifs qui représentent cette année 75% des individus.

1 DESCRIPTION DES CONDITIONS ENVIRONNEMENTALES POUR L'ECHANTILLONNAGE 2019

1.1 Secteur d'étude

Le secteur d'étude s'étend de Saint Vulbas (à hauteur de la station d'épuration) à l'amont (pk50) jusqu'à Loyettes à l'aval (pk37) de manière à encadrer le CNPE de Bugey. Les localisations précises des stations et des points d'échantillonnage, répartis entre l'amont (non influencé par le CNPE) et l'aval (influencé par le CNPE) seront précisés dans chaque partie du rapport mais la Figure 1 donne un aperçu général de la répartition spatiale des sites d'échantillonnage au sein du secteur d'étude (donc relativement au CNPE).

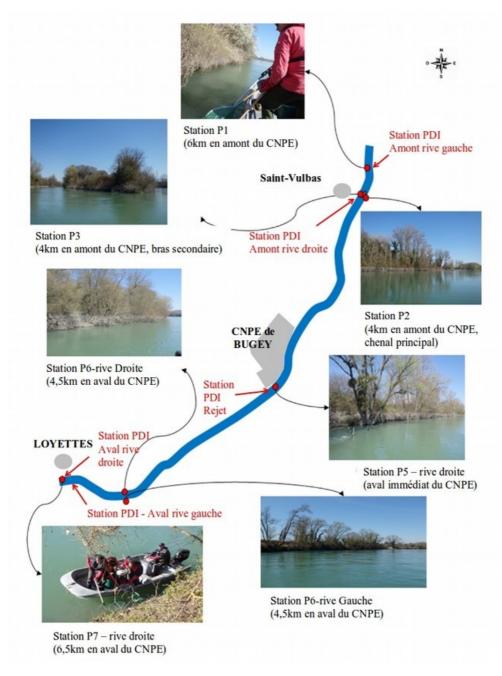


Figure 1 : Aperçu général de la répartition spatiale des sites d'échantillonnage au sein du secteur d'étude (P1 à P7 = stations de pêches ; PDI = station de prélèvement Physico-chimie, Diatomées & Invertébrés).

1.2 Conditions d'habitat (bathymétrie, substrat, hauteur d'eau et vitesse de courant) des sites d'échantillonnage

Une description précise des conditions d'habitat physiques des secteurs amont (amont du CNPE), aval immédiat du CNPE (Rejet) et aval (aval du CNPE) est donnée ici. L'objectif de cette description est de pouvoir positionner les stations et points d'échantillonnage dans l'environnement physique du Rhône de St Vulbas à Loyettes (Figure 2 à Figure 8). Cette description est jugée représentative des conditions d'habitat pour plusieurs années. En effet, peu de modifications importantes de la morphologie générale du Rhône sont attendues dans ce secteur.

Le secteur amont du CNPE inclus les stations de pêche 1 à 3 et les stations amont des prélèvements invertébrés— diatomées. Le secteur Rejet inclus la station de pêche 5 et la station rejet des prélèvements invertébrés— diatomées. Enfin, le secteur aval du CNPE inclus les stations de pêche 6D, 6G et 7 et les 2 stations aval des prélèvements invertébrés— diatomées. Des étiquettes sont placées sur les figures pour visualiser la localisation des points de prélèvement (les détails sont donnés dans les différentes parties du rapport).

Pour des raisons de représentation, le secteur amont est ici divisé en deux sous-secteurs : l'amont de l'île de la Fenière et les abords de l'île de la Fenière, mais les analyses hydrodynamiques sont faîtes pour le secteur amont dans sa globalité (les trois stations simultanément).

Ces figures présentent pour chaque secteur :

- une vue en 3D illustrant la bathymétrie du secteur permettant de décrire la forme du lit du Rhône (Figure 2, Figure 3, Figure 5, Figure 7);
- une photo aérienne géo-référencée (échelle et indication du Nord) permettant de visualiser à très faible débit les grandes zones de substrat homogènes (Figure 2, Figure 3, Figure 5, Figure 7);
- une simulation (modèle hydrodynamique en 2D Capra et al., 2011¹) des surfaces en eau pour différentes classes de hauteur d'eau et de vitesse de courant. Ces surfaces sont exprimées en pourcentage de la surface mouillée totale (Figure 4, Figure 6, Figure 8).

La bathymétrie et les photos aériennes permettent d'évaluer précisément les zones profondes et les zones sensibles aux exondations (majoritairement les rives). Les simulations hydrauliques montrent quelques différences entre les secteurs mais globalement les évolutions des hauteurs d'eau et des vitesses de courant en fonction du débit sont sensiblement identiques entre les secteurs. Le Rhône entre St Vulbas et Loyettes se caractérise par des profondeurs majoritairement supérieures à 3 m dès 500 m³ s⁻¹ et des vitesses de courant fortes (> 1 m s⁻¹) dès 300 m³ s⁻¹.

17

¹ Capra H., Pella H., Morin J., LePichon C., Perraud C., Datry T., Secretan Y., Jouve P., & Matte P. 2011. Conséquences de l'artificialisation de l'hydrologie du Rhône sur la structuration des communautés d'invertébrés et de poissons. Rapport Final. Rapport Cemagref – Agence de l'Eau RM&C. 109 p. et Annexes.

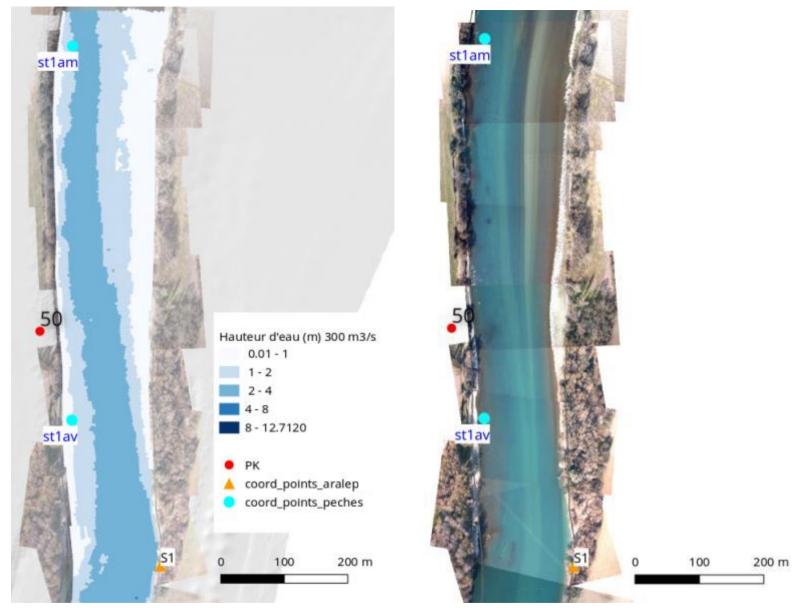


Figure 2 : Bathymétrie (gauche) et photo aérienne géoréférencée (droite) de la partie amont du secteur amont du CNPE: amont de l'île de la Fenière. Les points de limites amont et aval de la station de pêche et les points de prélèvements invertébrés (Aralep ; S = substrat artificiel) sont indiqués dans des petites étiquettes.

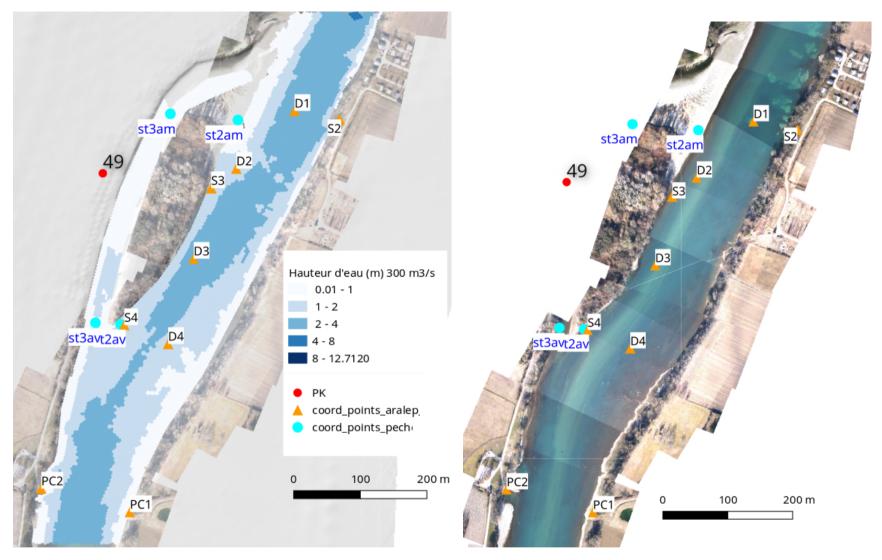


Figure 3: Bathymétrie (gauche) et photo aérienne géoréférencée (droite) de la partie aval du secteur amont – île de la Fenière. Les points de limite amont et aval des stations de pêche et les points de prélèvements invertébrés (Aralep; PC = physico-chimie – S = substrat artificiel – F = filet surber de bordure – D = dragage) sont indiqués dans des petites étiquettes.

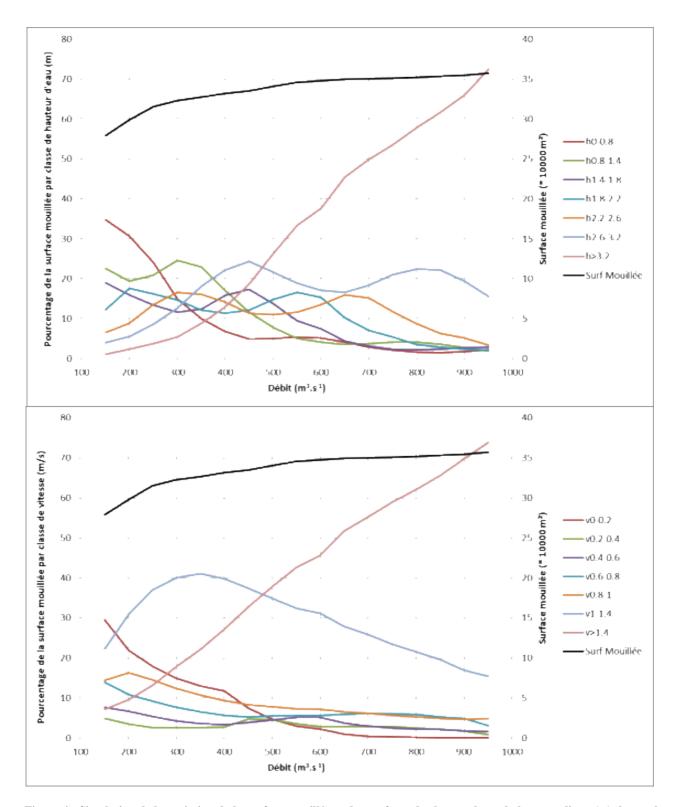


Figure 4: Simulation de la variation de la surface mouillée et des surfaces de chaque classe de hauteur d'eau (m), h – en haut (respectivement vitesse du courant (m.s⁻¹), v– en bas) en fonction du débit pour le secteur amont du CNPE. Pour un débit donné, la surface totale de chaque classe de hauteur, et de vitesse, est exprimée en pourcentage de la surface mouillée totale. Le secteur amont est l'ensemble des deux parties amont et pourtour de l'île de la Fenière (cf. ci-avant).

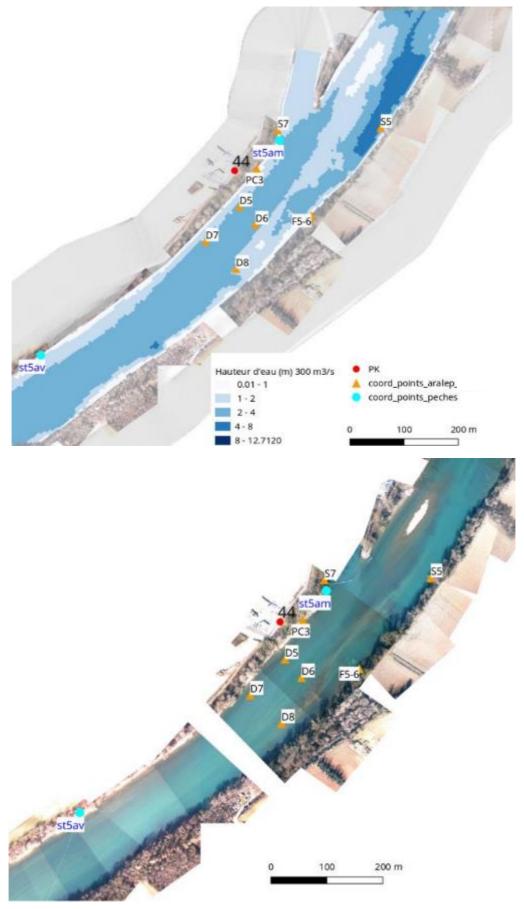


Figure 5 : Bathymétrie (bas) et photo aérienne géoréférencée (haut) du secteur Rejet (aval rejet 2-3). Les points de limites amont et aval de la station de pêche et les points de prélèvements invertébrés (Aralep ; PC = physico-chimie – S = substrat artificiel – F = filet surber de bordure – D = dragage) sont indiqués dans des petites étiquettes.

•

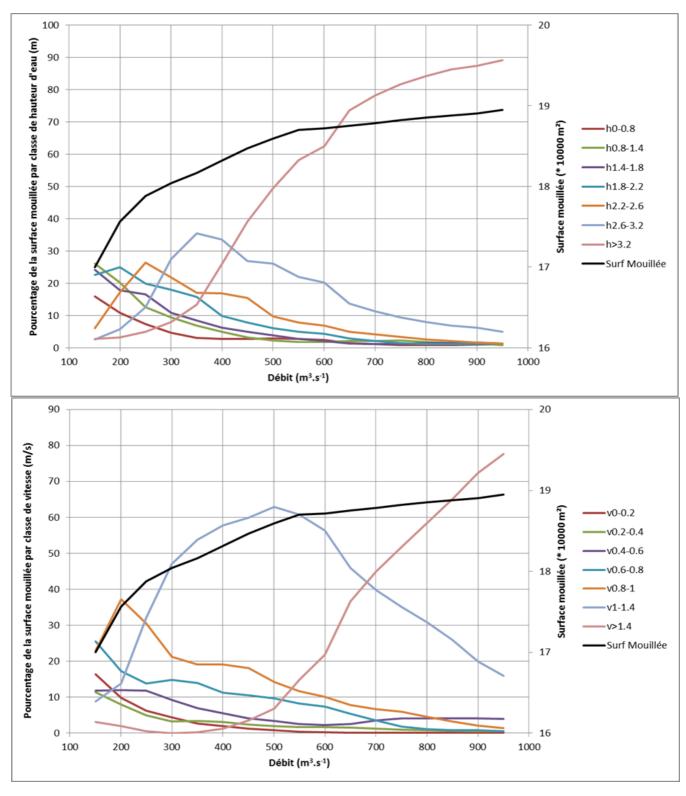
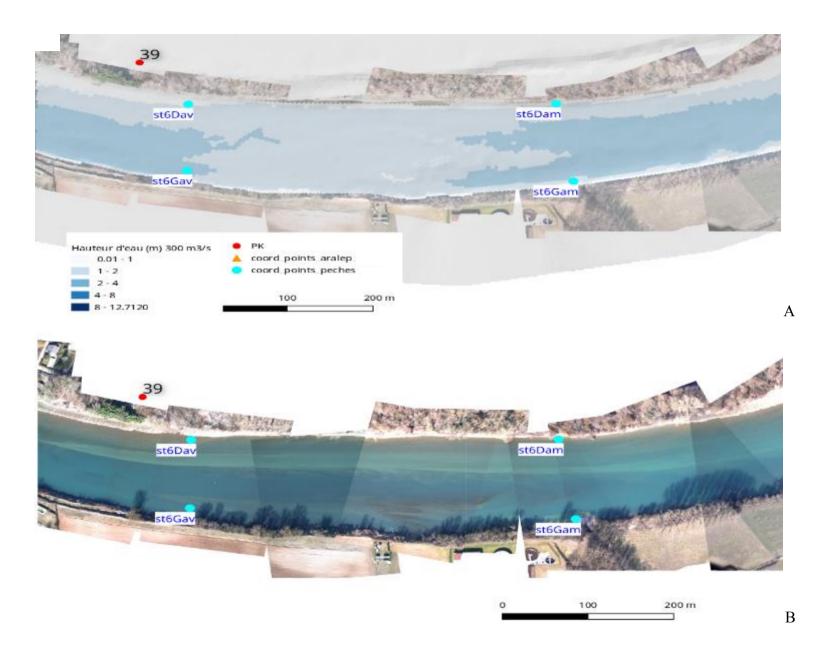


Figure 6 : Simulation de la variation de la surface mouillée et des surfaces de chaque classe de hauteur d'eau (m), h-en haut (respectivement vitesse du courant $(m.s^{-1})$, v-en bas) en fonction du débit pour le secteur Rejet. Pour un débit donné, la surface totale de chaque classe de hauteur et de vitesse, est exprimée en pourcentage de la surface mouillée totale.



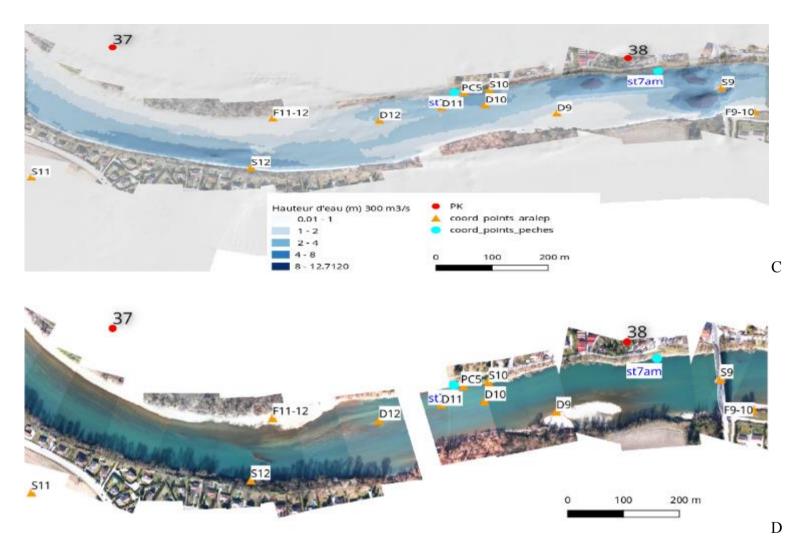


Figure 7: Bathymétrie (A, amont et C, aval du pont de Loyettes) et photo aérienne géoréférencée (B, amont et D, aval du pont de Loyettes) du secteur aval du CNPE. Les points de limites amont et aval des stations de pêche et les points de prélèvements invertébrés (Aralep; PC = physico-chimie – S = substrat artificiel – F = filet surber de bordure – D = dragage) sont indiqués dans des petites étiquettes.

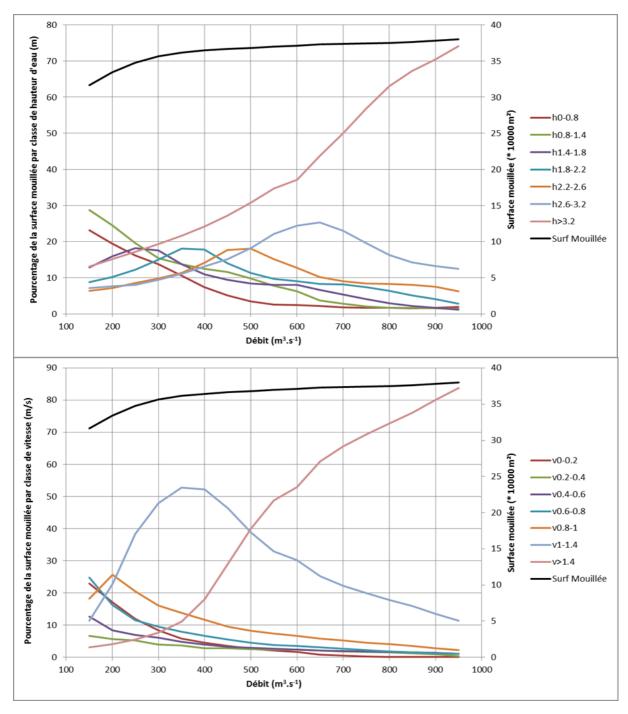


Figure 8 : Simulation de la variation de la surface mouillée et des surfaces de chaque classe de hauteur d'eau (m), h – en haut (respectivement vitesse du courant (m.s-1), v– en bas) en fonction du débit pour le secteur aval du CNPE. Pour un débit donné, la surface totale de chaque classe de hauteur et de vitesse, est exprimée en pourcentage de la surface mouillée totale.

2 CONDITIONS HYDROLOGIQUES ET THERMIQUES DU RHONE DANS LE SECTEUR D'ETUDE EN 2019

2.1 Débit et température de l'eau moyens journaliers en amont du CNPE-Bugey

L'hydrologie du Rhône à Bugey en 2019 se caractérise par une hydraulicité très moyenne et légèrement négative (-0.034; Figure 9). Le débit journalier moyen en 2019 a été de 457 m³ s⁻¹ (148 m³ s⁻¹ à 1294 m³ s⁻¹), assez proche de la moyenne interannuelle (depuis 1980): 473 m³ s⁻¹. Le débit journalier était cependant supérieur à la moyenne journalière interannuelle une bonne partie de l'été et de novembre à décembre. Au cours de l'année 2019 le débit journalier a dépassé le seuil 800 m³ s⁻¹ pendant 24 jours, se rapprochant ainsi de la moyenne interannuelle du nombre de dépassements (29 jours au-dessus de 800 m³ s⁻¹; Figure 10). Le débit journalier a été plus faible que le seuil de 200 m³ s⁻¹ pendant 24 jours en début d'année et en septembre-octobre (Figure 10). Enfin, pour décrire complètement l'hydrologie du Rhône dans le secteur du Bugey, il est important de rappeler l'occurrence des éclusées infra-journalières (variations importantes du débit horaire au cours de la journée pour la production d'électricité de pointe) non prises en compte ici.

La température de l'eau du Rhône en amont du CNPE-Bugey en 2019 se caractérise par une forte thermicité positive (0.065, Figure 11) créant ainsi la première série de six ans consécutifs avec une thermicité positive. La température journalière moyenne de l'eau en 2019 a été de 13.1 °C (de 4.4 à 24.8 °C; moyenne interannuelle = 12.3 °C). La température de l'eau en amont du CNPE-Bugey était supérieure à la température journalière moyenne interannuelle depuis 1980 une bonne partie de l'année, surtout la seconde moitié (Figure 12). La température journalière de l'eau a dépassé le seuil de 20°C pendant 76 jours en 2019, ce qui constitue la troisième plus forte valeur observée depuis 1980. Le seuil de 23°C a lui été dépassé pendant 20 jours, ce qui représente la 7° plus forte valeur depuis 1980.

L'année 2019 a donc été très contrastée avec un débit très variable tout au long de l'année associé à une température plus chaude que la moyenne interannuelle pratiquement toute l'année. Le premier semestre se caractérise par des débits plutôt faibles (sauf en juin) et des températures hivernales plutôt chaudes alors que le second semestre se caractérise par des débits plutôt forts et des températures chaudes.

Une analyse plus poussée serait nécessaire à l'étude des tendances enregistrées pour le débit et la température de l'eau journaliers depuis 1980 (Figure 13), mais la diminution progressive du débit moyen journalier (Figure 13-A) et surtout l'augmentation de la température de l'eau moyenne journalière (en amont du CNPE-Bugey, Figure 13-B) sont certainement significatives (Thierry, 2017²).

-

² Thierry E. 2017. Étude des tendances d'évolution des communautés piscicoles via l'analyse de chroniques longs termesRapport M2 EDF-UBFC-ETEC-Bop. 46 pp.

2.2 Analyse du rejet thermique

Les rejets d'eau chaude du CNPE de Bugey forment un panache d'eau en rive droite à partir de l'aval du pk44. Ce panache est principalement issu du rejet d'eau chaude lié aux tranches 2 et 3 (circuit ouvert) avec débit de rejet maximum de 92 m³ s⁻¹ qui s'ajoute au rejet des tranches 4 et 5 (circuit semi-fermé), situé légèrement plus en amont, avec un débit de rejet maximum de 11 m³ s⁻¹. La température de l'eau du panache en zone de rejet est de 8 à 10°C plus chaude que la température de l'eau à l'amont du CNPE. Cette masse d'eau chaude équilibre sa température avec la masse d'eau non échauffée (non dérivée dans le CNPE) par des phénomènes de transport et de diffusion, jusqu'à un mélange homogène de ces deux masses d'eau, classiquement observé après la confluence de l'Ain (pk34). Au final, quand les masses d'eau sont mélangées, il y a un réchauffement global de l'eau du Rhône lié aux rejets d'eau chaude du CNPE de Bugey de quelques dixièmes de degré à 2°C (en fonction du débit du Rhône, du débit de l'Ain et du fonctionnement du CNPE; cf Synthèse 2007-2010 du suivi des températures estivales en rivière pour les centrales nucléaires de Golfech et du Bugey – EDF, Irstea, Onema, 2012).

Le fonctionnement du CNPE-Bugey en 2019 se résume comme suit : tous les réacteurs ont fonctionné jusqu'à mi-mars ; le réacteur R3 était à l'arrêt de mi-mars à fin juin et R4 était à l'arrêt de fin juillet à début septembre. Le reste du temps les quatre réacteurs ont connu des arrêts très courts (ex

Figure 10). Le fonctionnement du CNPE en 2019 se retrouve sur les chroniques de la température enregistrée à l'aval du CNPE et sur l'écart calculé entre cette température enregistrée à l'aval du CNPE et celle enregistrée à l'amont du CNPE (Figure 14). Pendant les périodes de fonctionnement des quatre réacteurs du CNPE de Bugey, l'écart enregistré entre l'amont et l'aval reste variable et entre 5°C et 10°C alors que le reste de l'année cet écart est moindre (toujours variable mais plutôt centré autour de 5°C; Figure 14).

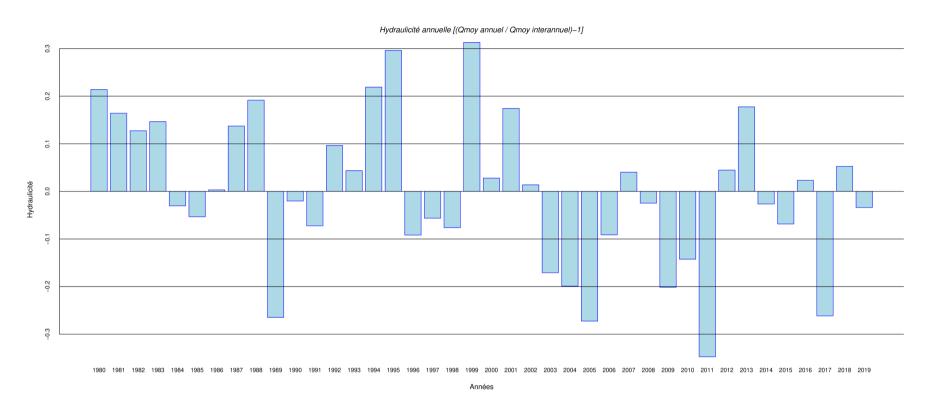


Figure 9: Hydraulicité du Rhône en amont du secteur d'étude de 1980 à 2019. Données source EDF-CNPE. (Qmoy = moyenne annuelle des débits moyens journaliers).

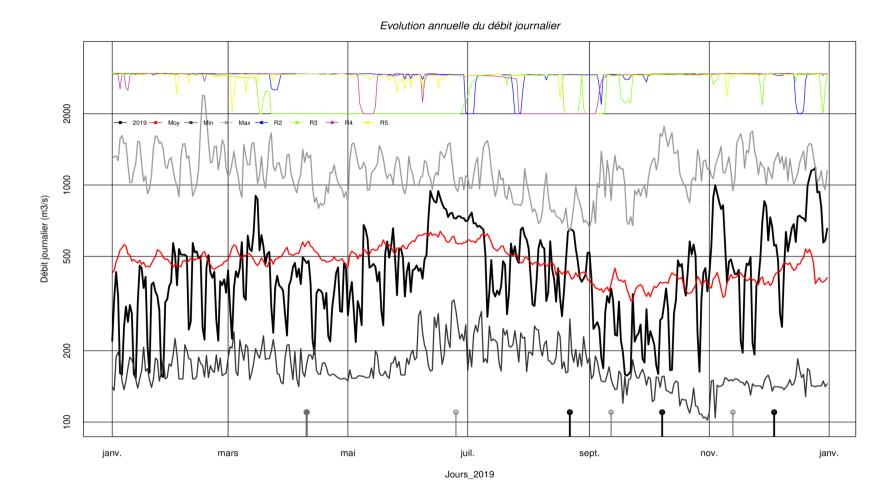


Figure 10: Débit moyen journalier du Rhône en amont du secteur d'étude pour l'année 2019 (noir), moyenne (rouge), minimum (gris sombre) et maximum (gris clair) calculés pour chaque jour de l'année sur la période 1980 – 2018. Les ronds sur l'axe des abscisses représentent les dates de pêche électrique (noir) et les relevés des substrats artificiels (gris). R2 à R5 représentent les puissances actives (fonctionnement) des réacteurs du CNPE de Bugey en 2019 (+2000 MW). Données source EDF-CNPE-Bugey-2019. Échelle log pour les ordonnées.

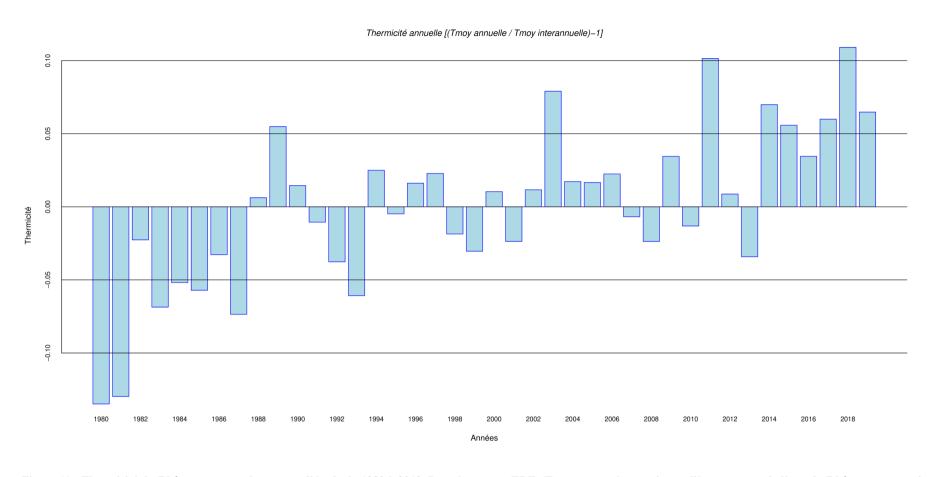


Figure 11: Thermicité du Rhône en amont du secteur d'étude de 1980 à 2019. Données source EDF. (Tmoy = température journalière moyenne de l'eau du Rhône en amont, i.e. non réchauffée par le CNPE de Bugey).

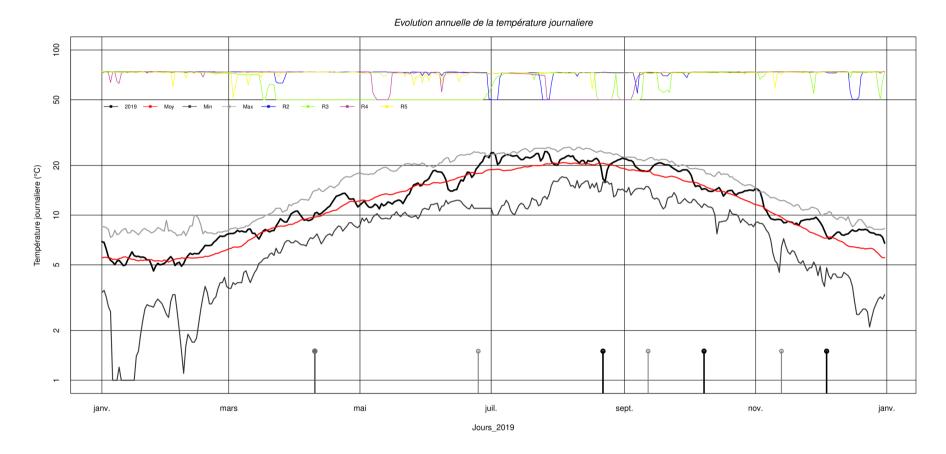
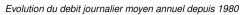
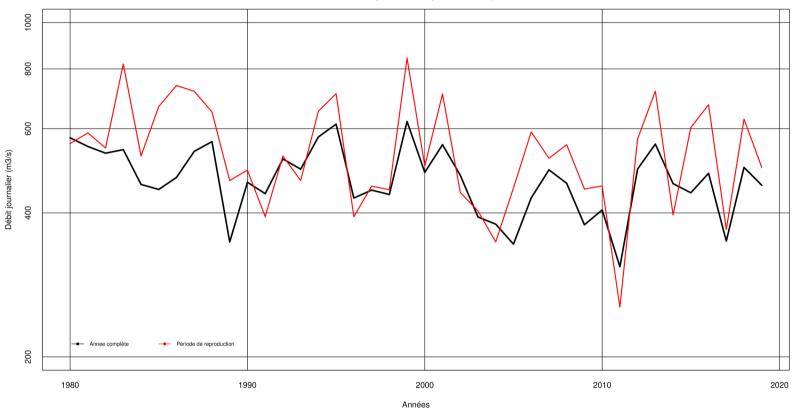


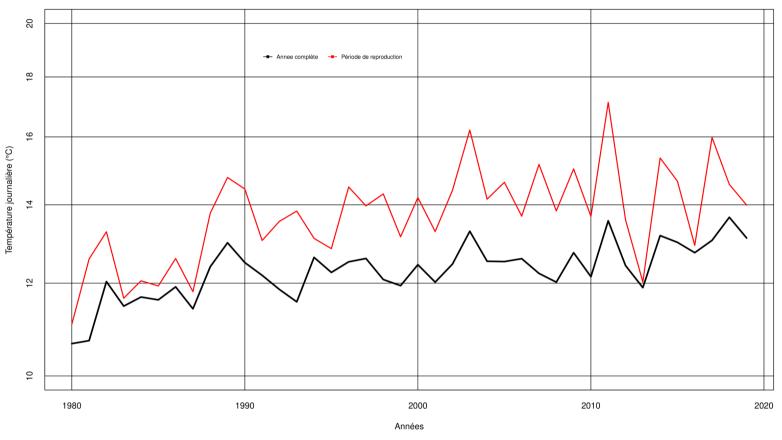
Figure 12 : Température moyenne journalière du Rhône en amont du secteur d'étude pour l'année 2019 (noir), moyenne (rouge), minimum (gris sombre) et maximum (gris clair) calculés pour chaque jour de l'année sur la période 1980 – 2018. Les ronds sur l'axe des abscisses représentent les dates de pêche électrique (noir) et les relevés des substrats artificiels (gris). Les traits de couleur R2 à R5 représentent les puissances actives (fonctionnement) des réacteurs du CNPE de Bugey en 2019 ((+2000)/40 MW). Données source EDF-CNPE-Bugey-2019. Échelle log pour les ordonnées.





(A)





(B)

Figure 13 : Evolution du débit moyen annuel (A) et de la température de l'eau moyenne annuelle (B) du Rhône en amont du CNPE de Bugey (Données EDF – CNPE Bugey) de 1980 à 2019 (courbes noires). En rouge sont représentés pour chaque variable les moyennes annuelles calculées uniquement sur la période de reproduction (avril – juin).

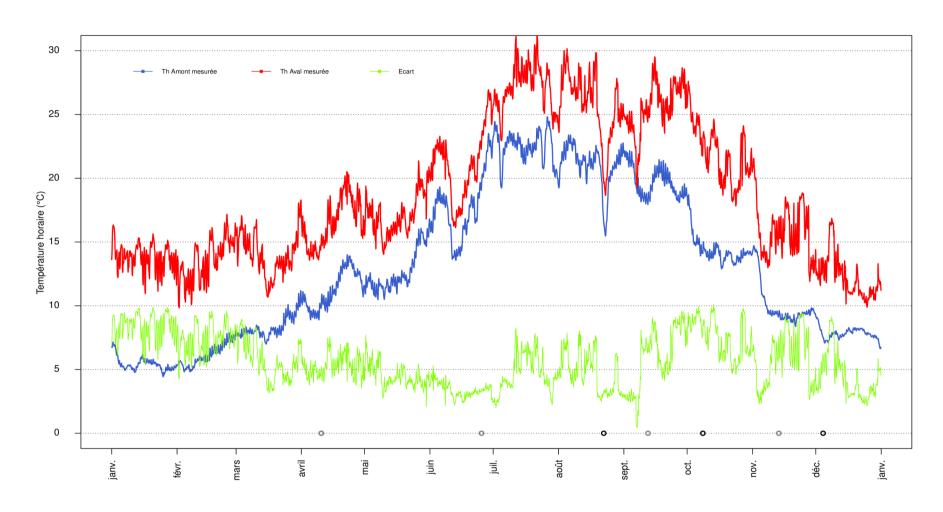


Figure 14 : évolution des températures de l'eau mesurées ponctuellement (sondes) en amont et en aval du CNPE Bugey (décalée d'une heure) et de l'écart (Aval – Amont). Données EDF-CNPE-Bugey 2019.





Figure 15 : Pêches en continu avec anode fixe (avant juin 2010 ; photo Cemagref_20020213) à gauche, et pêche en continu avec anode mobile (à main ; depuis juin 2010 ; photo Irtstea_20150408) à droite.

3 SURVEILLANCE ICHTYOLOGIQUE

La surveillance ichtyologique est réalisée par INRAE (équipe RiverLy/EcoFlowS; Villeurbanne); L'échantillonnage est réalisé avec la participation de Guillaume LE GOFF, Bertrand LAUNAY et Maxence FORCELLINI. Les comptes rendus de pêche, la saisie et la mise en forme des données est assurée par Bertrand LAUNAY. Le Rapport de synthèse et la coordination scientifique et technique est assurée par Hervé CAPRA.

La surveillance ichtyologique est réalisée par pêche électrique en bateau. Historiquement, depuis 1980, ce suivi comporte quatre campagnes annuelles de pêche en berge en continue sur 30 min dans sept stations réparties entre l'amont et l'aval du CNPE de Bugey.

Une estimation de l'indice poisson par campagne a été réalisée de 2016 à 2018. Ces estimations ont demontré clairement l'inutilité de la mise en œuvre de l'indice poisson pour évaluer la qualité du peuplement de poissons du Rhône à l'amont et à l'aval du CNPE de Bugey. La détermination d'un indice poisson par campagne d'échantillonnage n'a aucun sens. Les conditions d'échantillonnage (profondeur d'eau majoritairement > 1.5 m) ne permettent pas la capture d'un nombre suffisant d'individus et d'espèces (très grande majorité de points nuls). Enfin, lors de la campagne d'automne (octobre en général) le protocole de pêche classique (pêches de berge sur 30', mis en œuvre depuis 1979) est beaucoup plus pertinent pour la description du peuplement en place.

3.1 Technique d'échantillonnage des pêches en berge

Les conditions hydrodynamiques du Rhône à Bugey (profondeur moyenne de 2,95 m et vitesse moyenne de 1,01 m s⁻¹) étant nettement supérieures aux limites hydrauliques imposées par la norme NF XP T90-383, qui fait référence uniquement à l'organisation des réseaux de surveillance, le protocole INRAE (anciennement Cemagref puis Irstea) d'échantillonnage partiel pour la surveillance ichtyologique du CNPE Bugey se réfère aux normes NF EN 14011, Qualité de l'eau-Echantillonnage des poissons à l'électricité et NF EN 14962, guide sur le domaine d'application et la sélection des méthodes d'échantillonnage des poissons.

Le protocole d'échantillonnage des poissons est réalisé par pêche électrique en bateau sur sept stations géographiquement fixées en amont et en aval du CNPE Bugey (Figure 1 ; cf. Stations P1 à P7 sur Figure 16). Quatre campagnes sont programmées dans l'année (Tableau 1). Les échantillonnages par pêche électrique se font avec une anode à main (avant l'anode était fixée à l'avant du bateau ; Figure 15). Cet équipement est classiquement utilisé pour les suivis réalisés dans le Rhône court-circuité (exemple Pierre-Bénite ou Donzère), ainsi que par les autres responsables des suivis des CNPE du Rhône (Aralep, Irstea Aix en Provence, Université Lyon 1). Dans cette configuration nous démarrons la pêche à l'aval de la station et nous remontons vers l'amont en pêchant le long de la berge, ou au bord du lit mouillé quand le pied de berge est exondé (Figure 15). Pour des débits inférieurs à 300 m³ s⁻¹, certaines berges sont fortement exondées ce qui provoque une forte modification des habitats pêchés. Ces exondations sont particulièrement importantes pour les stations 3 (Figure 17) et 6D.

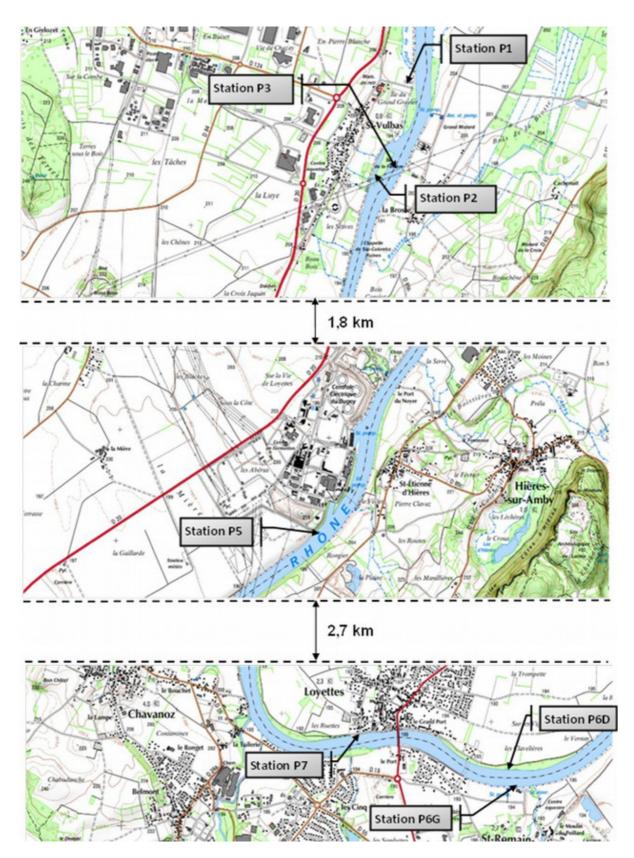


Figure 16 : Localisation des stations de pêche du suivi ichtyologique, échelle 1/25000. Les station 1, 2 et 3 = Amont CNPE ; la station 5 = Rejet CNPE ; les stations 6D, 6G et 7 = Aval CNPE.





Figure 17 : exemple d'exondation de la station 3 pour un débit de 165 m³ s⁻¹ (Station hydrologique de Lagnieu - CNR) à gauche et pour 600 m³ s⁻¹ à droite (les photos n'ont pas été prises cette année, mais peu de changements s'observent d'une année à l'autre dans ce secteur du Rhône).

Au-delà de 600 m³ s⁻¹ le pilotage du bateau est plus délicat et la sécurité des pêcheurs ne peut plus être assurée correctement. Nous n'intervenons pas au-dessus de ce seuil de débit.

La longueur des stations pêchées est voisine de 200 à 500 mètres pour une largeur estimée de 4 m. Le temps de pêche est généralement de 30 minutes (15 – 35 min), le temps exact d'effort de pêche est relevé systématiquement. Les limites aval des stations sont fixées précisément (marquage sur le terrain) et les coordonnées GPS (lat, lon) de début et de fin de pêche de chaque station sont relevées à chaque campagne (Tableau 2). Les limites amont et les durées des pêches dépendent des conditions de pêche : par exemple un effectif de poissons capturés exceptionnellement important qui compromettrait leur survie dans les viviers ou des conditions de débit ne permettant pas un pilotage du bateau adéquate.

Les poissons capturés sont identifiés, mesurés, puis remis à l'eau. La pesée des poissons n'est pas systématique. Les masses des poissons sont toutes estimées par des relations statistiques établies par espèces entre la taille en mm des individus et leur masse en g (de type Masse=A*Taille^B). Les coefficients utilisés sont présentés en Annexe - Tableau 18. Les masses mesurées lors des campagnes d'échantillonnage servent à valider l'utilisation des relations taille-masse et à les compléter.

Pour être comparables, les résultats présentés sont tous convertis en effectifs capturés (ind) et en biomasses estimées (g ou kg) pour 30 minutes de pêche par station pour les comparaisons interannuelles depuis 1992 (pas de calcul de surface avant 2015). Pour les comparaisons annuelles, entre stations amont et aval du CNPE de Bugey, les résultats sont convertis en nombre de poissons et biomasse par unité de surface (Ha).

Tableau 2 : Coordonnées système WGS 84 (Am = amont ; Av = aval de la station), surfaces prospectées (m²), longueur (en km), durée de pêche (min) et température instantanée mesurée (°C) des stations de pêche échantillonnées en 2019. Dans la première colonne de « Surface Tot » sont présentées les surfaces totales des stations amont (1, 2 & 3), rejet (5) et aval (6D, 6G et 7) du CNPE de Bugey par campagne. Dans la deuxième colonne de « Surface Tot » sont présentées les sommes des surfaces de toutes les stations pour chaque campagne et dans la troisième colonne de « Surface Tot » sont présentées les sommes des surfaces de chaque station au cours de l'année 2019 au complet.

station	camp	Date	surface	Sı	urface Tot		N_Am_X	E_Am_Y	N_Av_X	E_Av_Y	Long. (km)	duree	Tempe
4	DI 100440	00400400	4500				45 04440	F 00000	45 00707	F 00000	0.000	00	0.0
1	BUG0419	20190409	1583				45,84143	5,29896	45,83787	5,29893	0,396	30	9,3
2	BUG0419	20190409	1262	0070			45,8314	5,29596	45,82899	5,29381	0,316	30	9,3
3	BUG0419	20190409	1130	3976			45,83179	5,29475	45,82943	5,2934	0,282	34	9,8
5	BUG0419	20190410	2810	2810			45,78915	5,26447	45,78472	5,25801	0,703	30	14,8
6G	BUG0419	20190410	1914				45,76828	5,22207	45,7685	5,21591	0,478	30	10,5
6D	BUG0419	20190410	1673				45,7694	5,22201	45,76949	5,21662	0,418	30	15
7	BUG0419	20190410	1069	4655	11441		45,77242	5,20307	45,77219	5,19964	0,267	30	12,6
1	BUG0819	20190821	1828				45,84194	5,29897	45,83783	5,29889	0,457	30	19,6
2	BUG0819	20190821	1064				45,8311	5,29576	45,82914	5,29379	0,266	30	19,7
3	BUG0819	20190821	1055	3948			45,83163	5,29466	45,82944	5,29335	0,264	30	19,7
5	BUG0819	20190821	1422	1422			45,79131	5,26809	45,78926	5,26457	0,356	30	22,9
6G	BUG0819	20190822	1835				45,7683	5,22193	45,76847	5,21602	0,459	30	16,7
6D	BUG0819	20190822	1451				45,76949	5,22102	45,76968	5,21635	0,363	30	19,3
7	BUG0819	20190822	1211	4498	9868		45,77253	5,20378	45,77217	5,19991	0,303	30	18,5
1	BUG1019	20191008	1583				45,84143	5,29893	45,83787	5,29893	0,396	30	13,8
2	BUG1019	20191008	1201				45,8314	5,29596	45,82913	5,29386	0,300	30	14,1
3	BUG1019	20191008	1180	3965			45,83193	5,29472	45,82946	5,29333	0,295	30	14,1
5	BUG1019	20191008	2888	2888			45,78932	5,26458	45,78472	5,25801	0,722	30	24,1
6G	BUG1019	20191008	1637				45,76824	5,22112	45,76853	5,21586	0,409	30	14,6
6D	BUG1019	20191008	1886				45,76945	5,22222	45,76967	5,21615	0,471	30	23,7
7	BUG1019	20191008	1341	4863	11716		45,77255	5,20393	45,77219	5,19964	0,335	30	21,5
1	BUG1219	20191204	1210			6205	45,84082	5,29888	45,8381	5,29897	0,303	20	7,4
2	BUG1219	20191204	1025			4553	45,8311	5,29574	45,82919	5,29389	0,256	20	7,2
3	BUG1219	20191204	855	3090		4221	45,83163	5,29442	45,82981	5,29353	0,214	21	7,5
5	BUG1219	20191204	1117	1117		8237	45,79082	5,26733	45,78924	5,26453	0,279	20	17,3
6G	BUG1219	20191204	1365			6751	45,76812	5,22021	45,76853	5,21585	0,341	20	7,6
6D	BUG1219	20191204	1274			6284	45,76944	5,22094	45,76959	5,21684	0,318	20	13,6
7	BUG1219	20191204	958	3597	7804	4579	45,77251	5,20269	45,77222	5,19963	0,240	21	11,3

3.2 Conditions environnementales lors de l'échantillonnage

Il est important de noter qu'en 2019 la campagne généralement programmée en juin n'a pas pu se faire pour des raisons de débits trop soutenus. Une tentative a été faite le 11 juin 2019 mais la pêche a été annulée pour des raisons d'efficacité et de sécurité. Les campagnes d'août et d'octobre ont pu avoir lieu sans problème. Une quatrième campagne a donc été exceptionnellement programmée début décembre.

Les dates d'échantillonnage de rive en continu de la communauté piscicole pour le suivi réglementaire du secteur fluvial du Rhône autour du CNPE de Bugey pour 2019 étaient : en avril, 20190409 et 20190410, en août 20190821 et 20190822, en octobre 20191008 et en décembre 20191204.

La première campagne est intervenue après une période de débits moyens (exceptée la crue de la première moitié de mars 2019) et très variables débutée en janvier (et terminée début mai). La campagne d'août est intervenue après une hydrologie très soutenue pendant l'été alors que la campagne d'automne a été réalisée à la fin de l'étiage de 2019 (Figure 10), qui n'aura pas été très sévère comparé à celui de 2018 ou 2017. Enfin, la campagne de décembre est intervenue après un mois de novembre très contrasté (débits variant de 200 à 1000 m³ s-1).

Les deux premières campagnes d'échantillonnage de rive en continu se sont déroulées avec des débits moyens différents (de 468 m³ s⁻¹ à 650 m³ s⁻¹) le jour de la pêche avec cependant des conditions hydrologiques assez similaires les 10 jours précédant la pêche (414 à 427 m³ s⁻¹ ;. Figure 10 ; Tableau 3). Les conditions de débit ont été plus faibles pour la campagne d'octobre (< 300 m³ s⁻¹) et plus élevées pour la campagne de décembre (555 m³ s⁻¹). Le Tableau 3 résume ces conditions de pêche.

Tableau 3 : Caractéristiques générales des conditions de pêche en 2019 pour chacune des quatre campagnes (débit et température moyens journaliers du Rhône à l'amont du secteur d'étude) : moyennes (1) des 10 j précédant la pêche et (2) du jour de la pêche. (Débits et températures du Rhône = Source EDF).

2019	Av	ril	Ac	oût	Octobre	Décembre				
	20190409	20190410	20190821	20190822	20191008	20191204				
Moyenne des 10 jou	rs précédents	S								
Débit (m ³ s ⁻¹)	415.0		427.0		216.0	581.0				
Température (°C)	9.8		21.2		16.7	9.2				
Valeur de la moyenne journalière										
Débit (m ³ s ⁻¹)	468.0	479.0	650.0	648.0	275.0	555.0				
Température (°C)	10.3	10.4	16.6	16.0	14.4	7.5				

3.3 Conditions environnementales de la période de reproduction des poissons

L'analyse des débits durant la phase de reproduction des poissons (entre avril et juin pour la majorité des espèces) montre qu'en 2019 le débit journalier a d'abord été faible, en dessous de la moyenne interannuelle avant d'être soutenu (> 700 m³ s⁻¹) à partir du 10 juin (Figure 18). Le débit moyen de toute la période de reproduction 2019 (498 m³ s⁻¹) est plutôt moyen pour cette période de l'année au regard de la forte variabilité observée depuis 2010 (Figure 13). Au sein même de la période de reproduction le débit a été très variable en 2019 (Figure 18).

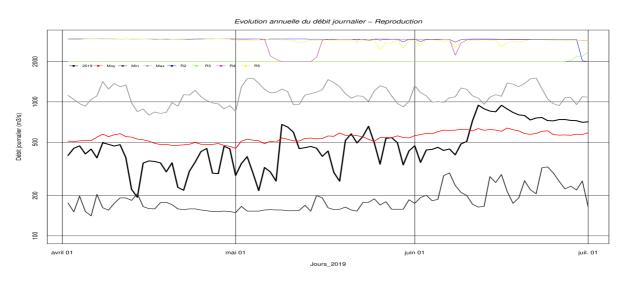


Figure 18: Evolution des débits moyens journaliers de l'année 2019 au cours de la période de reproduction des poissons (avril-juin) au regard de la moyenne et des extrêmes journaliers interannuels 1980-2018.

Sur cette même période de reproduction des poissons en 2019, la température de l'eau oscillait autour de la température moyenne interannuelle 1980-2018 (moyenne interannuelle totale sur la période de reproduction = 13,8°C) en passant de 9.3 à 22.8 °C (moyenne = 13.8°C; Figure 19). Il s'agit d'une valeur assez moyenne de température de l'eau pour la période de reproduction depuis 2000 (Figure 13), avec cependant un mois de mai relativement froid.

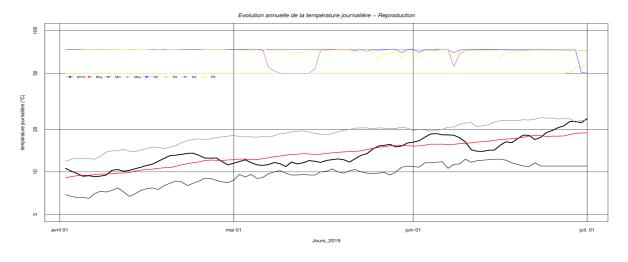


Figure 19 : Evolution des températures moyennes journalières de l'année 2019 au cours de la période de reproduction des poissons (avril-juin) au regard de la moyenne et des extrêmes journaliers interannuels 1980-2019.

3.4 Description de la structure globale du peuplement de poissons

La description des abondances et biomasses totales, par station ou par campagne de pêche réalisée en 2019 n'est pas toujours présentée avec les mêmes unités dans ce rapport. Lorsqu'il s'agit d'une description pour l'année 2019 uniquement les abondances et biomasses sont exprimées en nombre d'individus (ind) et grammes - g (ou kilogrammes – kg) par hectare (/ Ha). Lorsqu'il s'agit de comparer 2019 aux années précédentes les abondances et biomasses sont exprimées en nombre d'individus et grammes (ou kilogrammes) par 30 min de pêche (ind ou g/30 min), du fait de la prise en compte des surfaces échantillonnées seulement depuis 2015.

3.4.1 Richesse spécifique globale

En 2019, pour l'ensemble des 7 stations et au cours des 4 campagnes d'échantillonnage, 25 espèces ont été capturées (Tableau 4). Cette richesse spécifique est proche de la moyenne des 19 dernières années (2000 à 2018) : richesse annuelle moyenne de 24 espèces par année d'échantillonnage.

La stabilité de la composition spécifique du peuplement de poissons du Rhône dans le secteur du Bugey se confirme encore en 2019. En effet, chaque année depuis 2000, 14 espèces sont systématiquement capturées. Ce sont la truite commune (absente en 2018) et le vairon (deux espèces en très faible abondance), espèces représentant plutôt les zones amont des cours d'eau avec des exigences thermiques relativement froides. Vient ensuite le cortège des espèces de cyprinidés rhéophiles, vandoise, goujon, chevaine, hotu, barbeau, spirlin et ablette, de cyprinidés plus lénitophiles comme le gardon ou la brème bordelière, puis les carnassiers perche et brochet. Enfin, le silure complète ce bloc de 14 espèces présentes en continu depuis 2000 (Tableau 4).

A cette composition de base viennent s'ajouter des espèces colonisant des biotopes plus lentiques telles que la bouvière (capturée 15/20), le pseudorasbora (17/20), l'épinoche (15/20), la tanche (17/20), la perche soleil (18/20), la carpe commune (10/20) et le rotengle (14/20) ou des biotopes plus lotiques comme le blageon (17/20 min), le chabot (17/20) et la loche (17/20). Malgré une abondance faible, la capture plus ou moins systématique de ces espèces en fait des espèces accompagnatrices au sein de la communauté piscicole du Rhône dans le secteur du Bugey. Enfin quelques espèces sont capturées occasionnellement et en très faible effectif comme la blennie, le carassin, l'anguille (dont la dernière capture datait de 2011), le sandre ou la gremille.

L'indice de Shannon (basé sur les abondances relatives des espèces capturées, variant possiblement de 0 à 5 si on compte un potentiel de 32 espèces depuis 2000) est de 2.8 en 2019, avec une équitabilité (variant possiblement de 0 à 1) de 0.58. L'image du peuplement de poissons du Rhône à Bugey est donc toujours celle d'un peuplement déséquilibré, dominé par quelques espèces très abondantes accompagnées d'espèces relativement nombreuses mais très peu abondantes dans nos échantillonnages.

Tableau 4 : Abondance (ind/30 min de pêche) de chaque espèce et richesse spécifique (nombre d'espèces capturées) du peuplement de poissons du Rhône estimée avec les campagnes d'échantillonnage du suivi réglementaire du CNPE de Bugey de 2000 à 2019 ; liste des espèces capturées chaque année.

ESP	Nom_scientifique	Nom_vernaculaire	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
ABL	Alburnus_alburnus_(L1758)	Ablette	40	160	32	86	168	202	323	467	231	87	137	165	185	763	930	162	347	466	794	180
ANG	Anguilla_anguilla_(L1758)	Anguille	1	0	0	0	0	6	1	3	2	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	1
BAF	Barbus_barbus_(L1758)	Barbeau_fluviatile	363	191	132	130	96	235	337	131	126	706	279	629	521	302	509	1269	1475	699	373	124
BLE	Salariafluviatilis_(Asso,_1801)	Blennie_fluviatile	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6	1	1	19	18	7	19	2
BLN	Leuciscus_(telestes)_souffia_(Risso_1826)	Blageon	82	115	129	40	28	83	25	121	234	140	133	75	0	0	30	4	46	32	0	2
BOU	Rhodeus_sericeus_(Bloch_1782)	Bouviere	1	0	2	0	0	5	9	2	0	0	1	2	15	9	1	12	17	15	8	4
BRB	Blicca_bjoerkna_(L1758)	Breme_bordeliere	5	26	89	108	202	108	163	101	41	10	4	70	13	17	14	310	219	409	114	264
BRO	Esox_lucius_(L1758)	Brochet	2	8	4	10	1	2	1	3	5	9	18	39	3	2	6	3	6	52	5	36
CAS	Carassius_gibelio Cauratus_(L1758)	Carassin	0	0	0	0	0	9	4	2	0	0	0	1	1	2	0	1	0	0	0	1
CCO	Cyprinus_carpio (cuir, miroir, commune)	Carpe commune	1	1	0	0	0	2	2	0	0	1	3	2	0	0	1	9	0	0	57	0
CHA	Cottus_gobio_(L1758)	Chabot	7	0	0	0	1	2	4	18	2	5	23	46	7	8	30	31	12	37	19	4
CHE	Leuciscus_cephalus_(L1758)	Chevaine	894	744	428	549	509	1202	1213	1281	299	606	878	1029	898	815	453	1782	1603	1007	839	621
EPI	Gasterosteus_aculeatus_(L1758)	Epinoche	1	2	0	1	1	6	8	6	3	23	1	4	3	0	7	1	2	0	0	0
GAR	Rutilus_rutilus_(L1758)	Gardon	107	105	88	84	110	115	51	90	145	181	106	213	118	345	84	85	62	26	29	46
GOU	Gobio_gobio_(L1758)	Goujon	153	94	37	72	54	212	307	62	71	139	110	522	368	400	185	404	215	655	349	134
GRE	Gymnocephalus_cernua_(L1758)	Gremille	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0	1
HOT	Chondrostoma_nasus_(L1758)	Hotu	90	497	29	196	158	70	113	56	318	1417	550	419	317	615	903	94	191	172	40	18
LOF	Barbatula_barbatula_(L1758)	Loche	4	10	4	3	3	2	0	1	2	1	1	59	2	0	11	15	6	4	9	0
OBR	Thymallus_thymallus_(L1758)	Ombre_commun	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PCH	Ameiurus_melas_(Rafinesque,_1820)	Poisson_chat	5	0	0	4	3	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PER	Perca_fluviatilis_(L1758)	Perche_fluviatile	21	9	2	5	5	21	4	9	22	27	37	15	28	14	5	8	27	16	14	3
PES	Lepomis_gibbosus_(L1758)	Perche_soleil	3	14	7	2	5	8	6	31	5	0	2	17	4	6	0	2	11	5	21	30
PSR	Pseudorasbora_parva	Pseudorasbora	4	2	0	3	6	1	14	6	1	0	6	5	0	19	3	8	9	5	1	1
ROT	Scardinius_erythrophtalmus_(L1758)	Rotengle	2	14	2	8	5	5	22	8	1	2	2	0	0	0	2	1	0	2	0	0
SAN	Sander_lucioperca(Linnaeus,_1758)	Sandre	8	0	0	5	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	6	1
SIL	Silurus_glanis_(L1758)	Silure	13	26	35	29	26	33	35	17	43	54	47	63	50	38	74	76	63	78	97	32
SPI	Alburnoides_bipunctatus_(Bloch_1752)	Spirlin	1779	2432	1584	1388	1067	1885	1037	1035	2975	5661	3608	5143	3228	6874	4679	3978	5342	5346	4766	935
TAC	Oncorhynchus_mykiss	Truite_arc-en-ciel	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TAN	Tinca_tinca_(L1758)	Tanche	1	6	5	2	6	2	2	3	0	0	4	10	10	3	0	13	9	9	31	6
TRF	Salmo_trutta_fario_(L1758)	Truite_fario	33	30	3	10	6	1	6	4	7	2	2	2	1	3	1	4	5	2	0	2
VAI	Phonixus_phonixus_(L1758)	Vairon	103	210	66	28	48	35	1	193	444	221	34	2	4	6	10	14	3	4	8	1
VAN	Leuciscus_(L1758)	Vandoise	90	108	38	95	115	121	36	62	48	94	62	27	56	34	68	68	51	7	16	55
		TOTAL par année	3817	4806	2719	2858	2623	4374	3724	3713	5026	9386	6049	8565	5841	10276	8007	8373	9741	9056	7614	2505
		Nb d'espèces	29	24	21 19	23	2023	27	25	26	23	20	25	26	23	21	23	26	24	23	22	2505
		I AN G CONDOCO		۷4	۷۱	23	23	۷1	23	20	23	20	20	20	23	۱ ک	23	20	24	23		23

Les abondances relatives des espèces ne sont pas censées être toutes identiques (Cf. Le Rhône en 100 questions, Chap 7-09, p 212). Mais dans le secteur du Bugey, le peuplement de poissons attendu doit être plus riche en blageon, hotu, gardon, barbeau et autres carnassiers que les brochets issus d'empoissonnement ou le silure (plutôt opportuniste).

3.4.2 Abondance et biomasse totales

Le nombre total de poissons capturés en 2019 est de 2440 individus, correspondant pour 30 minutes de pêche par station et pour les 4 campagnes réunies à 2505 poissons. Cette abondance totale est la plus faible jamais observée depuis 2000 (Figure 20). Attention il est important de rappeler ici que la campagne de juin n'a pas pu se faire cette année et a été « remplacée » par une campagne début décembre avec une température froide (< 10°C), réduisant fortement l'activité des poissons par rapport au printemps. Cependant, même s'il est très compliqué de comparer deux années entre elles, mais l'étude des échantillonnages de 2013 (très différente de 2019 d'un point de vue hydrologique et thermique), 2016 (assez proche de 2019) ou 2018 (année beaucoup plus chaude que 2019) montrent que les échantillonnages de mars et de novembre (même de fin novembre comme en 2013) ou octobre ont toujours les abondances et biomasses les plus fortes. Les abondances de juin sont toujours les plus faible de l'année. L'absence de campagne en juin ne peut pas expliquer la diminution de l'abondance totale observée en 2019.

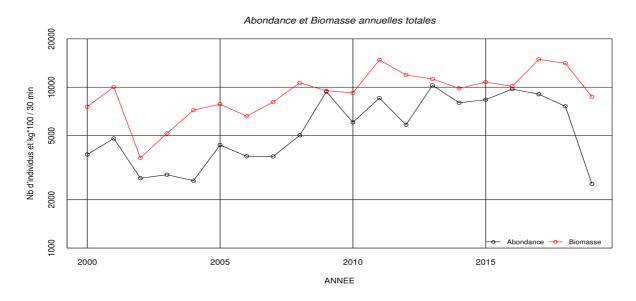


Figure 20 : Suivi piscicole du Rhône à Bugey. Nombre total d'individus capturés annuellement et biomasse estimée totale exprimée en kg*100 (toutes stations confondues, temps de pêche par station standardisé à 30 min).

La biomasse totale estimée en 2019 était de 85.5 kg, ce qui représente pour 30 minutes de pêche par station et pour les 4 campagnes réunies, 87.3 kg. Cette biomasse est moyenne relativement aux biomasses estimées totales observées depuis 2000 (Figure 20). Notons ici qu'une part importante de cette biomasse (59%) est due à quelques très gros silures capturés en avril et en octobre 2019.

Depuis 2000, la biomasse montrait une légère tendance à l'accroissement même si une forte variabilité de la biomasse annuelle totale (pour 30 min) s'observait entre deux années successives. En 2019, la biomasse observée (capturée) est faible.

3.4.3 Abondance et biomasse totales par espèce

Attention, dans les analyses suivantes nous considérerons les effectifs et les biomasses capturés exprimés en nombre d'individus et en grammes ou kilogrammes par hectare en nous concentrant sur les résultats de 2019. Ainsi les 2440 individus capturés pesant un total de 85.5 kg pour l'ensemble des stations et des campagnes en 2019, représentent 598 individus et 21 kg par hectare pêché. Par espèce les abondances et biomasses totales de 2019 se répartissent de 0.25 à 225 ind/Ha et de 0.3 g à 12.6 kg/Ha pour une espèce donnée (Figure 21 et Tableau 6).

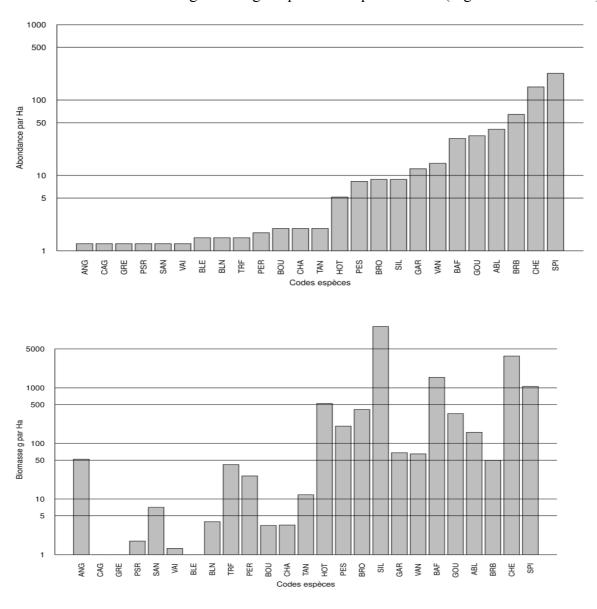


Figure 21 : Effectifs (haut) et biomasses (bas) par hectare +1 pour chaque espèce. Les espèces sont ordonnées de gauche à droite par abondance croissante (échelle log pour axe des ordonnées). Nous n'avons pas de relation taille-poids pour le carassin (CAG), la grémille (GRE), la blennie (BLE).

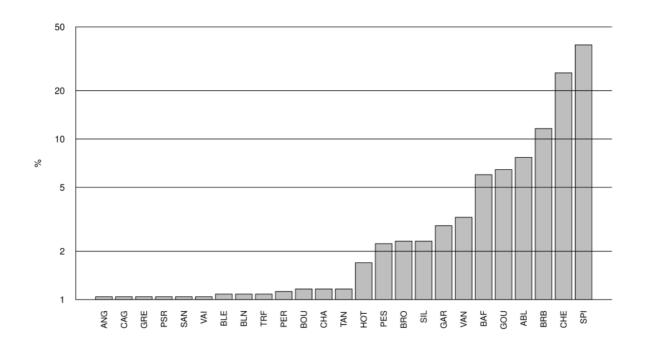


Figure 22 : Abondances relatives + 1 par espèce (exprimé en % de l'effectif total estimé, toutes stations et campagnes confondues et par hectare pêché en 2019, +1) ; (échelle log de l'axe des ordonnées).

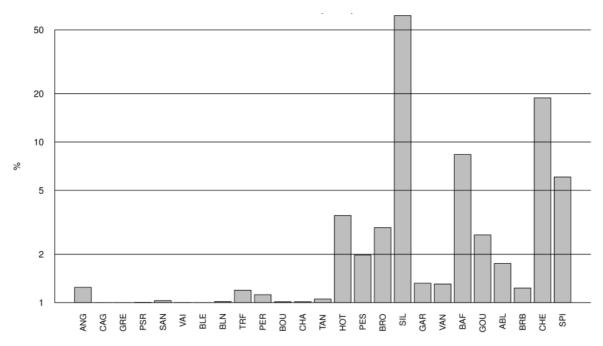


Figure 23 : Biomasse estimée relative +1 (biomasse totale estimée pour une espèce exprimé en % de la biomasse totale estimée, toutes stations et campagnes confondues et par hectare pêché en 2019 +1). (Échelle log de l'axe des ordonnées).

En 2019 l'abondance du spirlin n'a pas été aussi forte et dominatrice du peuplement de poissons du Rhône à Bugey que les années précédentes. Les 226 ind/Ha (Figure 21) sont en effet nettement moins élevés que les presque 1000 ind/Ha de 2018. L'abondance de l'ablette a également été divisée par un facteur supérieur à deux (41 ind/Ha en 2019 (Figure 21) contre > 100 ind/Ha en 2018). Cette diminution des abondances en 2019 est aussi observée pour le

chevaine, le hotu et le silure. Les abondances de la brème bordelière et du brochet ont nettement augmentée et quelques espèces ont vu leur abondance échantillonnée légèrement augmenter telle que la vandoise et le gardon (Figure 21).

L'abondance relative du spirlin en 2019 étant moindre (39%), les abondances relatives des autres espèces principales ont toutes augmentées par rapport à 2018. Le chevaine représente 26% de l'abondance totale et la brème bordelière 12% (Figure 22). Ensuite seuls l'ablette, le goujon et le barbeau représentent chacun plus de 5% de l'abondance totale observée en 2019 (Figure 22).

La biomasse totale observée en 2019 est encore dominée par quelques gros silures (18.7 kg/Ha pour 9 ind/Ha) ce qui représente 61% de la biomasse observée (Figure 21). Le chevaine, deuxième plus forte biomasse observée ne représente que 19% de la biomasse totale observée (3.7 kg/Ha pour 149 ind/Ha; Figure 21 et Figure 23). Parmi toutes les autres espèces le barbeau et le spirlin représentent encore entre 5 et 10% de la biomasse (respectivement 1.5 et 1.0 kg/Ha; Figure 21 et Figure 23) et toutes les autres espèces représentent moins de 5% de la biomasse totale observée (< 1 kg/Ha).

3.4.4 Richesse spécifique par campagne et par station

Le nombre d'espèces capturées, toutes stations confondues, varie de 13 à 19 en fonction des campagnes d'échantillonnage (Figure 24 et Tableau 5). Les campagnes d'août et de décembre sont les moins riches (13 espèces) alors que 19 espèces ont été capturées lors de la campagne d'octobre. Une forte variabilité du nombre d'espèces capturées existe (1) en fonction des stations au cours d'une même campagne, par exemple pour la campagne d'octobre le nombre d'espèces capturées varie de 7 à 12 et (2) pour une même station en fonction de la campagne, par exemple le nombre d'espèces capturées varie de 0 à 11 dans la station 5 (Figure 24 et Tableau 5).

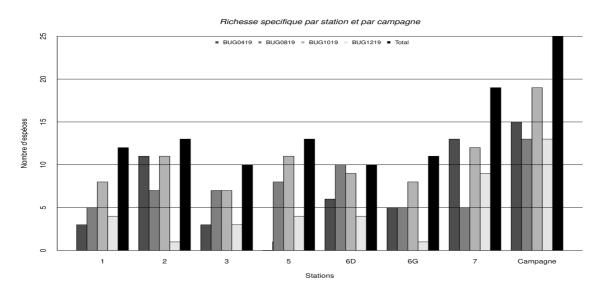


Figure 24: Représentation du nombre d'espèces capturées par station et par campagne en 2019. Stations 1, 2, 3 = Amont CNPE, station 5 = Rejet et stations 6D, 6G, et 7 = Aval CNPE (Cf. Figure 1 et Figure 16 pour la localisation des stations d'échantillonnage).

Tableau 5: Effectifs par espèce capturés en 2019 exprimé par hectare et par station, triés par ordre croissant d'occurrence dans les stations (max = 7) et d'abondance dans les stations.

Espèces	1	2	3	5	6D	6G	7	Fréquence
ANG	0	0	0	0	0	0	2,18	1
BLE	0	0	0	0	0	0	4,37	1
BLN	0	0	0	0	0	0	4,37	1
CAG	0	0	0	1,21	0	0	0	1
GRE	0	0	0	0	0	0	2,18	1
PSR	0	0	0	0	0	0	2,18	1
SAN	0	0	0	0	1,59	0	0	1
TRF	0	0	0	0	0	2,96	0	1
VAI	0	2,2	0	0	0	0	0	1
PER	0	0	2,37	0	0	0	4,37	2
TAN	1,61	0	7,11	0	0	0	0	2
BOU	0	0	0	1,21	0	2,96	2,18	3
CHA	1,61	0	0	1,21	0	2,96	0	3
SIL	0	11	0	1,21	0	0	56,8	3
PES	0	6,59	9,48	0	0	4,44	43,7	4
BRO	6,45	2,2	54,5	0	3,18	0	4,37	5
HOT	3,22	2,2	0	2,43	3,18	0	21,8	5
VAN	3,22	6,59	0	1,21	0	1,48	105	5
ABL	8,06	127	0	58,3	35	19,3	37,1	6
BRB	24,2	30,8	147	89,8	145	0	6,55	6
BAF	21	17,6	4,74	12,1	98,7	7,41	48	7
CHE	70,9	143	152	60,7	304	116	249	7
GAR	3,22	32,9	7,11	4,86	6,37	2,96	34,9	7
GOU	24,2	90,1	11,8	3,64	15,9	34,1	78,6	7
SPI	21	327	4,74	70,4	132	127	1151	7

En moyenne 6.5 espèces ont été capturées sur l'ensemble des stations et des campagnes en 2019.

Cinq espèces sont présentes dans les sept stations échantillonnées : le spirlin, le goujon, le gardon, le chevaine et le barbeau (Tableau 5). A l'inverse neuf espèces ne sont présentes que dans une seule station d'échantillonnage : l'anguille, la blennie fluviatile, le blageon, le carassin, la grémille, le pseudorasbora, le sandre, la truite et le vairon (Tableau 5). Globalement la majorité des espèces (14/25) sont présentes dans moins de la moitié des stations échantillonnées (Tableau 5).

Les espèces principales, présentes dans toutes les stations, ont des exigences d'habitat différentes (ex barbeau et goujon plutôt benthiques ; ablette et spirlin plutôt pélagiques et gardon plutôt lénitophile) pour les stades âgés. Les captures sont principalement constituées de jeunes de l'année et de juvéniles (voir l'analyse par taxon ci-après) qui eux sélectionnent plutôt les habitats de rive. Il n'est donc pas étonnant, du fait de leur abondance forte, de les retrouver dans toutes les stations (Tableau 5).

Excepté pour la campagne d'août 2019 (5 espèces), la station 7 a toujours la richesse spécifique la plus élevée (9 à 13). Les stations 1, 3 et 6G ont toujours des richesses spécifiques observées faibles (3 à 8), même si leur richesse totale sur l'année n'est pas si faible (respectivement 12, 10 et 11) relativement aux autres stations (exceptée la station 7). Il est intéressant de noter que la station 6D a toujours une richesse spécifique supérieure à la station 6G mais que la richesse totale est plus forte pour 6G (11) que pour 6D (10).

3.4.5 Abondance et biomasse par campagne, par station et par espèce

En 2019 l'abondance totale des trois premières campagnes est assez homogène (640 à 785 ind/Ha; Tableau 6). Ces valeurs d'abondance sont faibles en comparaison des campagnes de 2018 (la plus faible abondance était de 678 individus / ha sur la campagne d'août). L'abondance totale de la campagne de décembre 2019 est très faible (178 ind/Ha; Tableau 6)

Des fluctuations importantes des effectifs capturés entre les campagnes existent principalement pour les espèces dominantes au cours de l'année 2019, telles que le barbeau, la brème bordelière, le chevaine, le goujon, le spirlin et la vandoise (Tableau 6). En 2019 il est important de noter que le spirlin n'est pas l'espèce la plus abondante en octobre (5 ème), ce qui représente une rareté depuis 2000 (situation survenue seulement en 2006 et 2007).

Tableau 6 : Effectifs capturés par hectare et biomasses estimées en grammes par hectare, par campagne et par espèce pour l'année 2019. (Pour la signification des codes espèces, cf. Annexe 3 - Tableau 17)

	Tot	al	Abo	ndance	oar camp	agne	Biomasse par campagne				
Espèces	Abondance	Biomasse	avril	août	octobre	décembre	avril	août	octobre	décembre	
ABL	39,9	157,4	48,9	48,6	21,3	43,6	168,2	288,5	81,3	90,2	
ANG	0,2	51,2	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	178,3	0,0	
BAF	29,9	1544,6	7,0	14,2	81,9	5,1	24,7	3276,0	2594,0	8,5	
BLE	0,5	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
BLN	0,5	2,9	1,7	0,0	0,0	0,0	10,4	0,0	0,0	0,0	
BOU	1,0	2,3	0,0	0,0	2,6	1,3	0,0	0,0	5,7	3,7	
BRB	63,4	48,7	2,6	117,6	110,1	14,1	4,0	29,0	134,0	10,9	
BRO	7,8	404,7	0,0	11,1	9,4	12,8	0,0	469,5	415,6	899,5	
CAG	0,2	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
CHA	1,0	2,4	0,0	0,0	3,4	0,0	0,0	0,0	8,4	0,0	
CHE	148,4	3734,9	102,3	218,9	206,6	39,7	2708,2	4605,8	5968,8	785,1	
GAR	11,3	67,1	10,5	12,2	18,8	0,0	65,7	41,2	135,1	0,0	
GOU	32,6	343,0	12,2	1,0	99,0	2,6	161,3	5,3	1007,6	38,7	
GRE	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	
HOT	4,2	520,9	9,6	3,0	0,9	2,6	42,4	3,2	2,1	2655,7	
PER	0,7	25,1	1,7	0,0	0,9	0,0	74,3	0,0	14,8	0,0	
PES	7,3	204,2	4,4	7,1	14,5	1,3	141,5	146,0	413,8	55,1	
PSR	0,2	0,8	0,9	0,0	0,0	0,0	2,7	0,0	0,0	0,0	
SAN	0,2	6,1	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	25,2	0,0	0,0	
SIL	7,8	12657,6	3,5	0,0	23,0	1,3	28216,4	0,0	16553,8	3,6	
SPI	224,8	1059,9	534,0	202,7	59,7	47,4	3185,9	284,9	262,7	120,1	
TAN	1,0	10,9	0,0	0,0	0,0	5,1	0,0	0,0	0,0	57,1	
TRF	0,5	40,7	0,9	1,0	0,0	0,0	137,7	8,8	0,0	0,0	
VAI	0,2	0,3	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	
VAN	13,5	64,0	44,6	2,0	1,7	0,0	215,1	1,8	11,4	0,0	
Total	598	20950	785	640	658	178	35158	9185	27788	4728	

Malgré des variations entre les campagnes pour chaque espèce, le spirlin le chevaine, l'ablette, et dans une moindre mesure la brème bordelière (surtout campagnes 2 et 3) et le barbeau (surtout campagne 3) dominent les abondances de poissons capturées lors de chaque campagne de pêche 2019 sur le Rhône à Bugey (Tableau 6).

Certaines espèces sont abondantes lors d'une seule campagne comme la vandoise et le hotu lors de la campagne d'avril ou le silure et la perche soleil lors de la campagne d'octobre.

La reproduction débute pour la plupart des espèces avant l'été et par conséquent il est attendu que les effectifs d'août et surtout d'octobre soient nettement plus importants du fait de l'arrivée des jeunes de l'année dans les captures. Cette hypothèse se confirme pour les espèces dominantes sauf pour le spirlin. Certaines espèces ont une ponte dite fractionnée (en plusieurs fois) qui peut s'étaler jusqu'en automne comme l'ablette ou le spirlin mais les abondances capturées pour ces espèces ne suggèrent toutefois pas un fort recrutement en 2019.

Enfin le brochet est assez abondant lors des trois dernières campagnes. Ces individus sont principalement des juvéniles, sans doute issus de déversements. En effet le Rhône dans le secteur du Bugey n'offre pas les conditions d'habitat nécessaire à la reproduction du brochet (inondation de champs pendant plusieurs semaines en février – mars). Des individus pourraient dévalés de l'amont ou monter de l'aval, mais l'homogénéité des classes de taille capturées (130 à 311 mm) suggère plutôt des déversements.

L'évolution des biomasses au cours de l'année 2019 lors des quatre campagne d'échantillonnage suit à peu près le patron décrit pour les abondances (Tableau 6). Toutefois, de gros individus capturés font rapidement augmenter la biomasse estimée capturée. C'est le cas pour le brochet et surtout pour le hotu, le barbeau et surtout le silure (Tableau 6). Le spirlin, malgré sa petite taille, représente une biomasse parfois supérieure au chevaine ou au barbeau du fait de sa très forte abondance comme en avril 2019 (Tableau 6).

Les effectifs capturés par station de pêche et par campagne de 2019, exprimés par Ha, sont très variables : de 11 à 6212 ind/Ha (Figure 25). En 2019, c'est la station 7 (aval CNPE) qui montre l'abondance totale par campagne moyenne sur l'année la plus forte (1943 ind/Ha), nettement devant la station 2 (749 ind/Ha; amont CNPE), puis viennent les stations 6D (688 ind/Ha), 5, 3, 6G et 1 (175 ind/Ha; Figure 25). Il existe une forte variabilité des effectifs capturés par hectare en fonction de la campagne d'échantillonnage pour toutes les stations.

Une forte variabilité des effectifs capturés s'observe dans une station d'une campagne à l'autre (exemple station 6G de 16 à 1592 ind/Ha, Figure 25) et d'une station à l'autre pour une même campagne (exemple en avril, de 0 à 6212 ind/Ha, Figure 29).

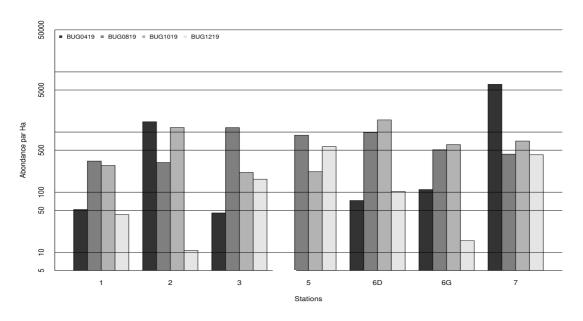


Figure 25 : Représentation des effectifs de poissons capturés par Ha par station et par campagne en 2019. (Echelle log pour l'axe des ordonnées). Pour chaque station les valeurs de chaque campagne sont représentées par une barre de couleur différente.

La biomasse totale estimée par station et par campagne en 2019 est aussi très variable d'une campagne à l'autre ou d'une station à l'autre (exemple de la station 2 (de 1.4 à 243.2 kg/Ha) ou de la campagne d'octobre (de 3.2 à 83.1 kg/Ha; Figure 26). Les très fortes biomasses peuvent s'expliquer en partie par la capture de très gros individus (exemple des 3.5 ind/Ha de silures pour 28.2 kg (en avril) et dans une moindre mesure les 16 ind/Ha de silure en octobre pour 16.5 Kg), ou encore les 7 ind/Ha de barbeaux en avril pour 3.3 kg (à comparer avec les 82 ind/Ha de barbeaux en avril pour 2.6 kg; Tableau 6). La station 2 cumule ces deux effets. En 2019 les biomasses estimées pour les stations 1 (amont), 5 (Rejet) et 6D (Aval CNPE, échauffée) sont particulièrement faibles (<10 kg/Ha).

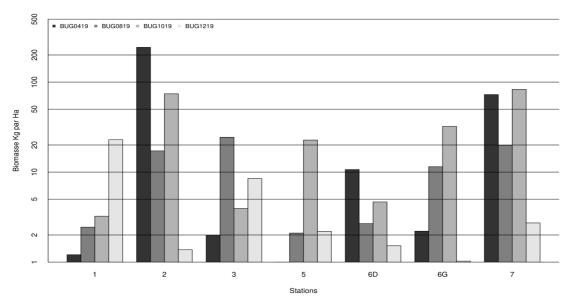


Figure 26 : Représentation des biomasses de poissons en kg par Ha (biomasse estimée) par station et par campagne en 2019. La biomasse de la blennie n'est pas estimée. (Echelle log pour l'axe des ordonnées). Pour chaque station les valeurs de chaque campagne sont représentées par une barre de couleur différente.

3.4.6 Evolution des effectifs des espèces principales depuis 2000

[Rappel: l'évolution des effectifs depuis 2000 est suivie en nombre d'individus pour 30 minutes de pêche.]

La tendance à l'augmentation depuis 2000 puis la stabilisation depuis 2010 des abondances des espèces majoritaires du peuplement de poissons du Rhône dans le secteur du Bugey est fortement interrompue en 2019. L'abondance totale annuelle de toutes les espèces majoritaires s'est effondrée en 2019 (Figure 27). La stabilisation très nette de l'abondance du spirlin autour de 5 000 ind/30 min fait place en 2019 à une abondance moyenne proche de 1000 ind/30 min. L'abondance totale du hotu est tombée à 19 ind/30 min plus faible abondance jamais observée pour cette espèce depuis 2000 (Figure 27). Cette baisse confirme une nette diminution amorcée après 2014 (904 ind/30 min). Les tendances des quatre autres espèces sont plus chaotiques mais oscillent autour de 500 ind/30 min (soit 10 fois moins que le spirlin). L'abondance de barbeau et de chevaine baissent encore en 2019 après deux et trois années (respectivement) de baisse successives (Figure 27). Les abondances de l'ablette, du barbeau et du chevaine sont très faibles en 2019 mais ne sont pas les plus faibles jamais observées depuis 2000. Les raisons de cette diminution synchrone des abondances des cinq espèces majoritaires en 2019 sont difficiles à comprendre compte tenu des exigences écologiques de ces espèces (il serait par exemple plus logique de voir le hotu plus synchrone avec le barbeau (tous les deux benthiques, rhéophiles, litophiles) qu'avec l'ablette et le spirlin (plutôt pélagiques). Ces diminutions ne peuvent pas être attribuées à l'absence de campagne d'échantillonnage en juin et pour toutes les espèces principales sauf l'ablette cette diminution avait déjà démarré en 2018.

Evolution des abondances totales annuelles

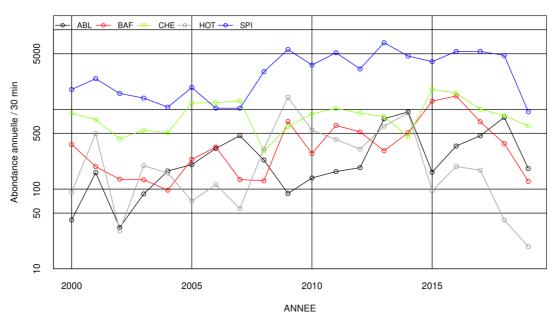
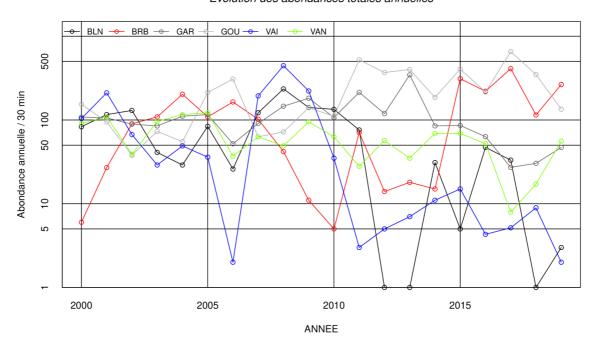


Figure 27 : Evolution des effectifs totaux annuels pour 30 min de pêche pour les espèces principales (forts effectifs) : ablette, barbeau, chevaine, hotu et spirlin entre 2000 et 2019. (Echelle log pour l'axe des ordonnées).

Evolution des abondances totales annuelles



Evolution des abondances totales annuelles

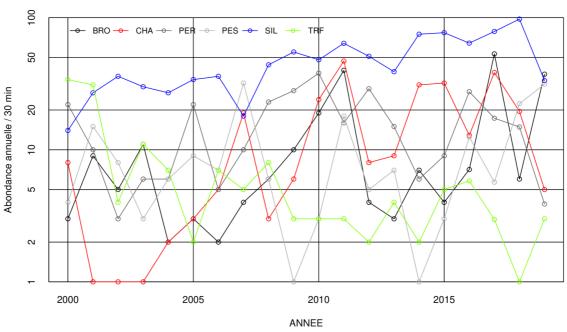


Figure 28 : Evolution des effectifs totaux + 1 annuels pour 30 min de pêche pour les espèces secondaires à effectifs moyens (haut) et pour les espèces à faible effectif (bas) entre 2000 et 2019. (Echelle log pour l'axe des ordonnées).

La brème bordelière et le goujon restent les deux espèces les plus abondantes (entre 100 et 500 ind/30 min) du groupe d'espèces accompagnatrices principales depuis 2015 (Figure 28). Malgré une baisse conséquente d'abondance en 2018, la brème bordelière présente une abondance forte avec une forte augmentation en 2019. Le goujon lui se maintient à ce niveau d'abondance depuis 2011 malgré une seconde année successive de baisse d'abondance (Figure 28).

L'abondance de la vandoise, du gardon et du blageon ont augmenté en 2019. L'abondance du blageon reste faible : 3 ind/30 min. Le vairon est l'espèce la moins abondante de ce groupe d'espèces ces dernières années et son abondance chute en 2019 à 2 ind/30 min (Figure 28).

Parmi les espèces à faible effectif (1 à 100 ind/30 min) il est surtout intéressant de constater que le silure connait sa plus forte baisse d'abondance depuis 2000 (de 97 ind/30 min en 2018 à 33 ind/30 min ; Figure 28). Les abondances de truite, de perche soleil et de brochet sont très variables depuis 2000 et en 2019 elles augmentent nettement. Enfin l'abondance de la perche commune et du chabot baissent encore en 2019 après deux et une années (respectivement) de baisse successives (Figure 28). Il est intéressant de noter que l'abondance de la truite, même faible, montre une tendance assez nette à la décroissance depuis 2000.

3.4.7 Structure des populations (taxons Grands et Petits individus)

3.4.7.1 Abondance totale par taxon et par campagne

Les taxons (Grands et Petits) sont définis pour 15 espèces parmi les 25 capturées en 2019. Le taxon qui regroupe les Petits individus ou les jeunes de l'année biologique en cours représente grossièrement le recrutement de l'année. Le taxon qui regroupe les Grands individus (Annexe - Tableau 18) représente le reste du peuplement, avec des juvéniles et des adultes reproducteurs. En 2019 parmi les 2440 individus capturés, 1461 étaient des Petits individus (60%), 897 étaient des Grands individus (37%) et 82 individus (3%) ne pouvaient pas être associés à un taxon. La proportion de petits individus parmi l'ensemble des individus capturés est forte et toujours supérieure à la proportion de grands individus.

Une abondance plus forte pour le taxon « Petits » est normal dans un peuplement de poissons d'autant plus si l'échantillonnage se concentre sur les berges comme c'est le cas dans notre suivi. Ce patron s'observe pour toutes les campagnes sauf celle d'avril 2019, préalable à la reproduction de la majorité des espèces (Figure 29).

La variabilité des effectifs capturés par hectare des deux taxons est très importante d'une campagne à l'autre. L'abondance des Petits individus varie de 111 ind/Ha en décembre à 523 ind/Ha en août (Figure 29). Le recrutement 2019 montre bien une augmentation de l'abondance des Petits individus comme attendu à partir d'août. L'abondance des Grands individus varie de 45 ind/Ha en décembre à 486 ind/Ha en avril (Figure 29).

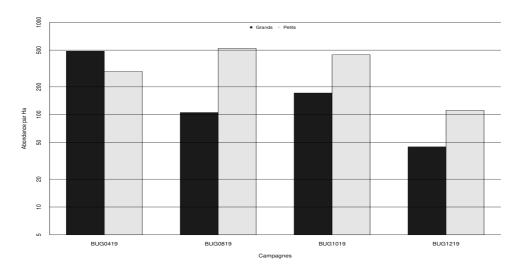


Figure 29: Effectif total par Ha par taxon (Petits individus en gris et Grands individus en noir) et par campagne d'échantillonnage en 2019.

3.4.7.2 Abondance totale par taxon (Grands et Petits individus) et par espèce

Le taxon des Petits individus est majoritaire pour la plupart des espèces principales (pas de taxon pour le silure). Seuls les effectifs de grands goujons et spirlins sont légèrement supérieurs aux effectifs des petits individus (Figure 30). Pour les espèces les plus abondantes la proportion de Petits individus varie de 45 % (goujon et spirlin) à 100 % (brème bordelière). Pour la perche commune, la perche soleil et le vairon, espèces accompagnatrices à effectifs faibles, les Grands individus sont plus abondants (Figure 30).

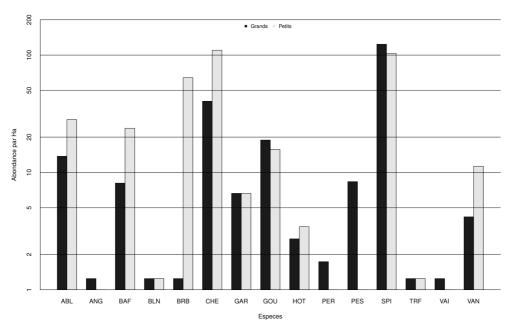


Figure 30 : Effectif total par taxon (ind/Ha) pour les espèces principales (il n'est pas possible de définir les différents taxons pour toutes les espèces) échantillonnées en 2019. Effectifs répartis en Petits (rectangles gris) et Grands (rectangles noirs) individus selon des seuils de longueur totale définis par espèce (cf. Annexe - Tableau 18).

3.4.7.3 Structures en taille des populations « échantillonnées » des espèces principales

Pour les espèces principales (du fait d'un nombre d'individus capturés et mesurés important) nous avons pu établir des histogrammes de taille (classes de longueur totale de 5 mm) pour chaque campagne. Ces graphiques permettent d'aborder la structure des populations de ces principales espèces et de vérifier que les limites de taille utilisées pour définir les taxons « Petits » et « Grands » sont cohérentes pour l'ensemble des campagnes.

SPIRLIN

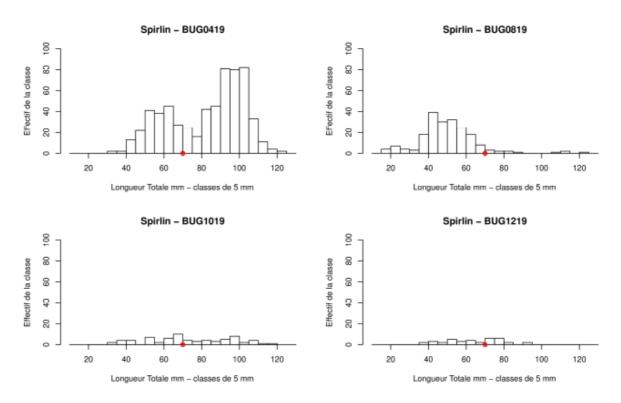


Figure 31: histogrammes des longueurs totales (par classe de 5 mm) des spirlins capturés en 2019 pour chaque campagne. Les points rouges représentent les limites de taille entre petits et grands individus comme définies dans Annexe - Tableau 18.

Une nouvelle cohorte se dessine dès le mois d'avril et se confirme en août. La limite de taille est correcte (i.e. ne génère pas trop de biais dans l'estimation des effectifs de Petits et Grands individus). Une cohorte de très jeunes individus (<35 mm) est observée en août. Le recrutement 2019 ne semble pas avoir été très efficace pour le spirlin (très faibles effectifs observés en octobre et en décembre).

CHEVAINE

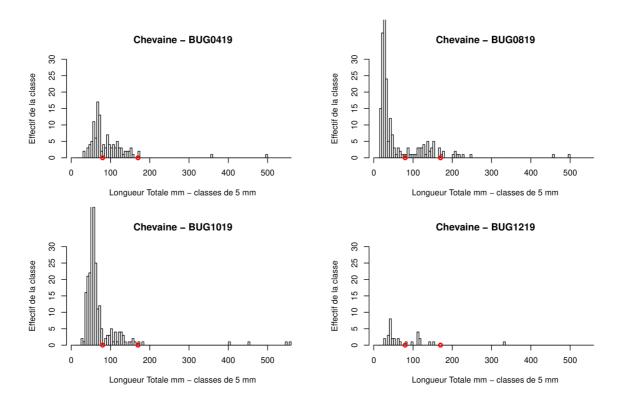


Figure 32: histogrammes des longueurs totales (par classe de 5 mm) des chevaines capturés en 2019 pour chaque campagne. Les points rouges représentent les limites de taille entre petits et grands individus comme définies dans Annexe - Tableau 18.

On observe nettement une nouvelle cohorte à partir du mois d'août. Le recrutement 2019 s'évalue donc de manière plus complète en octobre. Le recrutement du chevaine semble avoir pu se faire convenablement en 2019 même si les effectifs sont assez faibles. Les juvéniles (100-180 mm) et les adultes (> 180) sont très peu abondants dans les échantillonnages de 2019.

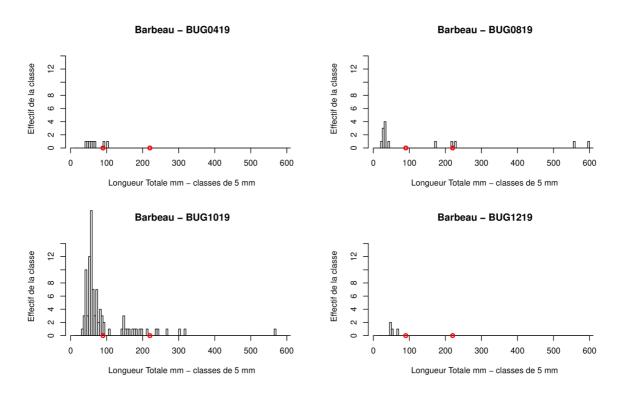


Figure 33 : histogrammes des longueurs totales (par classe de 5 mm) des barbeaux capturés en 2019 pour chaque campagne. Les points rouges représentent les limites de taille entre petits et grands individus comme définies dans Annexe - Tableau 18.

Les effectifs de barbeau sont très faibles en 2019. Cependant il est possible d'observer le recrutement avec l'arrivée de la cohorte 2019 à partir d'août, mais surtout à partir d'octobre. Les limites de taille semblent correctes toute l'année.

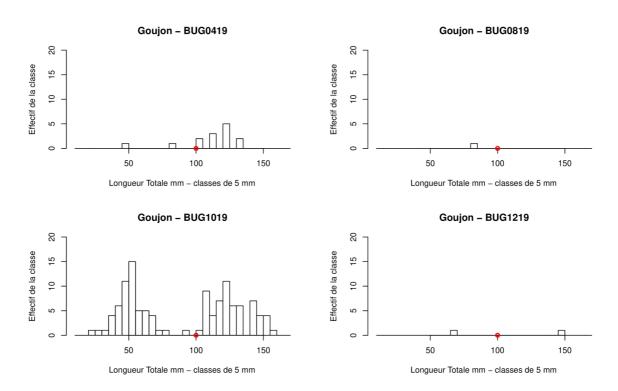


Figure 34: histogrammes des longueurs totales (par classe de 5 mm) des goujons capturés en 2019 pour chaque campagne. Les points rouges représentent les limites de taille entre petits et grands individus comme définies dans Annexe - Tableau 18.

Les effectifs de goujon sont très faibles en 2019. Le recrutement de 2019 ne peut réellement s'observer qu'à partir de la campagne d'octobre (taille < 80 mm). La limite de taille semble correcte.

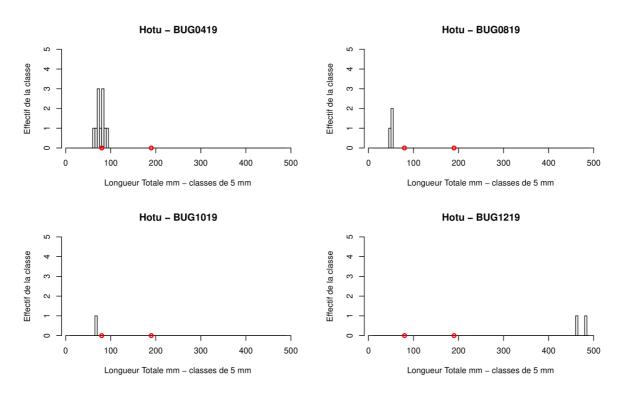


Figure 35 : histogrammes des longueurs totales (par classe de 5 mm) des hotus capturés en 2019 pour chaque campagne. Les points rouges représentent les limites de taille entre petits et grands individus comme définies dans Annexe - Tableau 18

Les effectifs très faibles de hotus capturés en 2019 ne permettent aucune analyse des cohortes.

BREME BORDELIERE

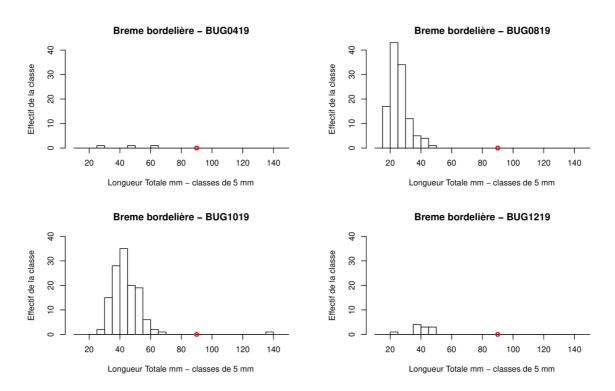


Figure 36 : histogrammes des longueurs totales (par classe de 5 mm) des brèmes bordelières capturées en 2019 pour chaque campagne. Les points rouges représentent les limites de taille entre petits et grands individus comme définies dans Annexe - Tableau 18.

Malgré les faibles effectifs de brème bordelière capturés en 2019, la cohorte de l'année 2019 est bien visible dès le mois d'août et encore au mois d'octobre. La limite de taille semble correcte. En revanche une seule brème bordelière adulte a été capturée en 2019 (octobre).

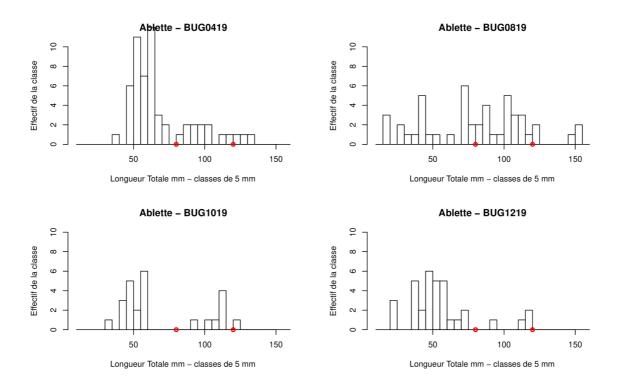


Figure 37: histogrammes des longueurs totales (par classe de 5 mm) des ablettes capturées en 2019 pour chaque campagne. Les points rouges représentent les limites de taille entre petits et grands individus comme définies dans Annexe - Tableau 18.

Pour l'ablette, la cohorte de l'année 2019 est bien visible à partir du mois d'août (individus < 50 mm). Les individus de 50 à 80 mm observés en avril sont plus probablement des individus nés tardivement (ponte multiple) en 2018 ayant survécu à leur premier hiver. Les limites de taille semblent correctes.

Bilan de l'analyse des distributions des longueurs totales des espèces principales :

Les histogrammes de taille n'ont d'intérêt que si beaucoup d'individus de chaque espèce sont capturés, ce qui n'est pas le cas pour le hotu, le barbeau, le goujon et même le spirlin en 2019. La seule campagne d'échantillonnage qui permet de faire un vrai bilan du recrutement de l'année en cours est celle d'octobre. Pour rappel, une année biologique pour les poissons du Rhône est classiquement définie de juillet de l'année n à juin de l'année n+1.

Pour certaines espèces qui sont plus précoces dans l'année pour la reproduction (chevaine, barbeau, hotu) ou qui ont la possibilité de se reproduire en plusieurs fois (ponte fractionnée) telles que l'ablette, il est possible d'observer les premiers individus de l'année en cours dès le mois d'août. Mais les effectifs capturés étant tellement faibles que la cinétique de la reproduction est très difficile à étudier avec l'échantillonnage réalisé, pourtant pratiqué en berge, habitat préférentiel des jeunes poissons de l'année.

Les cohortes plus âgées ont des effectifs bien moindres dans nos échantillonnages. Les quelques individus juvéniles ou adultes de grandes taille capturés montrent que la population est installée dans le secteur, mais ces individus plus grands colonisent des habitats non prospectés avec notre échantillonnage, plus éloignés de la berge. Les Grands individus sont aussi plus sensibles à l'arrivée du bateau et se déplacent beaucoup plus vite lors de l'arrivée de celui-ci.

L'absence de campagne de pêche en juin 2019 pour des raisons de débit trop fort ne facilite pas la compréhension du recrutement 2019. Les débits d'abord faibles puis très forts pendant la période principale de reproduction (avril – juin ; Figure 10 et Figure 18), associés à une baisse de la température de l'eau en juin, pourraient en partie expliquer les faibles effectifs capturés en 2019, notamment pour les Petits individus. D'autre part les jeunes alevins de poissons sont également très petits (< 3 cm) au début de l'été et donc très difficile à capturer. Si la reproduction a été décalée en 2019 en milieu d'été, les Petits individus devaient être difficiles à capturer en octobre. Pourtant des effectifs conséquents (> 50 ind) de Petits individus de chevaine, brème bordelière, goujon ou barbeau ont été capturés en octobre. Les recrutements du hotu et du spirlin, absent des échantillonnages d'octobre, n'ont pas dû être efficaces en 2019.

3.5 Comparaison du peuplement de poissons entre l'amont et l'aval du CNPE de Bugey

L'objectif de la surveillance hydrobiologique réglementaire du secteur fluvial du Rhône autour du CNPE de Bugey vise à détecter un éventuel impact du fonctionnement global du CNPE à travers une analyse comparée des stations d'échantillonnage situées à l'amont (stations 1, 2 & 3) et à l'aval (stations 6D, 6G & 7; Figure 1) du CNPE. Toutefois il est important de noter ici que les données environnementales disponibles pour ce suivi sont limitées à la température de l'eau enregistrée ponctuellement en amont et en aval du CNPE, au fonctionnement du CNPE et au débit du Rhône. Seuls ces facteurs peuvent être pris en compte pour interpréter la variabilité temporelle (au cours des quatre campagnes) et spatiale (amont vs aval) de la structure du peuplement de poissons établie à partir de notre échantillonnage. Enfin, pour information, nous présentons également les résultats de la station n°5 = Rejet (Figure 1), située en aval immédiat

du CNPE, donc entre les stations Amont et les stations Aval. L'ensemble des résultats pour l'abondance et la biomasse sont exprimés en individus (ind) et gramme / kilogramme (g/Kg) par hectare (/Ha).

3.5.1 Richesse spécifique

En 2019, un nombre d'espèces plus faible a été capturé à l'amont (n=16) qu'à l'aval (n=22; Figure 38). Les campagnes d'avril et d'octobre présentent le nombre d'espèces le plus important à l'amont (12 et 13 espèces) comme à l'aval (15 et 16 espèces). Le nombre d'espèces capturées par campagne fluctue au cours de l'année de 4 à 13 en amont et de 10 à 16 en aval (Figure 38). En 2019, il n'y a jamais eu plus d'espèces capturées en amont qu'en aval. Enfin, quelle que soit la campagne la richesse spécifique est moindre dans la station 5 avec une richesse spécifique totale en 2019 de 13 espèces.

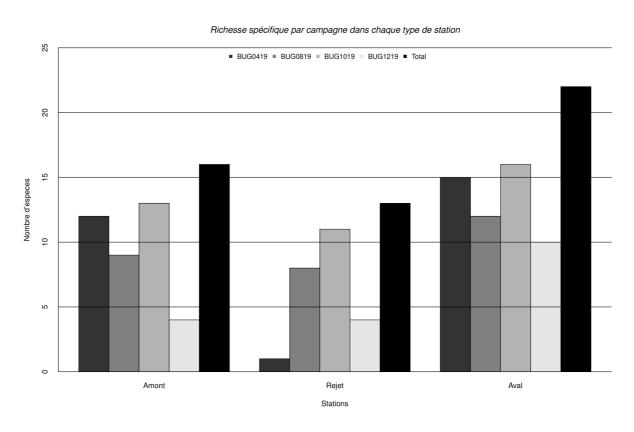


Figure 38 : richesse spécifique par type de station (Amont, Rejet et Aval du CNPE) par campagne – 2019.

3.5.2 Abondance (nombre d'individus par Ha)

3.5.2.1 Par type de station

L'abondance totale est plus importante en aval (872 ind/Ha) qu'en amont (434 ind/Ha). L'abondance dans la station Rejet (308 ind/Ha) est proche de l'abondance observée en amont et nettement plus faible que celle observée en aval.

3.5.2.2 Par campagne et par type de station

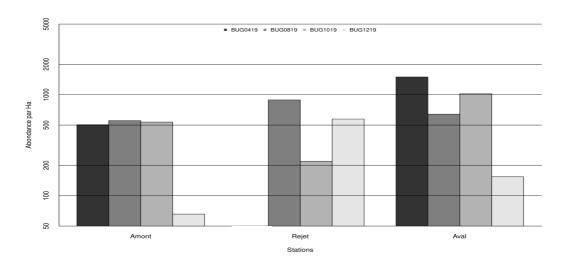


Figure 39 : Effectifs (ind/Ha) par type de station (amont, rejet et aval du CNPE) par campagne d'échantillonnage 2019. L'abondance de la station rejet en avril est nulle.

Les abondances par campagne en aval sont toujours supérieures aux abondances par campagne en amont (Figure 39). L'abondance de la station rejet est supérieure à l'abondance des stations amont et aval en août (887 ind/Ha contre 553 ind/Ha et 641 ind/Ha respectivement) et en décembre (573 ind/Ha contre 66 ind/Ha et 154 ind/Ha respectivement). L'abondance de la station rejet est nulle en avril.

3.5.2.3 Par espèce et par type de station

En 2019, l'abondance totale capturée par Ha est principalement dominée par le spirlin et le chevaine, aussi bien en amont qu'en aval (Figure 40). Viennent ensuite la brème bordelière, l'ablette, le goujon, le barbeau et dans une moindre mesure le gardon, la perche soleil, le silure, la vandoise et le hotu, à l'amont et à l'aval (Figure 40). A l'amont le spirlin et le chevaine sont pratiquement aussi abondants l'un que l'autre (110 et 116 ind/Ha respectivement). L'abondance de spirlin est très nettement inférieure à celle observée en 2018 (> 800 ind/Ha). La brème bordelière (62 ind/Ha), l'ablette (43 ind/Ha) et le goujon (42 ind/Ha) complètent le groupe des espèces dominantes en abondance dans les stations amont du CNPE de Bugey en 2019 (Figure 40). Seuls le brochet, le barbeau et le gardon ont des abondances supérieures à 10 ind/Ha. Les mêmes espèces dominent l'abondance observées dans les stations aval, pratiquement dans le même ordre, auxquelles s'ajoutent la perche soleil, le silure et surtout la vandoise (29 ind/Ha).

En 2019, les espèces plus abondantes à l'amont qu'à l'aval sont l'ablette, la brème bordelière, le brochet, la tanche et le vairon, ces deux dernières espèces étant présentent uniquement à

l'amont en très faible abondance. Toutes les autres espèces sont plus abondantes à l'aval qu'à l'amont (Figure 40).

Il est intéressant de noter que les abondances d'ablette, de brème bordelière et de carassin sont plus importante dans la station Rejet. Pour le chabot, la bouvière et le hotu l'abondance de la station rejet est supérieure à l'abondance des stations amont.

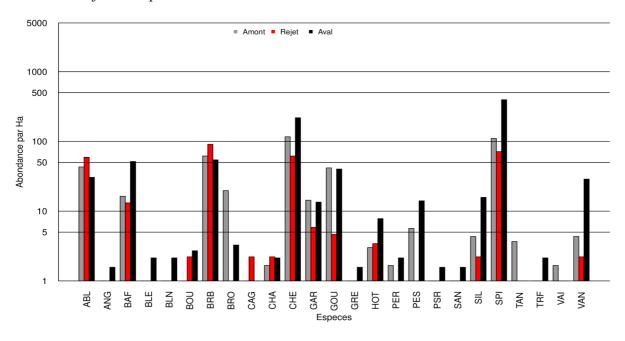


Figure 40 : Effectif capturé (ind/Ha) + 1 par espèce en 2019 dans le Rhône et par type de station (amont, rejet et aval du CNPE).

3.5.2.4 Par espèce, par type de station et par campagne

Le patron de distribution des abondances des espèces pour les trois premières campagnes reste relativement similaire au patron global de l'année 2019, excepté l'absence de capture dans la station rejet et la faible abondance de brème bordelière en avril (Figure 40 et Figure 41). La station rejet à une abondance forte (équivalente ou supérieure aux stations aval et amont ; > 50 ind/Ha) pour les espèces dominantes en août et en décembre (Figure 41). Les abondances capturées en décembre sont faibles excepté pour les quatre espèces dominantes de 2019 (spirlin, chevaine, brème bordelière et ablette). Pour une espèces donnée, l'abondance varie entre les différents types de stations et au cours de l'année (e.g. la brème bordelière, l'ablette ou le goujon). Le spirlin est la seule espèce à dépasser les 1000 ind/Ha (1000,4 ind/Ha), pour les stations aval en avril, sinon les abondances par espèce et par campagne sont comprises entre 0 et 1000 ind/Ha (quantile 75% = 5 ind/Ha et moyenne = 22 ind/Ha; Figure 41).

La représentation par campagne des abondances totales par espèces révèle une abondance généralement plus élevée à l'aval qu'à l'amont du CNPE au cours de l'année 2019, excepté pour le barbeau la perche ou le silure en avril, le barbeau et la brème bordelière en août, l'ablette, le brochet, le gardon, le goujon, le spirlin, le vairon et la vandoise en octobre, le brochet, le hotu et la tanche en décembre (Figure 41).

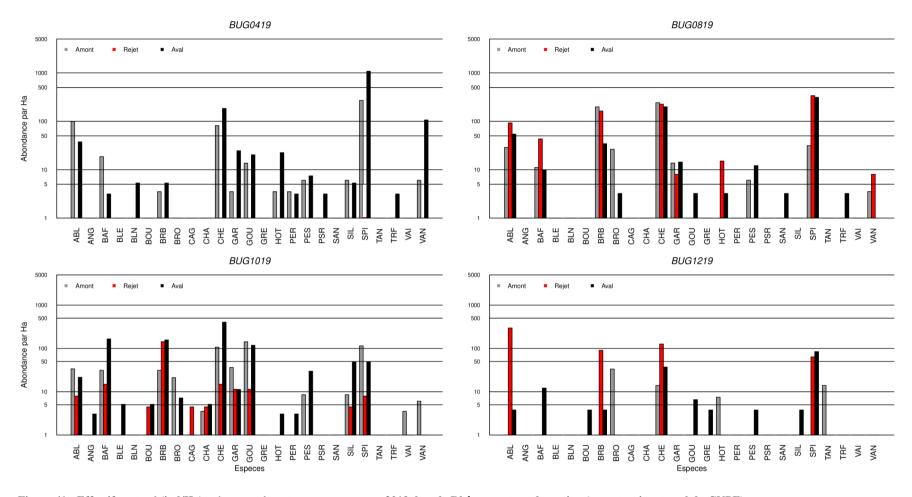


Figure 41: Effectif capturé (ind/Ha) + 1 par espèce et par campagne en 2019 dans le Rhône par type de station (amont, rejet et aval du CNPE).

3.5.3 Biomasse (g ou kg/Ha)

3.5.3.1 Par type de station

La biomasse totale estimée pour les stations amont (32 kg/Ha) est nettement supérieure à celle des stations aval (18 kg/Ha). Confronter ce résultat au fait que l'abondance totale est distribuée de manière inverse conduit à estimer qu'à l'amont les individus capturés sont de plus grande taille qu'à l'aval. La taille moyenne des individus capturés dans les stations Amont (79.4 mm) est pourtant de 3 mm inférieure à celle des individus capturés dans les stations Aval (82 mm). Cette situation peut s'expliquer par la capture de très gros individus en amont. La taille moyenne des individus capturés dans les stations Amont est supérieure de 27 mm à celle des individus capturés dans la station Rejet. La biomasse totale estimée par Ha de la station Rejet est faible (8 kg/Ha).

3.5.3.2 Par campagne et par type de station

La supériorité des stations amont en termes de biomasse totale par Ha se décline aussi à l'échelle des campagnes, excepté la campagne d'octobre (Figure 42). La biomasse totale estimée par type de station est très variable entre les campagnes pour l'amont (de 10 à 77 kg/Ha) avec une forte diminution d'avril à août. A l'aval la biomasse n'est pas plus stable au cours de l'année : de 0.6 à 35 kg/Ha. La biomasse totale par campagne de la station Rejet est toujours plus faible que la biomasse totale des stations Amont et Aval.

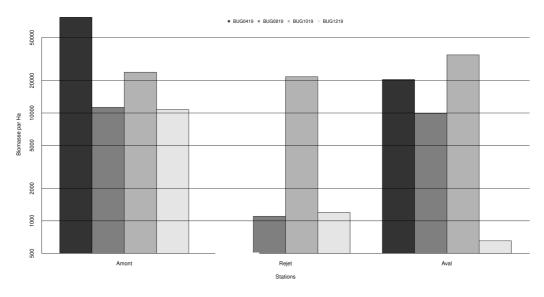


Figure 42 : biomasses totale (g/Ha) par type de station (amont, rejet et aval du CNPE) par campagne d'échantillonnage en 2019.

3.5.3.3 Par espèce et par type de station

L'image de la structure globale du peuplement de poissons issue des captures exprimées en biomasse (kg/Ha) est assez proche de celle obtenue à partir des abondances. Quelques espèces

ont cependant une biomasse relative plus importante que ne le laisse imaginer leur abondance relative comme le hotu (en amont), le brochet (en amont) et le silure (Figure 43). Pour l'essentiel ces différences sont dues à des captures de gros individus qui, au regard des juvéniles des autres espèces, représentent à eux seuls une part importante de la biomasse. Au total, 23 individus seulement (sur 2440 individus capturés) avaient une masse estimée > 500 g dont 10 ont été capturés à l'amont du CNPE de Bugey (principalement en station 2): trois barbeaux, huit chevaines, deux hotus et dix silures. En 2019, le nombre d'individus capturés ayant une masse estimée comprise entre 100 et 500 g était de 17 individus, dont six à l'amont du CNPE.

Les espèces représentant les plus fortes biomasses à l'amont sont le silure, le chevaine, le barbeau et le hotu (Figure 43). En aval la biomasse est dominée par le chevaine, le silure, le spirlin, et le barbeau. L'ablette et la brème bordelière montrent une biomasse totale par type de station plus forte dans la station Rejet.

Parmi les espèces dominantes en biomasse, le plus gros écart entre amont et aval est observé pour le brochet et le hotu avec une biomasse supérieure à l'amont (Figure 43).

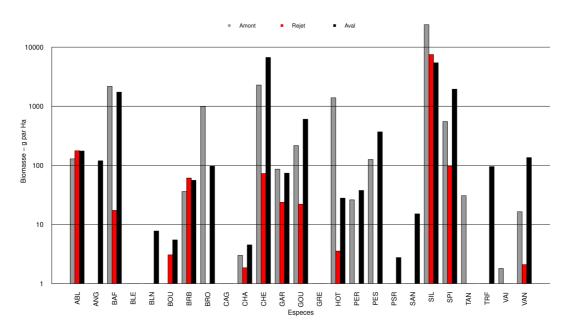


Figure 43 : Biomasse capturée (à partir des masses individuelles estimées ; kg/Ha) + 1 par espèce en 2019 dans le Rhône en amont (gris) et en aval (noir) du CNPE de Bugey et dans la station Rejet (rouge).

3.5.3.4 Par espèce, par type de station et par campagne

L'image de la structure du peuplement de poissons du Rhône à l'amont ou à l'aval du CNPE de Bugey pour chaque campagne de 2019, illustrée avec les biomasses par espèce (Figure 44), subit encore plus l'influence des quelques très gros individus capturés. La forte variabilité inter-campagne dans la répartition amont aval des biomasses de poissons, même chez les espèces dominantes du peuplement rend impossible la mise en évidence d'un effet du CNPE de Bugey sur la structure du peuplement de poissons du Rhône dans sa traversée du Bugey. Seule la campagne de décembre montre une différence entre l'amont (biomasse forte pour le brochet, le chevaine et le hotu) et l'aval (spirlin, perche soleil, goujon et chevaine). Seule le chevaine est abondant à la fois en amont et en aval du CNPE quelle que soit la campagne (Figure 44).

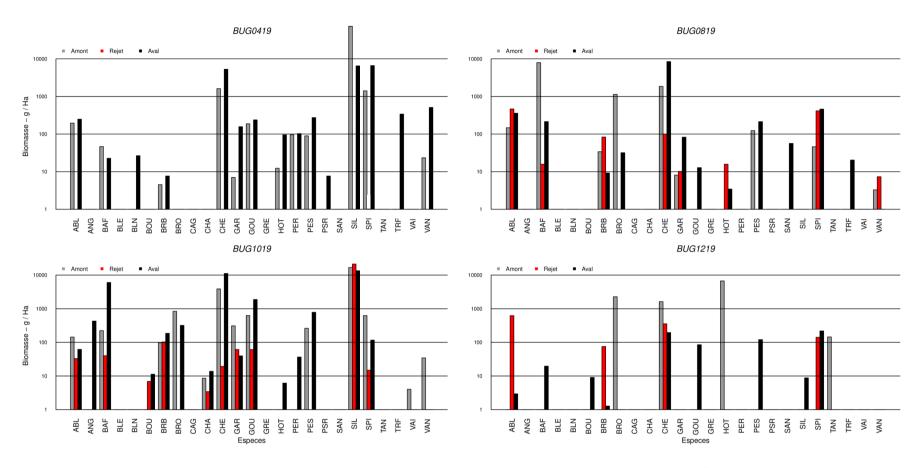


Figure 44 : Biomasse capturée (à partir des masses individuelles estimées ; kg/Ha) + 1 par espèce et par campagne en 2019 dans le Rhône en amont (gris) et en aval (noir) du CNPE de Bugey et dans la station Rejet (rouge).

3.5.4 Proportions des taxons Petits et Grands individus

Toutes les espèces ne sont pas concernées par cette analyse car nous n'avons pas de limites de taille satisfaisantes pour toutes les espèces capturées (Annexe - Tableau 18).

3.5.4.1 Par type de station et par campagne

Les abondances totales observées par type de station, par campagne et par taxon sont toujours plus fortes en aval qu'en amont (Figure 45). A l'aval du CNPE les Petits individus sont plus abondants en octobre et nettement moins abondants en décembre. A l'amont du CNPE les Petits individus sont un peu plus abondants en août et totalement absents en décembre. Pour le taxon des Grands individus c'est en avril qu'ils sont le plus abondant à l'aval et à l'amont du CNPE et en décembre leur abondance est nettement plus faible à l'amont comme à l'aval. En décembre c'est dans la station rejet que les deux taxons sont le plus abondant. Les Petits individus sont également abondants dans la station Rejet en août et octobre (Figure 45). L'abondance la plus forte observée pour les Grands individus est celle de la campagne d'avril en aval (989 ind/Ha) et la plus forte abondance pour les Petits individus est celle de la campagne d'octobre en aval (708 ind/Ha; Figure 45). Cependant l'abondance observée la plus forte pour les Petits individus est celle de la station Rejet en août (823 ind/Ha).

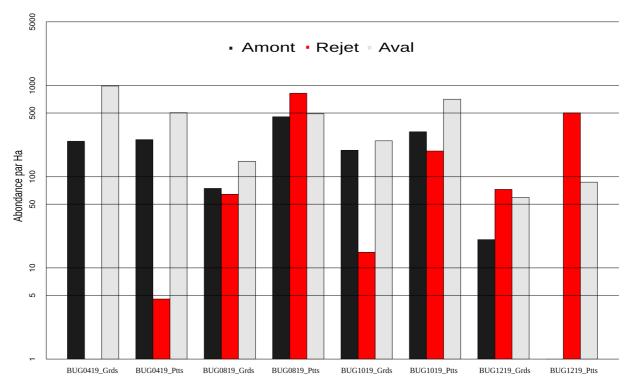
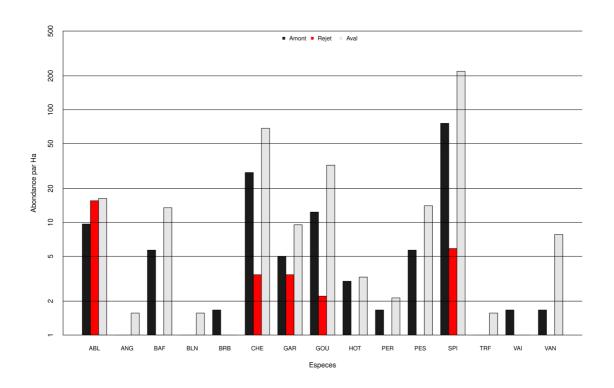


Figure 45 : Effectif des taxons Petits et Grands individus (ind/Ha) +1, par type de station (amont, rejet et aval du CNPE) et par campagne d'échantillonnage en 2019.

3.5.4.2 Par type de station et par espèce

L'abondance totale des 15 espèces concernées par cette analyse, en amont comme en aval, est nettement dominée par l'abondance du spirlin (76 et 220 ind/Ha respectivement) pour les Grands individus (Figure 46). Le chevaine, le goujon, l'ablette, le barbeau, le gardon, le hotu et la perche soleil sont les principales espèces représentées par les Grands individus à l'aval et à l'amont. Les Grands individus d'ablette sont également abondants dans la station rejet. Pour l'ensemble des 15 espèces l'abondance de Grands individus à l'aval est toujours supérieure à l'abondance observée à l'amont (sauf pour le vairon ; Figure 46).

Pour les Petits individus le chevaine et la brème bordelière accompagnent le spirlin au rang des espèces dominantes, surtout en amont (avec ablette et goujon ; Figure 46). Les abondances de Petits individus sont supérieures à l'amont pour l'ablette, la brème bordelière, le gardon et le goujon. L'abondance des Petits individus est forte dans la station Rejet pour les espèces les plus abondantes en Petits individus, l'ablette, le barbeau, la brème bordelière, le chevaine et le spirlin. Globalement les abondances de Petits individus sont assez homogènes pour une espèce entre les différents types de station.



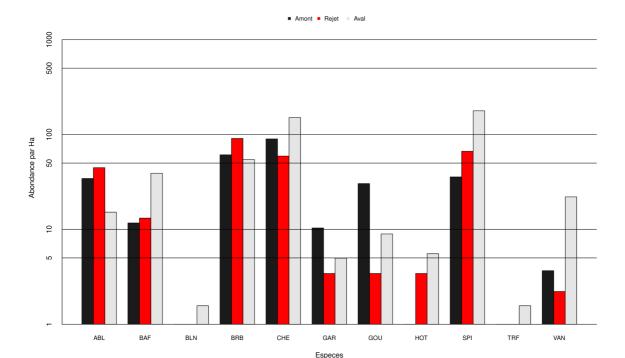


Figure 46 : Effectif des taxons Grands (haut) et Petits (bas ; ind/Ha) +1, par type de station (amont, rejet et aval du CNPE) et par espèce pour l'année 2019.

3.5.4.3 Par type de station, par campagne et par espèce

Pour une espèce donnée les grands individus sont globalement présents à l'amont et à l'aval du CNPE, avec une abondance souvent plus faible en amont qu'en aval. En août et en décembre très peu de Grands individus ont été capturés. Les espèces les plus abondantes en Grands individus pour une campagne donnée restent le spirlin, le chevaine et l'ablette. Les abondances de Grands individus de goujon, gardon, perche soleil ou le barbeau sont très variables et parfois très faibles au cours d'une campagne (exemple la campagne de décembre ; Figure 47). Les grands individus sont rarement dans la station rejet, sauf pour les quelques espèces concernées en août et en décembre (Figure 47).

Les Petits individus fréquentent plus abondamment la station Rejet que les Grands individus, pour la plupart des espèces sauf en avril. En décembre les Petits individus sont presque exclusivement capturés dans la station Rejet. Pour les espèces les plus abondantes (spirlin, chevaine, brème bordelière et ablette) quand des Petits individus sont capturés à l'amont ils sont aussi capturés à l'aval (excepté en décembre) avec souvent une abondance supérieure en aval. Cependant pour les espèces non dominantes les abondances et la localisation des Petits individus sont très variables d'une campagne à l'autre (exemple le barbeau, le gardon ou le goujon ; Figure 48).

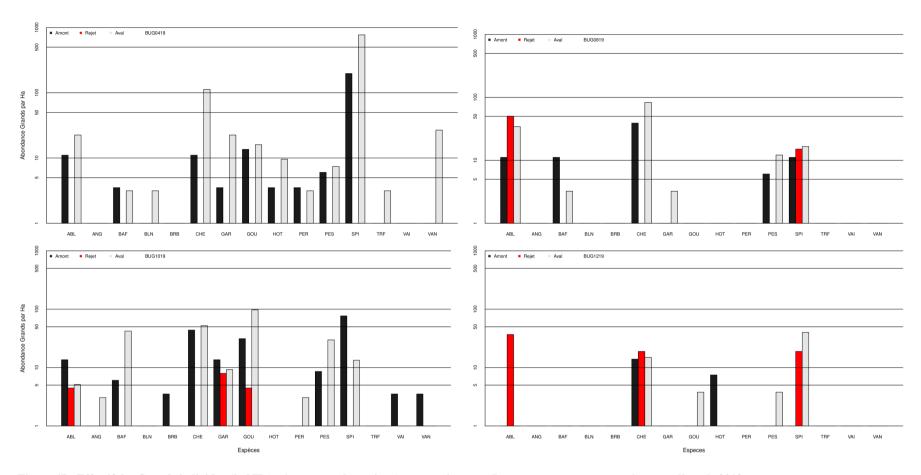


Figure 47: Effectif des Grands individus (ind/Ha) +1, par type de station (amont, rejet et aval), par campagne et par espèce pour l'année 2019.

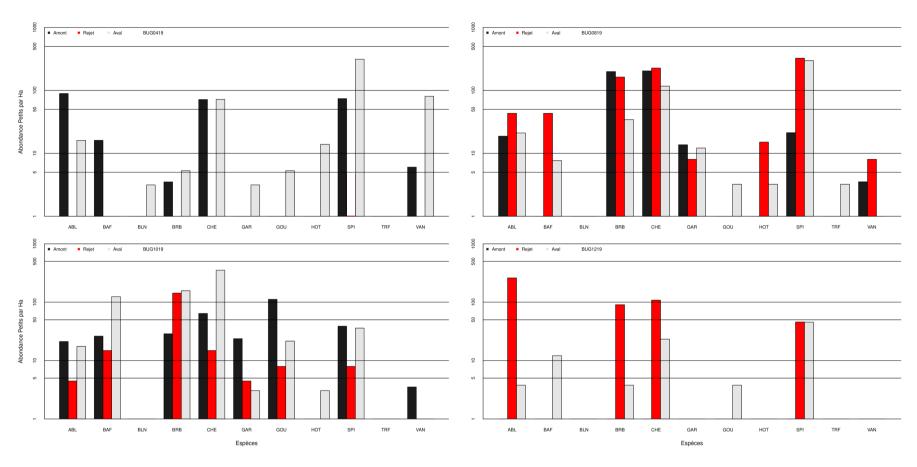


Figure 48: Effectif des Petits individus (ind/Ha) +1, par type de station (amont, rejet et aval), par campagne et par espèce pour l'année 2019.

3.5.5 Synthèse de la comparaison amont – aval des échantillonnages piscicoles

Le peuplement de poissons du Rhône dans le secteur du Bugey (Sault-Brénaz – Jons) ne semble pas structuré par rapport à la présence du CNPE-Bugey. Les échantillonnages par pêche électrique (en continu) des quatre campagnes de 2019 (avril, août, octobre et décembre) ne révèlent pas de différence majeure dans la structure du peuplement de poissons dans les stations prospectées à l'amont et à l'aval du CNPE. Cette absence de différence évidente est principalement liée à la variabilité très forte des abondances et des biomasses de poissons entre campagne, entre type de station et même pour une espèce donnée ou un taxon donné. Il est important de rappeler qu'en 2019 la campagne de juin n'a pas pu être réalisée du fait des débits du Rhône trop soutenus (débit moyen du mois de juin = 675 m³ s¹). Une campagne supplémentaire a donc été programmée dès que possible après la campagne d'octobre et a été réalisée tout début décembre. La température de l'eau, en dessous de 10°C depuis début novembre, rendant les poissons beaucoup moins mobiles, n'a pas permis de capturer beaucoup d'individus.

Le nombre d'espèces total recensées en 2019 (25 au total) se traduit par une richesse spécifique moyenne par type de station (Amont, Rejet, Aval) et par campagne de 11 espèces (4-17), majoritairement plus élevée à l'aval (10-16) qu'à l'amont (9-14). Le peuplement est plus abondant (avec une biomasse plus forte) en aval du CNPE de Bugey qu'en amont. Ce peuplement est composé d'une espèce dominante en abondance (39%), le spirlin, mais pas aussi dominante que les années précédentes, notamment pour les Petits individus. Viennent ensuite deux espèces assez abondantes, le chevaine (26%) et la brème bordelière (12%), mais avec une abondance variable dans l'espace (stations), dans le temps (campagnes) et différemment pour les Grands et les Petits individus. Ces trois espèces représentent 77 % des abondances capturées en 2019. Ensuite l'ablette, le goujon et le barbeau peuvent être considérées comme espèces accompagnatrices avec une abondance modérée (20% au total). Les autres espèces (dont le hotu, en régression forte en 2019 (plus faible abondance jamais observée) ne sont représentées que par quelques individus par campagne. Cette structure du peuplement s'observe aussi bien à l'amont qu'à l'aval du CNPE mais fluctue au cours du temps du fait de l'absence d'un ou des deux taxons pour certaines campagnes. Cette structure du peuplement de poissons du Rhône à Bugey se retrouve aussi lors de l'étude de la biomasse avec quelques modifications dans l'ordre des espèces. Compte tenu de l'importance de la proportion des Petits individus dans les échantillons, la variabilité spatiale et temporelle de la biomasse observée est souvent le fait de la capture de quelques très gros individus (barbeaux, chevaines et silures pour 2019). Le silure est l'une des espèces (avec le barbeau et le chevaine) qui dominent la biomasse totale observée (61%) alors que son abondance reste encore modeste (2.3%). L'abondance du silure montrait une augmentation continue depuis 2000 mais en 2019, comme pour la plupart des espèces, une forte diminution a été observée. Le spirlin représente la quatrième biomasse observée en 2019 (6 %) en compensant sa petite taille par des effectifs importants. Le goujon et la brème bordelière montrent aussi des abondances qui augmentent depuis quelques années, même si l'abondance du goujon a bien diminuée en 2019.

L'analyse de la structure du peuplement de poissons par taxon de taille (Petits et Grands individus ; cf. définition au 3.4.7.1) ne peut pas se faire pour toute les espèces (à noter surtout l'absence du silure).

La structure du peuplement observée à travers les taxons Petits et Grands individus n'est pas différente de celle observée à l'échelle spécifique globale (ci-dessus) montrant par exemple une abondance plus élevée à l'aval, dominée par le spirlin, puis le chevaine, la brème bordelière et l'ablette. Ceci s'explique en partie par le fait que le peuplement de poissons échantillonné est principalement constitué de Petits individus, quel que soit le type de station et pour la grande majorité des espèces.

La station Rejet, située entre les stations de l'amont et de l'aval du CNPE, possède des caractéristiques d'abondance et de biomasse intermédiaires entre les stations amont et aval du CNPE, excepté pour les campagnes d'avril (aucun individu capturé) et de décembre (forte abondance en comparaison des stations amont et aval, surtout pour les Petits individus). En décembre, l'eau échauffée à l'aval du CNPE de Bugey pourrait rendre cet habitat plus attractif, notamment pour les Petits individus, l'eau du Rhône en amont étant déjà passée en dessous des 10°C .

Globalement l'échantillonnage de la communauté piscicole du Rhône à Bugey en 2019 se caractérise par une très faible abondance (la plus faible jamais observée depuis 2000), pour les Grands comme pour les Petits individus. Cependant les caractéristiques du peuplement de poissons du Rhône à Bugey sont conservées : une richesse spécifique supérieure à 20 (n=25), peu d'espèces qui dominent en abondance et en biomasse (Shannon = 2.8 et équité = 0.58) et un peuplement plus abondant en aval du CNPE qu'en amont pour les Petits comme pour les Grands individus. Cette structure du peuplement, décelable avec des fortes et des très faibles abondances globales, est donc très représentative du peuplement de poissons du Rhône à Bugey.

3.6 Synthèse du suivi ichtyologique

En 2019, les sept stations du suivi réglementaire du secteur fluvial du Rhône autour du CNPE de Bugey ont été échantillonnées lors de quatre campagnes (avril, août, octobre et décembre). Ces pêches électriques de bordure (4 m de large le long des rives) sont effectuées selon le même protocole que celui mis en place dès 1979. Un jeu de données inestimable de 41 années consécutives est disponible sur ce secteur. Cette base de données est l'élément de référence pour essayer de comprendre les principaux facteurs environnementaux qui structure la communauté piscicole du Rhône dans le secteur du Bugey. Pourtant, même des chroniques de données aussi longues ne permettent pas forcément de comprendre comment s'opère la dynamique des populations de poissons à l'échelle interannuelle, notamment en lien avec les facteurs environnementaux (Cauvy-Fraunié et al., sous presse³). Par conséquent l'analyse des données d'une seule année d'échantillonnage (quatre campagnes) de la communauté piscicole pour en évaluer l'état de santé au regard du débit et de la température du Rhône, ne peut être qu'extrêmement partielle. Cependant nous avons fourni une description de la structure de la communauté piscicole estimée à partir de nos échantillonnages pour évaluer si cette communauté était différente entre l'amont et l'aval du CNPE de Bugey. La structure de la communauté a été évaluée à travers l'estimation des abondances et des biomasses totales sur

_

³ Cauvy-Fraunié S., Trenkel V.M., Daufresne M., Maire A., Capra H. Olivier J.-M., Lobry J., Cazelles B., Lamouroux N. (in press) Interpretation of interannual variability in long-term aquatic ecological surveys. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences.

l'année 2019, par campagne de pêche, par station de pêche, par espèce puis par taxon (Grands et Petits individus) et entre l'amont et l'aval du CNPE de Bugey.

L'amont du CNPE de Bugey, représenté par trois stations de pêche, est un habitat assez courant (20% de la surface en eau possède des vitesses d'écoulement moyennes sur la hauteur d'eau supérieures à 1.4 m s-1 dès 320 m³ s-1) avec une hétérogénéité des profondeurs d'une dizaine de centimètres à plusieurs mètres, attractive pour les poissons (hors contexte d'éclusées). A l'aval du CNPE de Bugey, représenté par trois stations de pêche, les conditions d'habitat sont légèrement moins courantes qu'à l'amont avec 20 % de la surface en eau avec des vitesses d'écoulement moyennes supérieure à 1.4 m s-1 dès 400 m³ s-1) avec une diversité de profondeur comparable. Pour information, la station Rejet est plus lente (20% de la surface en eau avec des vitesses de courant > 1.4 m s-1 seulement à partir de 600 m³ s-1).

L'hydrologie du Rhône dans le secteur du Bugey en 2019 a été très variable avec une hydraulicité très légèrement négative (-0.034). Le régime thermique était caractérisé par une température très fréquemment supérieure à la moyenne interannuelle. Donc 2019 est une année plutôt chaude avec un débit moyen mais très variable. Sur le premier semestre 2019, les débits plutôt faibles du début d'année deviennent forts en juin (ayant conduit à l'annulation de la campagne programmée en juin). Ensuite l'étiage estival-automnal est très peu marqué et le début de l'hiver se caractérise par des débits très variables et à nouveau forts. Dans ce contexte général, la période principale de reproduction des poissons a démarré avec un débit faible, associé à des températures de l'eau faibles (inférieures à la moyenne interannuelle), puis le débit devient très fort en juin pendant que la température très chaude de début juin, baisse fortement avant de redevenir chaude à la fin de la période de reproduction. Les conditions hydrologiques et thermiques de la reproduction des poissons en 2019 n'ont pas été très favorables. Et même si l'étiage estival-automnal n'a pas été aussi marqué que d'habitude (plutôt favorable à la croissance) les fortes variations de débit en début d'hiver n'ont certainement pas facilité la survie des jeunes poissons nés en 2019.

Les deux premières campagnes de pêche se sont déroulées pendant une période d'arrêt d'un des quatre réacteurs (R3 pour avril et R4 (moins d'influence en termes de quantité d'eau chaude rejetée dans le milieu) pour août) avec des écarts de température enregistrés par les sondes placées à l'amont et à l'aval du CNPE de Bugey d'environ 5°C au plus. Les deux campagnes suivante (octobre et décembre) sont intervenues alors que les quatre réacteurs fonctionnaient générant des écarts de température amont – aval compris entre 5°C et 10°C.

L'image globale du peuplement piscicole du Rhône dans le secteur du Bugey qui émerge de l'analyse des données issues des pêches de 2019 montre une communauté piscicole de 25 espèces dont seulement 14 sont présentes systématiquement depuis 2000. Le peuplement est relativement pauvre compte tenu du potentiel minimum de 32 espèces (nb d'espèces capturées depuis 2000) et déséquilibré du fait de la domination de seulement quelques espèces en abondance comme en biomasse accompagnées de beaucoup d'espèces très peu abondantes (Shannon = 2.8 et équitabilité = 0.58).

Le nombre total de poissons capturés (2440) n'a jamais été aussi faible depuis 2000 (pour un effort de pêche comparable). La biomasse estimée totale capturée de 85.5 kg est faible, mais grâce à quelques gros individus ce n'est pas la plus faible jamais observée. Certaines années avec plusieurs milliers de jeunes poissons de l'année se traduisent par des biomasses plus faibles.

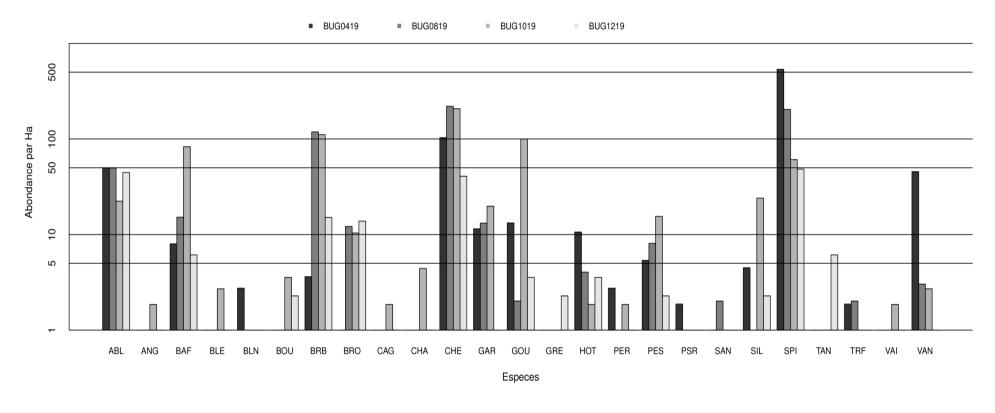


Figure 49: Abondance totale (ind/Ha) par espèce et par campagne échantillonnée en 2019 dans le Rhône à Bugey (ensemble des stations amont, rejet et aval du CNPE de Bugey réunies.

La faible abondance totale de 2019 ne peut pas s'expliquer par l'absence de campagne d'échantillonnage en juin. Au cours des années passées très différentes ou au contraire plutôt proches de 2019, l'abondance observée lors de la campagne de juin a presque toujours été la plus faible et l'abondance de la campagne de mars la plus forte (et ce de manière très significative).

La domination du spirlin dans la composition de l'abondance totale est moins écrasante que les années précédentes (peu de Petits individus). Avec le spirlin, 12 espèces ont une abondance supérieure à 5 ind/Ha (Figure 49) : le spirlin (4)*, le chevaine (2)*, la brème bordelière, l'ablette, le goujon*, le barbeau (3)* (tous >5% de l'abondance), la vandoise, le gardon*, le silure (1), le brochet, la perche soleil (tous >2% de l'abondance) et le hotu (5) [le chiffre entre parenthèse est le classement de l'espèce en biomasse sur l'année 2019; le symbole * signifie que l'espèce est présente dans les sept stations pêchées]. Cette image de la structure du peuplement (en abondance et en biomasse) s'observe aussi bien par campagne, par type de station (amont, aval) et même par station malgré une forte variabilité par espèce. Cette constance dans le temps (campagne) et dans l'espace (stations) de la structure globale de la communauté piscicole démontre la validité et la représentativité de notre échantillonnage.

L'abondance des espèces principales est en forte diminution en 2019, y compris le silure pourtant en augmentation régulière depuis 2000. Ces diminutions ne peuvent pas être attribuées à l'absence de campagne d'échantillonnage en juin (voir ci-dessus) et pour beaucoup d'espèces cette diminution avait déjà démarré en 2018. Le recrutement 2019 ne semble pas avoir été bon pour l'ablette, le spirlin (deux espèces assez proches) et le hotu (parmi les premières espèces à se reproduire). En revanche la brème bordelière présente une belle cohorte 2019 dans nos échantillonnages.

A l'échelle de la station 6.5 espèces ont été capturées en moyenne, avec une abondance de 11 à 6212 ind/Ha. Nous observons une forte variabilité des effectifs capturés par Ha en fonction de la campagne d'échantillonnage pour toutes les stations, une forte variabilité pour une station d'une campagne à l'autre et d'une station à l'autre par campagne. Cette variabilité spatiale et temporelle des abondances par espèce se retrouve encore à l'échelle des taxons. Notons que plus de 60 % des individus capturés sont des Petits individus. C'est une image normale d'un peuplement de poissons surtout si, comme pour nous, l'échantillonnage se concentre le long des berges, habitat principal de jeunes poissons de l'année. La variabilité spatiale et temporelle de la composition du peuplement en biomasse est très similaire à ce que révèle l'abondance. Cependant, la capture de quelques (n < 30) gros (> 500g) à très gros (> 1 kg) individus peut localement (une station lors d'une campagne) engendrer une très forte biomasse.

Pour évaluer si la structure du peuplement de poissons du Rhône diffère entre l'amont et l'aval du CNPE de Bugey nous pouvons résumer les informations issues de notre échantillonnage de 2019 comme suit :

- sur l'année, nous observons toujours plus d'espèces en aval (22 esp) qu'en amont (16 esp) ;
- ce patron est pratiquement constant d'une campagne à l'autre ;
- l'abondance totale à l'aval est plus élevée qu'à l'amont sur l'année, par campagne et pour la plupart des espèces et des taxons par espèce;

- la biomasse est plutôt supérieure à l'amont du fait de la capture de quelques gros individus (10 ind / 23 pesaient plus que 500g);
- le spirlin, le chevaine, la brème bordelière, l'ablette, le goujon et le barbeau dominent le peuplement de poissons aussi bien à l'amont qu'à l'aval ;
- il y a cependant une forte variabilité entre stations et campagnes des abondances et biomasses observées par espèce et par taxon ;
- la campagne d'échantillonnage d'octobre à elle seule offre une très bonne évaluation de la structure du peuplement du Rhône dans le secteur du Bugey tant en termes de richesse spécifique (19 des 25 espèces de 2019 sont capturées en octobre) qu'en termes de répartition des abondances entre l'amont et l'aval du CNPE de Bugey.

En conclusion, la structure très déséquilibrée du peuplement de poissons du Rhône dans le secteur du Bugey, la faiblesse de son abondance échantillonnée et la forte variabilité spatiale et temporelle des abondances / biomasses par espèce et par taxon, entre l'amont et l'aval du CNPE de Bugey, ne permettent pas de mettre en évidence un effet du fonctionnement du CNPE à l'échelle de l'année 2019.

4 PHYSICO-CHIMIE, DIATOMEES ET MACROINVERTEBRES

4.1 Objectif

Cette partie du rapport correspond au suivi réglementaire physico-chimique et hydrobiologique (hors ichtyologie) de l'environnement proche du CNPE du Bugey pour l'année 2019.

Cette surveillance doit permettre de suivre l'évolution naturelle du Rhône et de déceler une évolution anormale qui proviendrait du fonctionnement des installations. Elle fait suite aux études antérieures réalisées annuellement entre 1978 et 2014 par le Cemagref Lyon puis Irstea Lyon-Villeurbanne et poursuivies depuis 2015 par Aralep.

4.2 Stations et dates d'échantillonnage

Le secteur de fleuve concerné par cette étude s'étend sur une dizaine de kilomètre entre les communes de Saint-Vulbas (amont ile de la Fenière) et de Loyettes (aval pont), soit approximativement entre les PK 49 et 39 du Haut-Rhône (Figure 50).

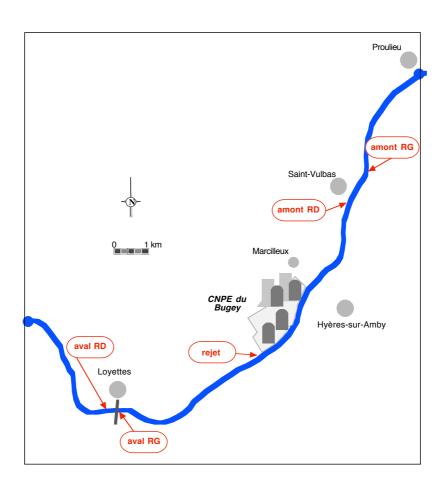


Figure 50 : Zone d'étude et localisation des stations.

Trois secteurs sont échantillonnés afin de suivre l'impact du fonctionnement du CNPE du Bugey sur le milieu récepteur (Figure 50).

Ils sont similaires d'une année sur l'autre :

- en amont de la prise d'eau, approximativement au PK 49 (Saint-Vulbas),
- au niveau du rejet principal du CNPE au PK 44,
- en **aval** de la zone de rejet et après un certain mélange, approximativement au PK 39, en aval du pont de Loyettes.

Ces secteurs sont toutefois subdivisés pour la physico-chimie et les diatomées, pour lesquelles les deux rives sont considérées aux stations amont et aval, ce sont donc 5 stations qui sont échantillonnées pour ces deux descripteurs.

Les différents points d'échantillonnage sont détaillés sur la Figure 51 ci-dessous et leur géoréférencement est précisé dans un tableau en annexe (annexe 5.2.1). Ils sont également positionnés individuellement sur une bathymétrie et une photo aérienne géoréférencée au paragraphe Conditions d'habitat (p17) du présent rapport. Ils sont strictement similaires aux points d'échantillonnage 2018.

Le pas de temps d'échantillonnage est mensuel pour les descripteurs physico-chimiques et saisonniers (4 campagnes annuelles) pour les descripteurs biologiques macroinvertébrés, (IBGA) et diatomées benthiques (IBD) (Tableau 7).

Tableau 7 : Calendrier d'échantillonnage 2019.

Bugey 2019	PHCH	IBD		IBGA	
			Substrats	Filets	Dragages
Jan-	15/1				
Fev-	14/2				
Mar-	12/3		12/03 au		
Avr-	9/4	10/4	10/4	10/4	10/4
Mai	14/5		28/05 au		
Jun-	13/6	25/6	25/6	25/06 et 11/07	25/6
Jul-	16/7				
Aou-	14/8		14/08 au		
Sep-	11/9	12/9	12/9	12/9	12/9
Oct-	16/10		16/10 au		
Nov-	19/11	13/11	13/11	13/11	13/11
Dec-	17/12				



Figure 51: Détail de l'emplacement des différents points de prélèvement et de mesure à chacune des stations (A = amont, B = rejet et C = aval). Les échantillons sont numérotés dans un ordre croissant, indifféremment de la station. Fond de carte IGN Géoportail 1:8500. PC = physico-chimie (en bleu) – S = substrat artificiel – F = filet surber de bordure – D = dragage - I = IBD (même point que les filets – en vert).

L'hydrologie et la thermie du Rhône en amont du CNPE durant ces campagnes sont représentées sur la Figure 52. Ces deux paramètres étant particulièrement détaillés précédemment au § 2 - Conditions hydrologiques et thermiques, nous ne les considérerons rapidement que vis-à-vis de leur influence potentielle sur nos échantillonnages et nos résultats.

L'**hydrologie** est en moyenne de 461 m3/s lors de l'année 2019, soit strictement égale à la moyenne 1987-2017 donnée par la Banque Hydro, donc un coefficient d'hydraulicité de 1,0. Elle s'est échelonnée entre un minimum journalier de 151 m3/s et un maximum de 1190 m3/s. La valeur mensuelle du coefficient a varié de 0,63 en septembre et 0,76 en janvier à 1,39 en novembre puis 1,80 en décembre. Il est à noter que lors des deux épisodes de canicule qui se sont succédés entre fin juin et début août, l'hydrologie a été tout à fait favorable, étant même excédentaire en juin (1,17), ce qui a un peu contrarié nos prélèvements invertébrés (voir par la suite), et très proche de la normale en juillet et août (0,92 pour chacun des mois).

La **température** moyenne 2019 est de 13,1°C, s'échelonnant en valeur journalière entre 4,6 et 24,3°C.

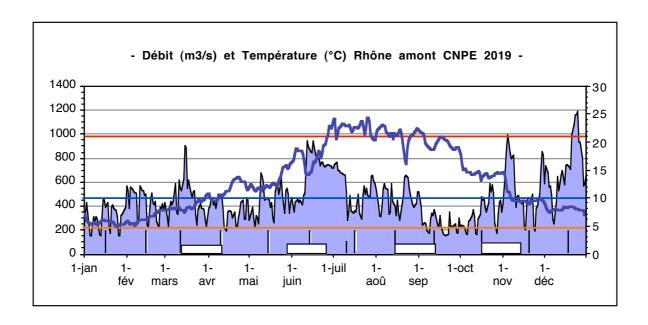


Figure 52 : Débit moyen journalier à la station CNR de Lagnieu (aire) et température moyenne journalière en amont du CNPE (courbe) au cours de l'année 2019. Les différents traits correspondent respectivement au QMNA5 (orange), au module (bleu) et à la crue annuelle (rouge). Données hydrologiques Hydroréel RDB RMC et données thermiques EDF Bugey.

4.3 Physico-chimie

4.3.1 Méthodologie d'échantillonnage

Les paramètres analysés permettent d'appréhender les principaux éléments de qualité au sens du référentiel DCE du Guide Technique d'Evaluation de l'Etat des Eaux de Surface Continentales de décembre 2012 (correspondant approximativement aux classes d'altérations de l'ex SEQ-Eau) :

- Température (altération TEMP, élément de qualité Température)
- pH (altération ACID, élément de qualité Acidification)
- Oxygène dissous en mg/l et en % saturation, COD, DBO5 et DCO (altération MOOX, élément de qualité Bilan de l'oxygène)
- Conductivité, chlorures, sulfates, silice, alcalinité, dureté, hydrogénocarbonates, ions majeurs Ca, Mg, K et Na, (altération MINE, élément de qualité Salinité pour les trois premiers)
- MES et turbidité (altération PAES, pas d'élément de qualité correspondant)
- NH4, NO2, NO3, NKJ, PO4, P total (altérations AZOT, NITR, PHOS, élément de qualité Nutriments)
- Chlorophylle a et phéopigments (altération EPRV, pas d'élément de qualité correspondant).

La fréquence des analyses est mensuelle, à l'exception des ions majeurs et de certains paramètres de minéralisation (Ca, Mg, K, TAC, TH), ainsi que de la chlorophylle, seulement analysés de manière trimestrielle.

Les mesures de température, oxygène dissous, pH, conductivité seront réalisées sur le terrain par nos soins avec un appareil multiparamètres WTW 3430. Les autres analyses, effectuées au laboratoire, sont confiées au Laboratoire Santé Environnement Hygiène de Lyon (CARSO-LSEH de Lyon), laboratoire expert accrédité COFRAC pour les prestations d'essais répondant à la norme NF EN ISO/CEI 17025. Ces analyses sont réalisées par chromatographie ionique ou spectrophotométrie pour une majorité d'ions. Les méthodes et normes d'analyses utilisées pour chaque paramètre sont précisées en annexe.

Les résultats sont exprimés selon la grille de qualité du référentiel DCE d'état des masses d'eau (arrêté ministériel du 25 janvier 2010 modifié 27 juillet 2018 qui renvoie aux grilles de qualité du guide technique EEESC - version décembre 2012 du MEDDE), en particulier dans l'optique

du « **bon potentiel écologique** », lorsque cela est possible. Ainsi, pour les paramètres non pris en compte dans ces derniers documents (conductivité, MES, turbidité, chlorophylle,...), nous continuerons de nous référer à la grille SEQ-Eau (altérations MIN, PAES et EPRV), qui a servi de base aux grilles précédentes. Un tableau des classes d'état DCE se trouve en annexe (annexe 5.2.3).

Toutefois, la méthodologie DCE de l'arrêté du 25 janvier 2010 modifié n'est pas strictement applicable dans le cadre du présent suivi, et n'est donc pas appliquée (valeurs hautes + basses avec l'incertitude associée, points de prélèvement représentatif de la masse d'eau, etc...).

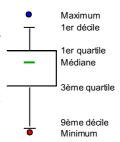
Les résultats physico-chimiques des douze campagnes mensuelles sont synthétisés dans le Tableau 8. Les fiches d'essai du laboratoire CARSO de chaque analyse par station et par date sont regroupées dans un second document.

4.3.2 Résultats

Les données sont représentées selon le principe des graphiques de type « boites et moustaches » afin de montrer la dispersion annuelle des données brutes (

Figure 53 à Figure 57). Les principales statistiques annuelles de chaque paramètre sont résumées dans le Tableau 8, tandis que les résultats détaillés de chaque campagne figurent en annexe (annexe 5.2.4).

La représentation selon le principe des « boites et moustaches » (Box & Whiskers Plot ou Box Plot, Tukey, 1977) permet de faire ressortir différentes statistiques. Chaque boite est ainsi délimitée par 5 indicateurs statistiques (cf graphique ci-contre) : les 1er et 3ème quartiles, la médiane et les valeurs extrêmes situées au-delà des 1er et 9ème déciles (« moustaches »).



Les figures qui en sont issues permettent de visualiser l'évolution des médianes d'une part, la dispersion des valeurs brutes d'autre part.

La **température** moyenne enregistrée lors des 12 dates de mesures (mesures ponctuelles instantanées) s'est échelonnée de 12,4 à 12,1°C à l'amont selon la rive à 15,6 à l'aval RD (13,1°C à l'aval RG), pour une température moyenne en aval immédiat du rejet de 20,5°C. Ces valeurs sont bien inférieures à celles de l'an dernier, en dépit de deux épisodes climatiques caniculaires fin juin et fin juillet : d'environ 1°C en amont jusqu'à près de 2°C en aval immédiat du rejet et en aval éloigné RD (-1,3°C en aval RG). On peut penser que l'hydrologie soutenue au mois de juin (coefficient mensuel d'hydraulicité de 1,17) et sub-normale en juillet et août (coefficient de 0,92 pour chacun des deux mois) a minimisé l'échauffement. En dépit de cela, le delta T moyen par rapport à l'amont reste élevé, de près de 8°C au rejet, s'atténuant en progressant vers l'aval pour être malgré tout encore de 3°C à Loyettes en aval RD

(respectivement 8,7 et 3,6°C en 2018). Excepté au rejet, les valeurs moyennes 2019 sont inférieures aux observations par rapport à diverses moyennes de la chronique de suivi (décennale et années 2000) (Tableau ci-dessous).

1		Amont RG	Rejet	Aval RD	Aval RG
annuelle (°C)					
Moyenne 1980-	12,1	12,3	20,6	16,1	12,9
2019					
Moyenne 2000-	12,8	12,7	20,8	16,3	13,4
2019					
Moyenne 10 ans	13,1	13,0	20,8	16,4	13,7
2010-2019					
Moyenne 2019	12,4	12,1	20,5	15,6	13,1

Le constat 2019 reste « classique » : en dehors du phénomène thermique précédent, récurrent d'une année sur l'autre, l'ensemble des autres paramètres montre toujours **peu de discriminations entre les stations**. Les écarts existants sont le plus souvent dus à des conditions précises, tel que le rejet de la STEP de Saint-Vulbas en amont RD (conductivité, ammonium, chlorures et sodium notamment, cf valeurs moyennes et maxi Tableau 8), ou, plus ponctuellement, celui de celle de St-Romain-de-Jalionas en aval RG (NH4 et, surtout, DBO5 en novembre). L'influence des phénomènes hydrologiques est également à prendre en compte tel que l'accroissement des matières en suspension et de la turbidité lors d'épisodes de hautes eaux (campagne du mois de juin, voire mars).

Les valeurs unitaires les plus élevées restent essentiellement liées à l'hydrologie via les phénomènes de concentration-dilution et/ou à la production primaire. L'ensemble des stations présente une **très bonne qualité des eaux** au sens de l'arrêté du 25 janvier 2010 modifié 27 juillet 2018 permettant d'évaluer l'état chimique des masses d'eau, et/ou du SEQ-Eau pour les paramètres considérés uniquement par celui-ci, en dehors des quelques phénomènes ponctuels mentionnés précédemment. On peut mentionner plus particulièrement :

- Un taux d'oxygénation toujours très satisfaisant (> 8 mg/l, ou très voisin, et > 95%) et un pH particulièrement homogène dans le temps et dans l'espace (gamme générale de variation comprise entre 8,1 et 8,5 unités).
- Des teneurs en pigments chlorophylliens toujours aussi insignifiantes (en grande partie liées au caractère vif et courant de ce secteur du fleuve).
- De faibles concentrations en azote et en phosphore, excepté en juin (début de crue) NH4 à la station amont RD (0,26 mg/l) et P total à toutes les stations (0,079 mg/l en moyenne), ceux-ci restant malgré tout en classe de bonne qualité. Rappelons également pour NO3 que, bien que classés en très bonne qualité dans le cadre de l'arrêté (< 10 mg/l), ceux-ci seraient « seulement » de bonne qualité selon le SEQ-Eau (i.e. compris entre 2 et 10 mg/l), toujours > 2 mg/l pour des maximums > 7 mg/l.

- Bien que plus modérée que sur des rivières de plaine lentes et productives, la consommation biologique estivale de l'ammonium et des nitrates est visible, associée à la même période à une baisse du TAC, TH et HCO3 via la moindre solubilité du CO2 et la précipitation d'HCO3. A l'inverse, la concentration en ions SO4, marqueurs géochimiques du Haut-Rhône, sont plus concentrés à la même période avec la réduction des apports hydrologiques (42 mg/l en moyenne en juin-juillet-août contre 30 mg/l en moyenne aux autres dates).

Comparées aux résultats de la chronique des 10 dernières années, les **résultats 2019 restent globalement dans la même gamme de valeurs** (Figure 58). Le pH (< +5%), l'ammonium (+30%) et les nitrates (+15%) sont toutefois en moyenne plus élevés cette année, à l'inverse des MES (-30%, cf crues moins importantes) et des SO4 (-10%, hydrologie plus importante d'où une dilution plus marquée)

Enfin, ces résultats restent également très voisins de ceux de la station RCS de l'Agence de l'Eau située en amont de Lagnieu à Saint-Sorlin-en-Bugey (cf Tableau 8), échantillonnée de manière bimensuelle. Toutefois, les dernières données complètes disponibles à la date de ce rapport sont celles de 2018.

Tableau 8 : Résumé des principales statistiques des paramètres physico-chimiques mesurés (moyenne annuelle et minimum et maximum annuels), et comparaison avec la station RCS de St-Sorlin-en-Bugey. Les paramètres sont classés par éléments de qualité et/ou types d'altération. En italique, les paramètres échantillonnés uniquement de façon trimestrielle.

Bugey 2019	St-Sorlin 2018	amont RD	amont RG	rejet	aval RD	aval RG
	N=12	N = 12	N = 12	N = 12	N = 12	N = 12
Température (°C)	13,8 (4,9 - 25,9)	12,4 (6,1 - 21,1)	12,1 (5,8 - 20,8)	20,5 (14,6 - 30,2)	15,6 (10,4 - 25,5)	13,1 (6,6 - 22,3)
	8,3	8,3	8,4	8,2	8,3	8,3
pH (unité)	(8,2 - 8,4)	(8,1 - 8,5)	(8,1 - 8,5)	(8,1 - 8,4)	(8,1 - 8,4)	(8,1 - 8,5)
O2 (mg/l)	10,3	10,7	10,6	9,8	10,2	10,5
, , ,	(7,8 - 12,1)	(8,7- 12,2)	(8,7 - 12,3)	(7,9 - 11,3)	(8,4 - 11,7)	(8,6 - 12,0)
O2 (% saturation)	100 (97 - 104)	101 (98 - 103)	99 (97 - 102)	109 (104 - 117)	104 (99 - 110)	100 (97 - 107)
DBO5 (mgO2/l)	0,9 (0,5 - 2,1)	1,1 (<0,5 - 2,2)	1,7 (<0,5 - 3,0)	1,5 (0,5 - 3,1)	1,5 (<0,5 - 4,0)	1,5 (0,5 - 3,0)
DCO (mgO2/I)	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
COD (mgO2/l)	1,8 (0,9 - 4,8)	1,8 (0,8 - 2,8)	2,1 (0,8 - 3,1)	2,1 (0,8 - 3,3)	1,8 (1,1 - 2,4)	2,0 (0,9 - 3,2)
MES (mg/l)	12,7 (1 - 42)	11,5 (<2,0 - 90,0)	9,5 (2,4 - 56,0)	13,1 (2,2 - 90,0)	11,9 (<2,0 - 82,0)	14,2 (<2,0 - 92,0)
Turbidité (NFU)	12,4 (1,5 - 44)	10,9 (0,9 - 86,0)	9,4 (0,9 - 60,0)	9,5 (1,3 - 60,0)	10,2 (1,0 - 76,0)	10,0 (1,1 - 58,0)
NH4 (mg/l)	0,06 (0,03 - 0,09)	0,11 (<0,05 - 0,26)	0,09 (<0,05 - 0,17)	0,10 (<0,05 - 0,20)	0,09 (<0,05 - 0,20)	0,11 (<0,05 - 0,24)
NO2 (mg/l)	0,05 (0,02 - 0,08)	0,047 (<0,010 - 0,070)	0,050 (0,040 - 0,070)	0,048 (0,030 - 0,070)	0,047 (0,030 - 0,080)	0,047 (0,030 - 0,070)
NO3 (mg/l)	3,3 (1,8 - 5,1)	4,5 (3,1 - 7,6)	4,2 (2,6 - 7,5)	4,2 (2,7 - 7,1)	4,2 (2,8 - 7,3)	4,4 (2,9 - 7,7)
N Kjeldahl (mg/l)	< 0,5	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
PO4 (mg/l)	0,06 (0,03 - 0,09)	0,05 (0,03 - 0,10)	0,05 (0,04 - 0,90)	0,05 (0,03 - 0,10)	0,5 (0,04 - 0,90)	0,05 (0,01 - 0,09)
P total (mg/l)	0,027 (0,015 - 0,045)	0,03 (0,02 - 0,08)	0,03 (0,02 - 0,08)	0,03 (0,02 - 0,08)	0,03 (0,02 - 0,07)	0,03 (0,02 - 0,09)
Conductivité (µs)	326 (284 - 382)	356 (301 - 448)	342 (277 - 423)	341 (279 - 422)	340 (279 - 425)	340 (279 - 425)
SiO2 (mg/l)	2,0 (1,1 - 3,3)	2,1 (1,0 - 3,4)	2,3 (<1,0 - 5,0)	2,0 (<1,0 - 3,6)	2,1 (<1,0 - 3,4)	2,1 (1,0 - 3,4)
CI- (mg/l)	9,6 (8,1 - 11,2)	14,3 (8,3 - 24,5)	11,2 (8,0 - 18,8)	11,1 (8,4 - 19,2)	11,0 (8,0 - 19,0)	10,9 (8,0 - 18,5)
SO4 (mg/l)	34,7 (23,1 - 43,4)	33,6 (20,3 - 42,9)	33,1 (19,7 - 42,4)	33,2 (19,8 - 42,5)	33,2 (19,6 - 42,6)	33,0 (20,5- 42,7)
TAC (°f)	11,4 (8,1 - 15,9)	11,8 (8,0 - 16,0)	11,8 (7,7 - 16,0)	11,7 (7,7 - 16,0)	11,8 (7,7 - 16,0)	11,8 (7,7 - 16,1)
HCO3 (mg/l)	139 (99 - 193)	144 (97 - 195)	144 (94 - 195)	143 (93 - 195)	143 (93 - 195)	144 (93 - 196)
TH (°f)	14,1 (11,8 - 16,5)	15,9 (12,0 - 18,5)	15,7 (11,5 - 18,2)	15,6 (11,7 - 18,0)	15,7 (11,6- 17,9)	15,5 (11,7 - 18,2)
Na (mg/l)	6,3 (5,2 - 7,4)	7,9 (5,1 - 12,9)	6,9 (5,1 - 11,0)	7,0 (5,5 - 11,2)	7,1 (5,5 - 11,2)	6,8 (4,7- 10,9)
Ca (mg/l)	47,7 (37,6 - 57,7)	53,7 (40,1 - 64,3)	52,5 (37,9 - 63,0)	52,4 (38,6 - 62,0)	52,3 (38,4 - 61,9)	51,5 (38,9 - 62,9)
Mg (mg/l)	5,4 (4,8 - 6,1)	5,4 (4,8 - 6,0)	5,5 (4,9 - 6,0)	5,5 (4,9 - 6,0)	5,5 (4,9 - 6,0)	5,4 (4,6 - 6,0)
K (mg/l)	1,6 (1,4 - 2,1)	2,3 (1,7 - 2,6)	2,4 (2,0 - 2,6)	2,0 (1,7 - 2,2)	2,0 (1,7 - 2,1)	2, 1 (1,8 - 2,6)
Chlorophylle a (µg/l)	1,5 (1,0 - 3,0)	1,8 (<0,5 - 4,0)	1,3 (<0,5 - 3,0)	1,8 (<0,5 - 4,0)	1,6 (<0,5 - 3,0)	1,6 (<0,5 - 3,0)
Phéopigments(µg/l)	1,0 (1,0 - 1,0)	0,4 (<0,5 - 1,0)	<0,5 (<0,5 - <0,5)	0,4 (<0,5 - 1,0)	0,4 (<0,5 - 1,0)	0,4 (<0,5 - 1,0)

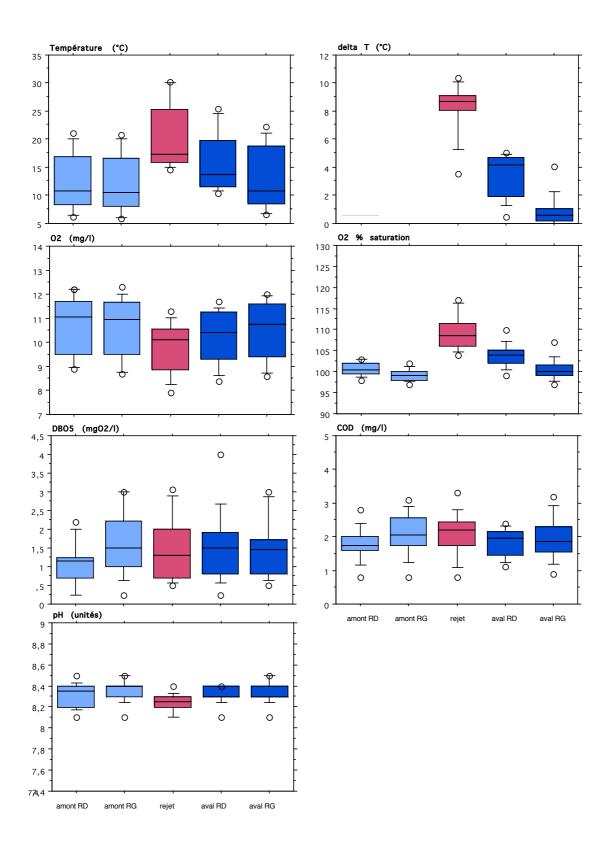


Figure 53 : Distribution 2019 des données pour les éléments de qualité température, bilan de l'oxygène et acidification selon le principe des « boites et moustaches ».

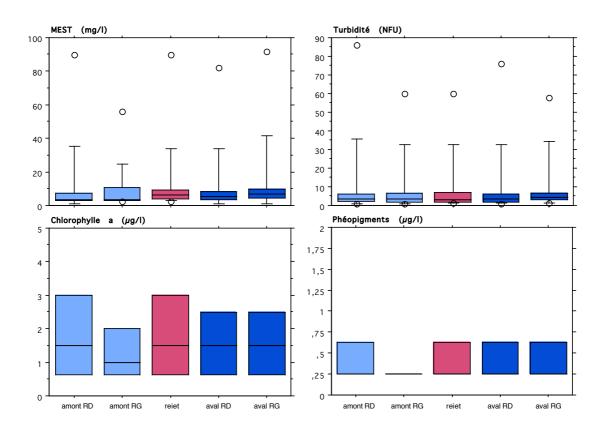


Figure 54 : Distribution 2019 des données pour les altérations particules en suspension et effets des proliférations végétales (i.e. chlorophylle) selon le principe des « boites et moustaches ».

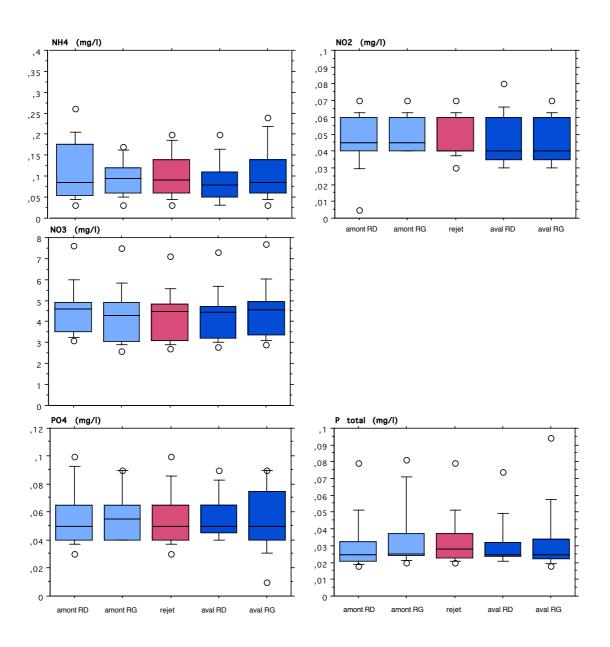


Figure 55 : Distribution 2019 des données pour l'élément de qualité nutriments selon le principe des « boites et moustaches ».

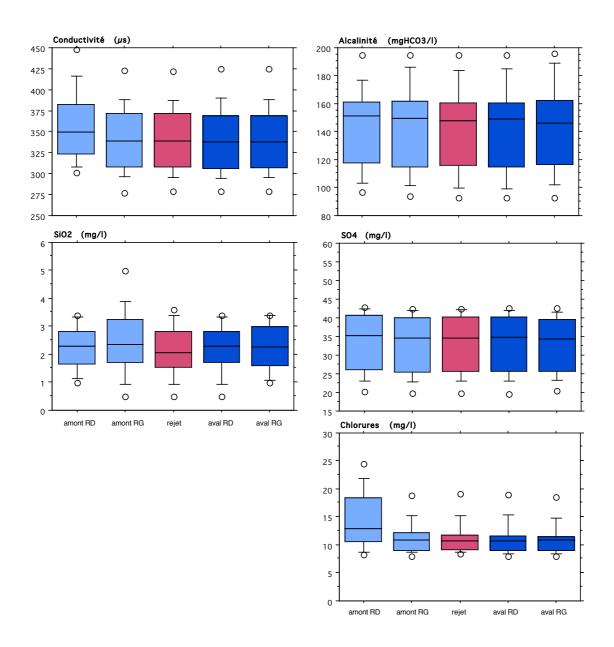


Figure 56 : Distribution 2019 des données pour l'élément de qualité salinité selon le principe des « boites et moustaches ».

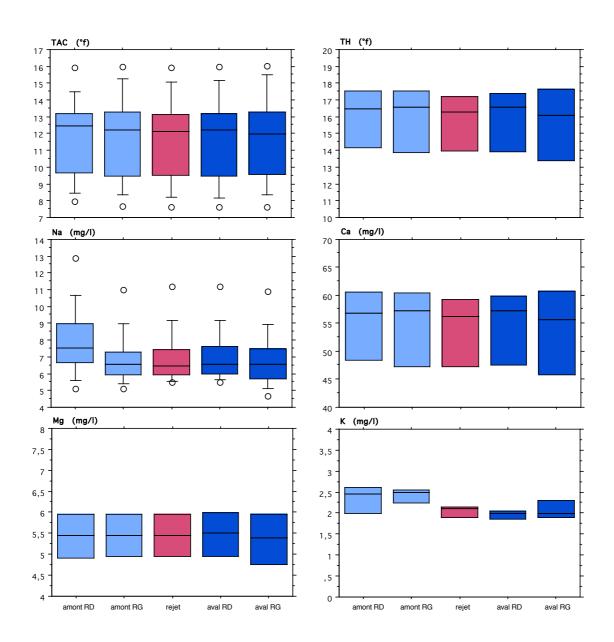


Figure 57 : Distribution 2019 des données pour l'altération minéralisation selon le principe des « boites et moustaches ».

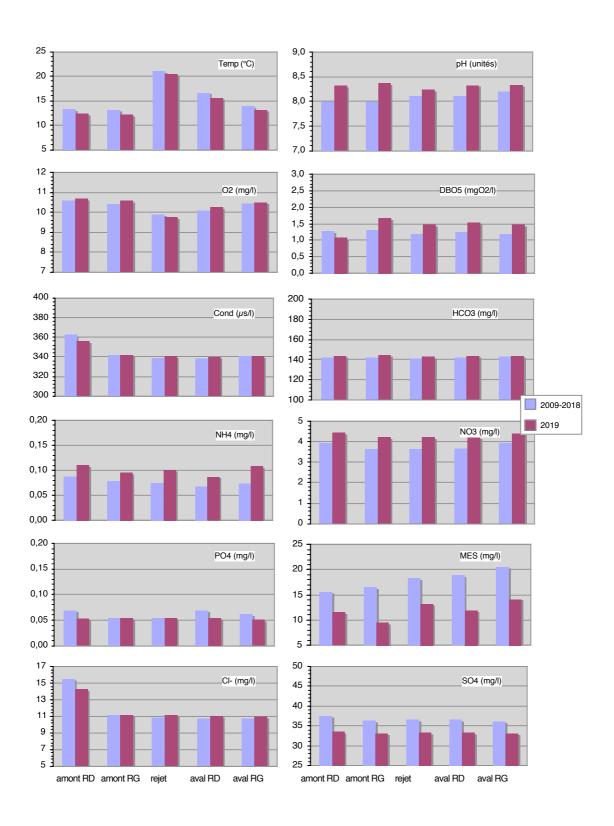


Figure 58 : Comparaison des résultats moyens 2019 aux valeurs moyennes de la chronique décennale 2009-2018 pour une sélection de paramètres représentatifs. 2007-2014 : 4 mesures annuelles puis une mesure mensuelle.

4.4 Diatomées benthiques

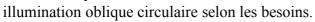
4.4.1 Méthodologie d'échantillonnage

Les **diatomées** constituent la **majorité des algues du périphyton** qui colonise les supports naturels (cailloux, galets, branchages, etc.) ou artificiels (enrochements, palplanches, etc.) immergés ou continuellement humides. Les diatomées sont des algues brunes microscopiques unicellulaires allant de 5 à 500 µm formant parfois des colonies. Elles sont invisibles à l'œil nu mais peuvent former, lorsqu'elles sont abondantes, un biofilm sur le substrat de couleur brunâtre caractéristique et bien visible.

Du fait de leurs nombreux avantages (facilité d'échantillonnage, sensibilité aux perturbations physico-chimiques, systématique relativement bien connue, etc.), les diatomées benthiques sont souvent utilisées dans les études de qualité de l'eau. Ainsi, les Agences de l'Eau ont adopté des **indices diatomiques** (notamment l'Indice Biologique Diatomées ou IBD) pour le suivi de la qualité biologique des cours d'eau en complément d'autres indices (IBGN, indice poissons, etc.) et des analyses physico-chimiques.

La méthodologie appliquée dans le cas présent pour les prélèvements de terrain, le traitement de l'échantillon au laboratoire et l'identification des diatomées suit strictement la **méthodologie IBD** (Indice Biologique Diatomées), soit les normes AFNOR NF T 90-354 de juin 2000 révisée en décembre 2007 puis avril 2016⁴ et NF EN 13946 de juillet 2003 (guide de prélèvement en rivière).

Le principe de l'IBD consiste à récolter selon un protocole standardisé les diatomées colonisant les supports naturels ou artificiels. La couverture biologique est recueillie par grattage d'une surface définie (environ 100 cm2) des divers substrats (photo ci-contre). L'échantillon est fixé immédiatement dans de l'alcool à 95 % avant traitement au péroxyde d'hydrogène et à l'acide chlorhydrique. Ce dernier permet d'éliminer la totalité de la matière organique. L'échantillon, ainsi traité, est monté sur lame pour observation sous microscope à fond clair, contraste de phase ou





L'identification est réalisée sur un échantillon minimum de 400 diatomées. Celle-ci s'appuie en particulier sur les ouvrages « Süßwasserflora von Mitteleuropa » de Krammer et Lange-

⁴ AFNOR, 2016. Norme Française NF T 90-354. Qualité de l'eau. Echantillonnage, traitement et analyse de Diatomées benthiques en cours d'eau et canaux, Paris, avril 2016.

Bertalot, « Diatoms of Europe », des derniers Atlas de détermination réalisés par les DREAL ainsi que des articles récents provenant notamment de la revue « Diatom Research » Certains taxons sont regroupés (taxons appariés). Il existe actuellement près de 700 taxons appariés et 349 synonymes anciens. Le calcul de l'IBD (aboutissant à une note indicielle finale sur 20 et à un découpage en classes de qualité) passe par la connaissance de la probabilité de présence de chaque taxon apparié pour sept classes de qualité d'eau et par la valeur indicatrice de chaque taxon. L'IBD est particulièrement sensible à la matière organique, aux éléments nutritifs (azote et phosphore) et à la minéralisation, c'est-à-dire aux altérations MOOX et salinité du SEQ-Eau.

Le logiciel OMNIDIA (Lecointe *et al.*, 1993⁵) permet, entre autres, le calcul de l'IBD et de différents autres indices diatomiques tel que l'IPS. Il fournit également une mise à jour de la systématique des algues qui évolue beaucoup au cours du temps. La base taxonomique proposée par OMNIDIA décrit près de 10 000 taxons classés selon une codification à 4 lettres. Cette classification est reprise dans ce rapport. Les listes floristiques compatibles utilisées pour ce rapport sont celles de la version OMNIDIA 6.0.

Dans le principe et conformément au protocole SEEE (i.e. Système d'Evaluation de l'Etat des Eaux) mis en place de dans le cadre de la Directive Cadre sur l'Eau, la note IBD est associée à 5 classes de qualité. Dans le cadre de ce protocole, les cours d'eau ont été définis en tant que type de masse d'eau associée à une hydroécorégion (HER) pour lequel les limites de classes de qualité varient. Le Rhône est considéré en tant que masse d'eau comme « Très Très Grands fleuves Alpins » (TTGA). A ce titre, il ne possède pas de limites de classe de qualité, c'est pourquoi les notes IBD dans le présent rapport ne seront donc pas associées à une classe de qualité (code couleur). De la même manière, les notes EQR, récemment introduites dans l'arrêté du 27 juillet 2015, ne peuvent pas être calculées, n'ayant pas de valeur de référence pour ce type de milieu.

Enfin, pour rappel, il n'existe pas A l'heure actuelle de norme spécifique d'échantillonnage des diatomées en grand cours d'eau. L'échantillonnage s'effectue donc par adaptation du protocole en rivière NF T90-354. Toutefois, le Rhône à Bugey se démarque par des rives abruptes et un marnage journalier souvent important (variation supérieure à 1m), avec comme conséquence principale une exondation possible du substrat en cas de faible débit ou, au contraire, une immersion trop importante du substrat de rive en cas de crue prolongée par exemple. Les techniques d'échantillonnage doivent ainsi s'adapter au mieux à l'hydrologie précédent les prélèvements (prise en compte des 4 semaines précédentes). L'homogénéité du substrat du Rhône à Bugey permet de maintenir au cours de l'année un échantillonnage sur un substrat cohérent, strictement minéral (galets/blocs), quel que soit le niveau des eaux. Il est réalisé par prospection en zone rivulaire soit par échantillonnage direct à pieds (basses eaux) soit par grattage des pierres plates des substrats artificiels complémentaires des invertébrés (hautes eaux).

_

Lecointe C., Coste M. & Prygiel J., 1993. "OMNIDIA" software for taxonomy, calculation of diatom indices and inventories management. *Hydrobiologia* 269/270, 509-513.

L'ensemble des opérations de terrain et de laboratoire est réalisé sous **habilitation COFRAC** d'ARALEP pour ce descripteur (attestation n° 1-6360 du 1er février 2018 et agrément laboratoire du 25 juillet 2018).

4.4.2 Analyse des peuplements de diatomées

Les résultats floristiques détaillés des quatre campagnes de prélèvement sont consignés en annexe (annexes 5.2.5.1 et 5.2.5.2). Les fiches d'essai COFRAC et les sorties Omnidia sont regroupées dans un second document l'ensemble des rapports d'analyses et fiches d'essais. Le Tableau 9 résume les différents résultats obtenus au cours des 4 campagnes d'échantillonnage.

4.4.2.1 Richesses taxonomiques

En 2019, la richesse totale, toutes stations et campagnes confondues, est de **148 taxons** au niveau spécifique. Ce chiffre est en hausse par rapport à 2018 (139 unités), équivalent à 2017 mais significativement inférieur à 2015 et 2016 (respectivement 174 et 165 unités, soit une moyenne de 155 taxons pour cette période 2015-2019.

La baisse continuelle de la richesse spécifique depuis 2015 est donc stoppée en 2019 pour retrouver un niveau similaire à 2017.

A titre de comparaison, pour un suivi sensiblement similaire (4 dates et 4 stations), cette valeur est en moyenne de 162 taxons sur la période 2014-2018 pour le CNPE de Saint-Alban sur le Rhône en aval de Lyon, pour une valeur maximale de 175 taxons en 2016 (ARALEP, 2019)⁶.

La **richesse unitaire** (une station à une date) en 2019 est en moyenne de 38,3 taxons équivalent encore une fois à 2017. Celle-ci fluctue entre un minimum de 22 taxons obtenu à la station aval RD en septembre et un maximum de 58 taxons en avril en aval RG. L'écart mini/maxi est situé dans la moyenne habituelle depuis le début du suivi.

-

⁶ ARALEP, 2019. *Suivi hydrobiologique du Rhône au niveau de la centrale nucléaire de St-Alban – St-Maurice. Année 2018.* Rapport au CNPE de St-Alban.

Tableau 9 : Résumé des principaux paramètres descripteurs des communautés de diatomées benthiques du Rhône à Bugey pour l'année 2019.

Bugey	Bugey 10/04/2019					2	5/06/201	9		12/09/2019					13/11/2019					
2019	Amont RG	Amont RD	Rejet	Aval RG	Aval RD	Amont RG	Amont RD	Rejet	Aval RG	Aval RD	Amont RG	Amont RD	Rejet	Aval RG	Aval RD	Amont RG	Amont RD	Rejet	Aval RG	Aval RD
Effectif (récolté)	409	418	404	408	406	427	416	408	433	418	428	437	431	413	429	419	429	412	422	411
NB esp	39	46	40	53	42	42	30	36	28	22	30	27	37	34	26	33	45	55	58	43
NB genre	18	18	16	19	16	19	15	14	11	12	16	13	17	16	12	14	21	24	26	18
Diversité H'	4,13	4,38	4,23	4,52	4,3	4,19	3,43	3,82	2,43	1,36	3,46	2,61	3,55	3,42	2,72	3,41	4,11	4,51	4,41	4,24
Equitabilité J'	0,78	0,79	0,8	0,79	0,8	0,78	0,7	0,74	0,51	0,3	0,71	0,55	0,68	0,67	0,58	0,68	0,75	0,78	0,75	0,78
IPS (/20)	15,2	14,4	15,1	14,2	14,5	15	14,9	14,5	14,3	13,9	14,4	13,9	14,4	14,3	14,5	9,9	14,6	14,4	14,1	14,4
IBD (/20)	15,9	15,9	15,6	14,8	15,7	15,8	15,7	15,4	15,2	14,7	15,1	15,2	15,4	15,3	15,4	8,2	15,3	15	14,8	15,2
IDSE (/5)	3,72	3,78	3,86	3,74	3,76	3,85	3,91	3,82	3,79	3,81	3,86	3,73	3,79	3,76	3,81	3,43	3,79	3,8	3,74	3,87

Note : les couleurs de l'IDS/E sont spécifiques à cet indice et n'ont aucun lien avec les classes de qualité au sens SEEE.

Le profil des richesses inter-stations en 2019 apparaît singulier et différent de celui des années précédentes (Figure 59). Entre autres, la supériorité des richesses aux stations amont RG, rejet, et aval RD entre 2016 et 2018 n'est pas visible cette année.

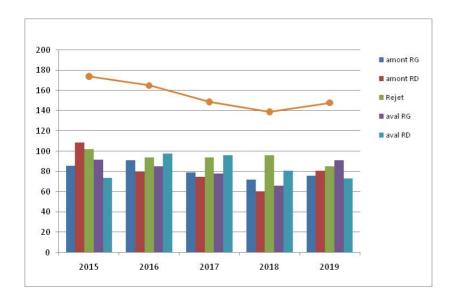


Figure 59 : Evolution inter-annuelle (par stations et totale) de la richesse spécifique des diatomées benthiques dans le secteur du CNPE de Bugey.

La richesse moyenne **inter-dates** est comprise entre 30,8 taxons en septembre et 46,8 taxons en novembre (Figure 60). L'écart de 16 taxons est significatif et le plus élevé obtenu depuis le début du suivi. La campagne d'automne, réalisée en conditions d'étiage installé, apparaît donc la plus riche cette année en moyenne bien que la disparité soit forte entre station. Cette disparité est d'ailleurs une caractéristique tout au long de l'année et classique pour ce descripteur, en lien avec le contexte mésologique propre à chaque station pour celui-ci (support, ensoleillement, colmatage, thermie, en particulier).

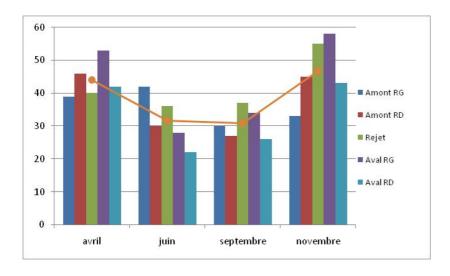
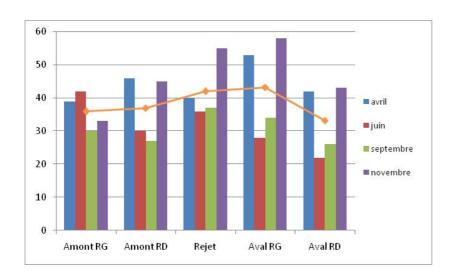


Figure 60 : Evolution inter-dates de la richesse spécifique du périphython en 2019 dans le secteur du CNPE de Bugey.

La richesse moyenne diminue progressivement au cours de l'année jusqu'en septembre puis celle-ci augmente très nettement en novembre. Comme presque systématiquement depuis le début du suivi, la campagne de fin d'été (septembre) apparaît la moins riche.

L'évolution de la richesse en 2019 est cohérente avec les années antérieures mais se démarque par une richesse automnale nettement supérieure. Les campagnes de juin et septembre possèdent une richesse proche et nettement inférieure aux autres campagnes, en dépit de conditions hydrologiques étaient pourtant très différentes (crue en juin et étiage sévère en septembre).

La richesse moyenne **inter-stations** varie de 33,2 taxons en aval RD à 43,2 taxons en aval RG (Figure 61). L'écart est proche de 10 taxons en moyenne entre ces deux stations. Ce résultat est plutôt atypique. Bien que la richesse la plus forte ne soit pas obtenue en aval du rejet du CNPE cette année (43 taxons pour la station aval éloigné RG), celle-ci reste élevée en moyenne (42 taxons) et confirme globalement l'analyse des années précédentes d'une richesse élevée au rejet (cf également Figure 59). L'écart de richesse amont/aval est peu significatif cette année.



 $Figure\ 61: Evolution\ inter-stations\ de\ la\ richesse\ sp\'{e}cifique\ du\ p\'{e}riphython\ en\ 2019\ dans\ le\ secteur\ du\ CNPE\ de\ Bugey.$

Bien que certains résultats sur la richesse diatomique 2019 apparaissent plutôt singuliers, les principales tendances se confirment. La richesse en aval immédiat du rejet du CNPE reste élevée depuis 2016 et ne se différencie pas des autres stations. En particulier, la présence d'une couche importante de limon compacté sur les galets et blocs, visible uniquement à cette station et de manière récurrente depuis le début du suivi, n'impacte pas la richesse diatomique.

4.4.2.2 Indices biologiques

En 2019, la **note moyenne de l'IBD** dans le secteur du Rhône à Bugey est de **14,98**, soit une remarquable stabilité par rapport aux années précédentes (14,9 en 2016 et 2018 et 15,0 en 2017) (Figure 62).

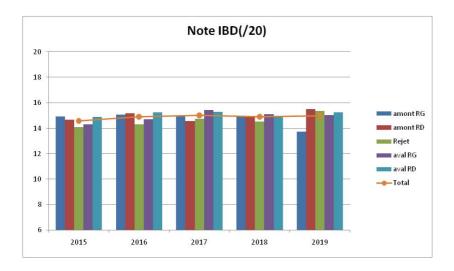


Figure 62 : Evolution inter-annuelle (par stations et totale) de l'IBD dans le secteur du CNPE de Bugey.

La note moyenne obtenue en 2019 est tout à fait cohérente avec les années antérieures (Figure 63). L'écart inter-annuel reste très faible et difficilement interprétable.

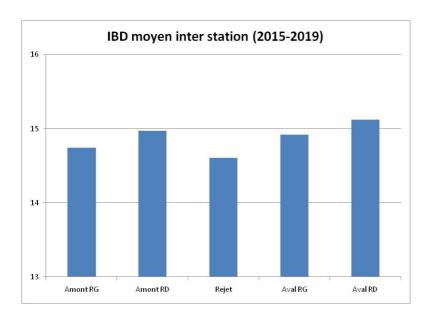


Figure 63: IBD moyen inter station (toutes dates) dans le secteur du CNPE de Bugey.

Du point de vue unitaire, la note minimum est de 8,2 obtenue à la station amont RG en novembre et la note maximum atteint 15,9 aux stations amont RG et amont RD en avril.

La note IBD maxi est proche et conforme aux années antérieures. En revanche, la note mini est très singulière en raison de l'abondance d'une espèce très tolérante aux nutriments (LMUT = *Luticola mutica*). Cette espèce est présente régulièrement dans le secteur du Rhône mais seulement avec quelques individus. L'abondance de cette espèce à cette date à cette station reste inexpliquée à l'heure actuelle.

A l'image des années précédentes, la majorité des notes sont proches de 15 (médiane = 15,3) indiquant une bonne qualité globale. 70% des notes obtenues sont comprises entre 14,5 et 15,5 et 95% entre 14 et 16.

La note IBD moyenne inter station (toutes dates et campagnes confondues) tend à montrer une diminution de la qualité biologique diatomées au niveau de la station rejet, par rapport aux autres stations. L'écart est cependant réduit avec ces dernières et n'excède pas 0,5 points entre la note maximum et minimum sur une moyenne 2015/2019. Cependant en 2019 cette tendance n'est pas observée. Les notes à la station rejet sont systématiquement dans la moyenne de celles obtenues à chaque date. On n'observe aucun fléchissement particulier.

L'évolution inter-dates ou inter-stations de l'IBD au cours de l'année 2019 est très homogène (Figure 64).

Dans tous les cas (à l'exception de l'amont RG en novembre), au cours d'une même campagne, l'écart entre la station la plus faible et la plus forte n'excède pas 1,1 points en avril et en juin. La campagne de septembre apparaît exceptionnellement homogène avec un écart de 0,3 point entre les stations.

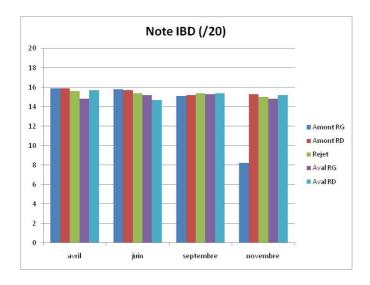
Le fléchissement de la note IBD au rejet en période d'étiage marquée n'est pas visible cette année. Ce résultat est singulier par rapport à la tendance observée depuis plusieurs années.

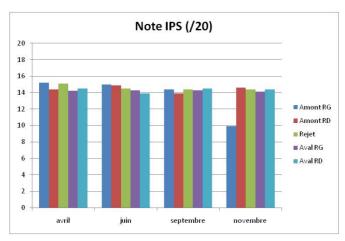
La disparité inter-dates est très faible cette année. La note moyenne la plus élevée est obtenue en avril (15,58). La campagne de novembre possède logiquement la note moyenne la plus faible en raison de la station amont RG (13,7). En excluant cette station, la moyenne est alors de 15,07 en novembre. Malgré des conditions hydrologiques variables encore une fois cette année mais conforment à celles observées depuis le début du suivi, l'écart inter-date est moindre.

En moyenne cette année encore, le secteur aval possède un indice moyen légèrement plus élevé (15,14) qu'à l'amont (14,63), l'écart est encore une fois faible mais plus marqué qu'en 2018. La récurrence de ce phénomène est à souligner.

Hormis le cas particulier de la station amont RG cette année, l'homogénéité de la note IBD dans le Rhône aux environs du CNPE Bugey était déjà soulignée les années précédentes. Ce résultat traduit une qualité de l'eau au sens IBD elle aussi globalement homogène et relativement

indifférente aux fluctuations du milieu ou aux problématiques d'échantillonnages liées au marnage important dans ce secteur.





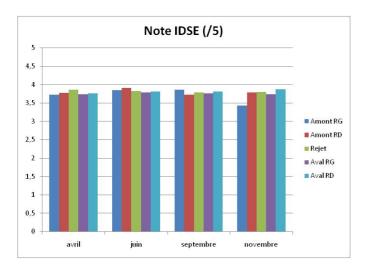


Figure 64: Evolution inter-stations et inter-dates des notes IBD, IPS et IDSE en 2019.

La note IPS moyenne annuelle est de 14,24 soit légèrement inférieure à celle de l'IBD (Figure 64). D'une manière générale, les notes IPS présentent une tendance à être légèrement inférieures à celles de l'IBD, qu'il s'agisse des notes moyennes par saison ou par station. Ce résultat est cohérent avec la tendance naturelle de cet indice à lisser celle de l'IBD et cohérent avec la tendance du secteur depuis le début du suivi.

Cependant à la station amont RG en novembre, l'IPS (9,9) est nettement meilleur que l'IBD (8,2) atténuant un peu la baisse singulière de la qualité de l'eau dans ce secteur à cette date.

A l'image de l'IBD cet année, l'IPS ne montre pas de fléchissement particulier au niveau du rejet.

La note indicielle moyenne de l'IPS 2019 est très proche de celle des années précédentes, confirmant aussi l'absence d'évolution de la qualité d'eau entre les années au sens IPS.

D'une manière générale, on constate que le comportement de l'IPS, en termes d'évolution, est très proche de celui de l'IBD donnant plus de poids aux résultats de ce dernier.

L'indice diatomique saprobie/eutrophisation IDS/E (Leclercq et al., 2008⁷) est élevé, toujours > 3,5 hormis en amont RG en novembre (3,43) (Figure 64). L'indice moyen toutes stations et dates confondues est de 3,78, très proche des années précédentes.

Au sens de l'altération générale, la qualité est quasi exclusivement bonne à une exception, la station amont RG en novembre correspondant à la note minimale cette année. Ce résultat confirme celui des autres indices et un changement de qualité dans ce secteur à cette date.

Au travers de cet indice, l'évolution est très similaire à celles des indices IBD et IPS.

4.4.2.3 Diversité et équitabilité

Note: Ces paramètres permettent de caractériser l'état de complexité de la répartition quantitative des différents taxons à l'intérieur d'un prélèvement (Shannon & Weaver, 1949). L'indice de **diversité H'** décrit l'arrangement des espèces à l'intérieur d'un peuplement donné, tandis que l'**équitabilité J'** exprime le pourcentage d'équilibre de ce même peuplement. H' est fonction de la richesse et de l'équilibre du peuplement (un peuplement donné est plus équilibré s'il possède d'avantage de taxons à forte abondance relative). J' exprime le pourcentage d'équilibre effectivement atteint.

⁷ Leclercq L., Tonneau J. & Rosengarten D., 2008. Le sous-bassin hydrographique de la Vesdre : situation en 2008. *Tribune de l'Eau*, 60 (643-644), 33-58.

En 2019, il existe une certaine disparité de l'indice H' qui est relativement singulier par rapport aux années précédentes (Figure 65). L'indice H' le plus élevé (4,52) est obtenu en aval RG (avril) en relation avec un équilibre des peuplements excellent (= 0,79) et une richesse très élevée (53 taxons). L'indice H' le plus faible (1,36) est obtenu en aval RD en juin du fait d'une richesse faible (22 taxons) et d'un peuplement déséquilibré (J'=0,3).

Au sens de l'indice H', la station rejet ne révèle pas de fléchissement par rapport aux autres stations, A chaque date, l'équilibre des peuplements et la richesse moyenne annuelle sont proches voire supérieurs aux autres stations.

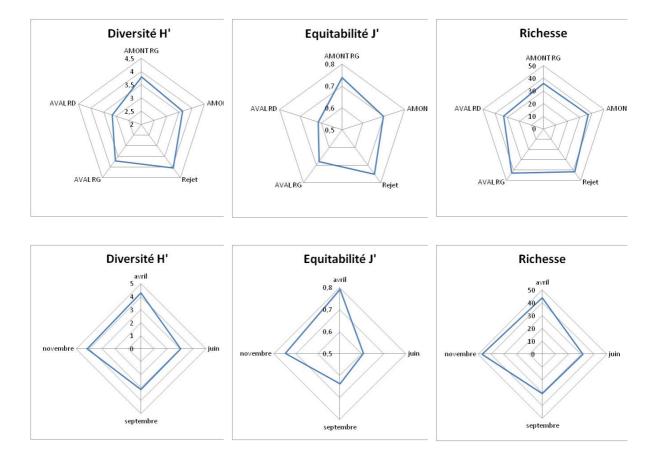


Figure 65 : Evolution moyenne inter-stations et inter-dates des indices de diversité H' et d'équitabilité J' des diatomées en 2019.

En 2019, l'évolution moyenne inter-stations est présente. En moyenne annuelle, l'indice H' est le plus élevé au rejet (4,02) et le plus faible en aval RD (3,15). Cette année la station aval RD apparaît donc le moins équilibré, les autres stations sont très proches pour cet indice.

L'évolution inter-dates montre aussi un écart saisonnier significatif. On observe un maximal atteint en avril (4,31) et novembre (4,13) alors que les campagnes de juin (3,05) et septembre

(3,15) sont nettement plus faibles Cette baisse de la diversité H' est liée à la fois à un peuplement moins équilibré (J') mais aussi et surtout à une baisse de la richesse ; en moyenne de 46,8 taxons en novembre contre 30,8 taxons en septembre. L'évolution inter-dates de l'indice H' est cohérent avec celle de la richesse.

De manière singulière cette année, les valeurs les plus faibles de l'indice H' sont obtenues en juin dans le secteur aval (aval RD et aval RG).

Hormis quelques points particuliers, les résultats de diversité et d'équitabilité sont proches de ceux des années précédentes. Les moyennes annuelles inter-dates ou inter-stations sont toujours supérieures à 3 ; valeurs communément admise pour évaluer la bonne santé d'un peuplement. En moyenne sur l'année le peuplement diatomique apparaît bien diversifié et équilibré dans le secteur d'étude.

4.4.3 Structure des peuplements et écologie des taxons

Rq : Dans l'ensemble de ce paragraphe, l'étoile * associée au code de l'espèce signifie que celle-ci est prise en compte dans le calcul de l'IBD.

4.4.3.1 Abondance et occurrence des taxons

Sur le critère d'abondance, cinq taxons sont considérés dominants ($\geq 5\%$ des individus) :

Code	Espèce	Abondance relative %
CEUG*	Cocconeis euglypta Ehrenberg	19,3
NDIS*	Nitzschia dissipata (Kützing) Grunow ssp.dissipata	15,8
ADMO	Achnanthidium delmontii Peres, Le Cohu et Barthes	10,4
NFON*	Nitzschia fonticola Grunow in Cleve et Möller	7,7
NCTE*	Navicula cryptotenella Lange-Bertalot	5,3

Ces espèces font partie du fond diatomique dominant dans ce secteur du Rhône. Dans ce cadre, le taxon CEUG domine le peuplement avec plus de 19% des taxons récoltés au total cette année. Il s'agit d'un taxon classiquement dominant dans le secteur d'étude depuis le début du suivi. Il est ubiquiste et relativement tolérant aux nutriments. L'année dernière, elle était en forte régression au profil d'ADMO.

Les autres espèces dominantes ont toutes été décrites au moins une fois comme abondante depuis le début du suivi. Certaines sont abondantes quasi-systématiquement (CEUG, NDIS, ADMO, NCTE), d'autres de manière plus ponctuelles (NFON).

ADMO (*Achnanthidium delmontii*) est une espèce que l'on retrouve régulièrement dans le secteur du Rhône à Bugey. Il s'agit d'une espèce invasive récemment décrite mais dont l'écologie reste encore mal connue. Elle était largement dominante en 2018 mais cette

progression est stoppée avec une abondance relative proche de celle de 2017, 2016 et 2015. Son évolution reste à surveiller dans les années à venir.

Au sens des espèces abondantes, il existe au final peu d'évolution du peuplement dominant dans le secteur du Rhône à Bugey depuis le début du suivi.

Parmi les 48 taxons identifiés en 2019, 56 d'entre eux peuvent être considérés comme accidentels sur le critère d'abondance (≤ 2 individus au total toutes stations et campagnes confondues).

Sur le **critère d'occurrence** (>75 % des relevés), **14 taxons** peuvent être considérés comme **dominants** :

Code	Espèce	Occurrence (/20)
CEUG*	Cocconeis euglypta Ehrenberg	20
NDIS*	Nitzschia dissipata (Kützing) Grunow ssp.dissipata	20
ADMO	Achnanthidium delmontii Peres, Le Cohu et Barthes	20
NCTE*	Navicula cryptotenella Lange-Bertalot	20
APED*	Amphora pediculus (Kützing) Grunow	20
NTPT*	Navicula tripunctata (O.F.Müller) Bory	20
NFON*	Nitzschia fonticola Grunow in Cleve et Möller	19
GMIN*	Gomphonema minutum (Ag.) Agardh	19
ADMI*	Achnanthidium minutissimum (Kützing) Czarnecki	19
NANT*	Navicula antonii Lange-Bertalot	19
CLCT*	Caloneis lancettula (Schulz-Danzig) Lange-Bertalot & Witkowski	18
NRCH*	Navicula reichardtiana Lange-Bertalot	17
RABB*	Rhoicosphenia abbreviata (C.Agardh) Lange-Bertalot	16
AMID*	Amphora indistincta Levkov	16

Les espèces les plus fréquentes sont globalement et classiquement les plus abondantes (Tableau 10). Hormis NFON, les cinq espèces les plus abondantes sont présentes dans 100% des relevés. Cette année, 6 espèces sont retrouvées systématiquement dans 100% des relevés.

Les espèces les plus fréquentes en 2019 sont classiquement celles retrouvées depuis le début du suivi hormis CLCT (*Caloneis lacentulla*) et NRCH (*Navicula reicheirdtiana*) dont la fréquence est plus élevée cette année. Ces espèces étaient bien présentes les années précédentes mais moins fréquentes.

Par ailleurs, 22 taxons peuvent être considérés comme « constants », c'est-à-dire retrouvés dans au moins 50% des relevés, 39 taxons considérés comme accessoires (fréquence comprise entre 25 et 50% des relevés), 52 sont présents dans un seul relevé et peuvent donc être considérés comme accidentels.

Tableau 10 : Abondances relatives et occurrences des principales espèces de diatomées en 2019. En gras les espèces dominantes (i.e. > 5%) à une station.

				Abondance	relative %					Occurre	Occurrence							
Code	Espèce	Total	Amont RG	Amont RD	Rejet	Aval RG	Aval RD	Total	Amont RG	Amont RD	Rejet	Aval RG	Aval RD					
CEUG*	Cocconeis euglypta Ehrenberg	19,3	15,8	14,1	17,8	23,1	26,0	20	4	4	4	4	4					
NDIS*	Nitzschia dissipata (Kützing) Grunow ssp.dissipata	15,8	15,2	18,5	15,1	14,0	16,1	20	4	4	4	4	4					
ADMO	Achnanthidium delmontii Peres, Le Cohu et Barthes	10,4	5,6	8,2	13,8	12,6	11,8	20	4	4	4	4	4					
NFON*	Nitzschia fonticola Grunow in Cleve et Möller	7,7	6,6	10,7	5,1	9,6	6,6	19	4	4	4	4	3					
NCTE*	Navicula cryptotenella Lange-Bertalot	5,3	4,6	5,1	7,1	4,5	5,5	20	4	4	4	4	4					
GMIN*	Gomphonema minutum (Ag.) Agardh	3,2	2,7	5,3	3,2	2,8	2,1	19	4	4	3	4	4					
APED*	Amphora pediculus (Kützing) Grunow	3,2	4,7	2,6	4,8	2,2	1,8	20	4	4	4	4	4					
ADMI*	Achnanthidium minutissimum (Kützing) Czarnecki	2,5	4,4	3,2	2,8	1,7	0,6	19	4	3	4	4	4					
NTPT*	Navicula tripunctata (O.F.Müller) Bory	2,3	2,6	2,1	3,3	2,2	1,6	20	4	4	4	4	4					
LMUT*	Luticola mutica (Kützing) D.G. Mann in Round Crawford & Mann	2,0	9,8	0,1	0,0	0,2	0,2	5	2	1	0	1	1					
GOLI*	Gomphonema olivaceum (Hornemann) Brébisson	1,9	2,6	3,2	1,2	1,0	1,7	12	1	3	3	3	2					
CLCT*	Caloneis lancettula (Schulz-Danzig) Lange-Bertalot & Witkowski	1,8	2,5	1,5	1,8	1,2	2,0	18	3	4	4	3	4					
NLAN*	Navicula lanceolata (Agardh) Ehrenberg	1,5	2,0	1,7	0,6	1,4	1,7	7	1	1	1	3	1					
NANT*	Navicula antonii Lange-Bertalot	1,1	1,0	0,8	1,4	1,7	0,6	19	4	3	4	4	4					
GTER*	Gomphonema tergestinum (Grunow in Van Heurck) Schmidt in Schmidt & al.	1,0	1,4	1,5	1,4	0,6	0,2	11	2	2	2	3	2					
DMON*	Diatoma moniliformis (Kützing) Williams ssp.moniliformis	1,0	0,1	2,7	0,0	0,1	2,1	4	1	1	0	1	1					
LVCF*	Luticola ventriconfusa Lange-Bertalot	1,0	1,4	1,2	0,0	1,3	0,9	6	2	1	0	2	1					

^{*} taxons utilisés pour le calcul de l'IBD.

Ce résultat traduit et confirme une certaine constance dans le peuplement du Rhône à Bugey.

La Figure 66 montre que l'abondance de CEUG cette année est en fait très saisonnière, due à la campagne de juin principalement. Cet effet saisonnier est visible aussi pour NDIS en septembre et dans une moindre mesure pour ADMO en septembre. A ce titre cette dernière est quasi absente en avril à l'image des années précédentes et semble confirmer une relation possible avec la température de l'eau.

La surabondance des taxons CEUG et NDIS respectivement en juin et septembre explique le résultat sur la richesse (faible) à ces dates ainsi que les valeurs d'indice (H' et J') d'équilibre des peuplements, elles aussi très faibles.

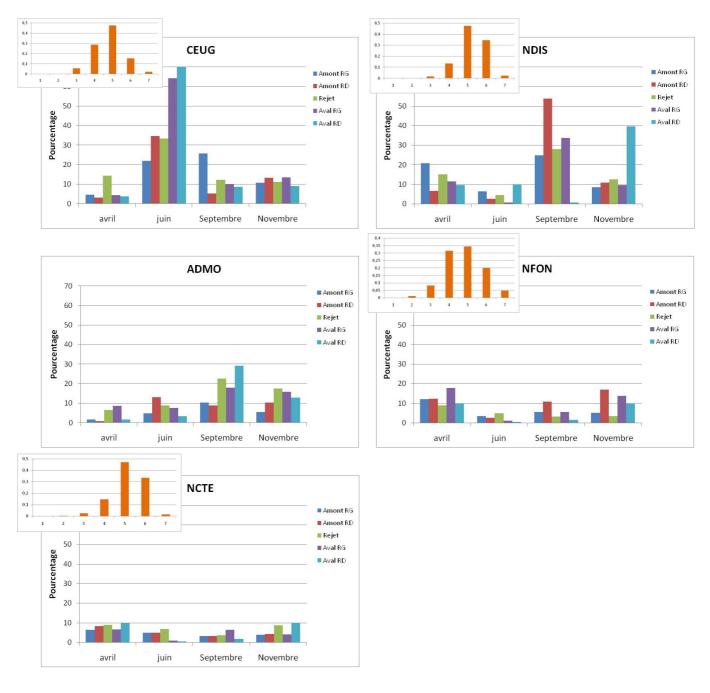


Figure 66 : Evolution inter-dates et inter-stations des espèces dominantes (abondance >5%) et profil écologique au sens de l'IBD (7 classes).

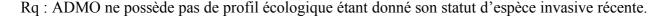
Les conditions hydrologiques de juin (crue les semaines précédentes et coefficient d'hydraulicité mensuel de 1,17) semblent avoir moins influencé CEUG que d'autres espèces. Celle-ci, espèce épiphytique, parait en effet avoir mieux résisté et rapidement recolonisé le milieu, à l'inverse de NDIS et NFON, espèces plutôt épilithiques, qui ont fortement régressé.

Comme depuis le début du suivi, au sein des espèces dominantes, il ne semble pas exister de variations particulières dans l'arrangement du peuplement diatomique entre les stations ; que l'analyse se base sur une comparaison amont/aval, rive gauche/rive droite ou au niveau spécifique du rejet. Des écarts ponctuels sont visibles sans qu'aucune tendance ne se dessine réellement. Ce résultat est conforme aux années précédentes.

Dans le secteur du Rhône à Bugey, les principales variations d'espèces dominantes sont essentiellement saisonnières.

4.4.3.2 Profil écologique des taxons dominants

Le profil écologique (Figure 67) des taxons dominants est très similaire avec un maximum au niveau de la classe 5. On observe cependant un léger décalage de NFON vers la classe inférieure quatre. Le **profil écologique moyen montre une qualité de l'eau globalement satisfaisante** au sens de l'IBD bien que le maximum (classe 7) ne soit pas atteint. La plupart des espèces dominantes sur les critères d'abondance ou d'occurrence ont un profil relativement ubiquiste et cosmopolite des cours d'eau.



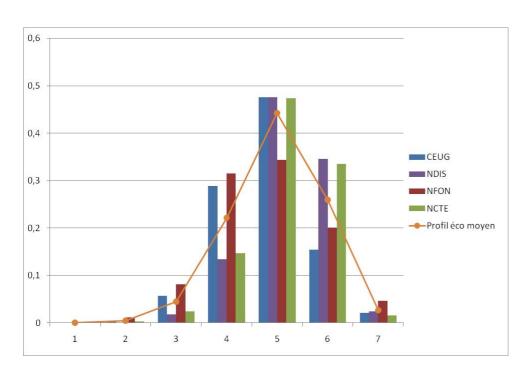


Figure 67 : Profil écologique au sens de l'IBD (classes de qualité croissante) des taxons dominants (i.e. >5%) et profil écologique moyen.

Au sens de la classification de Van Dam et al. (1994)⁸, le profil écologique est très cohérent sur les espèces dominantes. Ainsi généralement celles-ci sont reconnues comme affectionnant des milieux à faible pollution organique (profil plutôt mésosaprobe 2/5) et plus tolérantes aux concentrations en nutriments (profil plutôt eutrophe 5/7). Ce résultat est globalement cohérent avec les résultats physicochimiques.

Les espèces subdominantes (>2%) présentent aussi un profil écologique au sens de Van Dam très similaire et très tolérant aux nutriments confirmant ainsi l'orientation écologique du peuplement diatomique du Rhône à Bugey.

La présence d'espèces au profil écologique plus dégradé concerne principalement le genre *Luticola* cette année dont l'abondance relative est de 2% pour *Luticola mutica* (LMUT) et 1% pour *Luticola ventriconfusa* (LCVF). Ces espèces sont principalement rencontrées en amont RG en novembre et influent nettement sur la note IBD. Il existe un biais significatif de ce point de vue.

Concernant les autres espèces que l'on retrouve habituellement dans notre secteur étude avec ce profil similaire, comme SEAT (anciennement appelé EOMI), NPAL, MPMI ou GPAR, leur abondance reste faible bien qu'elles peuvent être fréquentes (ex GPAR = fréquence de 12/20). Ce résultat est cependant tout à fait cohérent avec les années antérieures. Il existe donc une certaine récurrence de ces espèces dans notre secteur d'étude.

A l'inverse des années précédentes, on n'observe pas d'augmentation significative de ces espèces dans des conditions hydrologiques plus pénalisantes en été (étiage très marqué). De même les espèces SEAT et NPAL ne sont pas significativement plus abondantes à la station rejet cette année.

Le peuplement du Rhône se démarque par la présence peu nombreuse (abondance) mais récurrente (occurrence) d'espèces plus spécifiquement planctoniques (i.e. les diatomées sont très majoritairement benthiques) et caractéristiques des grands cours d'eau. C'est le cas de plusieurs espèces du genre *Cyclotella* ou de MVAR *(Melosira varians)*, ce dernier est présent depuis le début du suivi.

A l'image des années précédentes, les différents inventaires réalisés cette année ne montrent pas de présence particulièrement significative de formes tératogènes. Leur présence est cependant récurrente : quelques individus (toujours inférieur à 10) sur un comptage minimum de 400 individus. Les formes tératogéniques des frustules de diatomées peuvent apparaître sous l'effet de pression anthropiques diverses comme la présence de produits chimiques, de métaux,... L'effet « température » du point rejet n'est pas visible par ce biais.

4.4.4 Conclusion

En 2019, la richesse diatomique globale est de 148 taxons et la richesse unitaire est en moyenne de 38,3 taxons par station. Les peuplements apparaissent globalement bien équilibrés (J') et diversifiés (H') à l'exception cette année du secteur aval en juin. Le niveau de richesse atteint est cohérent avec

⁸ Van Dam H., Mertens A. & Sinkeldam J., 1994. A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology*, 28 (1), 117-133.

celui des années précédentes et la baisse observée depuis le début du suivi est stoppée en 2019, la richesse cette année étant proche de celle 2017.

La note IBD moyenne est de 14,98(/20), la médiane est 15,3(/20). 70% des notes se situent entre 14,5 et 15,5 et 95% entre 14 et 16. La majorité des notes correspond à une bonne qualité d'eau. Les notes IBD moyennes sont comparables à celles des années précédentes dans des conditions hydrologiques variables mais similaires aux années précédentes. Hormis une valeur (amont RG en novembre) très significativement plus faible cette année, il existe une très bonne stabilité de la qualité de l'eau au sens IBD dans les environs du CNPE de Bugey depuis le début du suivi. La baisse de qualité biologique diatomique en amont RG n'est pas expliquée à l'heure actuelle.

L'évolution inter-stations ne fait pas apparaître de gradient amont/aval très significatif, de même l'évolution inter-dates reste dans des gammes de valeurs très faibles. Par ailleurs, la station rejet ne présente pas de fléchissement en période d'étiage cette année.

Les notes de l'IPS présentent une tendance à être légèrement inférieures à celles de l'IBD ce qui est une tendance naturelle de l'IPS.

L'indice IDS/E est élevé (>3,5) et montre une altération globale modérée.

L'évolution inter-dates ou inter-stations des indices IPS et IDS/E est très similaire à celle de l'IBD renforçant les résultats de ce dernier.

Le travail sur les abondances et occurrences montre que la plupart des espèces dominantes sont ubiquistes et cosmopolites. Cette année est dominée par CEUG comme souvent depuis le début du suivi. La cohorte des espèces dominantes à la fois sur le critère d'abondance et d'occurrence en 2019 est très similaire aux années précédentes. L'espèce invasive ADMO est présente, son abondance est proche de celle des années 2015 à 2017. Par ailleurs le fond diatomique du Rhône à Bugey est constitué d'espèces comme NDIS, NCTE, Toutes ces espèces sont ubiquistes dans les cours d'eau français et récurrentes depuis le début du suivi.

Le profil écologique (au sens de l'IBD) des espèces dominantes est homogène et montre une qualité d'eau globalement bonne (classe 5/7). Au regard des caractéristiques autoécologiques de Van Dam et al. (1994) les espèces dominantes et subdominantes (>2%) sont tolérantes aux nutriments et beaucoup moins à la matière organique.

D'une manière générale, l'analyse des peuplements diatomiques du Rhône à Bugey montre une situation très homogène. Cette homogénéité des résultats est à la fois spatiale (entre les stations) et temporelle (depuis le début du suivi). Que l'analyse se base sur les indices ou les espèces dominantes les variations observées restent dans des écarts globalement faibles indépendamment des conditions hydrologiques et/ou d'échantillonnage.

En 2019, malgré un étiage marqué en fin d'été, mais moins long que les années précédentes, il n'existe pas d'impact significatif du rejet sur le peuplement diatomique. Contrairement aux résultats 2018, les analyses ne mettent pas en évidence de plus grande fragilité du peuplement diatomique en aval du rejet dans des conditions plus pénalisantes.

4.5 Macroinvertébrés benthiques

4.5.1 Méthodologie d'échantillonnage de la faune benthique

4.5.1.1 Principes généraux

Dans le cadre du **protocole IBGA**⁹, une station correspond au chenal et à ses deux rives. Par conséquent, les stations physico-chimiques amont RD et RG sont regroupées en une seule et même station amont IBGA. Il en est de même à l'aval. Bien que n'ayant qu'une seule station physico-chimique et diatomées en RD, pour les macroinvertébrés, la station rejet est également considérée comme une station IBGA à part entière et échantillonnée sur les deux rives et l'ensemble du chenal (alors que seul le tiers droit, zone impactée par la veine d'eau réchauffée, était prospecté jusqu'en 2015).

L'**IBGA-DCE** correspond à l'adaptation du protocole RCS aux grands cours d'eau de septembre 2008, rectifié décembre 2009 (protocole RCS GCE)¹⁰. Il reprend la méthodologie IBGN-DCE (norme XP T 90-333), à savoir la réalisation de 3 bocaux, correspondants à 3 types de milieux, chaque bocal regroupant 4 échantillons unitaires :

- Bocal 1 : 4 prélèvements de berge (i.e. zone rivulaire de profondeur ≤ 1 m), correspondants à 4 filets de type Surber (ou filets Haveneau).
- Bocal 2 : 4 prélèvements dans le chenal profond par dragage.
- Bocal 3 : 4 prélèvements dans la zone intermédiaire (i.e. entre 1 et 2 m de profondeur), correspondants aux 4 substrats artificiels. Toutefois, ceux-ci sont dépouillés individuellement dans le cas précis de cette étude afin d'assurer la continuité avec la chronique des données antérieures.

Les prélèvements ont été réalisés selon le protocole RCS GCE précédemment cité (Usseglio-Polatera et al., 2009). A la suite de la description morphologique (voir détails dans le rapport de suivi 2015), un plan d'échantillonnage est établi afin de réaliser les 12 prélèvements élémentaires et les méthodes d'échantillonnage associées pour les 3 combinaisons de 4 couples substrats-vitesses à prélever.

Les **substrats artificiels** sont standardisés, composés de ficelle sisal et de pierres plates enfermés dans une enveloppe de grillage plastique (substrats type IBGA initialement mis au point dans le cadre du suivi hydrobiologique du CNPE de St-Alban), immergés environ un mois au fond du fleuve à proximité des rives, durée moyenne nécessaire à une colonisation optimale des substrats artificiels selon le protocole IBGA. Cette méthode dite méthode **IQBP** (Indice de Qualité Biologique Potentielle de Verneaux et al., 1976¹¹) se substitue à l'IBGN classique en milieu profond tout en utilisant les mêmes grilles de calcul. Elle consiste en la colonisation de places vides que sont les substrats artificiels par la

⁹ AERMC 1997. *Indice Biologique Global Adapté aux grands cours d'eau et rivières profondes (I.B.G.A.). Protocole expérimental*. Rapport Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse, 45 p.

¹⁰ Usseglio-Polatera P., Wasson J.G. & Archaimbault V., 2009. *Protocole expérimental d'échantillonnage des "macroinvertébrés" en cours d'eau profond*. MEDD - Direction de l'Eau. 19 p.

¹¹ Verneaux J., Faessel B. & Malesieux G., 1976. *Note préliminaire à la proposition de nouvelles méthodes de détermination de la qualité des eaux courantes*. Trav. Cent. Hydrobiol. Univ. Besançon et CTGREF.

faune en place ainsi que par celle en dérive. Les substrats artificiels sont posés sur les deux rives (sauf si la zone intermédiaire est inexistante sur l'une des deux, ce qui n'est toutefois pas le cas à Bugey), même si les rives paraissent homogènes. La CPUE de cette technique d'échantillonnage est le substrat artificiel unitaire, tout calcul de densité s'avérant impossible.

Les **dragaes** du chenal sont pratiqués au moyen d'une drague irlandaise triangulaire et/ou d'une drague ronde de type océanique (photo). Un échantillon est réalisé à chaque station. Bien que connaissant le volume de sédiments recueillis lors de chaque dragage, la profondeur théorique de pénétration de la drague et la longueur approximative du trait de drague, une estimation de densité des macroinvertébrés du chenal reste aléatoire et délicate.

Les prélèvements de la zone rivulaire sont effectués au **filet de type surber** (ou au filet Haveneau) standardisé (cadre de 200 x 250 mm), selon la procédure IBGN classique, à savoir l'échantillonnage d'une superficie unitaire de 1/20 m2. Ils sont répartis sur chacune des rives.



Substrat artificiel mixte sisal-pierres type IBGA...



Drague triangulaire et contenu d'un trait de drague.

L'emplacement de l'ensemble des échantillons unitaires est détaillé sur la Figure 51 et positionné individuellement sur une bathymétrie et une photo aérienne géoréférencée (Figures 1, 2, 3, 5, 7). Les emplacements sont similaires aux années précédentes.

Après réalisation de chaque dragage et filet unitaire et retrait de chaque substrat artificiel, les échantillons unitaires sont conservés isolément ou regroupés dans un même bocal (cf précédemment), et fixés à l'alcool à 95° (ou au formol 5% selon sa teneur en matière organique) et ramenés en vue de leur dépouillement au laboratoire. Les opérations de tri et de détermination sont réalisées sous la loupe binoculaire. Les individus sont identifiés selon le niveau systématique requis par le protocole de prélèvement et de traitement des échantillons d'invertébrés (protocole RCS des circulaires DCE 2007/22 et 2008/27 et Guide d'Application GA T90-788 de mars 2015 de la norme XP T90-388¹²), à savoir le Genre (ou à l'espèce pour les genres monospécifiques), excepté pour les Oligochètes et les Diptères (familles ou tribus). Ils sont conservés par la suite dans de l'alcool à 70°. Les déterminations sont réalisées à partir de l'ouvrage systématique de Tachet et al. (2010)¹³, voire d'ouvrages plus

13 Tachet H., Richoux P., Bournaud M. & Usseglio-Polatera P., 2010. *Invertébrés d'eau douce : systématique, biologie, écologie.* CNRS Editions, Paris, 2^{nde} édition, 607 p.

¹² AFNOR, 2010. Norme Française XP T90-388. Qualité de l'eau. Traitement au laboratoire d'échantillons contenant des macroinvertébrés de cours d'eau. AFNOR, Paris, juin 2010.

spécifiques et particuliers permettant des approfondissements systématiques si nécessaire. Une liste faunistique globale est alors établie pour chaque station lors de chaque date en distinguant chacun des bocaux et substrats artificiels. Les données sont exprimées en effectifs vrais avec l'abondance respective de chaque taxon.

Du **point de vue indiciel**, deux calculs sont effectués dans le cadre de l'**indice IBGA-DCE** (indices MGCE au sens du RCS) :

- ➤ un premier calcul est effectué à partir des prélèvements élémentaires de berge et de chenal, en cours d'eau profonds ceux-ci étant considérés comme équivalents aux 8 échantillons élémentaires de la norme IBGN « classique » NF T90-350 de mars 2004, il est appelé Indice Berge + Chenal;
- > un second calcul est réalisé sur l'ensemble des 12 échantillons, il est appelé Indice 12 Prélèvements.

En parallèle à ces indices, l'Indice de Qualité Biologique Potentielle (**IQBP**) est calculé sur les seuls substrats artificiels afin de maintenir la chronique avec les résultats antérieurs à 2015. Son principe est similaire à l'IBGN « classique », mais sur des substrats artificiels, regroupés par deux.

De manière identique aux diatomées, le Rhône est également considéré pour les macroinvertébrés, en tant que masse d'eau comme « Très Très Grands fleuves Alpins » (TTGA) dans le cadre du protocole SEEE et, à ce titre, il ne possède pas de limites de classe de qualité. Il est donc **impossible d'associer les différentes notes indicielles à une classe de qualité**. Il n'est également **pas possible de définir des classes d'état exprimées en EQR**, tel que prescrit par l'arrêté du 27 juillet 2015, n'ayant pas de valeur de référence pour ce type de milieu.

Si une normalisation et accréditation IBG-GCE sont encore à l'état de projet à la date de rédaction de ce rapport, notre laboratoire est toutefois **accrédité COFRAC pour les IBG-DCE** depuis février 2018 (attestation n° 1-6360 du 1er février 2018 et agrément laboratoire du 25 juillet 2018).

4.5.1.2 Echantillonnage 2019

Sur l'ensemble des 72 prélèvements unitaires potentiels (4 substrats artificiels, 1 bocal filets de bordure et 1 bocal dragages pour chaque station à chaque date), trois échantillons sont manquants : les dragages de juin aux stations rejet et aval (perte de la drague) et les substrats artificiels en RD du rejet en septembre (un substrat à sec, l'autre bloqué par la chute d'un arbre). Par ailleurs, les filets de bordure de la station rejet lors de la seconde campagne ont été réalisés plus tardivement (juillet) en raison d'un niveau d'eau trop élevé par rapport aux possibilités d'accès de cette station. Cette campagne a été réalisée en extrême limite des possibilités d'intervention (débit tendanciel 7 jours de plus de 700 m3/s, ce dernier constituant la limite d'intervention pour l'échantillonnage benthique, cf Tableau 11).

Du point de vue **thermique**, le delta T subit par les invertébrés lors de chaque campagne est sensible quelle que soit la date (respectivement 7,1 et 1,5°C au rejet et après mélange lors de nos campagnes d'échantillonnage). Sur l'année, les deltas T moyens sont respectivement de 8,1°C au canal de rejet et

_

de 2,1°C en aval après mélange selon les mesures en continu EDF (pour des maximums respectifs de 9,6 et 6,6°C).

Excepté lors de la dernière date, le marnage (**delta Q** journalier) est également sensible, 150 à 220 m3/s équivalant à une variation de hauteur d'eau de 50 à 80 cm environ. Or, cette hauteur correspond sensiblement à la gamme d'échantillonnage des filets de bordure (< 1m).

Ces conditions hydrologiques et thermiques inhérentes à chaque campagne pourront potentiellement expliquer par la suite certains résultats particuliers.

Tableau 11 : Valeurs hydrologiques et thermiques caractéristiques lors de chaque campagne d'échantillonnage. Valeurs moyennes mesurées lors de la période de trempage des substrats artificiels (Q tendanciel 30 jours, delta Q journalier, deltas T) ou bien lors des 7 derniers jours précédant le retrait des substrats et les prélèvements par filets et dragages. Données hydro et thermiques EDF.

Campagne	Q tendanciel 30 jours (m3/s)	delta Q journalier 30 jours (m3/s)	T amont 30 jours (°C)	delta T rejet 30 jours (°C)	delta T aval mélangé 30 jours (°C)	Q tendanciel 7 jours (m3/s)	T amont 7 jours (°C)
10/04/19	471	220	8,8	7,5	1,4	353	10,1
25/06/19	633	143	16,6	5,9	0,9	772	17,6
12/09/19	399	148	20,3	5,8	1,6	260	19,2
13/11/19	529	50	12,7	9,3	2,2	625	9,7

4.5.2 Analyse des peuplements

Les résultats faunistiques des quatre campagnes de prélèvement sont consignés en annexe (annexe 5.2.6). Les fiches stations IBGA-DCE de chaque couple station x date sont compilées dans le document annexe contenant les rapports d'analyses et les fiches d'essais.

4.5.2.1 Richesses taxonomiques totales

Selon les limites de détermination précisées au paragraphe précédent (ainsi qu'exclusion des microcrustacés pour les calculs de richesse), **83 taxons** ont été échantillonnés en 2019, respectivement 68 à la station amont, 68 également à la station rejet et 53 à la station aval. Parmi ceux-ci, 23 taxons peuvent être considérés comme accidentels sur le critère d'abondance (présents à 1 ou 2 individus au total) et 29 taxons sur le critère d'occurrence (présents dans seulement 1 ou 2 relevés parmi les 69 relevés unitaires 2019).

La Figure 68 ci-dessous situe ce résultat dans la chronique inter-annuelle depuis la mise en œuvre de la méthodologie IBGA-DCE sur le site du Bugey. La richesse totale apparait en décroissance constante depuis 3 années (maximum de 110 unités en 2016). Ceci est toutefois variable selon les stations et selon les techniques d'échantillonnage, mais le constat à la baisse est général en 2019. Concernant les stations, l'écart 2019 par rapport à la valeur la plus élevée s'échelonne de -18 taxons en aval à -26 en amont (-20 taxons au rejet). Cet écart est de -15 taxons pour les dragages à -27 pour

les filets de bordure (-21 pour les substrats artificiels) pour ce qui concerne les techniques d'échantillonnage.

La richesse totale moyenne sur la période 2015-2019 **décroit progressivement de l'amont vers l'aval** (84 taxons à l'amont, 78 au rejet et seulement 65 à l'aval, pour une moyenne générale de 100 taxons). Selon la technique d'échantillonnage, elle est en moyenne supérieure en zone rivulaire (67 taxons pour les filets de bordures) et plus faible dans le chenal (56 taxons pour les dragages). Les **substrats artificiels** déposés en zone intermédiaire, et échantillonnant aussi bien la faune en place que celle en dérive, **sont les plus biogènes**, permettant en moyenne la capture de 87 taxons.

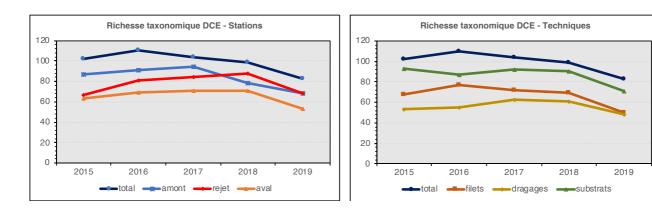


Figure 68 : Evolution inter-annuelle de la richesse DCE selon différents points de vue.

4.5.2.2 Groupes faunistiques

De manière classique, la représentativité des différents **groupes faunistiques** est inversée selon que l'on s'intéresse à la richesse ou à l'abondance : les Trichoptères dominent selon le premier critère (17 taxons), les Crustacés le sont selon le second (71% des individus) (Figure 69 et Figure 70). Les Mollusques viennent ensuite avec 13 taxons, puis les Vers avec 10 taxons pour ce qui est de la richesse. Les Diptères arrivent en seconds avec près de 17% des individus puis les Mollusques et les Vers aux environs de 5% chacun pour ce qui est de l'abondance.

En considérant les deux **métriques écologiques** que sont les insectes EPT d'une part, regroupant les ordres les plus représentatifs de conditions lotiques (i.e. courantes) et des taxons plutôt sensibles, les insectes OCH, d'autre part, plutôt représentatifs de conditions lentiques (i.e. plus faiblement courantes), on constate qu'ils abritent environ la moitié des taxons (25 taxons pour les premiers et 14 pour les seconds, pour un total de 83 taxons), mais seulement cette année 2% des individus (2% pour les EPT et moins de 0,06% pour les OCH), contre encore 15% l'an dernier.

Quelle que soit la **station**, les Trichoptères dominent toujours en richesse (de 11 à 15 taxons), suivis par les Mollusques et les Vers en amont et au rejet, les Mollusques, Diptères et Ephémères en aval (Figure 69). Selon l'abondance, les Crustacés sont dominants (de 59 à 81%) devant les Diptères (de 16 à 20%), les Mollusques viennent ensuite en amont (13%), les Vers au rejet (15%) et les Trichoptères en aval (1,2%...).

Selon la **technique d'échantillonnage**, Trichoptères et Mollusques se partagent la dominance en termes de richesse quelle que soit celle considérée (11 à 15 taxons), accompagnés des Diptères dans les filets (8 unités), des Vers, Mollusques et Ephémères dans les dragages (6 taxons chacun), des Vers, Trichoptères, Coléoptères et Diptères dans les substrats (de 8 à 10 taxons) (Figure 69). Sur le critère d'abondance, les Crustacés représentent de 58 à 71% des individus quelle que soit la technique, complétés par les Diptères dans les filets et les dragages (respectivement 20 et 34%) et du groupement Diptères-Vers-Mollusques dans les substrats (de 6 à 8%) (Figure 70).

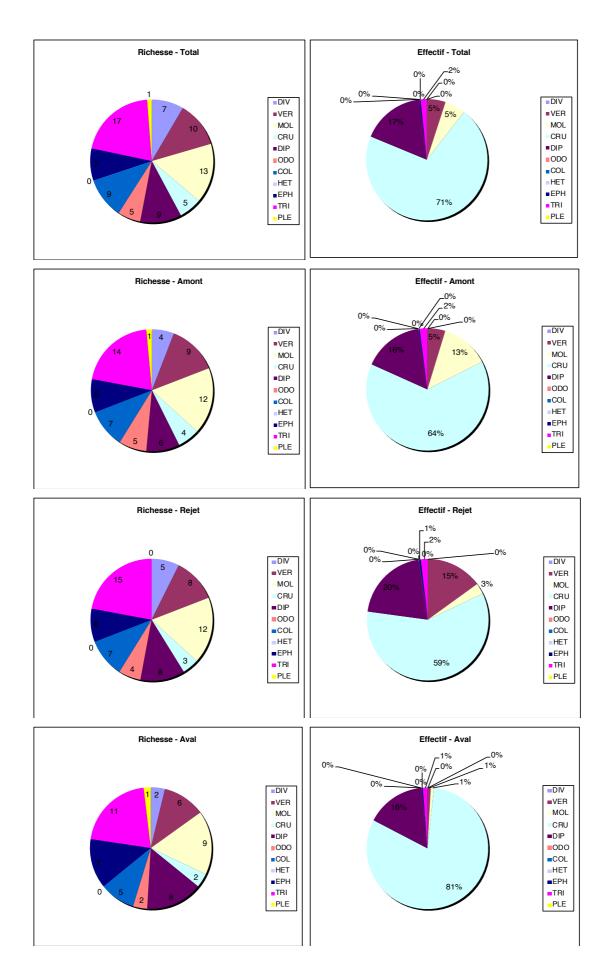


Figure 69 : Répartition des taxons dans les principaux groupes faunistiques selon leur richesse taxonomique et leur abondance sur le total et pour chacune des stations.

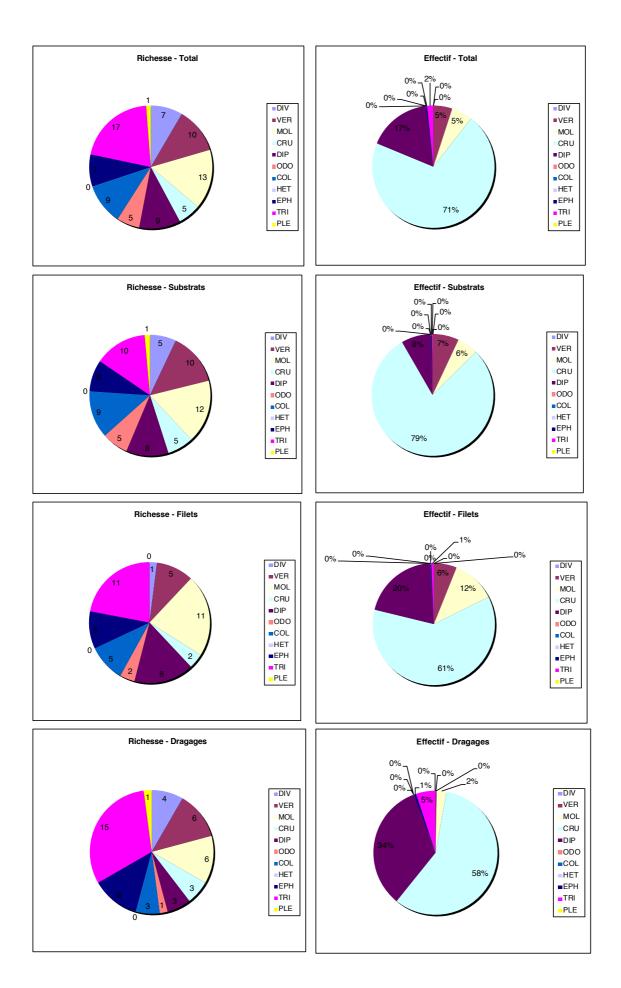


Figure 70 : Répartition des taxons dans les principaux groupes faunistiques selon leur richesse taxonomique et leur abondance sur le total et pour chacune des techniques d'échantillonnage.

4.5.2.3 Taxons représentatifs

Du **point de vue taxonomique**, si seulement **3 taxons sont dominants** sur le critère d'abondance (i.e. avec un effectif total ≥ 5% des individus) ils représentent **87% des individus** (Tableau 13). Par la suite, 4 taxons sont sub-dominants et résidants (i.e. respectivement compris entre 2 et 5% puis 1 et 2%) et 6 sont sub-résidants > 0,1%. Parmi ces principaux taxons, 5 d'entre eux sont exotiques, les Crustacés Jaera istri et Dikerogammarus villosus (dominants 1 et 2) et les Mollusques Potamopyrgus antipodarum et Corbicula fluminea ainsi que le Polychète Hypania invalida. Quelques taxons représentatifs du Rhône restent malgré tout présents parmi ceux-ci tels que le Mollusque Ancylus fluviatilis, l'Ephémère Heptagenia et les Trichoptères Psychomyia et Hydroptila.

Le classement général précédent est également valable quelle que soit la **station**, l'abondance de *Jaera* s'échelonnant de 38% au rejet à 57% en aval à Loyettes (Tableau 13).

Il l'est aussi selon les **techniques** d'échantillonnage pour lesquelles *Jaera* s'échelonne de 39% dans les dragages à 57% dans les substrats artificiels (Tableau 12). A noter le statut de taxons sub-dominants d'*Ancylus* et de *Psychomyia* dans les dragages du chenal, le premier représentant également 8% des individus dans les filets de bordure.

Tableau 12 : Caractéristiques des peuplements d'invertébrés selon le point de vue « technique d'échantillonnage ». Taxons dominants à sub-dominants.

Bugey 2019	Nb échantillons	Effectif	Richesse	Taxons dominants
Total	69	178 622	83	Jaera istri (50,1%)
				Dikerogammarus villosus (20,6%)
				Chironomidae (16,5%)
				Oligochètes (4,6%)
				Potamopyrgus antipodarum (2,8%)
Filets	12	24 837	50	Jaera istri (43,5%)
	bocaux	(13,9%)		Chironomidae (19,9%)
	(48 filets			Dikerogammarus villosus (17,6%)
	unitaires)			Ancylus fluviatilis (7,9%)
				Oligochètes (5,8%)
				Corbicula fluminea (2,5%)
Dragages	10	49 946	48	Jaera istri (38,8%)
	bocaux	(28,0%)		Chironomidae (33,3%)
	(40 dragages			Dikerogammarus villosus (19,1%)
	unitaires)			Psychomyia pusilla (4,2%)
				Ancylus fluviatilis (2,1%)
Substrats	47	103 839	71	Jaera istri (57,2%)
	substrats	(58,1%)		Dikerogammarus villosus (22,0%)
	unitaires			Chironomidae (7,6%)
				Oligochètes (6,4%)
				Potamopyrgus antipodarum (4,5%)

Tableau 13 : Abondances relatives et occurrences des principaux taxons d'invertébrés échantillonnés en 2019, selon le point de vue « station ».

		Abondance	es relatives	s (%)	(Occurrence	S		
Bugey 2019	Totales	amont	rejet	aval	Totales x/69	amont x/24	rejet x/22	aval x/23	
Jaera	50,12	47,87	38,09	57,13	68	24	21	23	
Dikerogammarus	20,56	16,27	21,07	23,79	69	24	22	23	Taxons dominants
Chironomidae	16,45	15,40	20,18	15,69	64	22	22	20	
Oligochètes	4,57	3,98	14,26	0,84	47	18	17	12	
Potamopyrgus	2,79	6,58	1,69	0,22	53	21	18	14	Taxons sub-dominants
Ancylus	1,90	4,76	0,37	0,27	54	22	18	14	
Psychomyia	1,21	1,48	1,40	0,90	22	8	7	7	Taxons résidants
Corbicula	0,53	0,89	0,41	0,30	44	19	15	10	
Hypania	0,36	0,68	0,56	0,02	22	9	10	3	
Hydroptila	0,20	0,16	0,16	0,24	20	7	6	7	Taxons sub-résidants
Simuliidae	0,19	0,39	0,09	0,08	26	9	8	9	
Heptagenia	0,16	0,17	0,16	0,15	27	9	8	10	
Physidae	0,12	0,30	0,07		14	7	7		

Outre l'extrême abondance de *Jaera*, le fait le plus remarquable de cette année est la **quasi-absence des Gammares natifs**, encore présents à plus de 7000 individus au total l'an dernier et pendant très longtemps taxons dominants (près de ¾ des individus certaines années) du Haut-Rhône (Dessaix et al., 1995 ; Souchon et al., 2011), jusqu'à l'arrivée progressive et durable des Crustacés exotiques. A noter également l'absence des Plécoptères Leuctridae, certes peu abondants mais toujours rares représentant de ce groupe sur le Haut-Rhône et taxon à tendance plutôt psychrophile (i.e. d'eau « fraiche »), ainsi que de la crevette *Atyaephyra desmarestii* rencontrée pour la première fois l'an dernier et non retrouvée cette année.

En dehors du constat précédent et des fluctuations inter-annuelles inhérentes à tout écosystème (Cauvy-Fraunié et al., 2020¹⁴), et en dépit d'effectifs variables, voire faibles pour certains, on retrouve toutefois une grande partie du fond faunistique du Haut-Rhône après aménagement tel que décrit par Dessaix et al. (1995)¹⁵ ou Fruget et al. (2015)¹⁶, ou bien plus spécifiquement du secteur de Bugey (Souchon et al., 2011¹⁷), à savoir des espèces potamiques telles que les Trichoptères Hydropyschidae, Goeridae et Glossosomatidae voire *Psychomyia et Hydroptila*, les Ephémères *Heptagenia* et *Potamanthus*, mais aussi *Ephemera* et *Seratella*, ou les Coléoptères Elmidae, le Mollusque *Ancylus*, ce dernier étant également typique des enrochements littoraux, des taxons plus limnophiles comme les Mollusques Planorbidae, *Potamopyrgus* et *Theodoxus*, les Trichoptères Leptoceridae, les Ephémères *Baetis* et *Caenis*, l'Odonate *Calopteryx* et les taxons exotiques « anciens » *Corbicula* et *Dikerogammarus* en particulier.

4.5.2.4 Caractéristiques écologiques

Les taxons dominants et sub-dominants sont globalement identiques à ceux des années précédentes. Les caractéristiques bio-écologiques du Rhône à Bugey selon les principaux **traits bio-écologiques** de Tachet et al. (2010) restent donc stables et similaires d'une année sur l'autre, à savoir :

- Une majorité d'individus sont ubiquistes vis-à-vis du **substrat physique** (chironomes et gammares principalement), avec toutefois une affinité marquée pour des substrats durs, i.e. de granulométrie grossière (Trichoptères Psychomyidae et Hydropsychidae, Ephémères Heptageniidae et Baetidae).
- Une préférence se dessine pour des **vitesses de courant** faibles (Oligochètes, Chironomes) à moyennes (Gammares) avec aux extrêmes des taxons particuliers : *Potamopyrgus antipodarum* contribue pour l'essentiel à la classe de vitesse nulle tandis que l'affinité pour des vitesses rapides est plus particulièrement liée à la présence de taxons rhéophiles typiques du Haut-Rhône tels que le

¹⁴ Cauvy-Fraunié S., Trenkel V.M., Daufresne M., Maire A., Capra H., Olivier J.M., Lobry J., Cazelles B. & Lamouroux N., 2020. Interpretation of interannual variability in long-term aquatic ecological surveys. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, in press.

¹⁵ Dessaix J., Fruget J.F., Olivier J.M. & Beffy J.L. 1995. Changes of the macroinvertebrate communities in the dammed and by-passed sections of the French Upper Rhône after its regulation. *Regulated Rivers*, 10 (2-4): 265-279.

¹⁶ Fruget J.F., Jézéquel C., Archambaud G., Dessaix J. & Roger M.C., 2015. Long-term effects of global and local changes on benthic macroinvertebrate communities in multi-stressed large rivers: the example of the Rhône River during the last 30 years. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 416, 29.

¹⁷ Souchon Y., Roger M.C., Villeneuve B. & Piffady J., 2011. *Rhône amont. CNPE Bugey. Tendances temporelles de l'hydrologie, de la température et des communautés de macroinvertébrés et de poissons au cours des trente dernières années (1980-2009)*. Rapport CEMAGREF Lyon à EDF R&D, 57 p.

Gastéropode *Ancylus fluviatilis*, les Ephémères *Heptagenia* et *Potamanthus*, les diverses familles de Trichoptères Hydropsychidae, Goeridae, Glossosomatidae et Lepidostomatidae.

- Le **régime alimentaire** est à forte proportion détritivore (Gammares), avec toutefois une représentation significative des herbivores liée à l'abondance de *Psychomyia pusilla* (1,2 % des individus au total). Ceci conduit à des **guildes trophiques** dominées par les mangeurs de substrat fin (cf forte abondance des Chironomes et des Oligochètes et présence du Polychète *Hypania invalida*) et les broyeurs (Gammares), complétées de taxons racleurs de particules (*Psychomyia*, *Potamopyrgus*, *Heptagenia*, *Baetis*, en particulier).
- Une majorité d'individus sont eurythermes, quelques taxons ont une tendance plus ou moins prononcée à la **thermophilie** (*Potamopyrgus*, *Dikerogammarus*, Chironomes, mais aussi *Dugesia*, *Theodoxus*, *Ecnomus*), tandis que d'autres présentent une tendance plus psychrophile (*Heptagenia*, par exemple).
- Si une tendance rhithronique (i.e. milieux vifs et courants, assez typique du Haut-Rhône) est marquée dans la **répartition longitudinale** de certains taxons (*Hydropsyche* principalement, mais aussi *Hydroptila*, *Ancylus*, *Heptagenia*, ainsi que divers Plécoptères et Coléoptères Elmidae), la tendance potamique (i.e. milieux type grands cours d'eau et rivières profondes) est dominante pour une majorité d'entre eux.

4.5.2.5 Paramètres descripteurs des communautés

Richesses (Figure 71)

Exceptés les substrats artificiels amont et rejet, la **richesse moyenne** 2019 est assez homogène entre les techniques et les stations. Hormis ces deux valeurs > 30 taxons, plutôt modérées, toutes les autres sont ≤ 20 unités, soit une richesse moyenne plutôt faible.

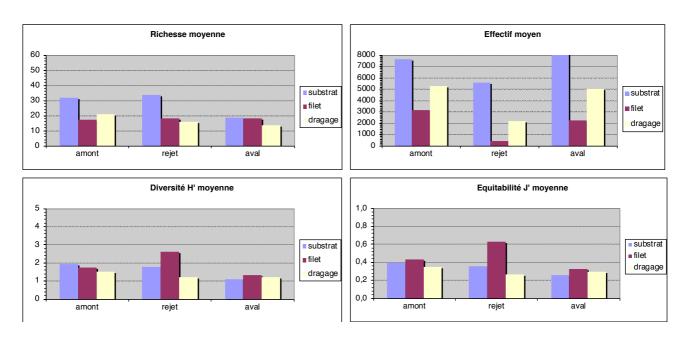


Figure 71 : Comparaison stationnelle des richesses, effectifs, diversités H' et équitabilités J' selon la technique d'échantillonnage (valeurs moyennes annuelles par bocaux des 4 échantillons unitaires regroupés).

Effectifs (Figure 71)

Les substrats artificiels restent comme étant la technique d'échantillonnage la plus productive (8653 individus en moyenne) tandis que la **zone rivulaire** apparait « classiquement » **fortement impactée par les marnages journaliers** liés aux éclusées énergétiques et ainsi peu propice à l'installation durable de peuplements benthiques invertébrés diversifiés et abondants, quelle que soit la station (< 2000 individus en moyenne). L'impact est par ailleurs accentué en rive droite du rejet par la veine d'eau réchauffée (un peu plus de 400 individus en moyenne pour l'ensemble des 4 filets de bordure du rejet). La moyenne des dragages est intermédiaire entre celle des deux techniques précédentes avec 4162 individus

*Indices de diversité H' et d'équitabilité J' (*Figure 71)

Ces deux indices varient de pair. Leurs valeurs 2019 sont globalement basses (H' majoritairement < 2 et = 1,60 en moyenne générale, J' moyen = 0,37), tant au niveau diversité qu'équilibre des peuplements, en lien avec la dominance de quelques taxons dans certains prélèvements qui déséquilibre l'arrangement de ceux-ci, et plus précisément cette année l'écrasante abondance de *Jaera*.

Les valeurs moyennes de diversité H' les plus basses sont enregistrées d'une part à la station aval, où elles sont globalement homogènes entre les trois techniques (de 1,10 à 1,30), d'autre part via les échantillonnages par dragages (de 1,20 à 1,50). L'équitabilité moyenne J' correspondante est de 0,30, tant pour l'aval que pour les dragages, signe de déséquilibres notables.

4.5.2.6 Evolution temporelle

Richesses et effectifs (Figure 72)

Quelle que soit la technique, une différence de **richesse** apparait entre les périodes d'échantillonnage, allant dans un **sens décroissant au cours du temps**, voire entre les deux semestres : -15% pour les filets, du simple au double pour les dragages, -40% pour les substrats. La richesse moyenne est ainsi de 17,7 taxons pour les filets, 20,2 pour les dragages et 28,0 pour les substrats. Elle est similaire entre les trois stations pour les filets, similaire entre amont et rejet et plus faible en aval pour les dragages et les substrats (respectivement de -3 et -15 taxons).

De **nettes différences inter-dates** existent également concernant les **effectifs**, de sens variable selon la technique d'échantillonnage : multipliés par 10 entre avril et novembre pour les filets et par 1,5 pour les substrats, inversement divisés par 2,7 pour les dragages, mais cela de façon non linéaire pour les deux dates intermédiaires. Les substrats abritent en moyenne le plus grand nombre d'individus (8653), soit le double des dragages (4495) qui eux-mêmes abritent deux fois plus d'individus que les filets (2067).

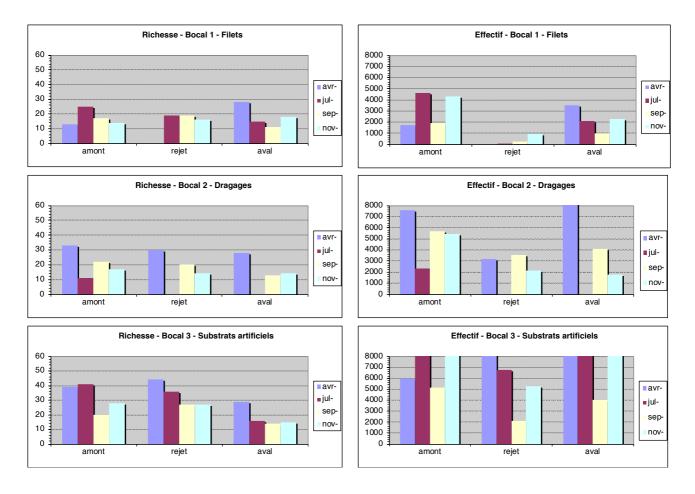


Figure 72 : Comparaison de l'évolution temporelle des richesses et des effectifs des différentes stations selon la technique d'échantillonnage (4 échantillons unitaires regroupés par bocal).

Indices de diversité H' et d'équitabilité J' (Figure 73)

Si les valeurs 2019 des deux indices, tant sous l'angle dates que celui stations, restent de l'ordre des gammes de valeurs des suivis précédents (pour rappel H' majoritairement < 3 et J' voisin de 0,5-0,6 en moyenne), la diversité H' est toutefois particulièrement faible cette année, un seul échantillon individuel dépassant 3. En moyenne, celle-ci est au mieux de 2,24 pour les échantillons filets en juin d'une part, et de 2,63 pour l'ensemble des filets au rejet d'autre part, au pire de 0,96 pour les échantillons dragages en novembre et de 1,11 pour l'ensemble des substrats aval.

Concernant l'équilibre, les meilleures valeurs moyennes sont enregistrées pour les échantillons filets de juin et septembre (0,51) d'une part et l'ensemble des filets du rejets (0,63) d'autre part, par opposition aux faibles valeurs des substrats et dragages de novembre (0,25) et de l'ensemble des substrats aval (0,26).

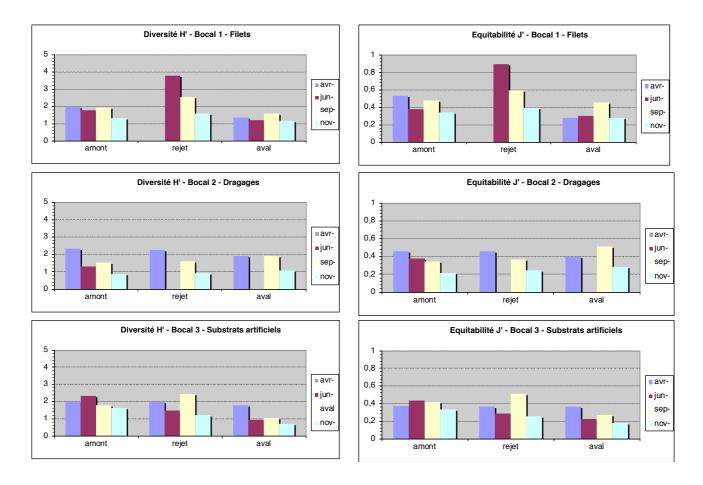


Figure 73 : Comparaison temporelle des diversités H' et des équitabilités J' des différentes stations selon la technique d'échantillonnage (4 échantillons unitaires regroupés par bocal).

4.5.3 Analyse indicielle

4.5.3.1 *IQBP* (substrats artificiels)

Année 2019

Le Tableau 14 résume les résultats issus de l'analyse IQBP des données 2019, paramètres constitutifs d'une part et note indicielle d'autre part. Rappelons que les limites de détermination IQBP correspondent aux limites de l'IBGN classique, à savoir la famille, elles sont donc moindres que celles discutées dans les paragraphes précédents.

De façon identique aux années précédentes, aucun taxon polluo-sensible (i.e. de Groupe Faunistique Indicateur, ou GFI, au moins égal à 7 (tels que des Plécoptères Leuctridae et/ou des Trichoptères Glossosomatidae) n'a été rencontré en nombre individuellement suffisant (i.e. > 3 individus dans un même échantillon) dans les substrats artificiels cette année. Cette sensibilité est au mieux moyenne (8 échantillons /24) et majoritairement mauvaise (13 échantillons /24), en particulier à la station aval où 80% des échantillons sont dans cette catégorie.

Ce résultat, combiné à des richesses IQBP moyennes à médiocres aboutit à des notes indicielles de qualité similaire, excepté une bonne qualité pour les substrats RD amont en avril et, à l'opposé, trois échantillons mauvais (RG amont en novembre, RG aval en septembre et novembre).

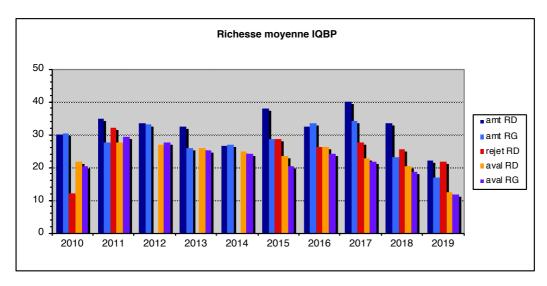
Tableau 14 : Résumé de différents paramètres descripteurs des communautés d'invertébrés au sens de l'IQBP et code couleur de la qualité biologique.

	IQBP Bugey 20	19	Effectif	Richesse totale	Diversité H'	Equitabilité J'	Taxon indicateur	GFI	Note IQBP
amont	avr-	2 Sb RD	3393	26	1.632	0.352	Lepidostomatida	6	13
amont	avr-	2 Sb RG	2559	24	1.802	0.398	Hydroptilidae	5	. 11
amont	juin	2 Sb RD	6921	26	2.337	0.497	Hydropsychidae Hydropsychidae	3	10
amont	juin	2 Sb RG	2694	19	1.826	0.430	Mollusques	2	7
amont	sep-	2 Sb RD	2536	12	1.755	0.489	Mollusques	2	5
amont	sep-	2 Sb RG	2598	16	1.371	0.343	Mollusques	2	6
amont	nov-	2 Sb RD	6706	24	1.631	0.351	Lepidostomatida	6	12
amont	nov-	2 Sb RG	3120	9	1.145	0.361	Mollusques	2	4
rejet	avr-	2 Sb RD	7031	28	1.760	0.366	Hydroptilidae	5	12
rejet	avr-	2 Sb RG	1192	26	2.494	0.537	Heptageniidae	5	12
rejet	juin	2 Sb RD	1419	23	1.721	0.386	Hydropsychidae	3	9
rejet	juin	2 Sb RG	5370	19	1.353	0.319	Mollusques	2	7
rejet	sep-	1 Sb RD	404	15	1.940	0.497	Hydropsychidae	3	7
rejet	sep-	2 Sb RG	1714	14	2.296	0.603	Ephemeridae	6	10
rejet	nov-	2 Sb RD	2827	21	1.120	0.251	Mollusques	2	8
rejet	nov-	2 Sb RG	2424	11	1.095	0.316	Mollusques	2	5
aval	avr-	2 Sb RD	5782	17	1.439	0.352	Heptageniidae	5	10
aval	avr-	2 Sb RG	2328	21	2.047	0.453	Hydroptilidae	5	11
aval	juin	2 Sb RD	12944	11	0.741	0.214	Mollusques	2	5
aval	juin	2 Sb RG	7356	10	1.033	0.311	Mollusques	2	5
aval	sep-	2 Sb RD	2561	10	1.021	0.307	Mollusques	2	5
aval	sep-	2 Sb RG	1443	9	1.067	0.337	Chironomidae	1	3
aval	nov-	2 Sb RD	12148	11	0.607	0.175	Mollusques	2	5
aval	nov-	2 Sb RG	6369	7	0.794	0.283	Pontogammarid	2	4

4.5.3.2 Chronique décennale

Note préalable : seule la rive droite de la station rejet est considérée dans le cadre de cette comparaison, l'échantillonnage de la rive gauche de cette station n'ayant débuté qu'en 2016.

La baisse progressive de richesse enregistrée depuis trois ans se poursuit et s'accentue (Figure 74). En dépit de cela, les tendances antérieures restent de mise, en particulier une richesse supérieure au rejet par rapport à l'aval (+5 taxons en moyenne par rapport à la RD et +7 par rapport à la RG depuis 2015) et une richesse amont supérieure en RD (en moyenne +6 unités systématiques IQBP depuis 2015 et +4 unités sur les 10 dernières années). A l'aval, l'écart moyen entre les deux rives est pratiquement nul sur 10 ans mais de 2 taxons en faveur de la RD depuis 2015.



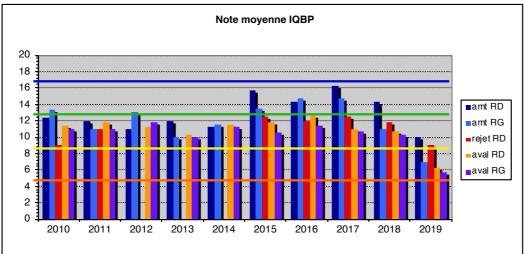


Figure 74 : Evolution décennale inter-stations de la richesse et de la note indicielle IQBP (valeurs moyennes annuelles par stations). Les limites des classes de qualité sont figurées pour la note indicielle.

Les **notes indicielles** sont nettement synonymes d'une qualité biologique moyenne au sens de l'IQBP, et lorsque la classe de qualité supérieure est atteinte, c'est uniquement à l'amont (Figure 74). Exceptée la note moyenne aval RG en 2009, la majorité des notes amont (et toutes depuis 2015) sont supérieures aux notes aval. **Une nette dégradation est toutefois enregistrée cette année** au point que les notes amont RG et aval RD et RG ne sont plus que de qualité médiocre.

Sur les dix dernières années, l'écart amont-aval est de 2 points en considérant la RD amont (près de 4 points à partir de 2015) et de 1 point en considérant la RG (2 points à partir de 2015). A une exception depuis 2015 la note du rejet est meilleure que celles aval alors qu'elle ne l'était pas en début de chronique. Entre les rives d'une même station, si l'écart s'accentue depuis 2015, toujours en faveur des RD : 0,8 point en amont sur 10 ans mais 2 points depuis 2015 ; respectivement 0,3 point puis 0,7 point en aval.

4.5.3.3 Chronique 1980-2019

La chronique de suivi depuis l'origine de celui-ci fait apparaître une tendance générale à l'accroissement de la richesse taxonomique au fil du temps, jusqu'en 2017 (Figure 75). Pour rappel, Souchon et al. (2011) expliquent cette augmentation globale par (i) l'apparition de nouveaux taxons, souvent exotiques (*Sysira*, *Corbicula*, *Dikerogammarus*,...), (ii) l'apport de taxons lénitophiles depuis les retenues amont au fil de l'aménagement du fleuve, (iii) la progression des effectifs de certains taxons rendant leur récolte plus fréquente (*Hydroptila*, *Leuctra*,...).

Sur les dernières années, le creux de l'année 2013, en particulier sur le total et les deux stations amont peut être lié à l'hydrologie particulièrement marquée de cette année-là, tout comme la baisse 2016. L'accroissement des années 2015 et 2017 est essentiellement dû aux plus fortes valeurs de la station amont RD, mais celle-ci s'effondre ces deux dernières années comme l'ensemble des stations et le total (Figure 75). En dépit de quelques petits rebonds (RD en 2016, RG en 2017), les deux **stations aval** chutent de façon continue depuis 2015, les **valeurs 2019 étant divisées par 2 par rapport à celles 2014**. Elles reviennent ainsi aux valeurs basses des années 1990 pour la RG et des années 1980 pour la RD.

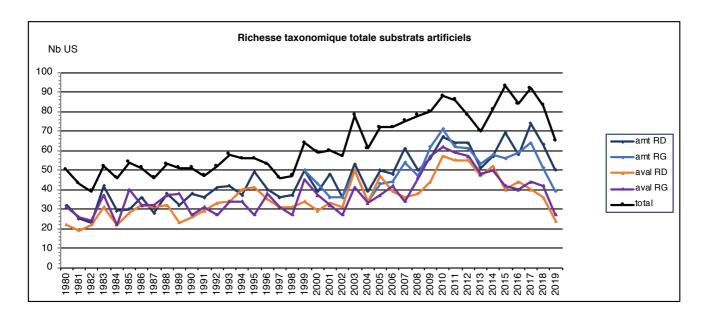


Figure 75 : Evolution de la richesse taxonomique totale annuelle des substrats artificiels depuis le début de la chronique de suivi.

Si cette dernière chute concernait l'ensemble des stations, le changement de type de substrat artificiel (type Verneaux – CEMAGREF vs type IBGA - Agence de l'Eau) pratiqué à partir de 2015 afin de satisfaire à la méthode DCE, pourrait être incriminé. Toutefois, la chute aux stations aval apparait engagée depuis 2011 et, à l'inverse, une hausse a d'abord été constatée aux stations amont. Par ailleurs, la tendance régulière à l'augmentation de la richesse générale reste marquée même si elle s'atténue fortement (63 taxons en moyenne annuellement depuis 1980, 82 sur la dernière décennie, 83 depuis

2015). Hormis le changement de type de substrat, ceux-ci sont posés strictement aux mêmes endroits, il reste difficile d'apporter une explication définitive et satisfaisante.

4.5.3.4 *IBGA-DCE*

Pour rappel, il n'existe pas de limites de classes de qualité ni de valeur de référence pour le type de masse d'eau auquel appartient le Rhône (TTGA). Une libre adaptation sera faite par la suite à partir de l'IBGA « classique », mais celle-ci n'a aucune valeur « officielle ». Rappelons également que les limites de détermination IBGA sont ramenées au niveau de la famille, donc moindres que celles discutées dans les paragraphes précédents. Les résultats sont synthétisés dans le Tableau 15.

Exceptés deux échantillons dépassant les 30 taxons, les richesses des bocaux 1+2 (filets+dragages, i.e. berges+chenal) sont en majorité moyennes, voire médiocres pour trois d'entre elles. En dépit de la baisse générale de richesse mentionnée à plusieurs reprises précédemment, les richesses 12 prélèvements (filets+dragages+substrats, i.e. berges+chenal+zone intermédiaire) sont élevées aux stations amont et rejet, voire très élevée pour la valeur de la station aval en avril. Toutefois, à cette dernière station, elles ne sont par la suite que moyennes lors des trois autres dates, témoignant d'une dégradation progressive de cette station au fil de l'année.

Le GFI est sensiblement identique entre l'échantillon F+D et celui 12 prélèvements, correspondant pour moitié à la classe 7 (/9), celle-ci intégrant des taxons plus polluo-sensibles tels que les Trichoptères Glossosomatidae et Goeridae qui atteignent un minima de 3 individus.

La combinaison des deux informations précédentes aboutit à des notes indicielles synonymes d'un **bon potentiel biologique pour la station amont quelle que soit la date**, lors de trois dates sur 4 au rejet et **uniquement lors de la première campagne en aval** lorsqu'on considère l'ensemble des échantillons (i.e. 12 prélèvements). La robustesse de ces résultats apparaît bonne, la perte porte sur un point indiciel, les Glossossomatidae n'étant pas en nombre suffisant pour palier à la suppression des Goeridae, le taxon indicateur devient alors les Hydroptilidae (station amont), mais la qualité biologique donnée par cette note reste la même. Le bon potentiel est également toujours atteint à l'amont en ne considérant que les échantillons F+D et 2 fois sur 4 au rejet. Par contre, la robustesse déclasse souvent la qualité au niveau inférieur, passant de bonne à moyenne.

Le Tableau 16 présente la contribution de chacune des méthodes à la qualité biologique globale et leur complémentarité :

- La combinaison rive+chenal (i.e. filets+dragages F+D) apparait toujours plus biogène que la zone intermédiaire échantillonnée par les substrats artificiels (IQBP), en moyenne de près de 3 taxons et de 3 points indiciels, ceci étant particulièrement sensible à la station aval (+7 taxons, +5,5 points).
- La contribution F+D à la méthode DCE permet le gain moyen de 12 taxons (passage de la richesse de 19,3 à 31,3) et 5,5 points d'indice (passage de la note de 8,8 à 14,3), tandis, qu'inversement, l'apport de l'IQBP permet le gain de 8 taxons (de 22,9 à 31,3) et 2,5 points (de 11,8 à 14,3) en moyenne.

Tableau 15 : Résumé de différents paramètres descripteurs des communautés d'invertébrés au sens de l'IBGA-DCE. Le code couleur de la qualité biologique est adapté de l'IBGA « classique ».

MGC	CE F+D Bugey 2	2019	Effectif	Richesse totale	Diversité H'	Equitabilité J'	Taxon indicateur	GFI	Note indicielle
amont	avr-	F+D	9324	26	2.406	0.512	Goeridae	7	14
amont	juin	F+D	6948	22	1.689	0.379	Glossosomatida	7	13
amont	sep-	F+D	7593	22	1.808	0.405	Glossosomatida	7	13
amont	nov-	F+D	9724	22	1.134	0.254	Goeridae	7	13
rejet	avr-	F+D	5263	33	2.159	0.428	Hydroptilidae	5	14
rejet	juin	F+D	46	16	3.585	0.896	Mollusques	2	6
rejet	sep-	F+D	3791	28	1.814	0.377	Hydroptilidae	5	12
rejet	nov-	F+D	3075	22	1.322	0.296	Goeridae	7	13
aval	avr-	F+D	17791	35	1.920	0.374	Goeridae	7	16
aval	juin F+D		2100	14	1.180			2	6
aval	sep-	F+D	5057	14	1.959	0.515	Goeridae	7	11
aval	nov-	F+D	4044	21	1.144	0.261	Potamanthidae	5	11

MGCE	: 12 prél. Buge	y 2019	Effectif	Richesse totale	Diversité H'	Equitabilité J'	Taxon indicateur	GFI	Note indicielle
amont			15280	38	2.372	0.452	Goeridae	7	17
amont	juin	total 12	16566	35	2.297	0.451	Glossosomatida	7	16
amont	sep-	total 12	12733	32	1.966	0.397	Glossosomatida	7	15
amont	nov-	total 12	19550	33	1.466	0.288	Glossosomatida	7	16
rejet	avr-	total 12	13494	40	2.364	0.444	Lepidostomatida	6	16
rejet	juin	total 12	6836	31	1.516	0.309	Leptoceridae	4	12
rejet	sep-	total 12	5912	33	2.227	0.438	Ephemeridae	6	15
rejet	nov-	total 12	8326	32	1.323	0.262	Goeridae	7	15
aval	avr-	total 12	25902	41	1.994	0.375	Goeridae	7	18
aval	juin total 12		22401	19	0.971	0.233 Hydropsychida		3	8
aval	sep-	total 12	9061	19	1.721	0.405	Goeridae	7	12
aval	aval nov- total 12		22561	22	0.783	0.176	Potamanthidae	5	11

Tableau 16 : Valeurs moyennes par stations de la note indicielle et de la richesse taxonomique des différentes composantes de la méthode DCE.

Note	IQBP*	F+D	12 prlvts
amont	10,3	13,3	16,0
rejet	9,8	11,3	14,5
aval	6,5	11,0	12,3
moyenne	8,8	11,8	14,3

Richesse	IQBP*	F+D	12 prlvts
amont	23,0	23,0	34,5
rejet	21,8	24,8	34,0
aval	13,3	21,0	25,3
moyenne	19,3	22,9	31,3

^{*} Prise en compte du couple de substrats artificiels le plus biogène.

4.5.4 Discussion – Conclusions

L'étude IBGA-DCE 2019 de la macrofaune benthique du Rhône aux environs du CNPE du Bugey a permis d'échantillonner 83 taxons (aux limites systématiques de la méthode, à savoir *a maxima* le Genre), soit 68 taxons en amont (Saint-Vulbas) ainsi qu'au rejet et 53 taxons en aval (Loyettes). Les substrats artificiels déposés en zone intermédiaire sont toujours la technique d'échantillonnage permettant la capture du plus grand nombre de taxons (71) par opposition aux dragages du chenal (48 taxons) et aux filets littoraux (50 taxons).

La richesse totale apparait en **décroissance constante depuis 3 années** (maximum de 110 unités en 2016). Ceci est toutefois variable selon les stations et selon les techniques d'échantillonnage, mais le constat à la baisse est malgré tout général en 2019 (**perte d'une vingtaine de taxons en moyenne** tant pour les stations que pour les techniques).

Sur la période 2015-2019, la richesse totale moyenne décroit progressivement de l'amont vers l'aval (84 taxons à l'amont, 78 au rejet et seulement 65 à l'aval, pour une moyenne générale de 100 taxons). Selon la technique d'échantillonnage, elle est en moyenne supérieure en zone rivulaire (67 taxons pour les filets de bordures) et plus faible dans le chenal (56 taxons pour les dragages). Les substrats artificiels déposés en zone intermédiaire, et échantillonnant aussi bien la faune en place que celle en dérive, sont les plus biogènes, permettant en moyenne la capture de 87 taxons.

Outre la chute accélérée de la richesse, ces dernières années sont également marquée du point de vue taxonomique par l'explosion du Crustacé exotique Jaera istri, apparu en 2017 et abritant cette année la moitié des individus, tandis que les Gammares natifs ont totalement disparu. De manière similaire aux années précédentes, quelques taxons concentrent une majorité d'individus, Jaera, Dikerogammarus et les Chironomes représentent ainsi en 2019 87% de l'abondance totale. Parmi les 13 taxons sub-résidants > 0,1% à dominants, 5 d'entre eux sont exotiques (2 Crustacés, 2 Mollusques et 1 Polychète), soit près de 75% des individus. Quelques taxons représentatifs du Rhône restent malgré tout présents parmi ceux-ci tels que le Mollusque Ancylus, l'Ephémère Heptagenia, les Trichoptères Psychomyia et Hydroptila.

Les substrats artificiels, technique d'échantillonnage utilisée depuis les origines du suivi, en dépit d'un changement de type de substrat à partir de 2015 afin de satisfaire à la méthode DCE (multiplaques Verneaux vs sisal-pierres IBGA) permettent d'appréhender l'évolution temporelle long terme. Si la richesse taxonomique totale IQBP (niveau d'identification systématique à la famille) montre une tendance constante à l'accroissement au long de la chronique de suivi depuis 1980 (maximums de 92 et 93 taxons en 2017 et 2015), elle se stabilise progressivement sur les dernières années : 63,2 taxons en moyenne 1980-2019, puis 75,6 sur 2000-2019, 82,0 sur les 10 dernières années et 83,4 sur 2015-2019. A l'échelle stationnelle, seule la station amont RD présente une tendance régulière à la hausse tandis que la RG et les deux stations aval enregistrent une baisse depuis plusieurs années (moyennes respectives 2015-2019 de 36,8 et 39 taxons en aval RD et RG contre 45,0 et 47,1 pour la chronique décennale). Il apparait tentant d'incriminer le changement de type de substrat artificiel pratiqué à partir de 2015, or, si la chute aux stations aval s'accentue depuis cette date, la tendance apparait engagée depuis 2011 et aucune tendance à la baisse n'est notée de façon systématique en amont. Par ailleurs, la tendance régulière à l'augmentation de la richesse générale reste bien marquée. Hormis le changement de type de substrat, ceux-ci sont posés strictement aux mêmes endroits, il est donc difficile d'apporter une explication définitive et satisfaisante.

En termes de **qualité biologique DCE**, le bon potentiel biologique est atteint pour la station amont quelle que soit la date, lors de trois dates sur 4 au rejet et uniquement lors de la première campagne en aval lorsqu'on considère l'ensemble des échantillons (i.e. 12 prélèvements). Le bon potentiel est également toujours atteint à l'amont en ne considérant que les échantillons F+D et 2 fois sur 4 au rejet.

D'un **point de vue méthodologique**, la comparaison de la méthode originelle (substrats artificiels et calcul de l'IQBP) et de la méthode DCE permet de mettre en évidence l'apport des différents compartiments (dérive pour les substrats, zone rivulaire pour les filets, chenal pour les dragages) et leur **complémentarité**. La combinaison rive+chenal (i.e. filets+dragages F+D) apparait toujours plus biogène que la zone intermédiaire échantillonnée par les substrats artificiels (IQBP), en moyenne de près de 3 taxons et de 3 points indiciels, ceci étant particulièrement sensible à la station aval (+7 taxons, +5,5 points). La contribution F+D à la méthode DCE permet le gain moyen de 12 taxons et 5,5 points d'indice, tandis, qu'inversement, l'apport de l'IQBP permet le gain de 8 taxons et 2,5 points en moyenne.

Du point de vue stationnel, la disparité (baisse) amont-aval reste présente au fil des années, tant en termes de richesse que de qualité indicielle. Si il apparait difficile de trancher dans des milieux à stress multiples comme le Rhône aménagé, le fait que la combinaison F+D soit d'autant plus biogène à la station aval par rapport aux substrats artificiels IQBP met bien en évidence l'existence de conditions hydrauliques particulièrement discriminantes à cette station, en particulier avec le violent courant le long de la digue d'enrochements RG, voire thermiques nos mesures physico-chimiques mensuelles montrant un échauffement résiduel moyen de près de 3°C entre l'amont et l'aval RD ainsi qu'une température moyenne 2,5°C plus élevée entre cette dernière et la rive opposée. Cela se traduit par les résultats suivants :

- Au niveau DCE (détermination au genre) pour l'année 2019 : 68 taxons à l'amont vs 53 à l'aval en 2019 (84 vs 65 sur 2015-2019) et richesse DCE par bocal unitaire sensiblement voisine pour F et D mais 32 vs 18,5 pour les SA. Par contre, l'effectif moyen est inversé 7631 vs 12732 individus.

-Au niveau IQBP (SA seuls, détermination à la famille) pour l'année 2019 : meilleurs résultats à l'amont 22-17 taxons RD-RG vs 12,3-11,8 et 10,0-7,0 de note indicielle vs 6,3-5,8, mais le delta entre les rives est plus marqué 5 taxons et 3,0 points vs 1,6 et 0,7.

- Au niveau IQBP (SA seuls, détermination à la famille) sur la chronique 2015-2019 : meilleurs résultats à l'amont 33-27 taxons RD-RG vs 21-19 et 14,1-12,1 de note indicielle vs 10,4-9,6, et delta entre les rives également plus marqué 6,2 taxons et 2,0 points vs 0,5 et 0,5.

Toutefois, il faut garder à l'esprit que dans un milieu aménagé et soumis à de nombreux stress anthropiques comme le Rhône (aménagement physique, éclusées énergétiques, rejets thermiques, opérations régulières de chasse des sédiments, etc.), (i) les influences sont multifactorielles et agissent en synergie et (ii) les fluctuations inter-annuelles inhérentes à tout écosystème sont d'autant plus exacerbées.

4.6 Conclusion pour la partie physicochimie, diatomées et macroinvertébrés benthiques

L'influence du fonctionnement du CNPE du Bugey reste principalement notable au travers du réchauffement engendré en rive droite à l'aval immédiat du site, un échauffement résiduel étant toujours présent à Loyettes en dépit des phénomènes de mélange et de dilution en cours. Le fonctionnement et la qualité physico-chimique de l'eau n'apparaissent toutefois aucunement altérés par cet échauffement.

Du point de vue biologique, l'analyse des peuplements diatomiques du Rhône à Bugey montre une situation très homogène. Cette homogénéité est à la fois spatiale (i.e. entre les stations) et temporelle (i.e. depuis le début du suivi de ce descripteur en 2015). Les variations observées restent dans des écarts globalement faibles, indépendamment des conditions hydrologiques et/ou d'échantillonnage, aussi bien vis-à-vis des indices que des espèces dominantes. Aucun impact significatif du rejet n'est mis en évidence sur le peuplement diatomique et les analyses ne mettent pas en évidence de plus grande fragilité de ce compartiment et/ou la présence de certaines espèces polluotolérantes dans des conditions plus pénalisantes. L'étiage marqué en fin d'été, toutefois moins long que les années précédentes, semble avoir été contre balancé par la bonne hydrologie générale de l'année.

La situation est plus contrastée pour les macroinvertébrés pour lesquels la disparité amont-aval reste présente au fil des années via l'échantillonnage par substrats artificiels, tant en termes de richesse que d'effectif ou de note indicielle. En dehors de cette situation, récurrente, l'année 2019 est principalement marquée pour ce descripteur par une chute générale de richesse taxonomique atteignant près de 20 unités tant pour les stations que pour les techniques

d'échantillonnage. Il apparait toutefois difficile de trancher et d'apporter une explication définitive et satisfaisante, les influences étant multiples (thermie en RD, conditions hydrodynamiques en RG pour ce qui est de la station aval) et agissant en synergie dans ce type de milieu aménagé et soumis à de multiples stress anthropiques (aménagement physique, éclusées énergétiques, rejets thermiques, etc.). A cela s'ajoute la part de plus en plus grandissante des taxons invasifs qui représentent cette année 75% des individus.

D'un point de vue méthodologique, le protocole IBGA-DCE prend en compte la contribution des différents compartiments transversaux du fleuve à la qualité biologique globale des secteurs étudiés grâce à l'utilisation de techniques d'échantillonnage spécifiques à chacun d'entre eux, confirmant la complémentarité de celles-ci.

5 ANNEXES

5.1 Annexes suivi ichtyologique

5.1.1 Liste des espèces potentielles

Tableau 17 : liste des espèces potentielles (nom scientifique et nom commun) et code de l'espèce (classement par ordre alphabétique du code de l'espèce) de poissons, de lamproies et d'écrevisses.

Espèces	Nom commun	code	Espèces	Nom commun	code
Leucaspius delineatus	Able de Heckel	ABH	Pungitius pungitius	Epinochette	EPT
Alburnus alburnus	Ablette	ABL	Rutilus rutilus	Gardon	GAR
Alosa alosa	Grande alose	ALA	Gobio gobio	Goujon	GOU
Alosa fallax rhodanensis	Alose feinte du Rhône	ALR	Gymnocephalus cernuus	Grémille	GRE
Anguilla anguilla	Anguille	ANG	Chondrostoma nasus	Hotu	HOT
Austropotamobius pallipes	Ecrevisse à pieds blancs	APP	Leuciscus idus	lde mélanote	IDE
Zingel asper	Apron	APR	Misgurnus fossilis	Loche d'étang	LOE
Austropotamobius torrentium	Ecrevisse des torrents	APT	Barbatula barbatula	Loche franche	LOF
Astacus astacus	Ecrevisse à pattes rouges	ASA	Cobitis taenia	Loche de rivière	LOR
Astacus leptodactylus	Ecrevisse à pattes grêles	ASL	Lota lota	Lote de rivière	LOT
Aspius aspius	Aspe	ASP	Petromyzon marinus	Lamproie marine	LPM
Barbus barbus	Barbeau commun	BAF	Lampetra planeri	Lamproie de planer	LPP
Barbus meridionalis	Barbeau méridional	BAM	Lampetra fluviatilis	Lamproie de rivière	LPR
Micropterus salmoides	Black bass à grande bouche	BBG	Salvelinus alpinus	Omble chevalier	OBL
Salaria fluviatilis	Blennie fluviatile	BLE	Thymallus thymallus	ombre commun	OBR
Leuciscus souffia	Blageon	BLN	Orconectes limosus	Ecrevisse américaine	OCL
Rhodeus sericeus	Bouvière	BOU	Procambarus clarkii	Ecrevisse rouge de Louisiane	PCC
Blicca bjoerkna	Brème bordelière	BRB	Ameiurus melas	Poisson chat	PCH
Abramis brama	Brème commune	BRE	Perca fluviatilis	Perche commune	PER
Esox lucius	Brochet	BRO	Lepomis gibbosus	Perche soleil	PES
Carassius auratus	Carassin doré	CAA	Pacifastacus leniusculus	Ecrevisse du Pacifique (ou signal)	PFL
Carassius gibelio	Carassin gibelio	CAG	Pseudorasbora parva	Pseudorasbora	PSR
Hypophthalmichthys molitrix	Carpe argentée	CAR	Scardinius erythrophthalmus	Rotengle	ROT
Carassius carassius	Carassin commun	CAS	Sander lucioperca	Sandre	SAN
Cyprinus carpio	Carpe commune	CCO	Salvelinus fontinalis	Saumon de fontaine	SDF
Cyprinus carpio	Carpe cuir	CCU	Silurus glanis	Silure	SIL
Ambloplites rupestris	Crapet de roche	CDR	Alburnoides bipunctatus	Spirlin	SPI
Hypophthalmichthys nobilis	Carpe à grosse tête	CGT	Oncorhynchus mykiss	Truite arc-en-ciel	TAC
Cottus gobio	Chabot	CHA	Tinca tinca	Tanche	TAN
Leuciscus cephalus	Chevaine	CHE	Chondrostoma toxostoma	Toxostome	TOX
Cyprinus carpio	Carpe miroir	CMI	Salmo trutta fario	Truite commune	TRF
Coregonus lavaretus	Lavaret	COR	Salmo trutta lacustris	Truite de lac	TRL
Ctenopharyngodon idella	Carpe amour blanc	СТІ	Phoxinus phoxinus	Vairon	VAI
Cyprinidae sp.	Cyprinidae indéterminés	CYP	Leuciscus leuciscus	Vandoise	VAN
Gasterosteus aculeatus	Epinoche	EPI			

5.1.2 Tableau récapitulatif des différentes classes de taille et des relations taille-poids pour certaines espèces

Tableau 18 : Liste des espèces avec les coefficients de la relation Masse ~ Taille et les limites de tailles des individus pour leur répartition dans les deux taxons : Petits et Grands.

			Masse (g) =	A*Taille(m	m) ^B	Limites Petits	- Grands
Code espèce	Nom scientifique	Nom vernaculaire	A	В	Qualité	Limite1	Limite2
ABL	Alburnus alburnus (L. 1758)	Ablette	1,2928E-05	2,8758	2	80	120
ANG	Anguilla anguilla (L. 1758)	Anguille	1,5091E-06	3,0164	4	410	10000
BAF	Barbus barbus (L. 1758)	Barbeau fluviatile	1,2335E-05	2,9256	2	90	220
	Salariafluviatilis (Asso, 1801)	Blennie fluviatile					
	Leuciscus (telestes) souffia (Risso 1826)	Blageon	1,1780E-05	2,9246	3	80	10000
BOU	Rhodeus sericeus (Bloch 1782)	Bouvière	2,8139E-03	1,7193	4		
BRB	Blicca bjoerkna (L. 1758)	Brème bordelière	1,4923E-05	2,9210	3	90	220
BRO	Esox lucius (L. 1758)	Brochet	2,9642E-06	3,1263	1		
CAS	Carassius auratus (L. 1758)	Carassin	3,7192E-05	2,8373	4		
CHA	Cottus gobio (L. 1758)	Chabot	4,5097E-05	2,6880	4		
CHE	Leuciscus cephalus (L. 1758)	Chevaine	5,5979E-06	3,1197	2	80	170
CMI-CCO-CCU	Cyprinus carpio	Carpe miroir / com.	1,5767E-05	3,0136	4		
EPI	Gasterosteus aculeatus (L. 1758)	Epinoche	1,3570E-02	1,2945	4		
GAR	Rutilus rutilus (L. 1758)	Gardon	4,2242E-06	3,1872	2	60	110
GOU	Gobio gobio (L. 1758)	Goujon	3,5539E-05	2,7016	1	100	10000
GRE	Gymnocephalus cernua	Grémille					
HOT	Chondrostoma nasus (L. 1758)	Hotu	5,9591E-06	3,0798	1	80	190
LOF	Barbatula barbatula (L. 1758)	Loche	9,0863E-04	1,9166	4	60	10000
LPP	Lampetra planeri (Bloch 1784)	Lamproie de planer					
LOT	Lota lota (L. 1758)	Lotte	5,3952E-06	3,0644	4		
OBR	Thymallus thymallus (L. 1758)	Ombre commun	6,3247E-06	3,0706	2		
PCH	Ictalurus melas	Poisson chat	6,3010E-06	3,1479	1		
PER	Perca fluviatilis (L. 1758)	Perche fluviatile	4,5335E-06	3,1882	1	100	10000
PES	Lepomis gibbosus (L. 1758)	Perche soleil	7,5814E-06	3,2156	2	80	10000
PSR	Pseudorasbora parva	Pseudorasbora	2,9588E-04	2,2244	4		
ROT	Scardinius erythrophtalmus (L. 1758)	Rotengle	5,4525E-06	3,1488	3		
SAN	Lucioperca lucioperca	Sandre	1,2941E-05	2,9196	4		
SIL	Silurus glanis (L. 1758)	Silure	1,2592E-05	2,8967	1		
SPI	Alburnoides bipunctatus (Bloch 1752)	Spirlin	4,2589E-06	3,1588	2	70	10000
TAC	Oncorhynchus mykiss	Truite arc-en-ciel					
TAN	Tinca tinca (L. 1758)	Tanche	1,0587E-05	3,0668	2		
TRF	Salmo trutta fario (L. 1758)	Truite fario	1,7855E-05	2,8965	1	100	200
VAI	Phonixus phonixus (L. 1758)	Vairon	2,4997E-03	1,6540	4	40	10000
VAN	Leuciscus leuciscus (L. 1758)	Vandoise	6,0028E-06	3,1121	2	85	190

Qualité des coefficients Taille-Masse : 1 = meilleures espèces disponibles dans nos données ; 2 = espèces ayant nécessité l'élimination de quelques valeurs entières (surtout faibles) ; 3 = espèces pour lesquelles la qualité des données était très faible (nombre, répartition, précision....) ; 4 = espèces avec très peu d'individus (mais parfois belle courbe : CAS (CAG), CCO, ROT, SAN, LOT) ou issues d'autre rivières (e.g. ANG). Si deux limites de tailles existent => trois taxons sont identifiables : jeunes de l'année, juvéniles et grands individus. Ces trois taxons sont regroupés en Petits (jeunes de l'année) et Grands (juvéniles + grands).

5.1.3 Tableau des effectifs capturés par station et par campagne

Tableau 19 : Effectifs capturés par espèce pour chaque station de pêche lors de chaque campagne de pêche en 2019, exprimés en nombre d'individus par hectare échantillonné.

Station / Espèces	ABL	ANG	BAF	BLE	BLN	BOU	BRB	BRO	CAG	CHA	CHE	GAR	GOU	GRE	HOT	PER	PES	PSR	SAN	SIL	SPI	TAN	TRF	VAI	VAN
C+ 1 BUC0410	0.0	0.0	37.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.3	0.0	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
St_1_BUG0419 St 1 BUG0819	0.0 27.3	0.0		0.0	0.0	0.0	82.0	0.0	0.0	0.0		0.0	6.3	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0
St_1_B0G0819 St 1 BUG1019	0.0	0.0	0.0 44.2	0.0	0.0	0.0	0.0	10.9 6.3	0.0	0.0 6.3	191.4 44.2	0.0 12.6	0.0 88.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.4 63.2	0.0	0.0	0.0	12.6
St 1 BUG1219	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.3	0.0	0.0	8.3	0.0	0.0	0.0	16.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.3	0.0	0.0	0.0
31_1_0001219	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	10.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0
St_2_BUG0419	309.0	0.0	7.9	0.0	0.0	0.0	7.9	0.0	0.0	0.0	237.7	7.9	7.9	0.0	7.9	0.0	15.8	0.0	0.0	15.8	847.8	0.0	0.0	0.0	15.8
St_2_BUG0819	56.4	0.0	28.2	0.0	0.0	0.0	37.6	0.0	0.0	0.0	84.6	18.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	75.2	0.0	0.0	0.0	9.4
St_2_BUG1019	108.2	0.0	33.3	0.0	0.0	0.0	74.9	8.3	0.0	0.0	208.1	99.9	333.0	0.0	0.0	0.0	8.3	0.0	0.0	25.0	283.0	0.0	0.0	8.3	0.0
St_2_BUG1219	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
St_3_BUG0419	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.8	0.0	26.5	0.0	0.0	8.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
St_3_BUG0819	0.0	0.0	9.5	0.0	0.0	0.0	559.1	75.8	0.0	0.0	483.3	28.4	0.0	0.0	0.0	0.0	19.0	0.0	0.0	0.0	9.5	0.0	0.0	0.0	0.0
St_3_BUG1019	0.0	0.0	8.5	0.0	0.0	0.0	25.4	50.8	0.0	0.0	84.7	0.0	16.9	0.0	0.0	0.0	16.9	0.0	0.0	0.0	8.5	0.0	0.0	0.0	0.0
St_3_BUG1219	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	105.2	0.0	0.0	23.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	35.1	0.0	0.0	0.0
St_5_BUG0419	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0
St_5_BUG0819	91.4	0.0	42.2	0.0	0.0	0.0	161.7	0.0	0.0	0.0	225.0	7.0	0.0	0.0	14.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	337.5	0.0	0.0	0.0	7.0
St_5_BUG1019	6.9	0.0	13.9	0.0	0.0	3.5	142.0	0.0	3.5	3.5	13.9	10.4	10.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	6.9	0.0	0.0	0.0	0.0
St_5_BUG1219	295.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	89.5	0.0	0.0	0.0	125.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	62.7	0.0	0.0	0.0	0.0
St_6D_BUG0419	0.0	0.0	6.0	0.0	0.0	0.0	6.0	0.0	0.0	0.0	35.9	6.0	12.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0
St_6D_BUG0819	75.8	0.0	13.8	0.0	0.0	0.0	103.4	6.9	0.0	0.0	248.0	13.8	6.9	0.0	6.9	0.0	0.0	0.0	6.9	0.0	503.0	0.0	0.0	0.0	0.0
St_6D_BUG1019	53.0	0.0	302.3	0.0	0.0	0.0	397.7	5.3	0.0	0.0	768.9	5.3	37.1	0.0	5.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.9	0.0	0.0	0.0	0.0
St_6D_BUG1219	7.9	0.0	15.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	31.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	47.1	0.0	0.0	0.0	0.0
St 6G BUG0419	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.9	0.0	5.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	73.2	0.0	5.2	0.0	5.2
St 6G BUG0819	70.8	0.0	5.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	141.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	283.3	0.0	5.4	0.0	0.0
St_6G_BUG1019	0.0	0.0	24.4	0.0	0.0	12.2	0.0	0.0	0.0	12.2	293.2	12.2	134.4	0.0	0.0	0.0	18.3	0.0	0.0	0.0	110.0	0.0	0.0	0.0	0.0
St_6G_BUG1219	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.7	0.0	0.0	0.0	0.0
St_7_BUG0419	159.0	0.0	0.0	0.0	18.7	0.0	9.4	0.0	0.0	0.0	701.6	93.5	56.1	0.0	93.5	9.4	28.1	9.4	0.0	18.7	4564.9	0.0	0.0	0.0	449.0
St 7 BUG0819	0.0	0.0	8.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	222.9	33.0	0.0	0.0	0.0	0.0	41.3	0.0	0.0	0.0	123.8	0.0	0.0	0.0	0.0
St 7 BUG1019	0.0	7.5	141.7	14.9	0.0	0.0	7.5	14.9	0.0	0.0	22.4	14.9	208.9	0.0	0.0	7.5	82.1	0.0	0.0	171.6	14.9	0.0	0.0	0.0	0.0
St_7_BUG1219	0.0	0.0	20.9	0.0	0.0	10.4	10.4	0.0	0.0	0.0	93.9	0.0	20.9	10.4	0.0	0.0	10.4	0.0	0.0	10.4	229.6	0.0	0.0	0.0	0.0

5.1.4 Tableau des biomasses estimées (en gramme) par station et par campagne

Tableau 20 : Biomasses estimées capturées par espèce pour chaque station de pêche lors de chaque campagne de pêche en 2019, exprimées en grammes par hectare échantillonné.

Station / Espèces	ABL	ANG	BAF	BLE	BLN	BOU	BRB	BRO	CAG	CHA	CHE	GAR	GOU	GRE	НОТ	PER	PES	PSR	SAN	SIL	SPI	TAN	TRF	VAI	VAN
St 1 BUG0419	0.0	0.0	107.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.4	0.0	95.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
St 1 BUG0819	176.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.4	486.4	0.0	0.0	767.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.4	0.0	0.0	0.0	0.0
St 1 BUG1019	0.0	0.0	214.6	0.0	0.0	0.0	0.0	335.5	0.0	18.7	177.0	87.5	812.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	507.7	0.0	0.0	0.0	84.1
St_1_BUG1219	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1157.7	0.0	0.0	3487.2	0.0	0.0	0.0	17126.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	92.1	0.0	0.0	0.0
St_2_BUG0419	611.5	0.0	9.1	0.0	0.0	0.0	10.9	0.0	0.0	0.0	4844.7	19.1	103.9	0.0	35.6	0.0	277.7	0.0	0.0	231784.5	4436.5	0.0	0.0	0.0	71.0
St_2_BUG0819	240.0	0.0	13901.4	0.0	0.0	0.0	6.6	0.0	0.0	0.0	1867.6	12.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	159.9	0.0	0.0	0.0	8.4
St_2_BUG1019	470.4	0.0	448.3	0.0	0.0	0.0	306.4	150.4	0.0	0.0	12566.2	902.7	987.0	0.0	0.0	0.0	231.5	0.0	0.0	55616.7	1362.3	0.0	0.0	10.1	0.0
St_2_BUG1219	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	371.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
St_3_BUG0419	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	262.3	0.0	405.8	0.0	0.0	333.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
St 3 BUG0819	0.0	0.0	15684.9	0.0	0.0	0.0	96.9	3416.1	0.0	0.0	3719.2	12.6	0.0	0.0	0.0	0.0	457.4	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
St 3 BUG1019	0.0	0.0	3.7	0.0	0.0	0.0	11.7	2209.5	0.0	0.0	42.8	0.0	8.4	0.0	0.0	0.0	640.4	0.0	0.0	0.0	29.0	0.0	0.0	0.0	0.0
St_3_BUG1219	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6570.0	0.0	0.0	500.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	391.0	0.0	0.0	0.0
St_5_BUG0419	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0
St_5_BUG0819	465.0	0.0	14.5	0.0	0.0	0.0	82.0	0.0	0.0	0.0	99.6	9.3	0.0	0.0	14.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	410.5	0.0	0.0	0.0	6.3
St_5_BUG1019	32.0	0.0	38.9	0.0	0.0	5.8	102.0	0.0	0.0	2.4	18.2	59.8	59.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21360.2	14.1	0.0	0.0	0.0	0.0
St_5_BUG1219	623.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	75.2	0.0	0.0	0.0	355.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	140.1	0.0	0.0	0.0	0.0
St_6D_BUG0419	0.0	0.0	60.4	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	9277.3	121.8	186.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.1	0.0	0.0	0.0	0.0
St_6D_BUG0819	481.6	0.0	4.1	0.0	0.0	0.0	25.8	95.5	0.0	0.0	469.3	13.7	36.2	0.0	7.5	0.0	0.0	0.0	171.4	0.0	372.1	0.0	0.0	0.0	0.0
St_6D_BUG1019	156.2	0.0	1248.1	0.0	0.0	0.0	462.0	269.3	0.0	0.0	1382.3	31.6	60.4	0.0	13.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	35.0	0.0	0.0	0.0	0.0
St_6D_BUG1219	5.8	0.0	34.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	321.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	155.9	0.0	0.0	0.0	0.0
St_6G_BUG0419	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	166.6	0.0	5.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	189.7	0.0	823.4	0.0	20.6
St_6G_BUG0819	495.3	0.0	518.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8778.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	626.5	0.0	47.5	0.0	0.0
St_6G_BUG1019	0.0	0.0	9007.8	0.0	0.0	30.9	0.0	0.0	0.0	37.9	19413.0	34.6	2230.5	0.0	0.0	0.0	288.2	0.0	0.0	0.0	202.4	0.0	0.0	0.0	0.0
St_6G_BUG1219	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.8	0.0	0.0	0.0	0.0
St_7_BUG0419	1078.0	0.0	0.0	0.0	111.4	0.0	27.6	0.0	0.0	0.0	8165.4	489.8	732.8	0.0	411.3	442.6	1186.6	28.8	0.0	28329.4	28490.0	0.0	0.0	0.0	2181.3
St_7_BUG0819	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17504.7	286.0	0.0	0.0	0.0	0.0	790.8	0.0	0.0	0.0	296.1	0.0	0.0	0.0	0.0
St_7_BUG1019	0.0	1558.2	9171.7	0.0	0.0	0.0	16.6	777.7	0.0	0.0	14967.1	53.2	4015.9	0.0	0.0	129.2	2493.0	0.0	0.0	48824.5	123.2	0.0	0.0	0.0	0.0
St_7_BUG1219	0.0	0.0	22.7	0.0	0.0	29.8	1.5	0.0	0.0	0.0	304.1	0.0	315.1	0.0	0.0	0.0	449.1	0.0	0.0	29.1	570.9	0.0	0.0	0.0	0.0

5.2 Annexes suivi physico-chimie, diatomées et macroinvertébrés benthiques

5.2.1 Géoréférencement des différents points d'échantillonnage physico-chimique et biologique.

	codes		
stations PC			
amont RG - descente sauvage au droit ancien bac St-Vulbas	PC1	5°17'38.2"	45°49'35.8"
amont RD - ancien bac St-Vulbas	PC2	5°17'32.1"	45°49'37.1"
rejet - aval immédiat canal de rejet	PC3	5°16'07.8"	45°47'30.3"
aval RG - amont pont de Loyettes	PC4	5°12'22.9"	45°46'17.7"
aval RD - aval pont de Loyettes - descente à bateaux	PC5	5°11'59.0"	45°46'19.8"
substrats artificiels			
amont RG - sb amont	S1	5°18'02.7"	45°50'08.3"
amont RG - sb aval	S2	5°17'53.8"	45°49'54.5"
amont RD - sb amont - le long ile	S3	5°17'44.7"	45°49'51.4"
amont RD - sb aval - le long ile	S4	5°17'38.3"	45°49'44.9"
rejet - RG - au droit pointe canal rejet - sb amont	S5	5°16'18.7"	45°47'32.7"
rejet - RG - sb aval	S6	5°16'12.5"	45°47'27.6"
rejet - RD - aval immédiat accroche drôme flottante - sb amont	S7	5°16'09.9"	45°47'32.8"
rejet - RD - aval immédiat canal de rejet - sb aval	S8	5°16'08.0"	45°47'30.5"
aval RG - sb amont	S11	5°11'22.9"	45°46'14.0"
aval RG - sb aval	S12	5°11'41.1"	45°46'14.3"
aval RD - sb amont - sur pile pont	S9	5°12'20.3	45°46'19.7
aval RD - sb aval	S10	5°12'01.1"	45°46'20.0"
filets de bordure et IBD			
amont RG - au niveau sb aval	F1-2 - I1	5°17'53.8"	45°49'54.5"
amont RD - au niveau sb amont - le long ile	F3-4 - I2	5°17'44.7	45°49'51.4
rejet - RG - au niveau substrat aval	F5-6	5°16'12.5"	45°47'27.6"
rejet - RD - aval immédiat canal de rejet - amont sb aval	F7-8 - I3	5°16'08.0	45°47'30.5
aval RG - amont pont de Loyettes - au niveau PC4	F9-10 - I4	5°12'22.9"	45°46'17.7"
aval RD - entre D12 et S11 -	F11-12 - I5	5°11'43.1""	45°46'18.2
dragages			
amont	D1	5°17'50.7"	45°49'55.0"
	D2	5°17'46.5"	45°49'52.3"
	D3	5°17'43.3"	45°49'48.0"
	D4	5°17'41.3"	45°49'43.9"
rejet	D5	5°16'06.4"	45°47'28.3"
	D6	5°16'07.7"	45°47'27.2"
	D7	5°16'03.4"	45°47'26.3"
	D8	5°16'05.9"	45°47'24.6"
aval	D9	5°12'06.6"	45°46'18.0"
	D10	5°12'00.7"	45°46'18.8"
	D11	5°11'57.1"	45°46'18.7"
	D12	5°11'51.9"	45°46'17.8"

5.2.2 Méthodes et normes d'analyses utilisées pour la physico-chimie.

Paramètre	Unité	Méthode	Norme	Cofrac	LQ
Température eau in situ	°C	Electrochimie	NF EN ISO 10523	-	0,2
pH in situ	unités	Electrochimie	NF EN ISO 10523	-	0,01
Conductivité in situ	µs/cm	Electrométrie	NF EN 27888	-	0,50%
Oxygène dissous in situ	mg/l	Electrochimie	NF EN 25814	-	0,50%
Matières en suspension totales	mg/l	Gravimétrie après filtration (filtre Whatman GF/C)	NF EN 872	+	2
Turbidité	NFU	Néphélométrie	NF EN ISO 7027	+	0,1
Carbone organique dissous (COD)	mg/l C	Pyrolyse ou Oxydation par voie humide et IR	NF EN 1484	+	0,2
Demande biochimique en oxygène (DBO5)	mg/l O2	sans dilution	NF EN 1899-2	+	0,5
Demande chimique en oxygène (DCO)	mg/l O2	Spectrophotométrie	ISO 15705	+	20
Ammonium	mg/l NH4+	Spectrophotométrie au bleu indophénol	NF T90-015-2	+	0,05
Nitrites	mg/l NO2-	Flux continu (CFA)	NF EN ISO 13995	+	0,01
Nitrates	mg/l NO3-	Chromatographie ionique	NF EN ISO 10304-1	+	0,1
Azote Kjeldahl	mg/l N	Distillation	NF EN 25663	+	1
Orthophosphates	mg/l PO4	Spectrophotométrie automatisée	selon NF EN ISO 6878	+	0,01
Phosphore total	mg/l P	Minéralisation et spectrophotométrie	NF EN ISO 6878	+	0,01
Chlorures	mg/l Cl-	Chromatographie ionique	NF EN ISO 10304-1	+	0,1
Sulfates	mg/l SO4	Chromatographie ionique	NF EN ISO 10304-1	+	0,2
Silicates dissous	mg/l SiO2	Flux continu (CFA)	ISO 16264	+	1
Calcium	mg/l Ca++	ICP/AES après filtration	NF EN ISO 11885	+	0,1
Magnésium	mg/l Mg++	ICP/AES après filtration	NF EN ISO 11885	+	0,05
Potassium	mg/l K+	ICP/AES après filtration	NF EN ISO 11885	+	0,1
Sodium	mg/l Na+	ICP/AES après filtration	NF EN ISO 11885	+	0,2
Hydrogénocarbonates	mg/l HCO3-	Potentiométrie	NF EN ISO 9963-1	+	6,1
Titre alcalimétrique complet (TAC)	°f	Potentiométrie	NF EN 9963-1	+	1
Titre hydrotimétrique (TH) ou dureté	°f	Calcul à partir de Ca et Mg	Méthode interne M_EM144	+	0,5
Chlorophylle a	μg/l	Spectrométrie - Méthode LORENZEN	NF T90-117	-	1
Phéopigments	μg/l	Spectrométrie - Méthode LORENZEN	NF T90-117	-	1

5.2.3 Comparaison des grilles physico-chimiques : classes de qualité SEQ-Eau 2003 et classes d'état DCE 2009.

Paramètres par :		SEQ-Eau v.2 mars 2003 Limites des classes de qualité							
Altérations		_	-						
	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise				
M.O. oxydables	0	0	4	2					
O2 dissous mg/l	8	6	4	3					
Taux de saturation O2 (%)	90	70	50	30					
DBO5 (mgO2/I)	3	6	10	25					
Carbone organique (mgC/l)	5	7	10	15					
Température									
1ère catégorie piscicole	20	21,5	25	28					
2ème catégorie piscicole	24	25,5	27	28					
P + N + NO3									
PO4 (mg/l)	0,1	0,5	1	2					
P total (mg/l)	0,05	0,2	0,5	1					
NH4 (mg/l)	0,1	0,5	2	5					
NO2 (mg/l)	0,03	0,3	0,5	1					
NO3 (mg/l)	2	10	25	50					
Acidification									
pH minimum	6,5	6	5,5	4,5					
pH maximum	8,2	9	9,5	10					
Minéralisation	,								
Conductivité (µs/cm)	180 - 2500	120 - 3000	60 - 3500	0 - 4000					
Chlorures (mg/l)	50	100	150	200					
Sulfates (mg/l)	60	120	190	250					
Paramètres par :		Guide techni							
Eléments de qualité			s classes d'é						
Etat	Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais				
Bilan de l'oxygène	1100 2011	Bon	Wieyen	Wiedleere	Maavalo				
O2 dissous mg/l	8	6	4	3					
Taux de saturation O2 (%)	90	70	50	30					
, ,									
DBO5 (mgO2/l)	3	6	10	25 15					
Carbone organique (mgC/l)	5	7	10	15					
Température	00	04.5	0.5	- 00					
eaux salmonicoles	20	21,5	25	28					
eaux cyprinicoles	24	25,5	27	28					
Nutriments									
PO4 (mg/l)	0,1	0,5	1	2					
P total (mg/l)	0,05	0,2	0,5	1					
NH4 (mg/l)	0,1	0,5	2	5					
NO2 (mg/l)	0,1	0,3	0,5	1					
NO3 (mg/l)	10	50	Х	x					
Acidification									
	6,5	6	5,5	4,5					
Acidification pH minimum pH maximum	6,5 8,2	6 9	5,5 9,5	4,5 10					
pH minimum pH maximum									
pH minimum		9							
pH minimum pH maximum Salinité	8,2	9 x	9,5	10					

x : pas de valeur établie pour l'instant.

5.2.4 Résultats physico-chimiques Bugey 2019.

Hiver 2019

15/01/19	Heure	Débits m3/s	T°air °C	T°eau °C	pН	02 mg/l	02 %sat.	Cond. µS*
amont RD	09:45		4,6	6,1	8,3	12,2	99	403
amont RG	09:15	325	0,2	5,8	8,4	12,3	99	372
rejet	10:35		2,6	14,6	8,2	10,9	106	372
aval RD	11:00		4,2	11,0	8,3	11,3	104	369
aval RG	11:30	350	4,2	6,6	8,3	11,9	99	367
14/02/19	Heure	Débits m3/s	T°air °C	T°eau °C	pН	02 mg/l	02 %sat.	Cond. µS*
amont RD	10:05		10,6	6,6	8,4	12,2	100	448
amont RG	09:30	350	6,6	6,2	8,5	11,9	98	423
rejet	10:15		10,5	15,1	8,3	10,8	108	422
aval RD	11:00		9,1	11,2	8,3	11,3	104	425
aval RG	11:20		11,2	6,8	8,3	12,0	98	425
12/03/19	Heure	Débits m3/s	T°air °C	T°eau °C	pН	02 mg/l	02 %sat.	Cond. µS*
amont RD	11:05	500	9,2	7,9	8,4	12,0	103	356
amont RG	10:55		9,0	8,0	8,4	11,9	102	344
rejet	11:40		11,2	16,2	8,4	11,3	117	343
aval RD	12:20	550	12,0	11,9	8,4	11,7	110	343
aval RG	12:50		14,6	8,5	8,5	11,8	102	342
						-		* à 25℃

15/01/19	DBO5 mgO2/l	DCO mgO2/l	COD mg/l	MEST mg/l	Turbidité NFU	SiO2 mg/l	SO4 mg/l	Cl mg/l
amont RD	<0,5	<20	1,6	3,0	1,5	2,4	39,5	20,1
amont RG	2,15	<20	1,9	3,8	1,4	2,4	39,0	12,5
rejet	3,07	<20	2,5	5,0	1,6	2,1	39,4	12,0
aval RD	1,94	<20	1,8	6,4	2,0	2,4	39,2	12,0
aval RG	1,73	<20	1,4	9,8	2,3	2,4	38,5	11,5
14/02/19	DBO5 mgO2/l	DCO mgO2/l	COD mg/l	MEST mg/l	Turbidité NFU	SiO2 mg/l	SO4 mg/l	Cl mg/l
amont RD	1,9	<20	1,8	2,6	3,5	3,1	36,9	24,5
amont RG	3,0	<20	2,3	3,4	2,9	3,2	35,9	18,8
rejet	2,8	<20	2,4	8,2	3,7	3,2	36,2	19,2
aval RD	4,0	<20	1,8	3,4	4,3	3,1	36,0	19,0
aval RG	1,6	<20	1,7	9,0	5,1	3,4	35,2	18,5
12/03/19	DBO5 mgO2/l	DCO mgO2/l	COD mg/l	MEST mg/l	Turbidité NFU	SiO2 mg/l	SO4 mg/l	Cl mg/l
amont RD	1,2	<20	1,6	5,0	4,6	2,4	27,1	13,1
amont RG	2	<20	1,8	11,0	4,1	2,3	26,6	10,4
rejet	0,6	<20	1,6	9,8	4,8	1,9	26,8	10,6
aval RD	<0,5	<20	1,4	5,4	4,0	2,2	26,5	10,7
aval RG	1.3	<20	1.7	5.0	3.4	2.1	26.4	10.6

15/01/19	NH4 mg/l	NO2 mg/l	NO3 mg/l	N Kjeldahl mg/l	PO4 mg/l	P total mg/l	Chla µg/l	Phéopig. µg/l
amont RD	0,17	0,06	5,3	<1	0,07	0,026		
amont RG	0,13	0,06	5,1	<1	0,07	0,025		
rejet	0,18	0,06	4,9	<1	0,10	0,031		
aval RD	0,12	0,06	5,0	<1	0,07	0,028		
aval RG	0,12	0,06	5,1	<1	0,09	0,032		
14/02/19	NH4 mg/l	NO2 mg/l	NO3 mg/l	N Kjeldahl mg/l	PO4 mg/l	P total mg/l	Chla µg/I	Phéopig. µg/l
amont RD	0,18	0,07	7,6	<1	0,10	0,039		
amont RG	0,17	0,07	7,5	<1	0,09	0,036		
rejet	0,16	0,07	7,1	<1	0,08	0,039		
aval RD	0,15	0,08	7,3	<1	0,09	0,039		
aval RG	0,14	0,07	7,7	<1	0,09	0,042		
12/03/19	NH4 mg/l	NO2 mg/l	NO3 mg/l	N Kjeldahl mg/l	PO4 mg/l	P total mg/l	Chla µg/I	Phéopig. µg/l
amont RD	0,08	0,04	4,5	<1	0,04	0,023		
amont RG	0,09	0,04	4,1	<1	0,05	0,025		
rejet	0,06	0,04	4,9	<1	0,04	0,023		
aval RD	<0,05	0,03	4,4	<1	0,04	0,024		
aval RG	0,07	0,03	4,5	<1	0,04	0,023		

15/01/19	Hydrogénoca. mg/l	TAC °f	TH °f	Na mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	K mg/l
amont RD	149,0	12,25		9,2			
amont RG	148,0	12,1		7,5			
rejet	146,0	11,95		7,5			
aval RD	146,0	12,0		7,7			
aval RG	149,0	12,2		7,7			
14/02/19	Hydrogénoca. mg/l	TAC °f	TH °f	Na mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	K mg/l
amont RD	169,0	13,85	18,5	12,9	64,3	6,0	2,6
amont RG	182,0	14,95	18,2	11,0	63,0	6,0	2,5
rejet	179,0	14,7	18,0	11,2	62,0	6,0	2,2
aval RD	181,0	14,8	17,9	11,2	61,9	6,0	2,0
aval RG	186,0	15,25	18,2	10,9	62,9	5,9	2,0
12/03/19	Hydrogénoca. mg/l	TAC °f	TH °f	Na mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	K mg/l
amont RD	160,0	13,15		7,5			
amont RG	159,0	13,05		6,5			
rejet	158,0	12,95		6,3			
aval RD	157,0	12,9		6,5			
aval RG	159,0	13,0		6,2			

Printemps 2019

09/04/19	Heure	Débits m3/s	T°air ℃	T°eau °C	pН	02 mg/l	02 %sat.	Cond. µS*
amont RD	9.30		10,1	9,5	8,4	11,3	102	388
amont RG	8.50	430	8,3	9,2	8,4	11,2	100	372
rejet	10.15		11,3	17,3	8,3	10,2	109	372
aval RD	10.50		11,3	11,8	8,4	11,0	104	375
aval RG	11.15	490	11,1	9,5	8,3	11,3	101	372
14/05/19	Heure	Débits m3/s	T°air °C	T°eau °C	pН	02 mg/l	02 %sat.	Cond. µS*
amont RD	09:50	500	14,1	12,1	8,4	10,9	102	335
amont RG	09:20	450	13,3	11,8	8,5	10,7	101	334
rejet	10:15		14,6	15,5	8,3	10,2	104	334
aval RD	10:50		14,0	14,1	8,3	10,4	104	333
aval RG	11:15	600	14,1	12,1	8,3	10,6	100	334
13/06/19	Heure	Débits m3/s	T°air °C	T°eau °C	pН	02 mg/l	02 %sat.	Cond. µS*
amont RD	15:40		26,4	15,8	8,2	9,6	100	322
amont RG	16:20	850	25,4	15,4	8,3	9,7	100	314
rejet	15:20		26,5	21,6	8,2	9,1	106	316
aval RD	15:00		25,8	17,2	8,3	9,5	101	311
aval RG	14:30	800	26,4	15,5	8,3	9,5	99	312
·	·							* à 25℃

09/04/19	DBO5 mgO2/l	DCO mgO2/l	COD mg/l	MEST mg/l	Turbidité NFU	SiO2 mg/l	SO4 mg/l	Cl mg/l
amont RD	1,1	<20	1,8	<2,0	2,5	2,2	34,8	16,8
amont RG	3,0	<20	3,1	3,4	3,9	2,0	33,9	13,7
rejet	2,0	<20	2,6	2,2	1,3	2,1	34,0	13,5
aval RD	1,6	<20	2,1	<2,0	1,8	2,1	34,3	13,7
aval RG	0,5	<20	1,8	6,6	4,8	2,1	33,7	13,2
14/05/19	DBO5 mgO2/l	DCO mg02/l	COD mg/l	MEST mg/l	Turbidité NFU	SiO2 mg/l	SO4 mg/l	Cl mg/l
amont RD	1,2	<20	1,8	2,8	3,6	2,1	24,2	8,8
amont RG	2,3	<20	2,8	3,0	3,0	1,9	24,4	9,0
rejet	1,4	<20	1,9	3,4	2,7	2,0	24,4	8,4
aval RD	1,4	<20	2,1	7,8	5,0	2,5	24,7	8,5
aval RG	1,7	<20	2,2	5,2	4,5	2,4	24,5	8,9
13/06/19	DBO5 mgO2/l	DCO mgO2/l	COD mg/l	MEST mg/l	Turbidité NFU	SiO2 mg/l	SO4 mg/l	Cl mg/l
amont RD	2,2	<20	2,2	90,0	86,0	3,4	24,9	8,3
amont RG	1,5	<20	2,2	56,0	60,0	3,4	24,3	8,0
rejet	2,0	<20	2,2	90,0	60,0	3,6	24,4	9,1
aval RD	1,9	<20	2,2	82,0	76,0	3,4	24,6	8,0
aval RG	3,0	<20	2,8	92,0	58,0	3,4	24,9	8,0

09/04/19	NH4 mg/l	NO2 mg/l	NO3 mg/l	N Kjeldahl mg/l	PO4 mg/l	P total mg/l	Chla µg/I	Phéopig. µg/l
amont RD	0,05	0,040	4,7	<1	0,03	0,018	2	<0,5
amont RG	0,11	0,040	4,5	<1	0,04	0,022	1	<0,5
rejet	0,10	0,040	4,4	<1	0,03	0,021	2	<0,5
aval RD	0,08	0,040	4,5	<1	0,04	0,021	2	<0,5
aval RG	0,05	0,040	4,6	<1	0,04	0,024	2	<0,5
14/05/19	NH4 mg/l	NO2 mg/l	NO3 mg/l	N Kjeldahl mg/l	PO4 mg/l	P total mg/l	Chla µg/I	Phéopig. µg/l
amont RD	0,07	0,04	3,5	<1	0,05	0,024		
amont RG	0,10	0,04	3,2	<1	0,04	0,027		
rejet	0,08	0,04	3,2	<1	0,04	0,025		
aval RD	0,08	0,04	3,3	<1	0,05	0,024		
aval RG	0,09	0,04	3,6	<1	0,04	0,025		
13/06/19	NH4 mg/l	NO2 mg/l	NO3 mg/l	N Kjeldahl mg/l	PO4 mg/l	P total mg/l	Chla µg/I	Phéopig. μg/l
amont RD	0,26	0,06	4,8	<1	0,04	0,079	4	1
amont RG	0,07	0,06	4,5	<1	0,04	0,067	3	<0,5
rejet	0,10	0,06	4,8	<1	0,04	0,079	4	1
aval RD	0,10	0,06	4,6	<1	0,06	0,074	3	1
aval RG	0,14	0,06	4,6	<1	0,01	0,094	3	1

09/04/19	Hydrogénoca. mg/l	TAC °f	TH °f	Na mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	K mg/l
amont RD	159,0	13,05		9,7			
amont RG	159,0	13,05		8,1			
rejet	157,0	12,85		8,3			
aval RD	159,0	13,05		8,3			
aval RG	160,0	13,1		8,1			
14/05/19	Hydrogénoca. mg/l	TAC °f	TH °f	Na mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	K mg/l
amont RD	154,0	12,65	16,3	5,8	56,8	5,0	1,7
amont RG	151,0	12,35	16,2	5,9	56,7	5,0	2,5
rejet	150,0	12,3	16,2	5,8	56,6	5,0	1,7
aval RD	152,0	12,45	16,2	6,0	56,6	5,0	1,7
aval RG	132,0	10,8	15,1	5,5	52,8	4,6	1,8
13/06/19	Hydrogénoca. mg/l	TAC °f	TH °f	Na mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	K mg/l
amont RD	140,0	11,5		5,1			
amont RG	141,0	11,55		5,1			
rejet	140,0	11,45		5,6			
aval RD	144,0	11,8		5,7			
aval RG	143,0	11,75		4,7			

Eté 2019

16/07/19	Heure	Débits m3/s	T°air °C	T°eau °C	pН	02 mg/l	02 %sat.	Cond. µS*
amont RD	09:50	340	21,3	21,1	8,2	9,0	103	311
amont RG	09:15		19,8	20,8	8,4	8,7	99	307
rejet	10:40		21,1	30,2	8,2	7,9	108	304
aval RD	11:10		22,9	25,5	8,3	8,4	105	303
aval RG	11:30		22,4	22,3	8,3	8,6	100	303
14/08/19	Heure	Débits m3/s	T°air °C	T°eau ℃	pН	02 mg/l	02 %sat.	Cond. µS*
amont RD	09:05	400	17,2	19,7	8,1	8,9	99	301
amont RG	09:55		17,8	19,8	8,3	8,8	98	277
rejet	10:40		21,1	30,1	8,1	8,4	113	279
aval RD	11:25	480	23,4	24,1	8,1	8,7	105	279
aval RG	11:10		21,4	20,5	8,1	8,8	99	279
11/09/19	Heure	Débits m3/s	T°air °C	T°eau °C	pН	02 mg/l	02 %sat.	Cond. µS*
amont RD	09:30		16,4	17,9	8,2	9,4	101	343
amont RG	08:45	300	14,9	17,7	8,1	9,3	99	305
rejet	11:15		17,3	26,7	8,3	8,6	109	303
aval RD	11:35		19,2	22,4	8,4	9,1	106	301
aval RG	12:00		20,5	19,3	8,4	9,3	102	303
	•				•			* à 25℃

16/07/19	DBO5 mgO2/l	DCO mgO2/l	COD mg/l	MEST mg/l	Turbidité NFU	SiO2 mg/l	SO4 mg/l	Cl mg/l
amont RD	0,7	<20	1,6	4,6	3,3	1,0	42,1	11,7
amont RG	1,5	<20	1,8	2,8	1,9	1,1	42,4	11,6
rejet	0,8	<20	1,9	7,6	6,0	1,1	42,5	10,8
aval RD	1,6	<20	1,5	4,8	2,5	1,1	42,6	10,7
aval RG	0,9	<20	3,2	7,2	3,4	1,1	42,7	11,0
14/08/19	DBO5 mgO2/l	DCO mgO2/l	COD mg/l	MEST mg/l	Turbidité NFU	SiO2 mg/l	SO4 mg/l	Cl mg/l
amont RD	<0,5	<20	0,8	9,4	7,7	1,6	41,8	13,4
amont RG	<0,5	<20	0,8	10,0	9,0	1,5	41,0	9,1
rejet	0,5	<20	0,8	9,4	7,8	1,3	41,2	9,3
aval RD	0,7	<20	1,1	8,4	7,0	1,7	41,4	9,2
aval RG	0,7	<20	0,9	10,0	8,2	1,6	41,1	9,0
11/09/19	DBO5 mgO2/l	DCO mgO2/l	COD mg/l	MEST mg/l	Turbidité NFU	SiO2 mg/l	SO4 mg/l	Cl mg/l
amont RD	1,0	<20	1,7	3,4	0,9	1,2	42,9	20,7
amont RG	1,1	<20	2,3	3,2	0,9	<1	41,9	11,8
rejet	1,5	<20	3,3	4,8	1,7	<1	42,1	11,4
aval RD	0,8	<20	2,4	<2	1,0	<1	41,7	11,2
aval RG	1,1	<20	2,3	<2	1,1	1,0	40,8	11,3

16/07/19	NH4 mg/l	NO2 mg/l	NO3 mg/l	N Kjeldahl mg/l	PO4 mg/l	P total mg/l	Chla µg/l	Phéopig. µg/l
amont RD	0,05	0,06	3,5	<1	0,05	0,025		
amont RG	0,06	0,06	3,0	<1	0,06	0,024		
rejet	0,05	0,06	3,1	<1	0,05	0,027		
aval RD	0.09	0,05	3,2	<1	0,05	0,025		
aval RG	0,24	0,06	3,2	<1	0,06	0,025		
14/08/19	NH4 mg/l	NO2 mg/l	NO3 mg/l	N Kjeldahl mg/l	PO4 mg/l	P total mg/l	Chla µg/l	Phéopig. µg/l
amont RD	<0,05	0,04	3,1	<1	0,04	0,030	1	<0,5
amont RG	<0,05	0,04	2,6	<1	0,04	0,081	1	<0,5
rejet	<0,05	0,04	2,7	<1	0,05	0,037	<0,5	<0,5
aval RD	<0,05	0,04	2,8	<1	0,04	0,027	1	<0,5
aval RG	<0,05	0,04	2,9	<1	0,04	0,020	<0,5	<0,5
11/09/19	NH4 mg/l	NO2 mg/l	NO3 mg/l	N Kjeldahl mg/l	PO4 mg/l	P total mg/l	Chla µg/l	Phéopig. µg/l
amont RD	0,06	<0,01	3,5	<1	0,05	0,022		
amont RG	0,06	0,04	3,0	<1	0,05	0,024		
rejet	0,12	0,03	3,0	<1	0,05	0,029		
aval RD	0,08	0,03	3,1	<1	0,05	0,023		
aval RG	0,08	0,03	3,5	<1	0,04	0,021		

16/07/19	Hydrogénoca. mg/l	TAC °f	TH °f	Na mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	K mg/l
amont RD	107,0	8,8		7,1			
amont RG	106,0	8,7		6,6			
rejet	106,0	8,7		6,6			
aval RD	106,0	8,7		6,6			
aval RG	107,0	8,75		6,9			
14/08/19	Hydrogénoca, mg/l	TAC °f	TH °f	Na mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	K mg/l
amont RD	97,0	7,95	12,0	7,8	40,1	4,8	2,6
amont RG	94,0	7,7	11,5	6,0	37,9	4,9	2,0
rejet	93,0	7,65	11,7	6,1	38,6	4,9	2,1
aval RD	93,0	7,65	11,6	6,0	38,4	4,9	2,1
aval RG	93,0	7,65	11,7	5,9	38,9	4,9	2,0
11/09/19	Hydrogénoca, mg/l	TAC °f	TH °f	Na mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	K mg/l
amont RD	106,0	8,65		8,8			
amont RG	105,0	8,6		7,0			
rejet	103,0	8,45		7,4			
aval RD	102,0	8,4		7,3			
aval RG	106,0	8,65		7,1			

Automne 2019

16/10/19	Heure	Débits m3/s	T°air ℃	T°eau °C	pН	02 mg/l	02 %sat.	Cond. µS*
amont RD	09:20	490	14,0	14,1	8,3	10,0	100	324
amont RG	09:55		13,4	14,0	8,3	9,9	98	309
rejet	10:55		15,4	24,0	8,1	9,6	116	311
aval RD	11:30		14,7	14,5	8,4	9,9	99	309
aval RG	11:55	450	16,7	18,1	8,4	9,9	107	311
19/11/19	Heure	Débits m3/s	T°air °C	T°eau ℃	pН	02 mg/l	02 %sat.	Cond. µS*
amont RD	10:00		3,2	8,8	8,5	11,2	98	367
amont RG	08:45	350	0,2	8,1	8,4	11,2	97	373
rejet	10:45		5,7	17,3	8,2	10,0	105	362
aval RD	11:05		8,5	13,3	8,3	10,4	102	364
aval RG	11:25	375	7,7	9,1	8,5	10,9	97	366
17/12/19	Heure	Débits m3/s	T°air °C	T°eau ℃	pН	02 mg/l	02 %sat.	Cond. µS*
amont RD	12:50	750	12,8	8,7	8,4	11,4	101	376
amont RG	13:25		12,8	8,7	8,4	11,4	100	368
rejet	14:00		13,8	16,9	8,3	10,3	110	372
aval RD	14:30		13,9	10,4	8,4	11,2	102	369
aval RG	14:45	750	12,4	8,6	8,3	11,4	100	371
-								* à 25℃

16/10/19	DBO5 mgO2/l	DCO mgO2/l	COD mg/l	MEST mg/l	Turbidité NFU	SiO2 mg/l	SO4 mg/l	Cl mg/l
amont RD	0,7	<20	1,3	3,6	1,0	1,7	35,8	12,6
amont RG	0,9	<20	1,4	3,6	1,0	5,0	35,1	9,2
rejet	0,6	<20	1,2	5,0	1,5	1,8	35,1	9,6
aval RD	0,8	<20	1,3	5,6	1,3	1,7	35,1	9,5
aval RG	0,7	<20	1,3	<2,0	1,2	1,6	34,9	9,3
19/11/19	DBO5 mgO2/l	DCO mgO2/l	COD mg/l	MEST mg/l	Turbidité NFU	SiO2 mg/l	SO4 mg/l	Cl mg/l
amont RD	1,2	<20	2,2	<2	2,7	2,5	33,2	11,1
amont RG	0,8	<20	1,7	2,4	3,9	2,5	33,0	11,2
rejet	1,1	<20	2,2	3,4	2,4	2,4	33,0	10,8
aval RD	1,3	<20	2,1	3,4	3,1	2,5	33,0	11,0
aval RG	1,6	<20	1,9	3,6	4,3	2,6	32,9	11,1
17/12/19	DBO5 mgO2/l	DCO mgO2/l	COD mg/l	MEST mg/l	Turbidité NFU	SiO2 mg/l	SO4 mg/l	Cl mg/l
amont RD	1,3	<20	2,8	12,0	14,0	3,3	20,3	10,0
amont RG	1,4	<20	2,8	11,0	21,0	3,3	19,7	8,9
rejet	1,2	<20	2,3	8,8	21,0	3,3	19,8	8,8
aval RD	2,1	<20	2,3	13,0	14,0	3,3	19,6	8,7
aval RG	2,8	<20	2,3	20,0	24,0	3,4	20,5	8,6

16/10/19	NH4 mg/l	NO2 mg/l	NO3 mg/l	N Kjeldahl mg/l	PO4 mg/l	P total mg/l	Chla µg/I	Phéopig. µg/l
amont RD	0,09	0,05	3,3	<1	0,06	0,019		
amont RG	0,06	0,05	3,1	<1	0,06	0,024		
rejet	0,06	0,04	3,1	<1	0,06	0,022		
aval RD	<0.05	0,04	3,2	<1	0,05	0,024		
aval RG	0,05	0,04	3,2	<1	0,06	0,018		
19/11/19	NH4 mg/l	NO2 mg/l	NO3 mg/l	N Kjeldahl mg/l	PO4 mg/l	P total mg/l	Chla µg/I	Phéopig. µg/l
amont RD	0,18	0,06	4,7	<1	0,06	0,020	<0,5	<0,5
amont RG	0,16	0,06	4,7	<1	0,06	0,020	<0,5	<0,5
rejet	0,20	0,06	4,6	<1	0,06	0,020	1	<0,5
aval RD	0,20	0,06	4,8	<1	0,06	0,021	<0,5	<0,5
aval RG	0,21	0,06	4,8	<1	0,07	0,023	1	<0,5
17/12/19	NH4 mg/l	NO2 mg/l	NO3 mg/l	N Kjeldahl mg/l	PO4 mg/l	P total mg/l	Chla µg/I	Phéopig. µg/l
amont RD	0,10	0,04	5,0	<1	0,09	0,035		
amont RG	0,10	0,04	5,1	<1	0,09	0,038		
rejet	0,08	0,04	4,8	<1	0,07	0,037		
aval RD	0,07	0,03	4,6	<1	0,08	0,036		
aval RG	0,08	0,03	5,3	<1	0,08	0,036		

16/10/19	Hydrogénoca. mg/l	TAC °f	TH °f	Na mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	K mg/l
amont RD	128,0	10,5		7,6			
amont RG	124,0	10,2		6,3			
rejet	126,0	10,35		6,3			
aval RD	124,0	10,2		6,5			
aval RG	126,0	10,35		6,2			
19/11/19	Hydrogénoca. mg/l	TAC °f	TH °f	Na mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	K mg/l
amont RD	162,0	13,25	16,6	7,5	56,7	5,9	2,3
amont RG	165,0	13,55	16,9	7,1	57,8	5,9	2,6
rejet	163,0	13,35	16,4	7,3	56,0	5,9	2,1
aval RD	162,0	13,3	16,9	7,5	57,9	6,0	2,0
aval RG	165,0	13,5	17,1	7,3	58,6	6,0	2,6
17/12/19	Hydrogénoca. mg/l	TAC °f	TH °f	Na mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	K mg/l
amont RD	195,0	15,95		6,2			
amont RG	195,0	16,00		5,5			
rejet	195,0	15,95		5,5			
aval RD	195,0	16,00		5,5			
aval RG	196,0	16,05		5,3			

5.2.5 Résultats diatomées Bugey 2019.

5.2.5.1 Campagnes d'avril et juin 2019.

Espèces	Date	10/04/2019	10/04/2019			10/04/2019			25/06/2019		Aval RE 25/06/20
Achnanthidium delmontii Peres, Le Cohu et Barthes Achnanthidium affine (Grunow) Czarnecki	ADMO ACAF*	7	3	26	35	7	21	54	36	33	14
Amphora copulata (Kütz) Schoeman & Archibald	ACOP*						9	1	5		
Achnanthidium atomoides Monnier, Lange-Bertalot & Ector Achnanthidium catenatum (Bily & Marvan) Lange-Bertalot	ADAM ADCT*										
Achnanthidium eutrophilum (Lange-Bertalot)Lange-Bertalot Achnanthidium minutissimum (Kützing) Czarnecki	ADEU*	45		1	10	3	8	3	20		3
Achnanthidium pyrenaicum (Hustedt) Kobayasi	ADPY*	15	6	16	10	3	51 3	39	20	11	3
Achnanthidium druartii Rimet & Couté in Rimet & al. Achnanthidium saprophilium (Kobayasi et Mayama) Round & Bukhtiyarova	ADRU ADSA*										
Achnanthidium straubianum (Lange-Bertalot)Lange-Bertalot	ADSB*										
Achnanthes lanceolata subsp. frequentissima var. rostratiformis Lange-Bertalot	ALFF*			1	1						
Amphora indistincta Levkov Amphora ovalis (Kützing) Kützing	AMID* AOVA*	1		9	3	2	11	2	7 2		
Imphora pediculus (Kūtzing) Grunow	APED*	4	2	27	5	6	52	28	16	14	4
Achnanthes ploenensis Hustedt var.gessneri (Hustedt) Lange-Bertalot Achnanthes rupestoides Hohn	APGE* ARPT*			3			1				
Cymbella compacta Østrup	CCMP*	13	10	3	15	7					1
Cyclotella costel Druart & Straub Cocconeis euglypta Ehrenberg	CCOS*	2 19	13	58	2 18	15	2 94	144	136	278	345
Cyclostephanos invisitatus(Hohn & Hellerman)Theriot Stoermer & Håkansson Caloneis lancettula (Schulz-Danzig) Lange-Bertalot & Witkowski	CINV*		10	2	1		1 10	8	13		3
Cyclotella meneghiniana Kützing	CMEN*		10	2	1	1	10	8	13		3
aloneis molaris (Grunow) Krammer Cocconeis pseudolineata (Geitler) Lange-Bertalot	CMOL*			5	6		4	5	5	10	6
Cocconeis pseudothumensis Reichardt	COPS*			1	•						
Cocconeis pediculus Ehrenberg Cocconeis placentula Ehrenberg var. placentula	CPED*	2						2	8	4	5 2
occoneis placentula Ehrenberg var.lineata (Ehr.)Van Heurck	CPLI*						5	-	3	8	9
lymbella subleptoceros Krammer Nadesmis contenta (Grunow ex V. Heurck) Mann	CSLP DCOT*										
liatoma ehrenbergii Kützing	DEHR*				1	4					
Natoma tenuis C. Agardh Natoma moniliformis (Kützing) Williams ssp.moniliformis	DITE*	1	1 45		2	1 34					
liscostella pseudostelligera (Hustedt) Houk et Klee	DPST*	-									
Natoma vulgaris Bory f. linearis (Grun. in V.Heurck) Bukhtiyarova Nenticula vallus (Nikolaev) Sullivan	DVLN* DVLU		4		3	14					
liatoma vulgaris Bory	DVUL*	1	10		14	49					
ncyonema caespitosum Kützing ncyonopsis minuta Krammer & Reichardt	ECAE*						2				
ncyonopsis microcephala (Grunow) Krammer	ENCM*	8	20	•	6	5	5				
ncyonema minutum (Hilse in Rabh.) D.G. Mann in Round Crawford & Mann ncyonema ventricosum (Agardh) Grunow in Schmidt & al.	ENVE*	8	20 1	3	6	ъ		1	3		
colimna comperei Ector Coste et Iserentant in Coste & Ector colimna subminuscula (Manguin) Moser Lange-Bertalot & Metzeitin	EOCO* ESBM*								1		1
ncyonema silesiacum (Bleisch in Rabh.) D.G. Mann	ESLE*	2	15	3	3	10			1		
ragilaria canariensis Lange-Bertalot ragilaria delicatissima (W.Smith) Lange-Bertalot	FCAN FDEL*										
ragilaria pectinalis(O.F.Müller) Lyngbye	FPEC*										
RAGILARIA H.C. Lyngbye ragilaria recapitellata Lange-Bertalot & Metzeltin	FRAG FRCP*		1								
istulifera saprophila (Lange-Bertalot & Bonik) Lange-Bertalot	FSAP*										
allacia subhamulata (Grunow in V. Heurck) D.G. Mann ragilaria vaucheriae (Kützing) Petersen	FSBH* FVAU*		1			3			1		2
Somphonema cuneolus E. Reichardt	GCUN					3			1		
iomphonema elegantissimum Reichardt & Lange-Bertalot in Hofmann & al. iomphonema exilissimum(Grun.) Lange-Bertalot & Reichardt	GELG*	4	1	1						9	2
Somphonema minutum (Aq.) Aqardh	GMIN*	2	1		3	1	10	30	20	7	- 1
iomphonema olivaceum (Hornemann) Brébisson IOMPHONEMA C.G. Ehrenberg	GOLI*	42	52	17	12	26 3	1	1	1	4	
omphonema parvulum (Kützing) Kützing	GPAR*	9	5	2		1	2	1	6		
iomphonema pumilum var. rigidum Reichardt & Lange-Bertalot iomphonema pumilum (Grunow) Reichardt & Lange-Bertalot	GPRI* GPUM*		2	2	4		11	3	2		
lyrosigma sciotoense(sciotense) (Sullivan et Wormley) Cleve	GSCI*	1		1					1		
iomphonema tergestinum (Grunow in Van Heurck) Schmidt in Schmidt & al. Byrosigma obtusatum (Sullivan & Wormley) Boyer	GTER* GYOB*	16	4	3	1	2	8	21	20	5	
lippodonta capitata (Ehr.)Lange-BertalotMetzeltin & Witkowski	HCAP*						1				
lalamphora montana (Krasske) Levkov folbesia gessneri (Hustedt) Aboal	HLMO* KGES*						1	4			
uticola goeppertiana (Bleisch in Rabenhorst) D.G.Mann in Round Crawford & Mann	LGOE*										
emnicola hungarica (Grunow) Round & Basson uticola mutica (Kützing) D.G. Mann in Round Crawford & Mann	LHUN*	2	1		3	3					
UTICOLA D.G. Mann	LUTI										
uticola ventriconfusa Lange-Bertalot fayamaea permitis (Hustedt) Bruder & Medlin	LVCF* MPMI*	2	20 2		19	15	3	2		2	
felosira varians Agardh	MVAR* NACD*	1			1	2					
ilitzschia acidoclinata Lange-Bertalot ilitzschia acicularis Kützing) W.M.Smith	NACI*				1						
ilitzschia amphibia Grunow lavicula antonii Lange-Bertalot	NAMP* NANT*	4	1	5	2	3	5 6	7	6	7	3
iltzschia brunoi Lange-Bertalot in Lange-Bertalot & Metzeltin	NBNO*	7			ī	Ü	1	,	·	,	
litzschia capitellata Hustedt in A.Schmidt & al. lavicula capitatoradiata Germain	NCPL*					1					
lavicula cryptocephala Kützing	NCRY*	1	2								
lavicula cryptotenella Lange-Bertalot lavicula cryptotenelloides Lange-Bertalot	NCTO*	26 1	35 1	36 1	27	40	21	20	28	4	2
lavicula cataracta-rheni Lange-Bertalot	NCTT*	2	2	3	1		3				
lavicula caterva Hohn & Hellerman ilitzschia dissipata (Kützing) Grunow ssp.dissipata	NCTV* NDIS*	17 85	7 28	8 61	10 47	10 41	28	11	19	3	3
litzschia dissipata(Kütz.)Grunow var.media (Hantzsch) Grunow in Van Heurck	NDME*			4		1				-	-
ilitzschia dissipata (Kützing) Grunow ssp.oligotraphenta Lange-Bertalot ilitzschia fonticola Grunow in Cleve et Möller	NDOL NFON*	50	52	36	73	49	15	11	1 20	5	
lavicula gregaria Donkin	NGRE*	3	1	13	5	3	3	2			
litzschia hantzschiana Rabenhorst litzschia heufleriana Grunow	NHAN* NHEU*				2						
litzschia angustata (W.Smith) Grunow	NIAN*		_								3
litzschia archibaldii Lange-Bertalot litzschia gracilis Hantzsch	NIAR* NIGR*		2			1					
litzschia intermedia Hantzsch ex Cleve & Grunow	NINT*			1							
litzschia pusilla (Kützing) Grunow emend Lange-Bertalot litzschia subtilis Grunow in Cleve et Grunow	NIPU* NISU*	1	2		1						
iltzschia tenuis W.Smith IITZSCHIA A.H. Hassall	NITE*	1			i						
lavicula lanceolata (Agardh) Ehrenberg	NLAN*	33	29	10	20	1 27				1	
litzschia paleacea (Grunow) Grunow in Van Heurck	NPAE*		2		3	1				1	
litzschia palea (Kützing) W.Smith lavicula radiosa Kützing	NRAD*		1			1					
lavicula reichardtiana Lange-Bertalot	NRCH*	4	8	4	16	5	2	3	7	2	1
lavicula recens (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot litzschia recta Hantzsch in Rabenhorst	NREC*			4	2		1			1	
lavicula rostellata Kützing lavicula sancti-naumi Levkov et Metzeltin	NROS* NSNM										
litzschia sociabilis Hustedt	NSOC*	2		1			1		1		
litzschia soratensis Morales & Vis litzschia subacicularis Hustedt in A.Schmidt et al.	NSTS* NSUA*										
lavicula trophicatrix Lange-Bertalot	NTCX*				1						
avicula tenelloides Hustedt avicula tripunctata (O.F.Müller) Bory	NTEN*	12	8	23	11	4	6	2	1	3	1
avicula trivialis Lange-Bertalot	NTRV*	12	0	23		4	Ů	2	1	3	
avicula upsaliensis (Grunow) Peragallo avicula vandamii Schoeman & Archibald	NUSA*										
avicula veneta Kützing	NVEN*				1				3		
avicula associata Lange-Bertalot Itzschia costel Tudesque, Rimet & Ector	NXAS* NYCO					1	3		3	2	
itzschia angustatula Lange-Bertalot	NZAG*			1	2		2			3	
	PCOS*										
antocsekiella costei (Druart et F. Straub) K.T. Kiss et Åcs	POCL*										
antosekiella costei (Druart et F. Straub) K.T. Kiss et Åcs lanothidium frequentissimum (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot antocsekiella ocellata (Pantocsek) K.T. Kiss et Åcs	PPSA*	2						1			
antocsekiella costei (Druart et F. Straub) K.T. Kiss et Acs lanothidium frequentisiimum (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot antocsekiella ocellata (Pantocsek) K.T. Kiss et Ács laconeis pseudangica (Lange-Bertalot) Cox	PROH*	i .					2	1			
antocsekelia costei (Druart et F. Straub) K.T. Kiss et Åcs anothidium frequentissimum (Lange-Bertaldt) Lange-Bertaldt antocsekelia coeflata (Pantocsek) K.T. Kiss et Åcs acconels pseudangica (Lange-Bertaldt) Cox anothidium rostratoholaricicum Lange-Bertaldt & B7K seudostatowichis Previsitata (Grun. IV San Heurick) Williams & Round	PROH* PSBR*			2	2		10	7	4	8	
antocseleila costel (Puart et F. Straut) K.T. Kiss et Acs annohikum frequentisiamum (Lampe Sertatio) Lange-Bertatot antocseleila coelasta (Parincosel) K.T. Kiss et Acs antocseleila coelasta (Parincosel) K.T. Kiss et Acs antocseleila coelasta (Parincosel) K.T. Kiss et Acs antocseleila coelasta (Parincoseleila) K. Kiss et Acs antocseleila coelasta (Parincoseleila) K. Kisseleila K. R. Kisseleila seudostaurosia bravidatida (Grun in Van Heurck) Williams & Round hotosphenia abbrevita (C. Agardh). Lange-Bertatot	PROH* PSBR* RABB*	4			1						
antocaciónia coste (Druart et F. Straub) K.T. Kisa et Acs lanchidum frequentisimum Langa-Bertalol Langa-Berlatot antocaciónia coelata (Pantocació, K.T. Kisa et Acs lanchidum no calitario laterica Langa-Berlatot lanchidum no calitario laterica Langa-Berlatot lanchidum no calitario laterica. Langa-Berlatot lanchidum control la lanchidum de la lanchidum de la lanchidum hococophenia abbrevista (C. Againth) Langa-Berlatot lemente sinusta (Glegony) Kocolck & Slosemar elemente sinusta (Gl	PROH* PSBR* RABB* RSIN* RUNI*	4			1				2	3	6
antocasciale coate (Druat et F. Straub) K.T. Kiss et Acs incrodum frequentismum (Lange-Bertialo Lange-Bertialo incrodum frequentismum (Lange-Bertialo Lange-Bertialo incrose is preudanglica (Lange-Bertialo) Cox incrose is preudanglica (Lange-Bertialo) Cox incrose is preudanglica (Lange-Bertialo) Cox incrose is preudanglica (Lange-Bertialo) E B7K seudostauroris brevietistata (Grun in Yan Heurot) Williams & Pound horocophenia abbreviati (Agairt) (Lange-Bertialo) increased in the preudanglica (Lange-Bertialo) increased in the preudo-Bertialo (Lange-Bertialo) increased in the preudanglica (Lan	PROH* PSBR* RABB* RSIN* RUNI* SANG*	4			1	1			2	3	6
antocaciónia costei (Druat et F. Straub) K.T. Kisa et Aca lanchidum frequentiarum (Lange-Bertalct) Lange-Bertalct antocaciónia costeia (Prainteaux) K.T. Kisa et Aca lanchidum frequentiarum (Lange-Bertalct) (R.T. Kisa et Aca lanchidum creatival costeia (Prainteaux) K.T. Kisa et Aca lanchidum creatival costeia (Prainteaux) (R.T. Kisa et Aca lanchidum creatival costeia (Prainteaux) (R.T. Kisa et Aca lanchidum creatival (R.T. K	PROH* PSBR* RABB* RSIN* RUNI* SANG* SBKU* SEAT*	4	1		1	1			2	3	6
antocaciela costei (Divart et F. Straub) K.T. Kiss et Acs Innohidum frequentisimum Lange-Bertalot Jange-Bertalot antocaciela coetata (Particosek) K.T. Kiss et Acs Intocaciela coetata (Particosek) K.T. Kiss et Acs Intocaciela coetata (Particosek) K.T. Kiss et Acs Intoficialum rostratioholaeticium Lange-Bertalot AS 7X secudidaturiala berveitata (Con In Van Heust) Williams & Round holocopheria abbrevista (C. Agarth) Lange-Bertalot interior abbrevista (C. Agarth) Lange-Bertalot interior anticosta Stat Guerrero & Fernato urriella angulas Kützing urriella angulas Kützing urriella robelsoin interior kurriella year proprieta de Visita (Van Levetzing) (Kammer et Lange-Bertalot elisphora stomoides Wetzel & Van de Vijver tephanodiscus handszelli Heruleily-Isuaciely-Klasnsson et Stoemer	PROH* PSBR* RABB* RSIN* RUNI* SANG* SBKU*	4	1 1	2	1	1		1	2	3	6
antocasciela costei (Druat et F. Straub) K.T. Kiss et Acs innovibum frequentismum (Lange-Bertalot Lange-Bertalot innovibum frequentismum (Lange-Bertalot Lange-Bertalot incomes preudangica (Lange-Bertalot Cox innovibum constraint constraint (Lange Bertalot Cox innovibum constraint (Lange Bertalot Cox innovibum (Lange Bertalot innovibum (Lange Berta	PROH' PSBR' RABB' RSIN' RUNI' SANG' SBKU' SEAT' SHTE' SIDE' SLAC'	7			1 1	1	1	1	2		6
antociscibilis costei (Druart et F. Straub) K.T. Kiss et Acs Innohibum fraquentisimum (Lange-Bertalot Jange-Bertalot antociscibilis coellast (Pantociscib) K.T. Kiss et Acs Stoches productings (Lange-Bertalot) K.T. Kiss et Acs Stoches productings (Lange-Bertalot) K.T. Kiss et Acs Straub (Lange-Bertalot) K.T. Kiss et Acs Str	PROH' PSBR' RABB' RSIN' RUNI' SANG' SBKU' SEAT' SHTE' SIDE'		1	2	1 1 1	1		1	2		6
antocsokiella costel (Druart et F. Straub) K.T. Kiss et Acs anothdrum frequentissmum (Lange-Bertalot Introcesiella Coeltat (Pantocsek) K.T. Kiss et Acs anothdrum frequentissmum (Lange-Bertalot)	PROH' PSBR' RABB' RSIN' RUNI' SANG' SBKU' SEAT' SHTE' SIDE' SLAC' SNIG' SPIN' SPUP'		1 2	2	1 1 1 3	1		1	2		6
antocasciela costei (Druat et F. Straub) K.T. Kiss et Acs innovibum frequentismum (Lange-Bertalot Lange-Bertalot innovibum frequentismum (Lange-Bertalot Lange-Bertalot incomes preudangica (Lange-Bertalot Cox innovibum constraint constraint (Lange Bertalot Cox innovibum constraint (Lange Bertalot Cox innovibum (Lange Bertalot innovibum (Lange Berta	PROH' PSBR' RABB' RSIN' RUNI' SANG' SBKU' SEAT' SHTE' SIDE' SLAC' SNIG' SPIN'		1 2	2 2	1 1 1 3	1		1	2		6

5.2.5.2 Campagnes de septembre et novembre 2019.

Bugey - Diatomées 2019	Station		Amont RD	Rejet	Aval RG	Avai RD	Amont RG	Amont RD	Rejet	Aval RG	Aval RD
Espèces	Date			12/09/2019		12/09/2019		13/11/2019		13/11/2019	13/11/2019
Achnanthidium delmontii Peres, Le Cohu et Barthes Achnanthidium affine (Grunow) Czamecki	ADMO ACAF*	44	39	97	74	125	23	44	72	67	53
Amphora copulata (Kütz) Schoeman & Archibald Achnanthidium atomoides Monnier, Lange-Bertalot & Ector	ACOP*			2		1		1	2	3 2	6
Achnanthidium catenatum (Billy & Marvan) Lange-Bertalot Achnanthidium eutrophilum (Lange-Bertalot)Lange-Bertalot	ADCT* ADEU*			1			1	1	2 2	1	13
Achnanthidium minutissimum (Kützing) Czarnecki Achnanthidium pyrenaicum (Hustedt) Kobayasi	ADMI*	4	1	5	2	1	4	9 5	5	5 1	3
Achnanthidium druartii Rimet & Couté in Rimet & al. Achnanthidium saprophilum (Kobayasi et Mayama) Round & Bukhtiyarova	ADRU ADSA*			1			1			1	
Achnanthidium straubianum (Lange-Bertalot)Lange-Bertalot Amphora inariensis Krammer	ADSB*					1			1	2	
Achnanthes lanceolata subsp. frequentissima var. rostratiformis Lange-Bertalot Amphora indistincta Levkov	ALFF* AMID* AOVA*	3		2	1	3	2	3	3	1	1
Amphora ovalis (Kützing) Kützing Amphora pediculus (Kützing) Grunow Achnanthes ploenensis Hustedt var.gessneri (Hustedt) Lange-Bertalot	APED* APGE*	15	2	14	10	10	9	12	4 22	8	10
Achinantines problems is nussed var.gessiren (nusledt) Lange-benaldt Achinanthes rupestoides Hohn Cymbella compacta Ostrup	ARPT* CCMP*			1				2		1	
Cyclotella costei Druart & Straub Cocconeis euglypta Ehrenberg	CCOS*	110	23	53	41	37	45	57	3 46	57	2 37
Cyclostephanos invisitatus(Hohn & Hellerman)Theriot Stoermer & Håkansson Caloneis lancettula (Schulz-Danzig) Lange-Bertalot & Witkowski	CINV*	28	1	2	10	15	5	7	7	9	15
Cyclotella meneghiniana Kützing Caloneis molaris (Grunow) Krammer	CMOL*				3			1		3	
Cocconeis pseudolineata (Geitler) Lange-Bertalot Cocconeis pseudothumensis Reichardt	COPL*	3		6	6					2	
Cocconeis pediculus Ehrenberg Cocconeis placentula Ehrenberg var. placentula	CPED*	3					1	1	4		2
Cocconeis placentula Ehrenberg var.lineata (Ehr.)Van Heurck Cymbella subleptoceros Krammer	CPLI* CSLP DCOT*	_					1	2	2	2	
Diadesmis contenta (Grunow ex V. Heurck) Mann Diatoma ehrenbergii Kützing Diatoma tenuis C. Agardh	DEHR*	9						2	2	1	
Diatoma moniliformis (Kützing) Williams ssp.moniliformis Discostella pseudostelligera (Hustedt) Houk et Klee	DMON* DPST*									1	
Diatoma vulgaris Bory f. linearis (Grun. in V.Heurck) Bukhtiyarova Denticula vallus (Nikolaev) Sullivan	DVLN*		5		2			1 12		5	
Diatoma vulgaris Bory Encyonema caespitosum Kützing	DVUL*		1						2		
Encyonopsis minuta Krammer & Reichardt Encyonopsis microcephala (Grunow) Krammer	ENCM*								2	2	
Encyonema minutum (Hilse in Rabh.) D.G. Mann in Round Crawford & Mann Encyonema ventricosum (Agardh) Grunow in Schmidt & al.	ENVE*			3				1 1	1	2	
Eolimna comperei Ector Coste et Iserentant in Coste & Ector Eolimna subminuscula (Manguin) Moser Lange-Bertalot & Metzeltin	EOCO* ESBM*					9			2		2
Encyonema silesiacum (Bleisch in Rabh.) D.G. Mann Fragillaria canariensis Lange-Bertalot	FCAN			2				2	2		1
Fragilaria delicatissima (W.Smith) Lange-Bertalot Fragilaria pectinalis(C.F.Müller) Lyngbye EBAGII ABIA H.C. Lyngbye	FDEL* FPEC* FRAG		1	2				6	1	2	2
FRAGILARIA H.C. Lyngbye Fragilaria recapitellata Lange-Bertalot & Metzeltin Fistulfera saprophila (Lange-Bertalot & Bonik) Lange-Bertalot	FRCP* FSAP*		'					1			
Fisitumera saproprima (Lange-bertanti & Johnk) Lange-bertanti Fallacia subhamulata (Grunow in V. Heurck) D.G. Mann Fragilaria vaucheriae (Kützing) Petersen	FSBH* FVAU*	1						'	3	2	
Gomphonema cuneolus E. Reichardt Gomphonema elegantissimum Reichardt & Lange-Bertalot in Hofmann & al.	GCUN GELG*	4								-	
Gomphonema exilissimum(Grun.) Lange-Bertalot & Reichardt Gomphonema minutum (Ag.) Agardh	GEXL* GMIN*	17	16	22	8	8	17	44	11	29	25
Gomphonema olivaceum (Hornemann) Brébisson GOMPHONEMA C.G. Ehrenberg	GOLI*	2			1		2	1	2		1 2
Gomphonema parvulum (Kützing) Kützing Gomphonema pumilum var. rigidum Reichardt & Lange-Bertalot	GPAR* GPRI*	2	4	4	1 4		1 9	3	8	2 7	
Gomphonema pumilum (Grunow) Reichardt & Lange-Bertalot Gyrosigma sciotoense(sciotense) (Sullivan et Wormley) Cleve	GPUM* GSCI*							1	3	1	
Gomphonema tergestinum (Grunow in Van Heurck) Schmidt in Schmidt & al. Gyrosigma obtusquum (Sullivan & Wormley) Boyer Hippodonta capitata (Ehr.) Lange-BertalotMetzeltin & Witkowski	GTER* GYOB* HCAP*									5 1	1
rappotonia capitata (Em.) Lange-benatoriwatzetiin & wiikowski Halamphora montana (Krasske) Levkov Kolbesia gessneri (Hustedt) Aboal	HLMO* KGES*										1
Luticola goeppertiana (Bleisch in Rabenhorst) D.G.Mann in Round Crawford & Mann Lemnicola hungarica (Grunow) Round & Basson	LGOE*									1	
Luticola mutica (Kützing) D.G. Mann in Round Crawford & Mann LUTICOLA D.G. Mann	LMUT*	4					160 1				
Luticola ventriconfusa Lange-Bertalot Mayamaea permitis (Hustedt) Bruder & Medlin	LVCF*	2			1		22 1	1		2 2	
Melosira varians Agardh Nitzschia acidoclinata Lange-Bertalot	MVAR* NACD*		2	1	2		2	4	2		1
Nitzschia acicularis Kützing) W.M.Smith Nitzschia amphibia Grunow	NACI* NAMP*		1	_			1	_	1		2
Navicula antonii Lange-Bertalot Nitzschia brunoi Lange-Bertalot in Lange-Bertalot & Metzeltin Nitzschia capitellata Hustedt in A.Schmidt & al.	NANT* NBNO* NCPL*	4		5	14	2	2	5	7	6	2
Nazicula capitalnadi Husteri in A.Schmidt & al. Nazicula capitatoradiata Germain Nazicula cryotoceohala Kützino	NCPR*	i		2	8		3	14	5	4	6
Navicula cryptotenella Lange-Bertalot Navicula cryptotenelloides Lange-Bertalot	NCTE*	14	14 3	16	26	7 2	16	18 2	36	17 2	41
Navicula cataracta-rheni Lange-Bertalot Navicula caterva Hohn & Hellerman	NCTY*		2	5		1		-	5	1 6	3
Nitzschia dissipata (Kützing) Grunow ssp.dissipata Nitzschia dissipata(Kütz.)Grunow var.media (Hantzsch) Grunow in Van Heurck	NDIS*	106	235	121	139	170	36	47	52	41	57 4
Nitzschia dissipata (Kützing) Grunow ssp.oligotraphenta Lange-Bertalot Nitzschia fonticola Grunow in Cleve et Möller	NDOL NFON*	2 24	2 47	14	1 23	12	22	73	1 14	58	2 48
Navicula gregaria Donkin Nitzschia hantzschiana Rabenhorst	NGRE*			1	2		1			1	
Nitzschia heufleriana Grunow Nitzschia angustata (W.Smith) Grunow	NHEU*		1					2	1		
Nitzschia archibaklii Lange-Bertalot Nitzschia gracilis Hantzsch Nitzschia intermedia Hantzsch ex Cleve & Grunow	NIAR* NIGR* NINT*										
Nitzschia interneola hamzsch ex Ceve & Grunow Nitzschia pusilia (Kützing) Grunow emend Lange-Bertalot Nitzschia subtilis Grunow in Cleve et Grunow	NIPU*										
Nitzschia subtilis Grunow in clieve et Grunow Nitzschia tenuis W.Smith NITZSCHIA A.H. Hassall	NITE*										
Navicula lanceolata (Agardh) Ehrenberg Nitzschia paleacea (Grunow) Grunow in Van Heurck	NLAN* NPAE*		4	4	2	1			2	2	
Nitzschia palea (Kützing) W.Smith Navicula radiosa Kützing	NPAL* NRAD*	4	23	12	12	9			1	2	3
Navicula reichardtiana Lange-Bertalot Navicula recens (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot	NRCH* NRCS*		2	1		1		6	4	2	9
Nitzschia recta Hantzsch in Rabenhorst Navicula rostellata Kützing	NREC* NROS*				1	1			1		1
Navicula sancti-naumii Levkov et Metzeltin Nitzschia sociabilis Hustedt	NSNM NSOC*								1		1
Nitzschia soratensis Morales & Vis Nitzschia subacicularis Hustedt in A.Schmidt et al.	NSTS* NSUA*						1			1	
Navicula trophicatrix Lange-Bertalot Navicula tenelloides Hustedt Navicula tripunetate / C.F. Millen Bory	NTCX*		•	-		•	10	20	1 20	10	40
Navicula tripunctata (O.F.Müller) Bory Navicula trivialis Lange-Bertalot Navicula upsallensis (Grunow) Peragallo	NTPT* NTRV* NUSA*	6	2	7	6	3	19	23	20	16	19
Navicula upsalensis (cironow) Peragalio Navicula vandamii Schoeman & Archibald Navicula veneta Kūzing	NVDA* NVEN*		2	2	1		3	1	4	4 2	
Navicula associata Lange-Bertalot Nitzschia costei Tudesque, Rimet & Ector	NXAS* NYCO							1		5	2
Nitzschia angustatula Lange-Bertalot Pantocsekiella costel (Druart et F. Straub) K.T. Kiss et Ács	NZAG* PCOS*			1	6	2	2		7	1	3
Planothidium frequentissimum (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot Pantocsekiella ocellata (Pantocsek) K.T. Kiss et Åcs	PLFR* POCL*			1						2	
Placoneis pseudanglica (Lange-Bertalot) Cox Planothidium rostratoholarcticum Lange-Bertalot & B?k	PPSA* PROH*									2	_
Pseudostaurosira brevistriata (Grun.in Van Heurck) Williams & Round Rhoicosphenia abbreviata (C.Agardh) Lange-Bertalot	PSBR* RABB*	6	2	4 3	1	2	2	1	4 5	3 8	3 7
Reimeria sinuata (Gregory) Kociolek & Stoermer Reimeria uniseriata Sala Guerrero & Ferrario	RSIN* RUNI*	2		3		3					1
Surirella angusta Kützing Surirella brebissonili var.kuetzingii Krammer et Lange-Bertalot Sallanbora stromides Wetzel & Van de Vilver	SANG* SBKU*		1					1		1	1
Sellaphora atomoides Wetzel & Van de Vijver Stephanodiscus hantzschii f.tenuis(Hustedt)Håkansson et Stoermer	SEAT* SHTE* SIDE*	2			1		2		8		9
	SIDE*	1			1	2	2		8 1 4		
Simonsenia delognei Lange-Bertalot Surirella lacrimula English Sellanbora nigri (De Not I C.F. Wetzel et Ector											
Surirella lacrimula English Sellaphora nigri (De Not.) C.E. Wetzel et Ector Staurosirella pinnata (Ehrenberg) Williams & Round	SNIG* SPIN*	4				2			7	1 3	
Surirella lacrimula English Sellaphora nigri (De Not.) C.E. Wetzel et Ector	SNIG*	4				2		1		1 3	

5.2.6 Résultats macroinvertébrés Bugey 2019. Campagne d'avril 2019.

Bugey 2019		amont Phase A 10-avr. Filets	amont Phase B 10-avr. Dragages	amont Phase C 10-avr. Substrats	rejet Phase A 10-avr. Filets	rejet Phase B 10-avr. Dragages	rejet Phase C 10-avr. Substrats	aval Phase A 10-avr. Filets	aval Phase B 10-avr. Dragages	aval Phase C 10-avr. Substrats
PLECOPTERA Taeniopterygidae	Taeniopterygidae		1							
Taeniopterygidae TRICHOPTERA	Brachyptera	_	,							1
Glossosomatidae Glossosomatidae	Glossosomatidae Agapetus		2						1	
Glossosomatidae	Glossosoma					1				
Goeridae Goeridae	Goeridae Silo		12						3	
Hydropsychidae	Hydropsychidae									
Hydropsychidae Hydropsychidae	Cheumatopsyche Hydropsyche		2 37	10		3 18	2	1	4 17	9
Hydroptilidae Hydroptilidae	Agraylea Hydroptila	1	62	35	1	24	23	2	158	23
Lepidostomatidae	Lepidostoma		4	6	·	2	2	-	2	2
Leptoceridae Leptoceridae	Leptoceridae Adicella					3				
Leptoceridae	Athripsodes Ceraclea		1			1				
Leptoceridae Leptoceridae	Mystacides		2		1	1	1		1	
Leptoceridae Leptoceridae	Oecetis Setodes			7	1		2			
Limnephilidae	Limnephilinae			11		1	8			1
Psychomyidae Psychomyidae	Psychomyidae Psychomyia	3	852	26	1	375	1	5	496	1
Rhyacophilidae Rhyacophilidae	Rhyacophilidae Rhyacophila									
EPHEMEROPTERA		1								
Baetidae Baetidae	Baetidae Baetis				5	5	10		2	1
Caenidae	Caenis	2	4	3	1	1	9	2	3	15
Ephemerellidae Ephemerellidae	Ephemerellidae Serratella		1				1		1	9
Ephemeridae Heptageniidae	Ephemera Heptageniidae		1			2		1		
Heptageniidae	Ecdyonurus									
Heptageniidae Potamanthidae	Heptagenia Potamanthus		86 2	14 5	2	38 2	5 8	1	59 5	57 1
COLEOPTERA		1	-			-		1	•	
Dryopidae Elmidae	Dryops Elmis		1	1			1	1		1
Elmidae Elmidae	Esolus Limnius	1	1	2	2		1 2	1		
Elmidae	Macronychus		'	3	1		-			
Elmidae Elmidae	Oulimnius Riolus									
Elmidae	Stenelmis									1
Haliplidae DIPTERA	Haliplus	-					1			
Athericidae	Athericidae Ceratopogonidae =	Holoidae		3				1		
Chironomidae	Chironomidae	789	3120	2914	1396	1478	1106	2624	6848	1580
Dolichopodidae Empididae	Dolichopodidae Empididae		1	8	7	2	2	7	3	7
Limoniidae	Limoniidae				4		1	3		
Psychodidae Simuliidae	Psychodidae Simuliidae		44	1	1	6	4	6	26	13
Tipulidae ODONATA	Tipulidae	-		4	1		4	1		1
Calopterygidae	Calopteryx									
Coenagrionidae Gomphidae	Coenagrionidae Gomphidae			1			1			
Gomphidae Gomphidae	Gomphus						1	1		
Platycnemididae	Onychogomphus Platycnemis			1			1			
MEGALOPTERA Sialidae	Sialis									
PLANIPENNES						3				
Sisyridae LEPIDOPTERA	Sisyra	1				3				
Crambidae = Pyralid CRUSTACEA	Crambidae = Pyralic	iae				1	1			
Asellidae	Asellidae									
Cambaridae Pontogammaridae	Orconectes Dikerogammarus	419	2009	1005	351	455	1255	313	3755	2764
Janiridae	Jaera	21	876	160	84	641	1042	53	2688	3474
Mysidae Mysidae	Mysidae Hemimysis									
AUTRES CRUSTAC Copépodes	ES Copépodes			2			2			1
Ostracodes	Ostracodes			-			1			
HYDRACARINA BIVALVIA		-								
Corbiculidae Dreissenidae	Corbicula Dreissena	69	24 6	23	16	25 6	33 2	35	31 7	1
Sphaeriidae	Sphaeriidae						3		,	
Sphaeriidae GASTEROPODA	Pisidium	1		2	1		4			
Ancylidae	Ancylus	5	366	34	3	51	11	3	89	9
Ferrissiidae Hydrobiidae	Ferrissia Potamopyrgus	28	5	1 22	1 4	4	20	2	15	2
Lymnaeidae	Lymnaeidae Galba		-		4		-		1	-
Lymnaeidae Lymnaeidae	Radix			6 1				2		
Lymnaeidae Neritidae	Stagnicola Theodoxus	7			4		3	21		
Physidae	Physidae			1			5			
Physidae Planorbidae	Physella Planorbidae			21 10	1		4 39	1		
Valvatidae	Valvata	-								
HIRUDINAE Erpobdellidae	Erpobdellidae			1						1
Glossiphoniidae Piscicolidae	Glossiphoniidae Piscicolidae									
Salifidae	Barbronia weberi*									
OLIGOCHETA POLYCHAETA		403	50	1598	198	12	4516	432	50	130
Ampharetidae	Hypania	-		2			75			1
TURBELLARIA Dendrocoelidae	Dendrocoelidae									
Dugesiidae NEMERTEA	Dugesiidae	-	1	5		5	1			
Prostomatidae = Te			1	1	4	1	7	1		1
NEMATHELMINTHA HYDROZOA		1	1			2		1	1	
PORIFERA Spongillidae	Connectified	1								
	Spongillidae	4								
BRYOZOA Effectif total		1749	7579	5952	2102	3169	8223	3523	14269	8110

Campagne de juin 2019.

		amont	amont	amont	rejet	rejet	rejet	aval	aval	aval
Bugey 2019		Phase A	Phase B	Phase C	Phase A	Phase B	Phase C	Phase A	Phase B	Phase C
		11-juil. Filets	25-juin Dragages	25-juin Substrats	11-juil. Filets	25-juin Dragages	25-juin Substrats	11-juil. Filets	25-juin Dragages	25-juin Substrats
PLECOPTERA	T									
Taeniopterygidae Taeniopterygidae	Taeniopterygidae Brachyptera									
TRICHOPTERA										
Glossosomatidae Glossosomatidae	Glossosomatidae Agapetus	7 2								
Glossosomatidae	Glossosoma									
Goeridae	Goeridae Silo	2								
Goeridae Hydropsychidae	Silo Hydropsychidae	30 2	1	5			4			1
Hydropsychidae	Cheumatopsyche									
Hydropsychidae Hydroptilidae	Hydropsyche Agraylea		4	1	1		23	1		1
Hydroptilidae	Hydroptila									
Lepidostomatidae	Lepidostoma	1		2						
Leptoceridae Leptoceridae	Leptoceridae Adicella	1					1			
Leptoceridae	Athripsodes	1								
Leptoceridae	Ceraclea						1			
Leptoceridae Leptoceridae	Mystacides Oecetis	1					1			
Leptoceridae	Setodes	·						1		
Limnephilidae	Limnephilinae			4			2			1
Psychomyidae Psychomyidae	Psychomyidae Psychomyia	4	34		1		2	1		1
Rhyacophilidae	Rhyacophilidae									
Rhyacophilidae EPHEMEROPTERA	Rhyacophila	ł								
Baetidae	Baetidae									
Baetidae	Baetis									
Caenidae Ephemerellidae	Caenis Ephemerellidae			6			5			
Ephemerellidae Ephemerellidae	Serratella									
Ephemeridae	Ephemera									
Heptageniidae Heptageniidae	Heptageniidae Ecdyonurus									
Heptageniidae	Heptagenia						1			
Potamanthidae	Potamanthus	+								
COLEOPTERA Dryopidae	Dryops				1					
Elmidae	Elmis			3	2		2	1		
Elmidae Elmidae	Esolus Limnius	1		1 20	1					
Elmidae	Macronychus	l '		4	'		1			1
Elmidae	Oulimnius			1						
Elmidae Elmidae	Riolus Stenelmis			2			1			
Haliplidae	Haliplus									
DIPTERA										
Athericidae Ceratopogonidae =	Athericidae Ceratopogonidae =	Heleidae								
Chironomidae	Chironomidae	17	19	1201	5		323	7		23
Dolichopodidae Empididae	Dolichopodidae Empididae						2			1
Limoniidae	Limoniidae						2			1
Psychodidae	Psychodidae									
Simuliidae Tipulidae	Simuliidae Tipulidae		4	145 3			14 4			12
ODONATA	принае	i		3			4			
Calopterygidae	Calopteryx									
Coenagrionidae Gomphidae	Coenagrionidae Gomphidae									
Gomphidae	Gomphus			2						
Gomphidae Platycnemididae	Onychogomphus	1		2						1
MEGALOPTERA	Platycnemis									
Sialidae	Sialis			1	1					
PLANIPENNES Sisyridae	Sisyra									
LEPIDOPTERA		t								
Crambidae = Pyralic CRUSTACEA	d Crambidae = Pyralic	iae T								1
Asellidae	Asellidae									
Cambaridae	Orconectes						1			
Pontogammaridae Janiridae	Dikerogammarus Jaera	390 2208	306 1696	1315 4628	7		1554 4544	240 1648		5569 14609
Mysidae	Mysidae		. 000	.020						
Mysidae	Hemimysis	1								
AUTRES CRUSTAC Copépodes	ES Copépodes				1					
Ostracodes	Ostracodes	1		2						
HYDRACARINA BIVALVIA		ł		1			1			
Corbiculidae	Corbicula	130	16	103	7		12	96		7
Dreissenidae	Dreissena	4		40				1		
Sphaeriidae Sphaeriidae	Sphaeriidae Pisidium	2		16 4			2	1		
GASTEROPODA		Ť								
Ancylidae Ferrissiidae	Ancylus Ferrissia	1752	235	175	3		37	68		16
Hydrobiidae	Potamopyrgus	15	2	1514	'		140	7		53
Lymnaeidae	Lymnaeidae			34			1			
Lymnaeidae Lymnaeidae	Galba Radix			1			1			
Lymnaeidae	Stagnicola									
Neritidae	Theodoxus				4		1			
Physidae Physidae	Physidae Physella		1	14 1	1		3 8			
Planorbidae	Planorbidae	4		25	2		4			
Valvatidae HIRUDINAE	Valvata	+		2			1			
Erpobdellidae	Erpobdellidae	2		4			1	2		
Glossiphoniidae	Glossiphoniidae			1						
Piscicolidae Salifidae	Piscicolidae Barbronia weberi*									
OLIGOCHETA		14		5	6		21	16		3
POLYCHAETA	Managia	,,		055			60			
Ampharetidae TURBELLARIA	Hypania	41		355			66	11		1
Dendrocoelidae	Dendrocoelidae			1						
Dugesiidae NEMERTEA	Dugesiidae	+		8						
Prostomatidae = Te		1		1	1		1			
NEMATHELMINTHA		Ī		1						
HYDROZOA PORIFERA		+								
Spongillidae	Spongillidae			1						
BRYOZOA Effectif total		4633	2318	9615	47	0	6789	2101	0	20300
Richesse taxonom	ique	4633 25	2318 11	9615 41	19	0	6789 36	15	0	16
	-									

Campagne de septembre 2019.

Bugey 2019		amont Phase A	amont Phase B	amont Phase C	rejet Phase A	rejet Phase B	rejet Phase C	aval Phase A	aval Phase B	aval Phase C
		12-sept. Filets	12-sept.	12-sept. Substrats	12-sept. Filets	12-sept.	12-sept. Substrats	12-sept.	12-sept.	12-sept. Substrats
PLECOPTERA		riiets	Dragages	oupstrats	rilets	Dragages	oupstrats	rilets	Dragages	oudstrats
Taeniopterygidae Taeniopterygidae	Taeniopterygidae Brachyptera									
TRICHOPTERA Glossosomatidae	Glossosomatidae	17	4							
Glossosomatidae	Agapetus	17	*							
Glossosomatidae Goeridae	Glossosoma Goeridae									
Goeridae	Silo	58						3		
Hydropsychidae Hydropsychidae	Hydropsychidae Cheumatopsyche	2	1							2
Hydropsychidae	Hydropsyche	2	2			2	3			
Hydroptilidae Hydroptilidae	Agraylea Hydroptila		3			6			11	1
Lepidostomatidae	Lepidostoma	1	3			0				
Leptoceridae Leptoceridae	Leptoceridae Adicella									
Leptoceridae	Athripsodes									
Leptoceridae	Ceraclea									
Leptoceridae Leptoceridae	Mystacides Oecetis									
Leptoceridae Limnephilidae	Setodes Limnephilinae	6				3				
Psychomyidae	Psychomyidae		1						8	
Psychomyidae	Psychomyia		8			46		1	192	
Rhyacophilidae Rhyacophilidae	Rhyacophilidae Rhyacophila		1 2			1				
EPHEMEROPTER#	١	Ī								
Baetidae Baetidae	Baetidae Baetis		2			18			14	1
Caenidae	Caenis			7	2	1	12			10
Ephemerellidae Ephemerellidae	Ephemerellidae Serratella									
Ephemeridae	Ephemera			1			4		•	
Heptageniidae Heptageniidae	Heptageniidae Ecdyonurus		1				1		3 1	1
Heptageniidae	Heptagenia	1	4	3	1	9	1	_		2
Potamanthidae COLEOPTERA	Potamanthus	1	11			1		5	1	
Dryopidae	Dryops				1			1		
Elmidae Elmidae	Elmis Esolus	1								
Elmidae	Limnius									
Elmidae Elmidae	Macronychus Oulimnius									
Elmidae	Riolus									
Elmidae Haliplidae	Stenelmis Haliplus									
DIPTERA		İ								
Athericidae Ceratopogonidae =	Athericidae Ceratopogonidae =	Heleidae		1			1			
Chironomidae	Chironomidae	2	1536	173	43	2080	393	12	1376	39
Dolichopodidae Empididae	Dolichopodidae Empididae			2	1		2			
Limoniidae	Limoniidae			-			-			
Psychodidae Simuliidae	Psychodidae Simuliidae		42			3	2			9
Tipulidae	Tipulidae					Ü	-			Ü
ODONATA Calopterygidae	Calopteryx						1			
Coenagrionidae	Coenagrionidae									
Gomphidae Gomphidae	Gomphidae Gomphus						1			
Gomphidae	Onychogomphus			1	1					
Platycnemididae MEGALOPTERA	Platycnemis									
Sialidae	Sialis									
PLANIPENNES	0	ĺ								
Sisyridae LEPIDOPTERA	Sisyra	ŧ								
Crambidae = Pyralic	d Crambidae = Pyralic	iae								
Asellidae	Asellidae									
Cambaridae Pontogammaridae	Orconectes	203	590	4440	447	400	505	074	992	1010
Janiridae	Dikerogammarus Jaera	1216	3392	1112 2712	117 7	912	585 600	271 576	1472	1213 2720
Mysidae	Mysidae		1							
Mysidae AUTRES CRUSTAC	Hemimysis ES	1								
Copépodes	Copépodes			1			_			
Ostracodes HYDRACARINA	Ostracodes	ŧ					1			
BIVALVIA	Carbin 1:			•	_	40			•	
Corbiculidae Dreissenidae	Corbicula Dreissena	143 2	6 4	2	5 1	18 5	3	49	8	
Sphaeriidae	Sphaeriidae	-		2	1		6			
Sphaeriidae GASTEROPODA	Pisidium	t					9			
Ancylidae	Ancylus	58	49	7	4	6	1	5	11	1
Ferrissiidae Hydrobiidae	Ferrissia Potamopyrgus	68	4	992	4		388	34	8	3
Lymnaeidae	Lymnaeidae								-	
Lymnaeidae Lymnaeidae	Galba Radix									
Lymnaeidae	Stagnicola									
Neritidae Physidae	Theodoxus Physidae			1	10		4			
Physidae	Physella			3	4		3			
Planorbidae Valvatidae	Planorbidae Valvata									
HIRUDINAE		İ								
Erpobdellidae Glossiphoniidae	Erpobdellidae Glossiphoniidae						4			
Piscicolidae	Piscicolidae									
Salifidae OLIGOCHETA	Barbronia weberi*	144	11	77	63	2	45	3		
POLYCHAETA		144			05		45	3		
Ampharetidae TURBELLARIA	Hypania	1		35	6		44			
Dendrocoelidae	Dendrocoelidae									
Dugesiidae NEMERTEA	Dugesidae	1				6	2			
Prostomatidae = Te		1		1	1					1
NEMATHELMINTH/ HYDROZOA		-		1	1					
PORIFERA		t								
Spongillidae	Spongillidae	-				1				
		1								
BRYOZOA Effectif total Richesse taxonom		1924	5675 22	5134 20	273 19	3521 20	2118 27	960	4097	4004

Campagne de novembre 2019.

Bugey 2019		amont Phase A	amont Phase B	amont Phase C	rejet Phase A	rejet Phase B	rejet Phase C	aval Phase A	aval Phase B	aval Phase C
		13-nov. Filets	13-nov. Dragages	13-nov. Substrats	13-nov. Filets	13-nov. Dragages	13-nov. Substrats	13-nov. Filets	13-nov. Dragages	13-nov. Substrats
PLECOPTERA Taeniopterygidae	Taeniopterygidae								55	
Taeniopterygidae	Brachyptera									
TRICHOPTERA Glossosomatidae	Glossosomatidae									
Glossosomatidae Glossosomatidae	Agapetus Glossosoma		4							
Goeridae	Goeridae Silo				8					
Goeridae Hydropsychidae	Hydropsychidae	6	3		8					
Hydropsychidae Hydropsychidae	Cheumatopsyche Hydropsyche								1	1
Hydroptilidae Hydroptilidae	Agraylea Hydroptila									1
Lepidostomatidae	Lepidostoma			4						
Leptoceridae Leptoceridae	Leptoceridae Adicella									
Leptoceridae Leptoceridae	Athripsodes Ceraclea									
Leptoceridae Leptoceridae	Mystacides Oecetis									
Leptoceridae	Setodes									
Limnephilidae Psychomyidae	Limnephilinae Psychomyidae					3				
Psychomyidae Rhyacophilidae	Psychomyia Rhyacophilidae		21			58			27	
Rhyacophilidae EPHEMEROPTERA	Rhyacophila					1				
Baetidae	Baetidae									
Baetidae Caenidae	Baetis Caenis	4	1	4	4		10	3	1	13
Ephemerellidae Ephemerellidae	Ephemerellidae Serratella									
Ephemeridae Heptageniidae	Ephemera Heptageniidae				1	1		1		
Heptageniidae	Ecdyonurus									
Heptageniidae Potamanthidae	Heptagenia Potamanthus	1	1			2		6	1	2
COLEOPTERA Dryopidae	Dryops				1		1	1		
Elmidae Elmidae	Elmis Esolus				1		•	1		1
Elmidae	Limnius	2					1			
Elmidae Elmidae	Macronychus Oulimnius									1
Elmidae Elmidae	Riolus Stenelmis			1						1
Haliplidae	Haliplus									•
DIPTERA Athericidae	Athericidae									
Ceratopogonidae = Chironomidae	Ceratopogonidae = Chironomidae	1	30	75	25	115	12	18	10	1
Dolichopodidae Empididae	Dolichopodidae Empididae	1	1	3	2		2	1		
Limoniidae	Limoniidae		·	Ü	-		-			
Psychodidae Simuliidae	Psychodidae Simuliidae		13			4	1			
Tipulidae ODONATA	Tipulidae	11		11	8		2	18		
Calopterygidae Coenagrionidae	Calopteryx Coenagrionidae			2			1			
Gomphidae	Gomphidae		1							
Gomphidae Gomphidae	Gomphus Onychogomphus			2			4			
Platycnemididae MEGALOPTERA	Platycnemis									
Sialidae PLANIPENNES	Sialis									
Sisyridae	Sisyra									
LEPIDOPTERA Crambidae = Pyralid Crambidae = Pyralidae										
CRUSTACEA Asellidae	Asellidae			1						
Cambaridae Pontogammaridae	Orconectes Dikerogammarus	1136	581	1369	438	117	2004	484	359	3052
Janiridae	Jaera	2880	4547	6360	416	1824	3096	1704	1312	15408
Mysidae Mysidae	Mysidae Hemimysis			1						
AUTRES CRUSTAC Copépodes				1						
Ostracodes HYDRACARINA	Ostracodes						2			
BIVALVIA										
Corbiculidae Dreissenidae	Corbicula Dreissena	48	2	5 2	13	4	5 1	10 1	5 1	1 2
Sphaeriidae Sphaeriidae	Sphaeriidae Pisidium			2	1					
GASTEROPODA				46-			-	_	_	
Ancylidae Ferrissiidae	Ancylus Ferrissia	52	216	103 2	2	6	5 1	5	8	
Hydrobiidae Lymnaeidae	Potamopyrgus Lymnaeidae	36	7	1528 7	3	6	15 1	14	12	26
Lymnaeidae Lymnaeidae	Galba Radix							1		
Lymnaeidae	Stagnicola									
Neritidae Physidae	Theodoxus Physidae			174						
Physidae Planorbidae	Physella Planorbidae			25			1			
Valvatidae HIRUDINAE	Valvata									
Erpobdellidae	Erpobdellidae		1		1					
Glossiphoniidae Piscicolidae	Glossiphoniidae Piscicolidae						1			
Salifidae OLIGOCHETA	Barbronia weberi*	113	2	1 136	7		8 62	32	2	6
POLYCHAETA	Umania		-						-	-
Ampharetidae TURBELLARIA	Hypania			4			1			
Dendrocoelidae Dugesiidae	Dendrocoelidae Dugesiidae						10		2	
NEMERTEA Prostomatidae = Te		1					2	1		1
NEMATHELMINTHA HYDROZOA		'					1			
PORIFERA										
Spongillidae BRYOZOA	Spongillidae			1		1	1			
Effectif total Richesse taxonom	ique	4292 14	5432 17	9826 28	931 16	2144 14	5251 27	2302	1742 14	18517 15
			.,		.0	.,,	-/	.0		.5



N'imprimez ce document que si vous en avez l'utilité.

EDF SA 22-30, avenue de Wagram 75382 Paris cedex 08 Capital de 1 525 484 813 euros 552 081 317 R.C.S. Paris www.edf.fr

CNPE de Bugey Adresse : Route départementale 20 01150 St Vulbas Numéro de téléphone 04-74-34-33-33