

Émetteur	Diffusion*
DOI/CM	Limitée
Date d'origine	
Avril 2021	
Nom du FDR	
Exploitation CSM	

Centre de stockage de la Manche - Rapport environnemental et bilan annuel de la surveillance du Centre et son environnement - Année 2020

EXP.BI.ACSM.21.0001

*** Ce document est la propriété de l'Andra et ne peut être reproduit ou communiqué que suivant la mention indiquée ci-dessus en diffusion**
Communicable : document pouvant être diffusé à tout public
Limitée : document pouvant être diffusé à tout le personnel Andra ainsi qu'au public averti
Andra : document pouvant être diffusé au seul personnel Andra
Confidentielle : document dont la diffusion est interdite à d'autres destinataires que ceux indiqués sur le document

Ind.	Date	Rédacteur(s)	Vérificateurs	Approbateur(s)
A	27/04/21	Cf. page suivante	Cf. page suivante	J. RECARTE

Rédacteurs

Chapitre(s) - Paragraphe(s)	Nom	Signature
§1, §2.3, §2.7, §4 (hors §4.3.5.5 et §4.3.6), §5 (hors 5.2.2)	I. DENIAU	
§2.1.2, §3, §4.3.5.5, §4.3.6	A. MARCHIOL	
§2.1, §2.2	F. ESPIET J. RECARTE	
§2.4, §2.5, §2.6, §7	I. GUITTONNEAU	
§5.2.2	V. SCHNEIDER	
§6	A. ARDILLIER	
§8	J. RECARTE	

Vérificateurs

Chapitre(s) - Paragraphe(s)	Nom	Signature
§1	J. RECARTE	
§2	J. RECARTE	
§2.7	G.-R. RAPAUMBYA	
§3	F. DURET	
§4	F. ESPIET	
§4.2	A. MARCHIOL	
§5, §7	S. PEROCHEAU	
§5, §6	E. LECLERC	
§5.2.2	I. DENIAU	
§8	I. DENIAU	

Révisions

Ind.	Date	Modifications
A	27/04/2021	Emission initiale

Sommaire

1. Introduction	13
1.1 Objectifs	14
1.2 Les dispositions réglementaires régissant le contenu de ce rapport	15
1.3 Description de la couverture et des réseaux de gestion des effluents	16
2. Systèmes organisationnel et humain	23
2.1 Faits marquants 2020	24
2.1.1 Gestion de la pandémie de COVID-19	24
2.1.2 Faits marquants qui ont fait l'objet d'une demande d'autorisation à l'ASN (article 26 du décret 2007-1557 ou articles R. 593-55 à 58 du code de l'environnement)	24
2.1.3 Faits marquants qui ont fait l'objet d'une déclaration à l'ASN (article 27 du décret 2007-1557 ou articles R. 593-59 à 61 du code de l'environnement)	25
2.1.4 Autres dossiers 2020 qui n'ont pas nécessité de demande d'autorisation ou de déclaration à l'ASN	26
2.2 Perspectives pour 2021 et début 2022	26
2.2.1 Dossiers de demande d'autorisation à l'ASN au titre des articles R. 593-55 à 58 du code de l'environnement	26
2.2.2 Dossiers de déclaration à l'ASN au titre des articles R. 593-59 à 61 du code de l'environnement	27
2.2.3 Dossiers de modification qui ne nécessitent ni demande d'autorisation ni déclaration à l'ASN	27
2.3 Anomalies et incidents	29
2.4 Inspections de l'Autorité de sûreté nucléaire	30
2.5 Audits internes	30
2.5.1 Audit de certification des systèmes de management qualité, environnement et santé sécurité	30
2.5.2 Audit interne relatif à la norme NF EN ISO/CEI 17025	30
2.6 Suivi des prestataires	31
2.6.1 Liste des principaux prestataires et cascade de sous-traitance	31
2.6.2 Suivi des prestataires	33
2.7 Maintenance et suivi des installations et ouvrages	35
2.7.1 Nettoyage et entretien du bassin d'orage	35
2.7.2 Ventilation	35
2.7.3 Maintenance préventive	35
2.7.4 Etalonnage, vérification de bon fonctionnement des débitmètres et des préleveurs automatiques	36
2.7.5 Aménagement	36
2.7.6 Evolution des systèmes	36
3. La surveillance de la couverture du Centre de stockage de la Manche	37
3.1 Comportement physique de la couverture	38
3.1.1 Suivi	38

3.1.2	Méthodes d'analyses des mouvements	40
3.1.3	Cibles : tassements et déplacements observés	41
3.1.4	Maintenance et contrôles : inspection visuelle de la couverture	57
3.2	<i>Conclusion sur le comportement physique de la couverture</i>	59
4.	La surveillance des réseaux et des rejets du Centre de stockage de la Manche	61
4.1	<i>Introduction</i>	62
4.2	<i>Pluviométrie</i>	62
4.2.1	Suivi des précipitations	62
4.2.2	Suivi radiologique des eaux de pluie	63
4.2.3	Suivi physico-chimique des eaux de pluie	64
4.2.4	Conclusion	64
4.3	<i>Bilan des volumes collectés aux exutoires et consommation d'eau</i>	65
4.3.1	Généralités	65
4.3.2	Bilan des volumes écoulés à la CMG et au BDS : comparaison à la pluviométrie	65
4.3.3	Bilan des volumes récupérés via les RSGE (BRS0 et BRS0bis)	69
4.3.4	Suivi des écoulements dans les BRS raccordés au RSGE	71
4.3.5	Suivi des écoulements des BRS parasités par des infiltrations en bordure et raccordés au BRS0bis	77
4.3.6	Suivi des écoulements dans les chambres de drainage – comportement hydraulique de la couverture	78
4.3.7	Evaluation de la performance globale de la couverture	84
4.3.8	Conclusion	85
4.4	<i>Suivi qualitatif du réseau pluvial (CMG)</i>	86
4.4.1	Généralités	86
4.4.2	Suivi radiologique des eaux pluviales	86
4.4.3	Suivi physico-chimique des eaux pluviales	88
4.4.4	Suivi radiologique des sédiments de la fosse de tranquillisation de la CMG	89
4.4.5	Suivi physico-chimique des sédiments de la fosse de tranquillisation de la CMG	90
4.4.6	Conclusion	91
4.5	<i>Suivi qualitatif du réseau des « effluents à risques » (BDS)</i>	91
4.5.1	Généralités	91
4.5.2	Suivi radiologique des effluents du BDS	92
4.5.3	Suivi physico-chimique des effluents du BDS	95
4.5.4	Conclusion	98
4.6	<i>Suivi qualitatif du réseau de drainage de la couverture (CMED)</i>	99
4.6.1	Généralités	99
4.6.2	Suivi radiologique au point de contrôle RP300 (CMED)	99
4.6.3	Suivi physico-chimique au point de contrôle RP300 (CMED)	100
4.6.4	Conclusion	100
4.7	<i>Suivi qualitatif du réseau de drainage profond (RD) et l'exutoire RD12</i>	101
4.7.1	Généralités	101
4.7.2	Suivi radiologique des effluents du RD12	101
4.7.3	Contrôles physico-chimiques des effluents du RD12	102
4.7.4	Contrôle radiologique des RD en amont de l'exutoire RD12	102
4.7.5	Conclusion	103
4.8	<i>Suivi qualitatif des réseaux séparatifs gravitaires enterrés (RSGE et RSGEbis)</i>	103
4.8.1	Généralités	103
4.8.2	Suivi radiologique des effluents du BRS0 et du BRS0bis	103

4.8.3	Suivi physico-chimique des effluents du BRS0 et du BRS0bis	109
4.8.4	Conclusion	110
4.9	<i>Suivi radiologique des BRS en amont des exutoires</i>	110
4.9.1	BRS en galeries ouest et centrale – exutoire BRS-OU	110
4.9.2	BRS en galerie est et sud – exutoire BRS-ES	111
4.9.3	Conclusion	112
5.	La surveillance de l’environnement du Centre de stockage de la Manche	113
5.1	<i>Introduction</i>	114
5.2	<i>Surveillance des eaux souterraines</i>	114
5.2.1	Présentation générale – principe de la surveillance	114
5.2.2	Suivi du niveau piézométrique	118
5.2.3	Surveillance radiologique et physico-chimique : piézomètres du secteur sud, sud-est (zone 1)	128
5.2.4	Surveillance radiologique et physico-chimique : piézomètres du secteur sud-ouest (zone 2)	130
5.2.5	Surveillance radiologique et physico-chimique : piézomètres du secteur nord-est (Zone 3)	133
5.2.6	Surveillance radiologique et physico-chimique : piézomètres du secteur nord-ouest (Zone 4)	138
5.2.7	Surveillance radiologique et physico-chimique : piézomètres du secteur nord (Zone 5)	144
5.2.8	Suivi de l’indicateur global du tritium au droit du Centre	147
5.2.9	Conclusion du suivi des eaux souterraines	149
5.3	<i>Surveillance des eaux superficielles</i>	149
5.3.1	Présentation générale – bassins versants sous l’influence du CSM	149
5.3.2	Surveillance des eaux du ruisseau de la Sainte-Hélène	151
5.3.3	Surveillance des eaux du ruisseau du Grand Bel	154
5.3.4	Surveillance des eaux des Roteures	156
5.3.5	Surveillance des sédiments des ruisseaux	157
5.3.6	Conclusion du suivi des ruisseaux	159
5.4	<i>Surveillance radiologique atmosphérique</i>	159
5.4.1	Présentation générale	159
5.4.2	Contrôles des poussières atmosphériques	161
5.4.3	Mesures du tritium atmosphérique	161
5.4.4	Contrôles des végétaux de la couverture	162
5.4.5	Conclusion	163
5.5	<i>Surveillance complémentaire</i>	163
5.5.1	Mesure du rayonnement gamma ambiant	163
5.5.2	Mesure des concentrations en radon	164
5.5.3	Contrôles croisés et analyses complémentaires	165
5.5.4	Ventilation des galeries du RSGE	169
6.	Estimation des doses	171
6.1	<i>Rayonnement gamma ambiant</i>	172
6.2	<i>Estimation de l’impact radiologique des rejets</i>	172
6.2.1	Impact des rejets en mer	172
6.2.2	Cas du marquage du ruisseau de la Sainte-Hélène	178
6.3	<i>Comparaison du suivi volumétrique et radiologique du BRS0 aux résultats de la modélisation présentée dans le RDS 2009</i>	179
6.3.1	Volumes d’eau collectés par le RSGE et le RSGEbis	180

6.3.2	Relâchements collectés par le RSGE et le RSGEbis	180
6.3.3	Radionucléides recherchés au point BRS0 (hors BRS0bis)	181
6.3.4	Conclusion de la comparaison entre les valeurs modélisées et les mesures au point BRS0 et BRS0bis	182
6.4	<i>Synthèse de l'estimation des doses radiologiques reçues par les groupes de référence pour l'année 2020</i>	183
7.	Protection du milieu naturel	191
7.1	<i>Généralités</i>	192
7.2	<i>Suivi de la qualité des eaux des ruisseaux</i>	192
7.2.1	Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE)	192
7.2.2	Résultats de la surveillance de la qualité des eaux du ruisseau Sainte-Hélène	195
7.2.3	Résultats de la surveillance de la qualité des eaux du ruisseau Le Grand Bel	196
7.2.4	Résultats de la surveillance de la qualité des eaux du ruisseau Les Roteures	198
7.3	<i>Suivi hydrobiologique</i>	200
7.4	<i>Suivi floristique</i>	200
7.4.1	Evolution de la végétation sur la couverture	200
7.4.2	Evolution de la végétation au sein des placettes de suivi	200
7.5	<i>Inventaire faunistique</i>	200
8.	Conclusion	201
9.	Annexes	203
9.1	<i>Annexe 1 : Nombre de prélèvements et d'analyses réalisés en 2020</i>	204
9.2	<i>Annexe 2 : Tableaux des résultats détaillés de la surveillance 2020</i>	205
9.2.1	Résultats du point de contrôle PH1	205
9.2.2	Résultats du point de contrôle CMG	207
9.2.3	Résultats du point de contrôle BDS	213
9.2.4	Résultats du point de contrôle RP300	218
9.2.5	Résultats du point de contrôle RD12	220
9.2.6	Résultats du point de contrôle BRS0	223
9.2.7	Résultats du point de contrôle BRS0bis	226
9.2.8	Résultats du point de contrôle BRS-OU	228
9.2.9	Résultats du point de contrôle BRS-ES	230
9.2.10	Résultats des eaux souterraines	232
9.2.11	Résultats des eaux de surfaces	248
9.2.12	Résultats de la surveillance atmosphérique	259
9.3	<i>Annexe 3 : Méthodologie des prélèvements</i>	264
9.3.1	Référentiels	264
9.3.2	Stratégie et programme d'échantillonnage	264
9.3.3	Matériels de prélèvements et de mesure in situ	266
9.3.4	Identification, conservation et transport	267
9.4	<i>Annexe 4 : Les laboratoires d'analyses</i>	268
9.5	<i>Annexe 5 : Préparation des échantillons</i>	269
9.5.1	Prétraitement sur les eaux	269
9.5.2	Prétraitement sur les solides	269
9.6	<i>Annexe 6 : Les techniques des laboratoires</i>	270
9.6.1	Méthodes pour les mesures radiologiques	270
9.6.2	Méthodes pour les mesures physico-chimiques	272
9.7	<i>Annexe 7 : Rendus des résultats et interprétation</i>	274
9.7.1	Mesures radiologiques	274

9.7.2	Mesures physico-chimiques	274
9.8	<i>Annexe 8 : Protocole d'échange de données</i>	276
9.9	<i>Annexe 9 : Méthodologie d'estimation du calcul d'infiltrations vers le massif géologique à travers la couverture en exploitant les mesures faites dans la nappe</i>	277
9.10	<i>Annexe 10 : Erratum bilan 2019</i>	279
Tables des illustrations		281
Références bibliographiques		289

Acronymes

Acronyme	Signification
AFNOR	Association française de Normalisation
AIP	Activités importantes pour la protection
ASN	Autorité de sûreté nucléaire
BAP	Bâtiment d'accueil du public
BCS	Bureau de contrôle et de surveillance
BDS	Bac du séparatif
BRS	Bac du réseau séparatif
CMED	Chambre de mesure des eaux de drainage
CMEE	Chambre de mesure des eaux d'exploitation
CMG	Chambre de mesure globale
CRED	Chambre de récupération des eaux de drainage
COD	Carbone organique dissous
COT	Carbone organique total
CPU	Central Processing Unit (Unité centrale de traitement)
CREP	Chambre de récupération des eaux pluviales
CSA	Centre de stockage de l'Aube
CSM	Centre de stockage de la Manche
DAR	Dossier de demande d'autorisation de rejets
DBO5	Demande biochimique en oxygène
DCE	Directive cadre sur l'eau
DCO	Demande chimique en oxygène
DDC	Dérivation drainage couverture
DSM	Dossier synthétique de mémoire
ECS	Evaluation complémentaire de sûreté
EIP	Élément important pour la protection

Acronyme	Signification
ETP	Evapotranspiration
ETR	Evapotranspiration réelle
FAP	Fiche d'actions et de progrès
GPD	Groupe permanent déchets
HAP	Hydrocarbures aromatiques polycycliques
HCT	Hydrocarbures totaux
ICI	Instance de contrôle interne
INB	Installation nucléaire de base
INES	International nuclear event scale (Échelle internationale des événements nucléaires et radiologiques)
ISO	International standard organisation (Organisme international de normalisation)
MES	Matière en suspension
NQE	Normes de qualité environnementale
PRS	Plan réglementaire de surveillance
PSEE	Polluants spécifiques de l'état écologique
PUI	Plan d'Urgence Interne
RD12	Puits de collecte du réseau de drainage
RFU	Réserve facilement utilisable
RGE	Règles générales d'exploitation du CSM
RN	Radionucléide
RSGE	Réseau séparatif gravitaire enterré
SD	Seuil de décision (limite métrologique en deçà de laquelle l'incertitude de mesure est supérieure à 100%)
SDI	Saison de drainage intense
SDAGE	Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux
SICM	Système informatisé de centralisation des mesures
VGE	Valeurs guides environnementales
ZNS	Zone non saturée

Introduction

<i>1.1 Objectifs</i>	<i>14</i>
<i>1.2 Les dispositions réglementaires régissant le contenu de ce rapport</i>	<i>15</i>
<i>1.3 Description de la couverture et des réseaux de gestion des effluents</i>	<i>16</i>

1.1 Objectifs

En tant qu'exploitant du Centre de stockage de la Manche (INB n° 66), l'Andra effectue de nombreux contrôles et mesures sur le Centre et dans son environnement. La surveillance ainsi exercée doit permettre :

- d'évaluer l'impact du Centre sur son environnement ;
- de vérifier le respect des exigences réglementaires en matière de protection de l'environnement ;
- de s'assurer du respect des exigences édictées par l'ASN ;
- de détecter toute situation ou évolution anormale afin d'en localiser et d'en identifier les causes ;
- d'apprécier les quantités de substances radioactives et chimiques susceptibles de migrer en dehors du stockage et d'en connaître les voies de transfert ;
- de valider la méthode d'évaluation de l'impact retenue pour la démonstration de sûreté en comparant les valeurs obtenues par simulation avec celles mesurées.

Le présent document constitue à la fois :

- le rapport annuel demandé au chapitre III – article 22 de l'arrêté du 10 janvier 2003 autorisant l'Andra à poursuivre les rejets d'effluents liquides pour l'exploitation du CSM [1] ;
- le rapport environnemental annuel mentionné à l'article 4.4.4 de l'arrêté du 7 février 2012 [2] dont le contenu est détaillé dans le titre V chapitre III de l'arrêté du 9 août 2013 portant homologation de la décision n° 2013-DC-0360 du 16 juillet 2013 [3] modifiée par la décision n°2016-DC-0569 du 29 septembre 2016, relative à la maîtrise des nuisances et de l'impact sur la santé et l'environnement des installations nucléaires de base ;
- le bilan interprétatif détaillé des résultats, pour l'année 2020, de la surveillance du Centre et de son environnement conformément aux prescriptions techniques notifiées par l'ASN [4].

Le programme de surveillance détaillé dans ce bilan est établi conformément aux exigences réglementaires rappelées au § 1.2 de ce présent document.

Le rapport annuel de la surveillance fournit une synthèse détaillée de l'ensemble des observations effectuées au cours de l'année et intègre ces données dans une réflexion plus globale d'évolution (mise en perspective pluriannuelle des résultats dont ceux de l'état de référence présentés dans le dossier de demande d'autorisation de passage en phase de surveillance [5]).

Ce document s'articule de la manière suivante :

Après un rappel des dispositions qui régissent son contenu et une description succincte des réseaux (**chapitre 1**) qui permettent de gérer les eaux collectées sur le Centre, le **chapitre 2** présente une synthèse des principales évolutions du Centre au cours de l'année 2020. On y trouve successivement un rappel des faits marquants de l'année, où sont présentés les travaux effectués sur le Centre, les évolutions réglementaires, les incidents et anomalies survenus au cours de l'année et un bilan du suivi des prestataires intervenant sur le Centre en 2020.

Le **chapitre 3** présente les résultats du contrôle vis-à-vis des comportements physiques de la couverture du CSM, qui a pour fonction de protéger les colis de déchets.

Le **chapitre 4** présente les résultats de la surveillance des effluents liquides produits par le Centre via le suivi des réseaux de collecte et de rejets, ainsi que la surveillance de la pluviométrie. Est ainsi présentée l'évolution des volumes, de leurs caractéristiques radiologiques et le cas échéant physico-chimiques. Ces mesures permettent entre autre de comptabiliser la radioactivité dans les rejets. La consommation d'eau du bâtiment des bassins est également donnée dans ce chapitre.

Le **chapitre 5** présente les résultats de la surveillance des différents compartiments de l'environnement (eaux souterraines, ruisseaux, végétaux, air) ainsi que celle du rayonnement gamma ambiant.

Dans le **chapitre 6** est présentée l'estimation de l'impact radiologique, résultant des rejets du Centre, sur l'homme et l'environnement.

Enfin, le **chapitre 7** détaille les résultats des suivis de la qualité des eaux, de la flore et de la faune du Centre et de son environnement proche.

Les conclusions globales de la surveillance du site et de son environnement sont présentées dans le **chapitre 8**.

La description des méthodes de prélèvement et d'analyses ainsi que l'expression des résultats d'analyses et l'intégralité des résultats des analyses 2020 se trouvent dans le **chapitre 9**. Un erratum concernant le bilan de l'année 2019 [6] est également présenté dans ce chapitre.

1.2 Les dispositions réglementaires régissant le contenu de ce rapport

Ce bilan répond aux exigences du décret autorisant le passage du Centre en phase de surveillance [5] modifié par l'article 15 décret n°2016-846 du 28 juin 2016 [8] précisant que le décret cité ci-avant vaut décret de démantèlement, de l'arrêté définissant les règles de rejets [1] et des prescriptions techniques notifiées par l'ASN [4].

En récapitulant l'ensemble des observations effectuées au cours de l'année, ce rapport constitue avant tout un outil en termes de retour d'expérience et d'interprétation des données ; il permet en effet d'intégrer ces données dans une réflexion plus globale d'évolution, tant par rapport à l'état de référence du site, que par rapport à la réglementation en vigueur.

Ainsi, de façon synthétique :

- conformément à l'article 5.4 du décret n°2003-30 du 10 janvier 2003 [7], ce rapport annuel concerne l'application du PRS du CSM [9] et présente l'interprétation des résultats obtenus ;
- conformément au chapitre III-article 22 de l'arrêté du 10 janvier 2003 [1], ce rapport annuel comporte les informations suivantes :
 - ✓ le rappel des dispositions du présent arrêté (seuils de rejet, contrôles des effluents, programme de surveillance) ;
 - ✓ l'état des rejets annuels (rejets concertés, rejets continus, répartition mensuelle en activité et en flux) et le bilan des mesures de surveillance réalisées sur les rejets et dans l'environnement. Ces informations sont accompagnées de commentaires nécessaires à leur bonne compréhension (localisation des points de mesure, comparaison avec les limites réglementaires, ...) ;
 - ✓ l'estimation des doses reçues par la population (irradiation externe et incorporation de radionucléides) ;
 - ✓ la description des opérations de maintenance des équipements et ouvrages intervenant dans le transfert d'effluents ;
 - ✓ la description des incidents ou anomalies de fonctionnement ayant fait l'objet d'une information ainsi que les mesures correctives prises par l'exploitant ;
 - ✓ la mise en perspective pluriannuelle des résultats, y compris ceux relatifs à l'état de référence de 1991 décrit dans le DAR [10] ;
 - ✓ la présentation des efforts réalisés par l'exploitant en faveur de la protection de l'environnement ;
 - ✓ les tableaux de résultats bruts, annexés à ce rapport.
- conformément aux prescriptions techniques [4], ce rapport constitue un bilan interprétatif détaillé des résultats de la surveillance du CSM et de son environnement. Il comporte, outre l'analyse des résultats de la surveillance du Centre et de son environnement en comparaison avec ceux de l'état de référence et des années précédentes, une synthèse des faits marquants relatifs à la surveillance, une synthèse concernant le comportement de la couverture et enfin une synthèse concernant les rejets du Centre.

Pour rappel, une grande partie de ces données et informations a déjà été transmise mensuellement, au cours de l'année, à l'ASN, via le registre réglementaire de surveillance et trimestriellement dans les comptes-rendus d'activité.

1.3 Description de la couverture et des réseaux de gestion des effluents

Afin de protéger l'homme et l'environnement contre les rayonnements ionisants et d'isoler les déchets contre les agressions externes qui peuvent être d'origine naturelle (eau de pluie, érosion, variations climatiques, milieu salin, intrusion animale...) et humaine, une couverture, composée d'une succession de matériaux dont une membrane bitumineuse, a été mise en place. La réalisation de cette couverture s'est échelonnée de 1991 à 1997 avec la fin de la pose de la membrane bitumineuse en 1995. Sa conception multi couches ainsi que le système de drainage mis en place sont rappelés Figure 1-1.

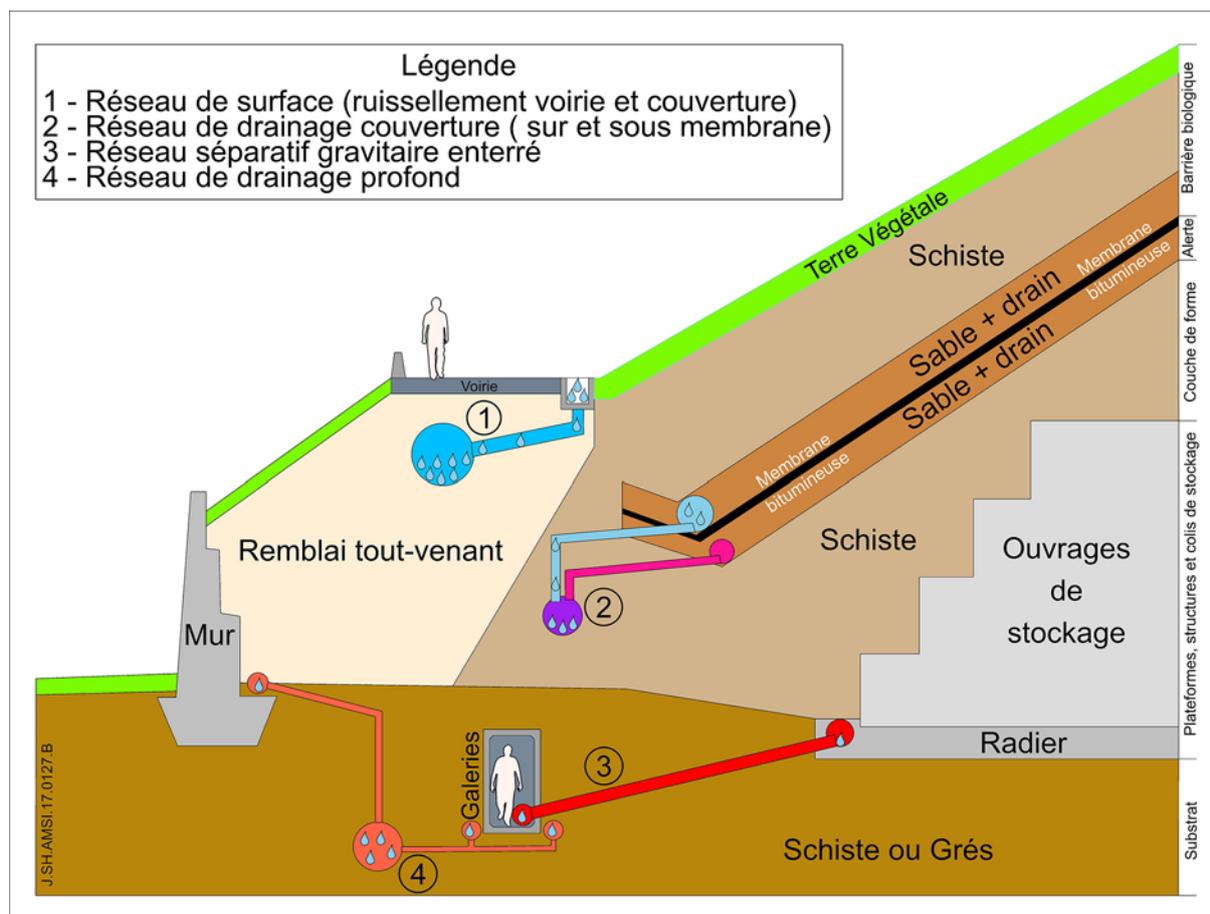


Figure 1-1 Représentation schématique de la couverture et des différents réseaux de gestion des effluents du CSM

Les eaux de pluie de ruissellement et infiltrées à travers la couverture sont gérées par différents réseaux. La configuration de ces réseaux est présentée en Figure 1-2. Ces réseaux peuvent être divisés en quatre catégories principales :

- un réseau de surface collectant les eaux pluviales : eaux de ruissellement de la couverture, eaux pluviales des zones du Bâtiment d'accueil du public (BAP) et des voiries (Figure 1-3). Du fait de leur provenance, ces eaux pluviales ne présentent pas de risque de marquage radioactif en fonctionnement normal du CSM. Elles sont dirigées vers la chambre de mesure globale (CMG) puis rejetées sans traitement vers la Sainte-Hélène via les installations d'Orano Recyclage La Hague.

Sont donc orientées vers la CMG (Figure 1-2) :

- ✓ les eaux de ruissellement de la couverture et les eaux de la zone du BAP après passage par la Chambre de récupération des eaux pluviales (CREP),

- ✓ les eaux de ruissellement provenant de la voirie ouest après passage par la Chambre de mesure des eaux d'exploitation (CMEE),
 - ✓ les eaux de ruissellement provenant de la voirie Est dirigées directement vers la CMG ;
 - ✓ une fraction de surverse des eaux issues du drainage de la couverture.
- un réseau de drainage sur et sous membrane (Figure 1-3) collectant les eaux d'infiltration au travers de la couverture et drainées sur et éventuellement sous la membrane bitumineuse. Ces eaux sont regroupées au niveau de la Chambre (fosse) de récupération des eaux de drainage (CRED) et sont dirigées vers un bac inox, dans la CMG, via le canal de la Chambre de mesure des eaux de drainage (CMED).

Au niveau du bac inox se situe le point de mesure nommé historiquement RP300 et désigné comme tel dans la suite du document. Au vu du retour d'expérience, les eaux collectées par ce réseau présentent un risque de léger marquage en tritium (lié en partie à des transferts gazeux à partir des ouvrages de stockage) pour une gamme de très faibles débits ; au-delà de quelques m³/h, ces mesures sont inférieures aux seuils de décision (SD).

L'ensemble de ces eaux est géré au titre des « effluents à risque ».

Ainsi, les eaux de drainage couverture, provenant de la CMED sont, par conception, dirigées vers l'exutoire des « effluents à risque » c'est-à-dire le bac du séparatif (BDS) après passage dans le bac inox situé dans la CMG (point RP300).

Lors de forts débits (>30 m³/h) au niveau de la CMED, il y a débordement du bac inox dans la fosse de la CMG, d'un excédent des eaux de drainage de la couverture, dite surverse, qui rejoint donc les eaux pluviales.

- le Réseau séparatif gravitaire enterré (RSGE) (Figure 1-3), dont la vocation est de recueillir les effluents drainés et collectés à la base des ouvrages de stockage. Ces effluents présentent un risque de contamination radioactive et sont considérés comme des « effluents à risque ». Ils sont collectés via des BRS (bac du réseau séparatif, (Figure 1-4) puis sont dirigés par gravité vers le bac BRS0. En amont du point BRS0, deux points de contrôle intermédiaires (BRS-OU et BRS-ES), disposés sur le collecteur du RSGE, permettent une surveillance sectorisée des deux branches du RSGE

En 2011, l'Andra a détourné vers un réseau dédié appelé RSGEbis (Figure 1-2 et Figure 1-3) les effluents provenant de trois ouvrages de stockage, P2, TBC-2, T33-2 dont les exutoires sont respectivement les BRS002, BRS149 et BRS114 (Figure 1-4 et Figure 1-5). Le débit important au niveau de ces BRS et la faible activité radiologique des effluents conduisaient, par effet de dilution, à diminuer la représentativité du contrôle au niveau du point de contrôle BRS0. L'exutoire du RSGEbis a été nommé BRS0bis.

- un Réseau de drainage profond dit « RD » (Figure 1-6), situé à la base des installations du CSM (murs de soutènement, galeries du RSGE, bâtiment des bassins, emprise sous-radier de certains ouvrages profonds). Bien que n'étant pas en contact direct avec les colis de déchets, les eaux collectées sont gérées au titre des « effluents à risque » et orientées vers le bac du séparatif (BDS).

Compte tenu de leurs origines et de leurs caractéristiques radiologiques, les eaux de ces quatre réseaux sont dirigées vers deux exutoires :

- la Chambre de mesure globale (CMG) par laquelle transitent les « eaux pluviales », destinées à être rejetées dans le ruisseau de la Sainte-Hélène ;
- le Bac du séparatif (BDS) par lequel transitent les « effluents à risque », destinés à être rejetés en mer, via les installations d'Orano Recyclage La Hague.

Pour information, le réseau de collecte des eaux usées domestiques du bâtiment des bassins, raccordé également au point BDS, ne fait pas l'objet d'un suivi spécifique compte tenu du faible volume (moins de 1% du volume rejeté), de la nature et de la provenance de ces effluents (douches, lavabos...).

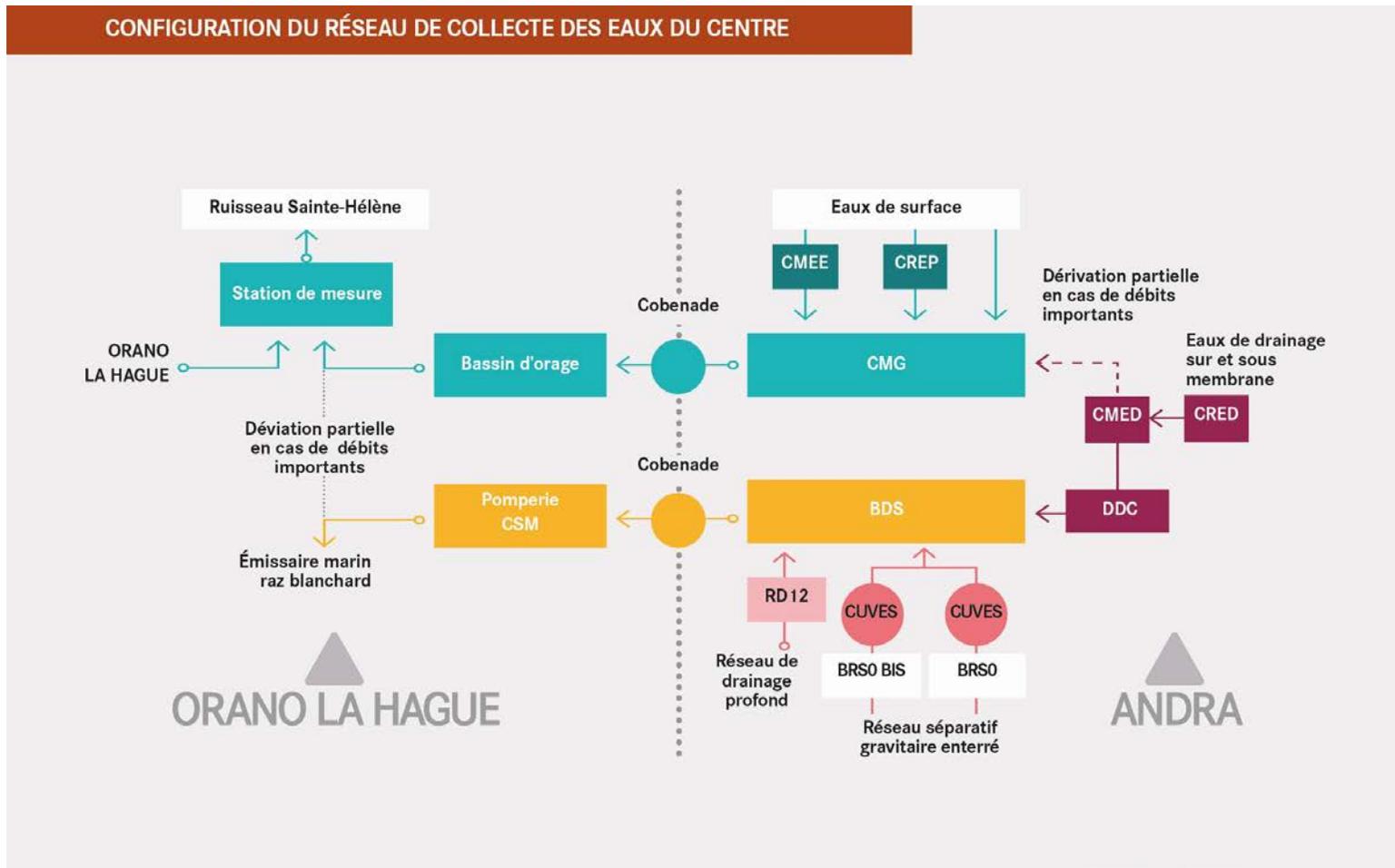


Figure 1-2 Schéma de la configuration des réseaux de collecte des effluents du CSM

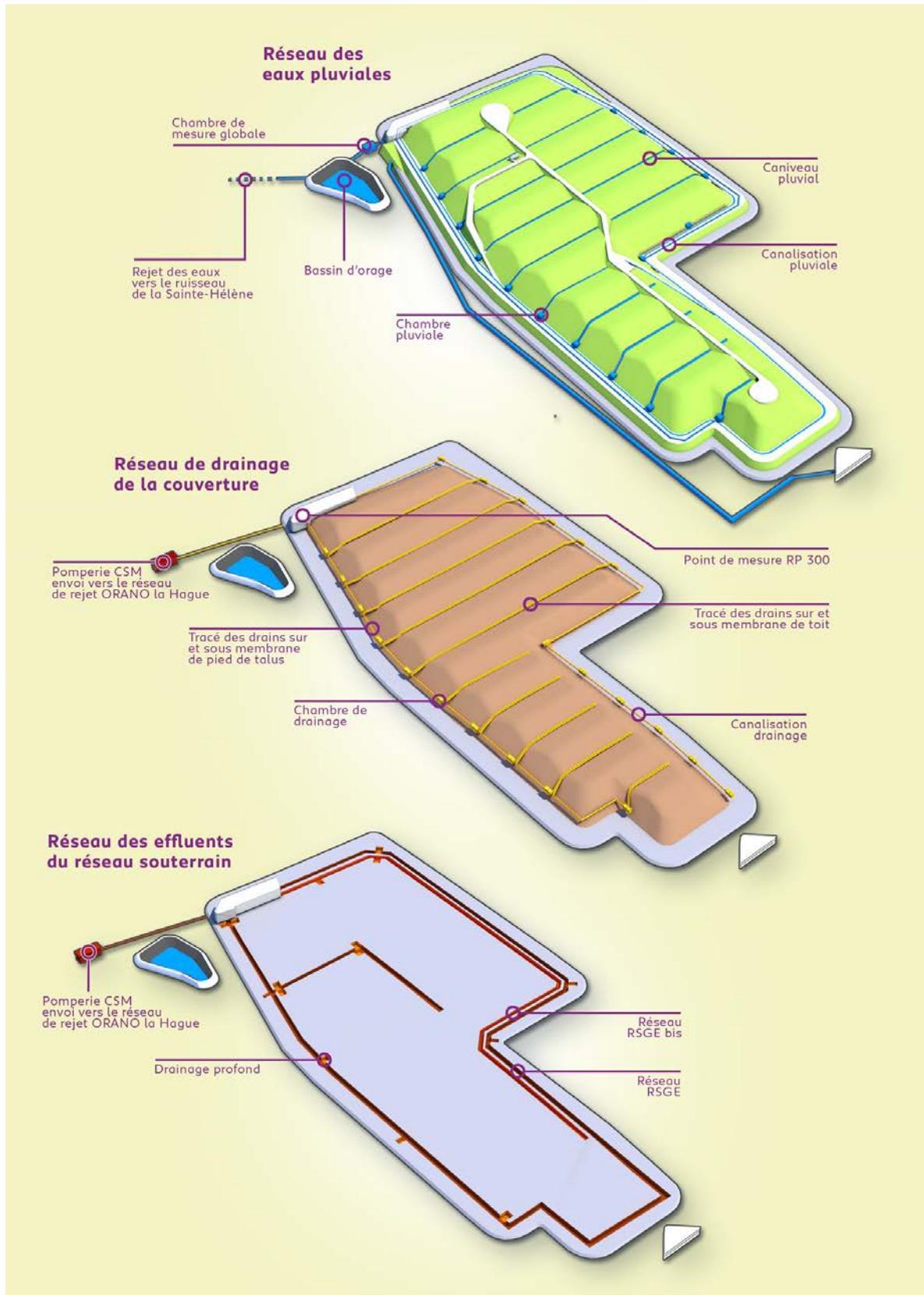


Figure 1-3

Représentation des réseaux de collecte de surfaces (pluviaux et réseau de drainage de la couverture) et réseaux profonds (RSGE et RD)

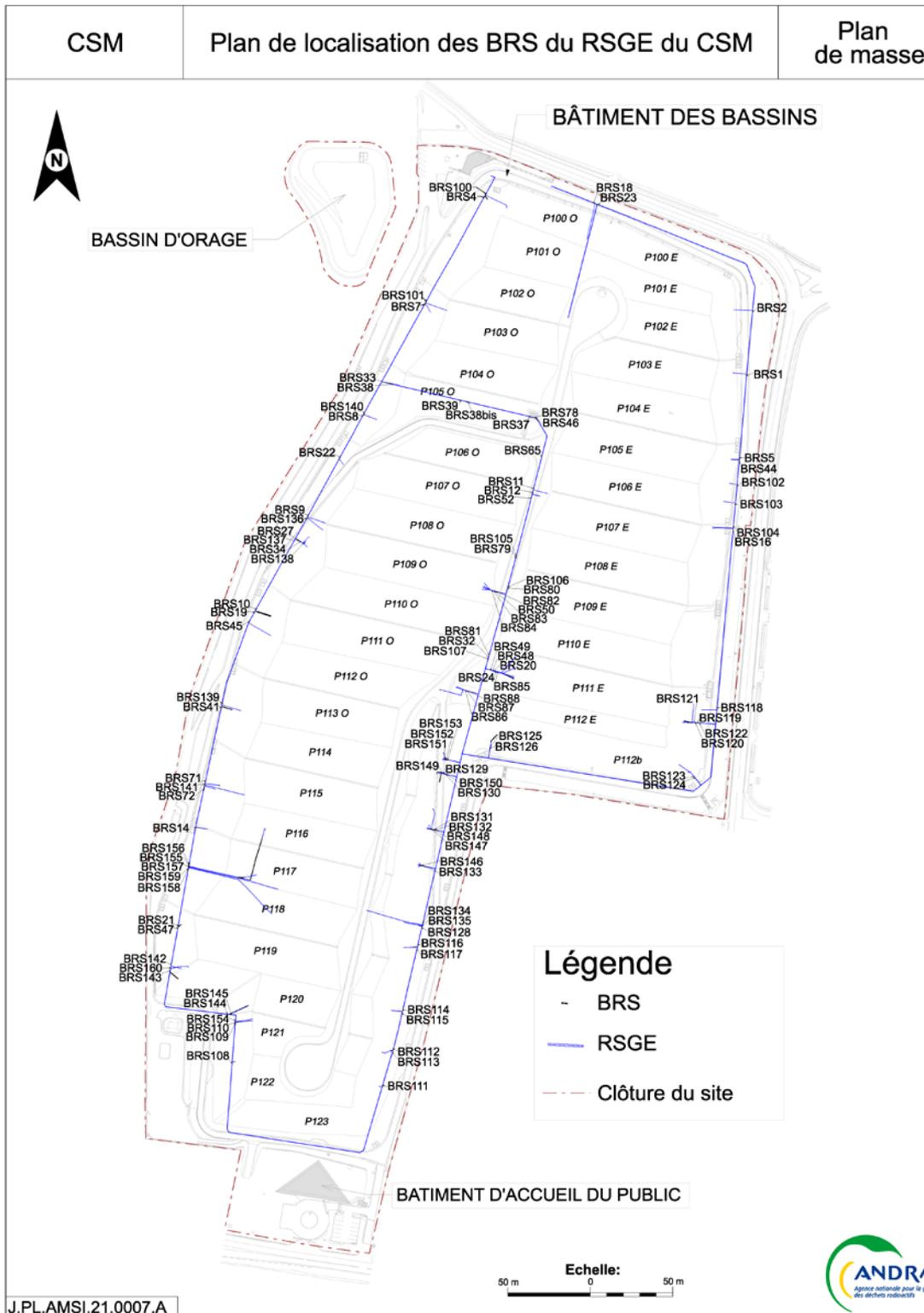


Figure 1-4

Localisation des BRS

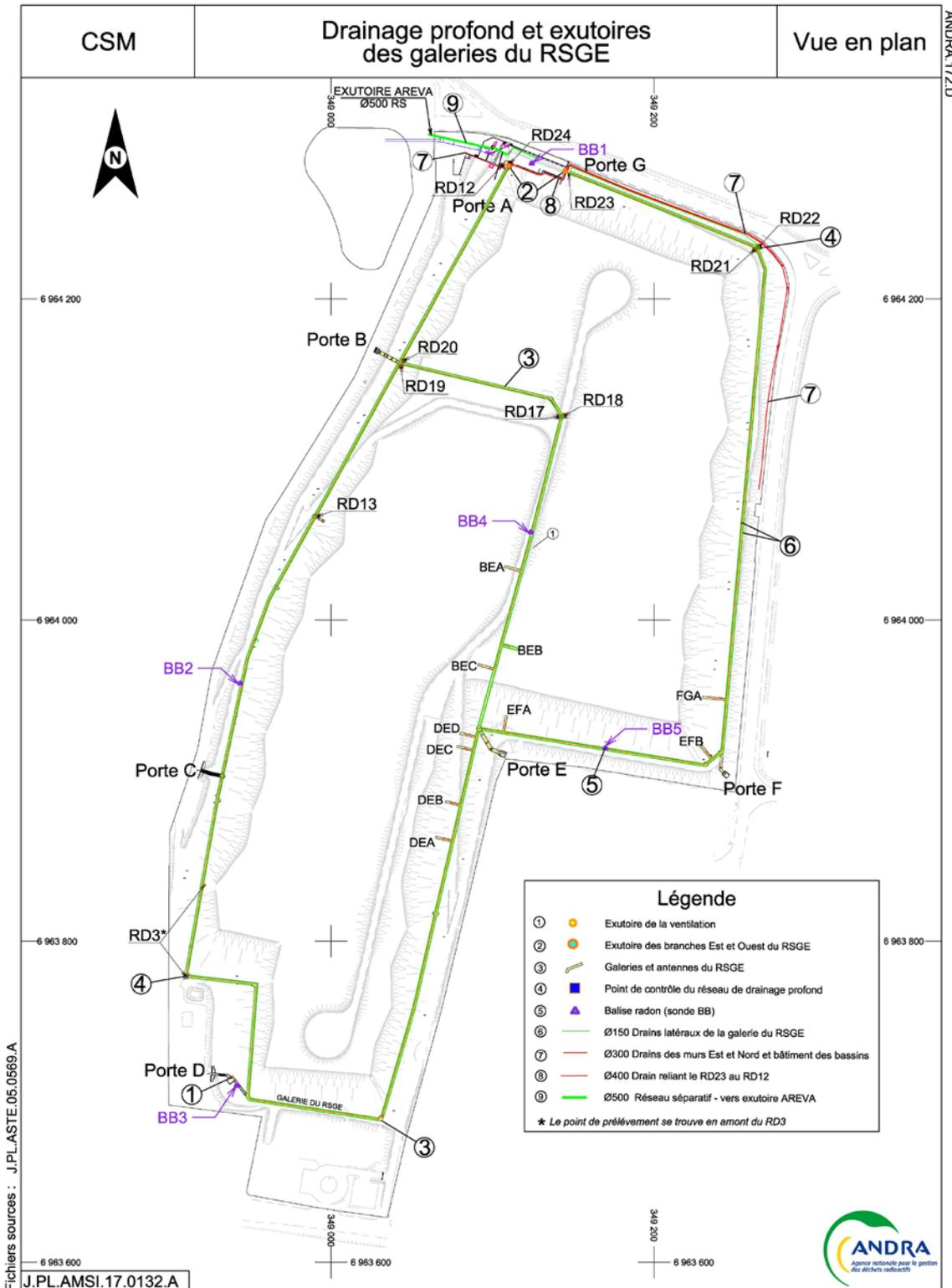


Figure 1-6

Localisation des points de contrôle du réseau de drainage profond et exutoires des branches est et ouest du RSGE

Systemes organisationnel et humain

<i>2.1 Faits marquants 2020</i>	<i>24</i>
<i>2.2 Perspectives pour 2021 et début 2022</i>	<i>26</i>
<i>2.3 Anomalies et incidents</i>	<i>29</i>
<i>2.4 Inspections de l'Autorité de sûreté nucléaire</i>	<i>30</i>
<i>2.5 Audits internes</i>	<i>30</i>
<i>2.6 Suivi des prestataires</i>	<i>31</i>
<i>2.7 Maintenance et suivi des installations et ouvrages</i>	<i>35</i>

2.1 Faits marquants 2020

2.1.1 Gestion de la pandémie de COVID-19

Suite à l'interdiction de déplacement mise en place en France à partir du 17 mars 2020 pour endiguer la pandémie liée à la Covid-19, l'Andra a organisé ses activités en fonction de la priorité des travaux/actions, des disponibilités des personnels et de l'urgence des situations.

La présence d'un membre du personnel Andra, habilité le cas échéant à la gestion de crise, a été maintenue sur les jours ouvrés.

La protection physique du site et la surveillance de ses accès ont été maintenues 24H/24H.

La réalisation du plan de surveillance, activité prioritaire du CSM, a été maintenue avec toutefois des décalages sans conséquence quand cela pouvait être fait. Le sous-traitant en charge des prélèvements et de la surveillance de bon fonctionnement des installations était présent tous les jours ouvrés.

Les astreintes ont été maintenues.

Chaque laboratoire a été contacté pour connaître l'impact de ce confinement sur leurs activités de mesures. Chacun a mis en place une organisation spécifique pour assurer au mieux ses engagements. Sur la période, seul un écart a été relevé concernant la non fourniture dans les délais des dosimètres radon. Toutefois, la mesure a bien été réalisée mais sur une fréquence de deux mois (cumul sur la période) au lieu d'une fréquence mensuelle.

Enfin, le suivi topographique de la couverture ainsi que les maintenances préventives des appareils de suivi de la surveillance ont été décalés autant que possible, en dehors des maintenances réglementaires. Les maintenances correctives ont toutes été maintenues dans le but de remettre en fonctionnement les appareils en cas de pannes.

L'ensemble des actions a été tracé dans une fiche d'action et de progrès (FAP) qui a été ouverte pour suivre en interne les écarts liés à la gestion de la pandémie.

2.1.2 Faits marquants qui ont fait l'objet d'une demande d'autorisation à l'ASN (article 26 du décret 2007-1557 ou articles R. 593-55 à 58 du code de l'environnement)

2.1.2.1 Réexamen de sûreté du CSM

Par courrier référencé DISEF/DIR/19-0058 en date du 8 avril 2019, l'Andra a déposé au Ministère de la transition écologique, ainsi qu'à l'ASN, le rapport de réexamen de sûreté décennal du CSM 2019.

Conformément aux dispositions de l'article L.593-18 du code de l'environnement, ce rapport de réexamen (appelé également « livrable A ») a pour objectifs principaux de présenter, d'une part, l'examen de la conformité réglementaire et, d'autre part, le travail de réévaluation de la sûreté de l'installation.

Ce rapport de réexamen s'appuie sur un dossier détaillé constitué des trois livrables suivants :

- Livrable B : Etudes relatives à l'examen de conformité de l'installation ;
- Livrable C : Etudes relatives à la réévaluation de la sûreté de l'installation ;
- Livrable D : La mise à jour du plan de Démantèlement Fermeture et Surveillance (DFS).

Le contenu des livrables A, B et C a été défini par l'Andra sur la base du projet de décision de l'ASN relatif au réexamen de sûreté [11].

Le contenu du Livrable D a été établi en conformité avec les articles 37 et 42 du décret n°2007-1557 du 2 novembre 2007 modifié dans sa version en vigueur au 31 mars 2019 [12]. Ce livrable D comprend, conformément à l'article 42 du décret n°2007-1557 [12] en annexe, une version préliminaire du Dossier synthétique de mémoire (DSM) du CSM.

Conformément à la décision n°2013-DC-0386 de l'ASN [13], le rapport portant sur l'évaluation complémentaire de sûreté du CSM (appelé également « livrable complémentaire ECS ») et faisant suite à l'accident survenu à la centrale nucléaire de Fukushima Daiichi, a également été remis en tant que dossier complémentaire du rapport de réexamen de sûreté du CSM.

Par courrier CODEP-DRC-2020-005758 en date du 31 mars 2020, l'ASN a accusé réception du rapport de réexamen de sûreté 2019 du CSM.

A la demande de l'ASN, l'IRSN a été saisie pour l'instruction de ce rapport de réexamen de sûreté. La réunion de démarrage de l'instruction s'est déroulée le 24 janvier 2020 ; elle réunissait l'Andra, l'IRSN et l'ASN. Dans le cadre de cette instruction, un échange de questions et réponses s'est déroulé entre l'Andra et l'IRSN de mars à septembre 2020.

Perspectives 2021 :

L'instruction du rapport de réexamen de sûreté 2019 du CSM devrait se solder dans le courant du deuxième trimestre 2021 par un rapport d'instruction de l'IRSN remis à l'ASN.

Par la suite, l'ASN prévoit de requérir l'avis du Groupe permanent déchets (GPD) sur les conclusions de cette instruction et notamment sur le sujet particulier de la pérennisation de la couverture du CSM.

2.1.3 Faits marquants qui ont fait l'objet d'une déclaration à l'ASN (article 27 du décret 2007-1557 ou articles R. 593-59 à 61 du code de l'environnement)

Réorganisation du CSM : à compter de janvier 2021, un nouveau service « Etudes, Travaux et Projets du CSM » (DOI/ETP) a été intégré au sein de la direction des opérations industrielles (DOI). Il a en charge le pilotage des gros dossiers du CSM tels que le dossier de réexamen ou la mise à jour du rapport de sûreté, le dossier mémoire, le suivi des gros chantiers du type « couverture » et les dossiers de demandes d'autorisation afférents aux travaux.

L'entité CSM (DOI/CM), qui avait jusqu'alors ces activités dans son périmètre, conservera à sa charge l'exploitation de l'INB, ce qui recouvre la gestion de la sûreté en exploitation, la sécurité, la protection physique, la maintenance, la surveillance de l'environnement, la qualité et le suivi du respect de nos certifications, la relation avec les autorités et l'ASN en particulier, ainsi que la communication et la représentation de l'Andra localement.

Cette évolution d'organisation, motivée par le besoin de renforcer la robustesse de la réalisation des activités associées au CSM, a été réalisée avec un effectif augmenté de deux collaborateurs : pérennisation en cours de validation d'un poste actuellement en CDD et recrutement d'un nouveau directeur du CSM. Les collaborateurs en place précédemment sur le CSM ont été rattachés à l'une ou l'autre des entités en fonction de leur poste.

Ainsi, cette modification d'organisation impacte deux documents du référentiel du CSM :

- Ses Règles Générales d'Exploitation [14], dans la description de son organisation et de ses missions,
- Son Plan d'Urgence Interne [15], dans sa présentation de l'organisation générale de la sécurité de l'établissement en fonctionnement normal.

L'analyse mise en œuvre du niveau d'instruction des modifications présentées ci-avant, en déclinaison de la décision 2017-DC-0616 [16], a permis de valider leur caractère notable, soumis à déclaration.

Ces modifications notables, qualifiées comme mineures, ont été vérifiées par des personnes compétentes en respect des exigences de l'article 1.2.1 de la décision [16] et sont tracées conformément aux dispositions prévues dans le système de management intégré de l'Agence.

Conformément à l'article 3.2.1 du chapitre II « procédure de déclaration » de la décision ASN n°2017-DC-0616 [16], ces modifications ont été déclarées auprès de l'ASN par le courrier du 02/12/2020.

La déclinaison opérationnelle de ces modifications au sein des référentiels « RGE » et « PUI » est en cours de finalisation et ces documents seront transmis dans le courant du deuxième trimestre 2021 à l'ASN en complément du courrier identifié ci-avant.

Cette modification reste ouverte.

2.1.4 Autres dossiers 2020 qui n'ont pas nécessité de demande d'autorisation ou de déclaration à l'ASN

Campagne de tests d'infiltration BRS002 : un programme d'essais d'infiltration au niveau de la zone de couverture située au-dessus du BRS002 a été établi fin 2019, pour une mise en œuvre initialement programmée au printemps 2020. En raison de la crise sanitaire, ce programme n'a pu démarrer qu'à l'automne 2020. Le principe de ces essais est d'injecter de l'eau dans des réseaux (collecteurs, drains) existants, et d'arroser des zones de la couverture et en bordure de la couverture afin de provoquer une augmentation notable des écoulements mesurés au BRS002, et permettre ainsi de localiser l'origine des infiltrations parasites s'opérant depuis la bordure de la couverture jusqu'au BRS002.

Les premiers essais ont pu être réalisés en octobre et novembre 2020 ; les autres essais du programme sont prévus début 2021. L'analyse complète des résultats sera finalisée lorsque tous les essais seront réalisés.

2.2 Perspectives pour 2021 et début 2022¹

2.2.1 Dossiers de demande d'autorisation à l'ASN au titre des articles R. 593-55 à 58 du code de l'environnement

2.2.1.1 Etude d'impact du CSM

La modification de l'étude d'impact intervient d'une part dans le cadre de la demande de l'ASN formulée par courrier du 27/11/2017 et d'autre part de l'obligation de sa mise à jour. Cette modification documentaire intervient dans un contexte sans modification matérielle de l'installation et sans modification de l'exploitation. De ce fait, la mise à jour de l'étude d'impact n'est pas soumise à une évaluation environnementale.

Cette mise à jour de l'étude d'impact a pour principaux objectifs de présenter l'intégration des données récentes, une restructuration du document et de tendre vers une meilleure prise en compte de la réglementation en vigueur, relative tant aux études d'impact qu'aux INB, et notamment aux articles R122-5, R593-17, R 593-67, R 593-75 du code de l'environnement.

Les modifications associées ne constituent pas un changement de la nature de l'INB ou un accroissement de sa capacité maximale et ne modifient pas les éléments essentiels pour la protection des intérêts mentionnés à l'article L 593-1 du code de l'environnement, à savoir la sécurité, la santé et la salubrité publiques ou la protection de la nature et de l'environnement.

En application des articles 1.2.3 et 1.2.10 de la décision ASN n°2017-DC-0616 [16], la mise à jour de l'étude d'impact du CSM a été identifiée comme modification notable relevant de la classe 1 ; celle-ci et le dossier support associé ont fait l'objet d'une vérification par l'instance de contrôle interne (ICI) de l'Andra en date du 02/02/2021, qui a formulé un avis favorable en date du 10/02/2021, autorisant la transmission de la présente demande à l'ASN. Cette validation est tracée conformément aux dispositions prévues dans le système de management intégré de l'Agence.

Au titre de l'article R593-55 du code de l'environnement et des articles 2.1.1 et 2.1.2 de la décision ASN n°2017-DC-0616 [16], la demande de modification notable relative à la mise à jour de l'étude d'impact

¹ Le classement des différentes modifications ou actions identifiées dans le présent paragraphe est basé sur la connaissance et l'analyse des sujets à date d'édition du présent bilan et est donc susceptible d'évoluer.

du Centre de stockage de la Manche en référence [17] et un exemplaire de l'étude d'impact de l'INB n°66 [18] ont été transmis à l'ASN par courrier en date du 09/03/2021.

L'Andra CSM est aujourd'hui en attente de l'accusé de réception de la demande.

Cette modification reste ouverte.

2.2.1.2 Mise à jour du rapport de sûreté du CSM

En application de l'arrêté du 11 janvier 2016 portant l'homologation de la décision ASN n°2015-DC-0532 [19], l'Andra adressera à l'ASN, en 2021, la remise à jour de son rapport de sûreté (RDS).

Le RDS est un document faisant partie du référentiel d'une INB et qui s'inscrit dans le cadre de l'article R. 593-18 du code de l'environnement. Cette mise à jour fait suite, dans le processus réglementaire défini par l'arrêté du 7 février 2012 [2], au rapport de réexamen de sûreté de l'INB (Cf. 2.1.2.1).

Le RDS a pour objectif d'apporter la démonstration de la sûreté de l'installation ; ce dossier constitue, au titre de la décision ASN n°2017-DC-0616 [16], une modification notable d'ordre documentaire qui sera soumise à l'ASN. Préalablement à cette transmission, l'Andra prévoit la saisine de son instance de contrôle interne (ICI) qui statuera sur la validation de la transmission de la demande.

Cette modification est en cours.

2.2.1.3 Modification des référentiels d'exploitation du CSM (RGE, PUI et PRS)

A finalisation de l'instruction du réexamen de sûreté du CSM et après envoi de la mise à jour du RDS du CSM, il sera nécessaire d'engager une révision des référentiels en objet du présent paragraphe, ceci afin de mettre en cohérence leur contenu avec les choix et orientations retenus dans le cadre, d'une part du réexamen de sûreté et de son instruction et, d'autre part la déclinaison de la démonstration de sûreté du CSM au sein de la mise à jour du RDS (notamment en regard de l'évolution des EIP-AIP-ED, des domaines de fonctionnement de l'installation et de l'étude de dimensionnement du PUI).

La mise en œuvre effective de cette révision des référentiels du CSM sera engagée sur le second semestre de l'année 2021 pour une finalisation attendue fin 2021/début 2022.

Cette modification est à ce stade identifiée comme notable soumise à autorisation, puisque celle-ci affectera la définition des domaines de fonctionnement, EIP-AIP, fonctionnement en situation dégradée, incidentel ou accidentel.

Cette modification est à engager.

2.2.2 Dossiers de déclaration à l'ASN au titre des articles R. 593-59 à 61 du code de l'environnement

Il n'a pas été identifié à ce stade de projet de modification soumis à déclaration.

2.2.3 Dossiers de modification qui ne nécessitent ni demande d'autorisation ni déclaration à l'ASN

2.2.3.1 Diagnostic des piézomètres du CSM

Dans le cadre de la réalisation du plan d'actions défini en août 2017 suite à la réalisation du bilan de conformité à l'arrêté du 11 septembre 2003 [20], un diagnostic de chaque piézomètre va être réalisé. Ce diagnostic consiste notamment à inspecter par caméra l'état des tubages, faire un état de conformité

des têtes des piézomètres, réaliser un recollement des données avec les dossiers de suivi des piézomètres.

Les premières investigations se sont déroulées en mars/avril 2021 pour les piézomètres situés à l'extérieur (au nombre de 21) du CSM. Les investigations pour les piézomètres situés à l'intérieur du périmètre de propriété du CSM seront réalisées en 2022 et 2023.

Le plan de maintenance et d'entretien sera établi sur le second semestre de l'année 2021 pour les premiers piézomètres. Les actions de maintenance proposées prendront en compte les contraintes définies par les hydrogéologues, le contexte géologique, environnemental et historique du site. Ce plan sera complété chaque année après chaque investigation puis régulièrement.

A posteriori, les travaux de réparation, de fermeture ou de création de piézomètre envisagés dans ce plan de maintenance feront chacun l'objet d'un dossier de modification afin de statuer sur le classement notable ou non notable de la modification apportée par ces travaux et de la nécessité de demander l'autorisation ou de faire une déclaration à l'ASN.

Cette modification reste ouverte.

2.2.3.2 Chemisage de la canalisation de transfert vers Orano des effluents à risques

Des travaux de réfection sur la canalisation d'évacuation des effluents à risque située entre le tampon RS, sur la plateforme du bâtiment des bassins du CSM et la fosse contenant le débitmètre Q110 sur le site d'Orano Recyclage La Hague, vont être entrepris. En effet, il a été constaté, lors d'inspections caméra, de la dégradation du tubage (âme métallique apparente des éléments BONNA constituant la canalisation) ainsi que la présence de boues. Suite à ces constats, il a été convenu d'effectuer des opérations de réfection de cette canalisation par le chemisage (mise en place d'une résine) de la canalisation DN500 située entre le BDS et la pomperie CSM (Figure 2-1). Le prestataire choisi est l'entreprise SADE, et la coordination est gérée par l'entreprise HAGUE-ENERGIE. Le chemisage consiste en la pose d'une résine en polyester (résine et polymérisation) sur la longueur de la canalisation (55,4 m).

Ces opérations sont prévues en 2021 en période moins pluvieuse (généralement d'avril à septembre, cf. Figure 4-2).

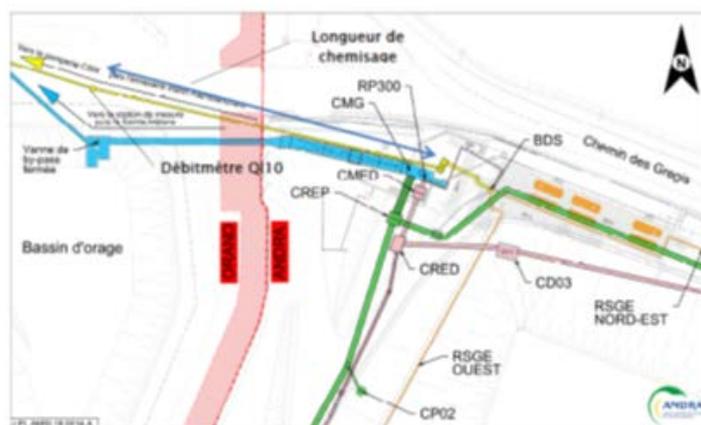


Figure 2-1 Localisation de la canalisation RS (réseau jaune)

Cette modification reste ouverte.

2.2.3.3 Cuvelage du bac RD12

Des suintements ont été détectés au niveau de la réservation de la surverse, ainsi qu'en pied du bac ; cela entraîne :

- un léger épanchement d'eau en salle 229.2 ;
- une mise en alerte du capteur de détection de fuite du collecteur RSGE présent dans cette salle.

Suite à ce constat, des travaux d'amélioration de la capacité de rétention des eaux dans le bac du RD12 sont envisagés. Les travaux prévus ont pour but de créer un bac étanche pour réceptionner les eaux du drainage profond. En lieu et place du RD12, ce bac permettra d'empêcher l'eau d'être en contact avec l'ouvrage maçonné dont le béton présente une porosité certaine, sans qu'il soit nécessaire de mettre en œuvre des travaux « importants » de génie civil.

La modification à réaliser au niveau du bac du RD12 (solution INOX) est classée « non notable », car c'est une « modification respectant les critères énoncés aux articles 3.1.1, 3.1.2, 3.1.4, 3.1.6, 3.1.8 de la décision 2017-DC-0616 et dont l'unique effet est de contribuer favorablement à la protection des intérêts mentionnés à l'article L.593-1 du code de l'environnement » en assurant la disponibilité de l'équipement de détection de fuite situé à l'aplomb de la tuyauterie du RSGE.

La mise en œuvre de cette modification est envisagée avant la fin du troisième trimestre 2021.

Cette modification reste ouverte.

2.2.3.4 Modification du bâtiment modulaire

Suite à la réorganisation de l'équipe du CSM (Cf. 2.1.3), l'Andra prévoit d'augmenter durablement la capacité d'accueil de son personnel. Ainsi, le bungalow de location actuellement présent au niveau de la zone d'accueil devrait être remplacé, dans le courant de l'année 2022, par un bâtiment modulaire de plus grandes superficie et capacité d'accueil.

Ce bâtiment fera l'objet d'une procédure administrative de permis de construire.

2.3 Anomalies et incidents

Les anomalies et incidents survenus sur le site du CSM donnent lieu à une déclaration auprès de l'ASN [21]. Ces déclarations sont classées selon les critères de l'échelle INES en fonction de leur gravité.

Au cours de l'année 2020, trois événements soumis à déclaration ont été détectés. Ces trois événements ont été classés au niveau zéro de l'échelle INES, c'est-à-dire sans impact sur la population et l'environnement et sans conséquence sur la sûreté.

Le premier écart a eu lieu en mars 2020 et concernait la périodicité de la mesure intégrée de la concentration atmosphérique en radon. En effet, conformément à l'article 7 de l'arrêté rejet du 10 janvier 2003 [1], le CSM doit réaliser cette mesure à fréquence mensuelle ; or, en raison de la pandémie de Covid-19 et des conditions de confinement, la société Algade a été dans l'incapacité à la fin du mois d'avril de réaliser l'envoi des nouvelles têtes des dosimètres pour le mois de mai. Les dosimètres en place ont donc été laissés deux mois, et la mesure a été cumulée sur cette période. Il n'y a donc pas eu d'arrêt de mesure mais une fréquence augmentée. L'ensemble des actions et l'analyse des causes sont traitées dans la fiche d'action et de progrès (FAP) qui a été ouverte pour suivre en interne l'ensemble des écarts liés à la gestion de la pandémie.

Le deuxième écart concerne la non réalisation des travaux de traitements des défauts suite à l'inspection des crêtes de talus réalisée en juillet 2019. En effet, conformément à l'exigence définie n°23 attachée à l'AIP6 de l'EIP1 détaillée dans le document interne du CSM définissant la liste de nos EIP/AIP [22], les réparations doivent être réalisées dans l'année. Compte tenu des aléas climatiques et de la période de confinement, le choix a été fait par l'Andra de cumuler les réparations des désordres observés en 2019

et en 2020. Il est à noter que les désordres constatés restent de faibles ampleurs et ne sont pas des signes imminents d'instabilité. Leur non traitement dans l'année en cours ne représente en conséquence pas un risque particulier sur la stabilité de la couverture pouvant avoir, par suite, un impact sur l'intégrité de la géo-membrane bitumineuse. L'ensemble des actions et l'analyse des causes de cet écart sont traitées dans le cadre d'une FAP dédiée.

Le troisième écart a eu lieu en décembre 2020 et concernait l'arrêt du système de prélèvement d'air pour la mesure différée en laboratoire de la concentration volumique du tritium atmosphérique. Conformément à l'article 7 de l'arrêté du 10 janvier 2003 [1], ce prélèvement doit être réalisé en continu ; il a été interrompu 24h du lundi 14 décembre au mardi 15 décembre vers 10h. Cet arrêt de prélèvement d'air entre deux tournées quotidiennes du Bureau de contrôle et de surveillance (BCS) impacte uniquement la représentativité de l'échantillon aliquote de la semaine 51. L'ensemble des actions et l'analyse des causes de cet écart sont traitées dans le cadre d'une FAP dédiée.

2.4 Inspections de l'Autorité de sûreté nucléaire

En 2020, les représentants de l'ASN Caen ont réalisé une inspection sur le site du CSM au titre de leurs attributions et missions de contrôle des installations nucléaires prévues aux articles L592-19 à L592-24 du code de l'environnement.

L'inspection s'est déroulée le 15 décembre 2020.

L'ordre du jour de l'inspection concernait l'examen de l'organisation, qui a été adaptée opérationnellement pendant cette année marquée par la période d'urgence sanitaire, en regard du respect des dispositions d'exploitation prévues pour la surveillance de l'environnement et la réalisation des opérations de maintenance, contrôles et essais périodiques.

Suite à un examen réalisé par sondage, l'organisation définie et mise en œuvre sur le site pour répondre aux enjeux de sûreté nucléaire apparaît « satisfaisante » et a notamment permis d'assurer la continuité des activités indispensables du centre au cœur de la crise sanitaire.

Le travail de traçabilité et de suivi des non-conformités entrepris par l'Andra CSM doit être poursuivi, et permettra d'améliorer encore la capacité du site à maintenir un haut niveau d'exigence y compris dans un contexte de pandémie. Cependant, l'ASN demande à l'Andra CSM des précisions sur les modalités d'exploitation et de surveillances de certains équipements.

L'Andra a pris les dispositions nécessaires pour traiter les demandes de l'ASN et a détaillé les réponses à la lettre de suite de cette inspection dans un courrier envoyé le 19 février 2021.

2.5 Audits internes

2.5.1 Audit de certification des systèmes de management qualité, environnement et santé sécurité

L'Andra a réalisé l'audit de renouvellement de certification aux normes ISO 9001 et ISO 14001 version 2015 et de certification à la norme ISO 45001 en octobre 2020. L'examen par sondage de l'ensemble des référentiels normatifs n'a pas ciblé le CSM. La certification de l'Andra a été maintenue.

2.5.2 Audit interne relatif à la norme NF EN ISO/CEI 17025

L'audit s'est déroulé en janvier 2020. Il a permis d'évaluer les actions de transition mises en place par l'Andra CSM pour se mettre en conformité avec la version 2017 de la norme.

Cette première évaluation a apporté des modifications et réorienté les actions et dispositions envisagées.

L'évaluation des dispositions de mise en conformité prises par l'Andra CSM suite à cet audit est prévue en juin 2021.

2.6 Suivi des prestataires

2.6.1 Liste des principaux prestataires et cascade de sous-traitance

Pour la gestion des activités du Centre (surveillance, maintenance des équipements ...), l'Andra fait appel à des entreprises sous-traitantes dont la liste, pour l'année 2020, est donnée dans le Tableau 2-1.

Tableau 2-1 Liste des principaux prestataires du CSM en 2020

Prestataires	
<i>Sous-traitant rang 1</i>	Activités
ALGADE	Laboratoire d'analyses radiologiques sur le radon Prestataire de maintenance des appareils de radioprotection liés à la mesure du radon et au préleveur atmosphérique
ASPECT	Laboratoire d'analyses physico-chimiques
SYNLAB	Laboratoire d'analyses physico-chimiques
ATALIAN	Prestataire en charge du nettoyage des locaux
BCM Foudre	Prestataire de contrôle de bon fonctionnement des systèmes de protection contre la foudre du BAP et de station météo
BIOTOPE	Prestataire en charge des études floristiques et faunistique
BURGEAP	Prestataire en charge de l'évaluation du risque inondation et ses conséquences Prestataire en charge de la synthèse des données pluviométriques utilisées dans le cadre du risque inondation
CABINET GEODIS	Prestataire en charge des levés topographiques des lignes des piquets et des cibles
CAP GEMINI	Prestataire en charge de la maintenance informatique de la base de données DESIREE
CERAP	Prestataire en charge de l'exploitation du bureau de contrôle et de surveillance (BCS)
CHALLANCIN	Gardiennage du Centre
EFINOR (SEMA)	Maintenance préventive et corrective des collecteurs RSGE et RSGEbis
CETE - APAVE Nord-Ouest	Prestataire en charge des contrôles réglementaires externes en radioprotection et des contrôles réglementaires électriques, Contrôle réglementaire du séparateur d'hydrocarbures
CETIAT	Prestataire de métrologie pour l'étalonnage Cofrac des sondes de température et d'hygrométrie
CG3N	Prestataire de maintenance du SICM
DESAUTEL	Prestataire en charge de la maintenance réglementaire des extincteurs

Prestataires	
<i>Sous-traitant rang 1</i>	Activités
EGIS structure et environnement	Prestataire en charge des études des données annuelles des données débitométriques et piézométriques Prestataire en charge de l'évaluation de risque sanitaire en milieu aqueux (mer et eau douce)
EIRL Le Bailly	Prestataire effectuant des petits travaux de logistique et de génie civil
EICHROM	Prestataire en charge de mesures croisées pour la surveillance du CSM, radiochimie à bas seuil
EMG	Prestataire en charge de la maintenance des équipements de communication par radio
EXIRYS	Prestataire en charge des visites guidées du Centre
INEO Nucléaire	Prestataire en charge de la maintenance électrique et des systèmes de ventilation et de la centrale Argon CO ₂ , système vidéo
<i>THERMICLIM</i>	Prestataire pour la maintenance des ventilateurs et de la climatisation
MIRION	Prestataire de maintenance des appareils de radioprotection et Reprise de source scellée
NOYON	Prestataire en charge des transports des échantillons
ORANO La Hague	Prestataire en charge des analyses radiologiques et de mesure d'exposition Exploitant en charge de la gestion des effluents et de la maintenance du bassin d'orage
<i>HAGUE ENERGIE</i>	Prestataire en charge de la maintenance du bassin d'orage
POLYMONT CONSULTING	Prestataire de Conseil et d'audit relatif à l'application de la norme NF EN ISO/CEI 17025
SDEC	Prestataire de la maintenance des barboteurs tritium
SECURITAS	Gardiennage du Centre
SIEMENS	Prestataire de la maintenance de la détection automatique incendie
SOCOMECH	Prestataire en charge de la maintenance préventive et corrective des onduleurs
SUBATECH	Laboratoire d'analyses radiochimiques
TMD Conseil	Prestataire en charge de la fonction de Conseiller sécurité de transport (CST)
TPC	Travaux de traitement des fissures en crête de talus constatées suite aux inspections 2019-2020
TRESCAL (A+ Métrologie)	Prestataire de métrologie pour la vérification et l'étalonnage d'appareil de mesures
VALLOIS NORMANDIE	Prestataire en charge de l'entretien des espaces verts
<i>Les Territoires de La Hague</i>	Prestataire en charge du broyage des ronces et des ajoncs
VEOLIA PROPRETE	Prestataire en charge de la collecte des déchets conventionnels

2.6.2 Suivi des prestataires

L'Andra est responsable de l'ensemble des activités exercées sur le Centre. A ce titre, et conformément à l'arrêté INB du 7 février 2012 [2], elle contrôle la qualité des prestations sous-traitées. Cette surveillance est déclinée au travers d'un programme d'audits et d'inspections techniques (en lien avec le cahier des charges) défini en début de chaque année. Ce programme est établi en fonction du bilan du programme de surveillance de l'année précédente et des prestations envisagées pour l'année concernée.

2.6.2.1 Audits des prestataires

L'Andra a mené un audit en 2020. Cet audit portait sur la prestation de prélèvement d'échantillons dans le cadre de l'application du plan réglementaire de surveillance, mise en œuvre par la société CERAP. Il s'est déroulé le 6 juillet 2020. Cet audit était relatif au plan de transition mis en œuvre pour appliquer des exigences de la norme NF EN ISO/CEI 17025 « exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais » version 2017.

Cet audit a été réalisé par la société POLYMONT CONSULTING.

Cet audit a relevé 3 nouveaux points de progrès en lien avec le plan qualité/gestion documentaire et a permis le solde de 5 des 14 constats relevés lors de l'audit de suivi annuel.

2.6.2.2 Surveillance des prestataires

La surveillance des prestataires est assurée par des inspections de l'exécution des cahiers des charges, du bon déroulement des tâches confiées, du respect des exigences et de la fourniture de livrables.

Par cette surveillance, l'Andra s'assure que les procédures, modes opératoires et consignes sont bien appliqués et notamment la réalisation des contrôles techniques confiés au prestataire. Ces inspections font l'objet de visites de terrain ciblées.

Les inspections réalisées en 2020 sont présentées dans le tableau suivant (Tableau 2-2).

L'inspection relative au contrôle technique des opérations de métrologie sur le Cobenade séparatif (suivi par la société MIRION) n'a pas pu être réalisée en raison de la crise sanitaire de 2020.

Tableau 2-2 *Tableau récapitulatif de la surveillance des prestataires du CSM pour 2020*

Prestataire	Activités	Nombre et type de contrôle	Degré de satisfaction
ASPECT	Laboratoire d'analyses physico-chimiques	1 inspection relative aux prélèvements d'échantillon	Satisfaisant
BIOTOPE	Suivi des espèces floristiques et faunistiques	1 inspection relative à la méthodologie de relevée des observations des espèces floristiques et faunistiques	Satisfaisant
CERAP	Exploitation du bureau de contrôle et de surveillance (BCS).	5 inspections relatives au prélèvement des sédiments, conditionnement des déchets nucléaires TFA, suivi débitmétrique et suivi des volumes	Plutôt satisfaisant à satisfaisant
CHALLANCIN	Gardiennage et surveillance du Centre	1 inspection relative à la vérification par sondage de la bonne application des contrôles techniques	Plutôt satisfaisant
EFINOR	Maintenance préventive et corrective des collecteurs RSGE et RSGEbis	1 inspection relative à la vérification du contrôle de l'intégrité du collecteur	Satisfaisant
Cabinet GEODIS	Levés topographiques des lignes des piquets et des cibles	1 inspection relative aux contrôles topographiques de la couverture	Satisfaisant
INEO NUC	Maintenance électrique et des systèmes de ventilation et de la centrale Argon CO ₂ , système vidéo	1 inspection relative à la maintenance des postes HT / suivi actions/ vérification par sondage	Plutôt satisfaisant
ORANO Recyclage - La Hague	Maintenance du bassin d'orage	1 inspection relative à la vérification de la bonne réalisation de la maintenance de la vanne	Plutôt satisfaisant
TPC	Travaux de traitement des fissures en crête de talus constatées suite aux inspections 2019-2020	1 inspection relative à l'intervention sur couverture et géo-membrane	Assez insatisfaisant
TFN Propreté	Nettoyage des locaux et abords du centre	1 inspection relative à l'application des consignes COVID	Plutôt satisfaisant
VALLOIS	Entretien des espaces verts	1 inspection relative à la mise en application des consignes COVID 19 et Renouée du Japon et autres espèces invasives	Plutôt satisfaisant

2.7 Maintenance et suivi des installations et ouvrages

Un planning concernant les actions de maintenance préventive est réalisé chaque année. Ces actions ont pour but de garantir le maintien en bon état des appareils/installations et d'assurer leur disponibilité. La réalisation de ces maintenances se fait par l'application des documents d'exploitation.

2.7.1 Nettoyage et entretien du bassin d'orage

Le bassin d'orage du CSM est localisé sur le site d'Orano Recyclage La Hague (Figure 1-3 et Figure 4-11). Les opérations de maintenance annuelle sur ce bassin d'orage sont sous-traitées à Orano Recyclage La Hague. La liste des opérations réalisées annuellement est présentée ci-dessous :

- essais de manœuvrabilité des vannes, graissage des tiges filetées ;
- curage et nettoyage de l'ouvrage « chambre d'entrée » avec relevage des drains ;
- nettoyage du dégrilleur ;
- curage du fossé en aval du bassin d'orage ;
- contrôles électriques réglementaires.

Des opérations de maintenances courantes ont également été effectuées cette année : peinture des volants des vannes de l'ouvrage de régulation du bassin d'orage, entretien du grillage.

2.7.2 Ventilation

Des systèmes de ventilations sont en place dans le bâtiment des bassins et les galeries du RSGE. Ces systèmes servent de protection collective contre le risque de contamination par le radon.

Des actions de maintenances préventives sont effectuées chaque semestre :

- contrôle des automatismes ;
- remplacement des courroies des préfiltres et des filtres ;
- nettoyage, graissage et contrôle vibratoire.

Des mesures de débit sont effectuées à fréquence annuelle sur ces systèmes de ventilation. Aucun dysfonctionnement n'a été constaté cette année.

2.7.3 Maintenance préventive

Dans le cadre des opérations de maintenance préventive et conformément aux RGE [14], des inspections techniques du collecteur du RSGE, ainsi que des 110 BRS, sont effectuées à fréquence semestrielle. Ces opérations se sont déroulées en mars et en octobre 2020. Lors de ces inspections, les vannes de surverse des BRS002, BRS114 et BRS149 ont été manœuvrées. Placées depuis 2011 de façon à détourner les eaux de ces 3 BRS vers collecteur « RSGE bis » et le point de contrôle « BRS0bis », ces vannes permettent, le cas échéant, d'orienter les eaux de ces BRS vers le RSGE et le point de contrôle BRS0 commun aux autres BRS.

Les pompes de reprise des « effluents à risque » du réseau de drainage profond (pompes installées aux points RD12 et RD24) ont fait l'objet d'une révision en juin et décembre 2020.

Les détecteurs de fuite placés sous les cuves des « effluents à risques » et ceux placés à proximité du BDS et du RD12 ont fait l'objet de tests mensuels de bon fonctionnement et de report d'alarme. Aucun dysfonctionnement n'a été relevé.

Pour la partie des installations de rejet, placée sur le site d'Orano Recyclage La Hague, les vannes murales et manuelles ainsi que les pompes de relevage ont fait l'objet d'une vérification annuelle en juin 2020 au cours de laquelle il n'a été décelé aucun dysfonctionnement.

2.7.4 Etalonnage, vérification de bon fonctionnement des débitmètres et des préleveurs automatiques

La vérification semestrielle de bon fonctionnement des débitmètres de la CMG a été effectuée en avril et en août 2020. Ces contrôles se sont révélés conformes aux attentes. Celui du BDS a été contrôlé conforme en février et en août 2020.

Concernant les débitmètres électromagnétiques de type SIEMENS (CMG Ø 300 et Ø 1200), la linéarité du signal analogique de sortie délivré par l'électronique a été vérifiée en décembre 2020 : les bornes de mesures ont été passées au banc d'essai. Aucune anomalie n'a été détectée.

Les préleveurs d'échantillons liquides (de type ISCO) aux exutoires font également l'objet de vérifications semestrielles dans le cadre de la maintenance préventive. Aucun dysfonctionnement n'a été mis en évidence en 2020. Lors de ces vérifications, le changement des tubulures est réalisé ainsi que le nettoyage de l'appareil et des flacons.

Le préleveur d'air EAS 70K, permettant la surveillance des aérosols, a subi un examen complet en atelier ayant permis de changer les parties métalliques dont la détérioration est liée aux conditions climatiques de la région (rouille). Il a été remis sur site et contrôlé conforme le 30 septembre 2020. Ce check-up permet d'anticiper les pannes relativement récurrentes sur cet appareil liées aux conditions climatiques du CSM (pluie, vent, air marin).

Le contrôle du bon fonctionnement des barboteurs SDEC, qui permettent de piéger le tritium de l'air, a été réalisé le 15 septembre 2020. Un remplacement préventif des cartes CPU a été effectué. Les paramètres vérifiés sur les appareils étaient conformes (températures, débitmètres...).

2.7.5 Aménagement

Aucun aménagement n'a été réalisé en 2020.

2.7.6 Evolution des systèmes

Le système informatisé de centralisation des mesures (SICM) permet la surveillance à distance et la sauvegarde de mesures de certains équipements du CSM. En 2020, à partir du 9 janvier, les augets basculeurs mis en place au niveau du BRS002 et du BRS149 pour suivre leurs écoulements ont été raccordés au SICM permettant ainsi l'enregistrement des volumes passant dans ces BRS.

La surveillance de la couverture du Centre de stockage de la Manche

<i>3.1 Comportement physique de la couverture</i>	<i>38</i>
<i>3.2 Conclusion sur le comportement physique de la couverture</i>	<i>59</i>

3.1 Comportement physique de la couverture

3.1.1 Suivi

La couverture a été mise en œuvre en trois tranches de travaux qui se sont déroulées de :

- 1991 à mars 1993 pour la tranche 1 ;
- 1993 à octobre 1994 pour la tranche 2 ;
- 1994 à juillet 1996 pour la tranche 3.

Plusieurs types de contrôles sont réalisés sur cette couverture dans le cadre du Plan Réglementaire de Surveillance [9] :

- un suivi topographique annuel des cibles de l'ensemble de la couverture ;
- un suivi topographique de plusieurs profils de piquets sur les talus (localisation Figure 3-1), dont la fréquence mensuelle, trimestrielle ou semestrielle est adaptée à l'évolution des variations constatées. Les dates des relevés du géomètre pour ces profils sont présentées dans le Tableau 3-1 ;
- des contrôles visuels de la couverture effectués lors d'une inspection, cette année réalisée au mois de septembre 2020.

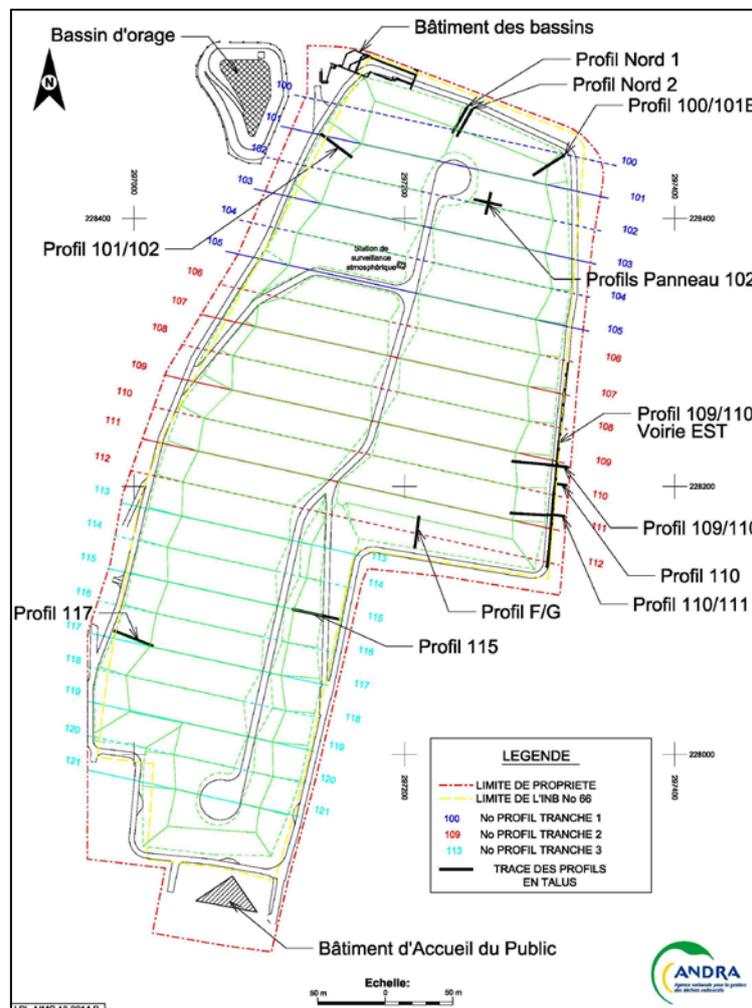


Figure 3-1

Localisation des profils de piquets en talus et toit de la couverture

Tableau 3-1 Suivi topographique des profils de piquets

2020	102 Est	109/110 Est et voirie	109/110 Est	110/111 Est	112Bis	115 Est	117 Ouest	101/102 Ouest	Nord1 (Ouest)	100/101	100/101 Est quadrillé	107 Ouest
					F/C					Est		
06-janv	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
03-févr									x	x	x	x
05-m ars									x	x	x	x
25-m ai									x	x	x	x
23-juin	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
29-juil									x	x	x	x
27-août									x	x	x	x
29-sept	x	x	x	x	x				x	x	x	x
15-déc	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

NB :

- Le profil Nord 2 a été abandonné en 2014, ses piquets étant implantés dans la terre végétale sujette à d'importantes fluctuations liées à des variations climatiques ; son étude a été jugée non représentative d'un potentiel mouvement structurel de talus. Ce talus Nord est par ailleurs suivi par le profil Nord 1, situé à proximité directe du profil Nord 2, et dont les piquets sont implantés dans les schistes.
- Le profil 100/101Est a été implanté en octobre 2014, à l'extrémité Nord-Est du site, dans une zone jugée potentiellement en mouvement. Les relevés de ce profil ont été réalisés en 2015, à une fréquence trimestrielle, puis passés à une fréquence mensuelle en 2016. Un doute quant à l'occurrence d'un phénomène de tassement à ce niveau a amené l'Andra, début 2017, à réaliser des profils croisés, ou profils quadrillés afin de mieux identifier la forme des mouvements enregistrés à ce niveau. Après une année de suivi de ces profils quadrillés et compte tenu des faibles mouvements enregistrés, seul un profil croisé, jugé le plus représentatif, a été conservé (dit profil quadrillé 1 constitué par les piquets Q3, Q4, Q10, Q16, Q17 - cf. Figure 3-1).
- Le profil en croix 107 Ouest a été mis en place en juin 2018 afin de suivre plus finement la zone de tassement de toit situé à ce niveau (impliquant le tassement de l'ouvrage TBH). Afin de pouvoir acquérir un profil exploitable au plus vite, les relevés de ce profil sont effectués à fréquence mensuelle depuis juin 2018.
- Les relevés effectués au niveau du profil FG ne montrant pas de mouvements significatifs depuis 2016 sont, depuis juin 2018, relevés à une fréquence trimestrielle.

Il convient de préciser que les origines des mouvements observés sur la couverture sont variables d'une tranche à l'autre de la couverture.

Pour des raisons liées aux conditions historiques de stockage, la tranche 1 d'exploitation reste la plus sujette aux tassements. Ainsi, suite aux mouvements de couverture enregistrés en 1999 au niveau du panneau 102 Est et occasionnés par le tassement de(s) ouvrage(s) sous-jacent(s) (structures P1 et/ou P17), des travaux de confortement ont été réalisés en octobre 2009. Malgré ces travaux, le tassement perdure et fait toujours l'objet d'un suivi particulier.

Des mouvements sont aussi observés au niveau du panneau 107 Ouest, en tranche 2, liés à des tassements de l'ouvrage TBH (plus particulièrement à l'enfoncement dans l'ouvrage de sa dalle de recouvrement) et à une typologie particulière des déchets qui y sont stockés (déchets de type boues).

Par ailleurs, les talus de la couverture du CSM sont sujets à des mouvements lents liés au glissement des matériaux de la couverture au-dessus de la membrane bitumineuse.

Afin de conforter les talus les plus instables, trois séries de travaux visant à réduire leur pente ont été réalisées et successivement réceptionnées (localisation illustrée sur la Figure 3-2) :

- en septembre 2010, pour le confortement des panneaux 109 Est, 110 Est, 111 Est.
- en septembre 2011, pour le confortement des panneaux 100 Est et 100 Ouest (talus Nord),
- en septembre 2013, pour les réparations du panneau 112bis.

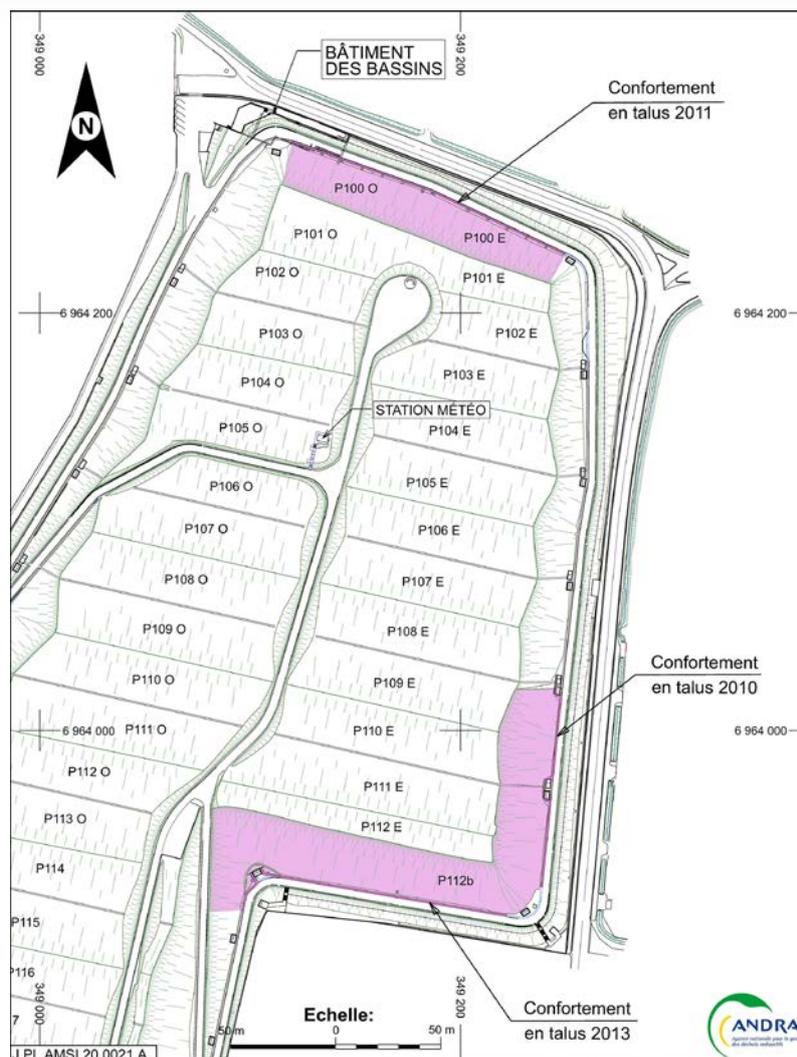


Figure 3-2 Localisation du linéaire des talus confortés (zone rose) à fin 2013

3.1.2 Méthodes d'analyses des mouvements

3.1.2.1 Pour les cibles

Chaque cible est relevée par un géomètre selon les axes X, Y et Z. L'analyse est réalisée d'une part en planimétrie, selon le plan horizontal en X et Y, et d'autre part en altimétrie selon l'axe Z. Les écarts selon ces deux plans sont mesurés en millimètres, d'une part depuis les mesures d'origine, et d'autre part depuis le dernier relevé soit depuis l'année précédente. La représentation graphique par zonéographie du Centre, selon 4 cartes (planimétrie et altimétrie depuis l'origine et depuis l'année précédente) permet de mettre en évidence les cibles et éventuellement les zones sujettes à déplacements en interpolant les cibles contiguës qui ont fait l'objet de mouvements.

3.1.2.2 Pour les profils de piquet en talus

Jusqu'en 2019, l'Andra utilisait la méthode basée sur la racine carrée de la somme des carrés des écarts en X, Y, et Z :

$$\sqrt{[(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2 + (\Delta z)^2]}$$

A partir de 2018, une seconde méthode plus précise a été mise en œuvre pour permettre de vérifier la stabilité des trois talus confortés en 2010, 2011, et 2013. Cette méthode est à présent utilisée pour tous les profils de talus (cf. détails des méthodes dans le paragraphe 3.1.2.2 du bilan annuel 2019 n°EXP.BI.ACSM.20.0004).

Les principales étapes de cette méthode sont les suivantes :

- vérification des données et corrections : les écarts entre deux relevés supérieurs à 10mm sont analysés et écartés s'ils apparaissent très différents des mesures précédentes et suivantes (cas d'un choc lors d'une tonte par exemple) ;
- conversion au nouveau repère : les profils de piquets en talus sont orientés dans le sens de la pente et non pas selon le repère orthonormé X et Y, tel que fourni par le relevé du géomètre ; aussi une conversion des valeurs X et Y selon l'axe du profil permet de mieux rendre compte des déplacements des piquets selon l'axe du profil et de la pente ;
- sur la base des valeurs corrigées et converties de chaque piquet, les courbes représentatives en X', Y' et Z (X' et Y' étant les X et Y convertis de chaque piquet) des déplacements depuis l'origine permettent de visualiser l'évolution du positionnement de chacun des piquets du profil. Les profils ont été également décomposés en plusieurs segments (haut, milieu et bas du talus) permettant de mieux visualiser le comportement du talus (glissement, soulèvement du pied, etc...).

Cette méthode d'analyse de chaque piquet selon chaque axe est donc plus précise que la méthode précédente portant sur l'analyse de la valeur moyenne du profil des déplacements moyens selon les trois axes. A noter que les mouvements sont de l'ordre de grandeur de la précision des mesures. Cependant, le grand nombre de relevés permet malgré le niveau d'incertitude, d'obtenir des tendances générales fiables.

3.1.3 Cibles : tassements et déplacements observés

Il n'a pas été observé de nouvelles zones de déformation en 2020 par rapport à l'année 2019. Les tassements mesurés en 2020 se répartissent toujours en 2 types :

- Les tassements localisés sur le toit de la couverture : panneaux 107 Ouest et 102 Est. Les déplacements mesurés à ce niveau sont dus à des tassements des ouvrages de stockage (tranchée TBH ; structures P1 et/ou P17), engendrant des légers affaissements des matériaux sus-jacents.
- Les glissements des talus périphériques : les talus de la couverture du CSM sont le siège de glissements lents (glissement des matériaux au-dessus de la membrane) dans le sens de la pente, se traduisant par un mouvement dont la composante est à la fois planimétrique et altimétrique. Ces déplacements de faibles amplitudes peuvent générer parfois des fissures en crête de talus et parfois des déboîtements de drains sur membrane, qui sont suivis et réparés. Neuf profils, implantés sur les talus dont les glissements sont les plus importants, sont actuellement suivis (Cf. Tableau 3-1) permettant ainsi d'apprécier plus précisément leur évolution.

Les cibles de la couverture font l'objet d'un levé topographique annuel (qui s'est déroulé le 29 juillet pour l'année 2020). Des représentations graphiques, par zonéographie des déplacements altimétriques et planimétriques par rapport à la référence (1993 pour Tr1, 1994 pour Tr2, 1996 pour Tr3, et nouvelles références après le confortement des talus 109/110/111Est (2010), talus Nord (2011) et Talus 112b (2013)), sont données respectivement en Figure 3-3 et en Figure 3-4, et par rapport au précédent relevé du 29 août 2019 en Figure 3-5 et en Figure 3-6.

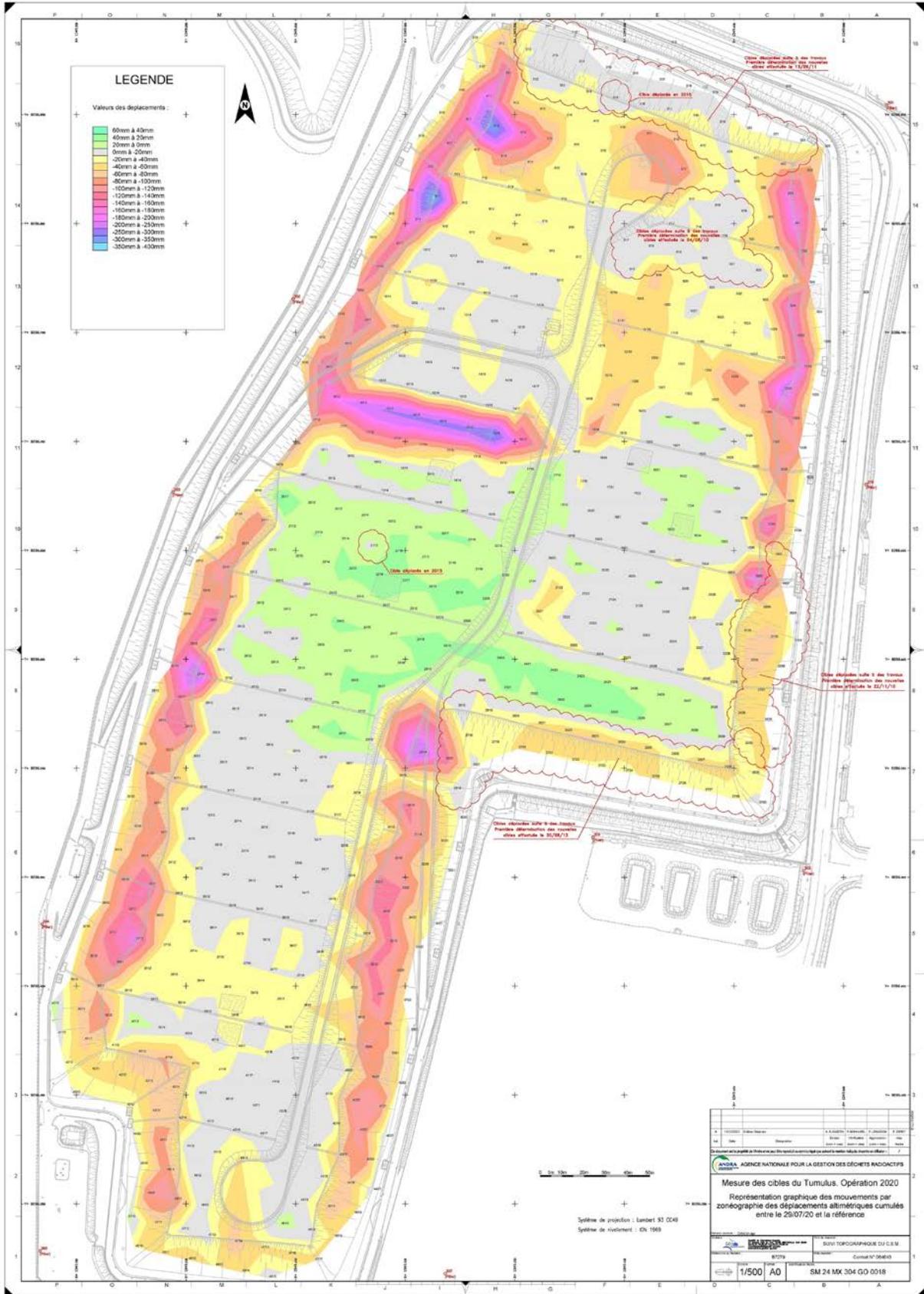


Figure 3-3 Zonéographie des déplacements altimétriques entre le 29/07/20 et la référence (1996 hors zones de confortement)

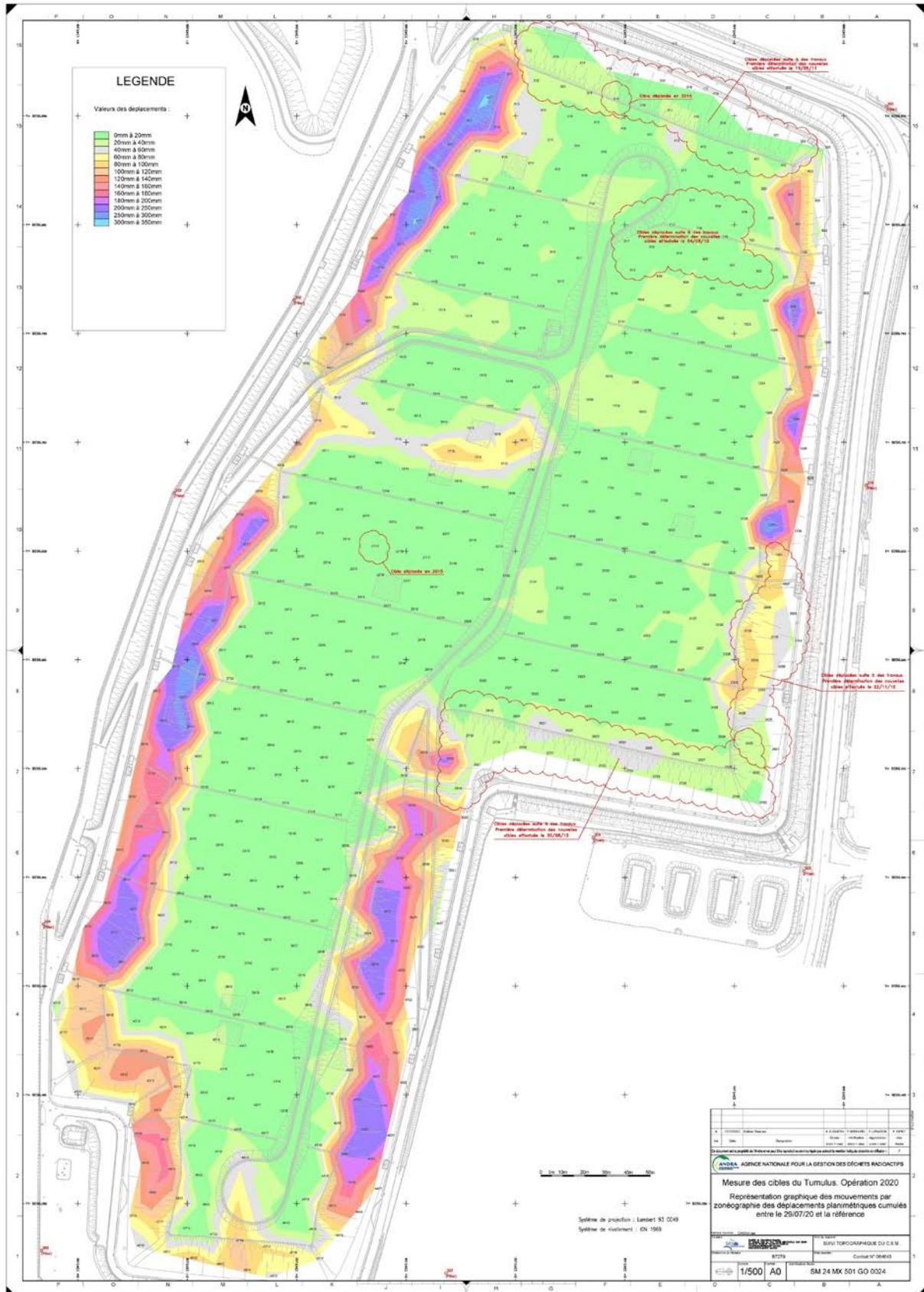


Figure 3-4 Zonéographie des déplacements planimétriques entre le 29/07/20 et la référence (1996 hors zones de confortement)



Figure 3-5 Zonéographie des déplacements altimétriques entre le 29/08/2019 et le 29/07/2020

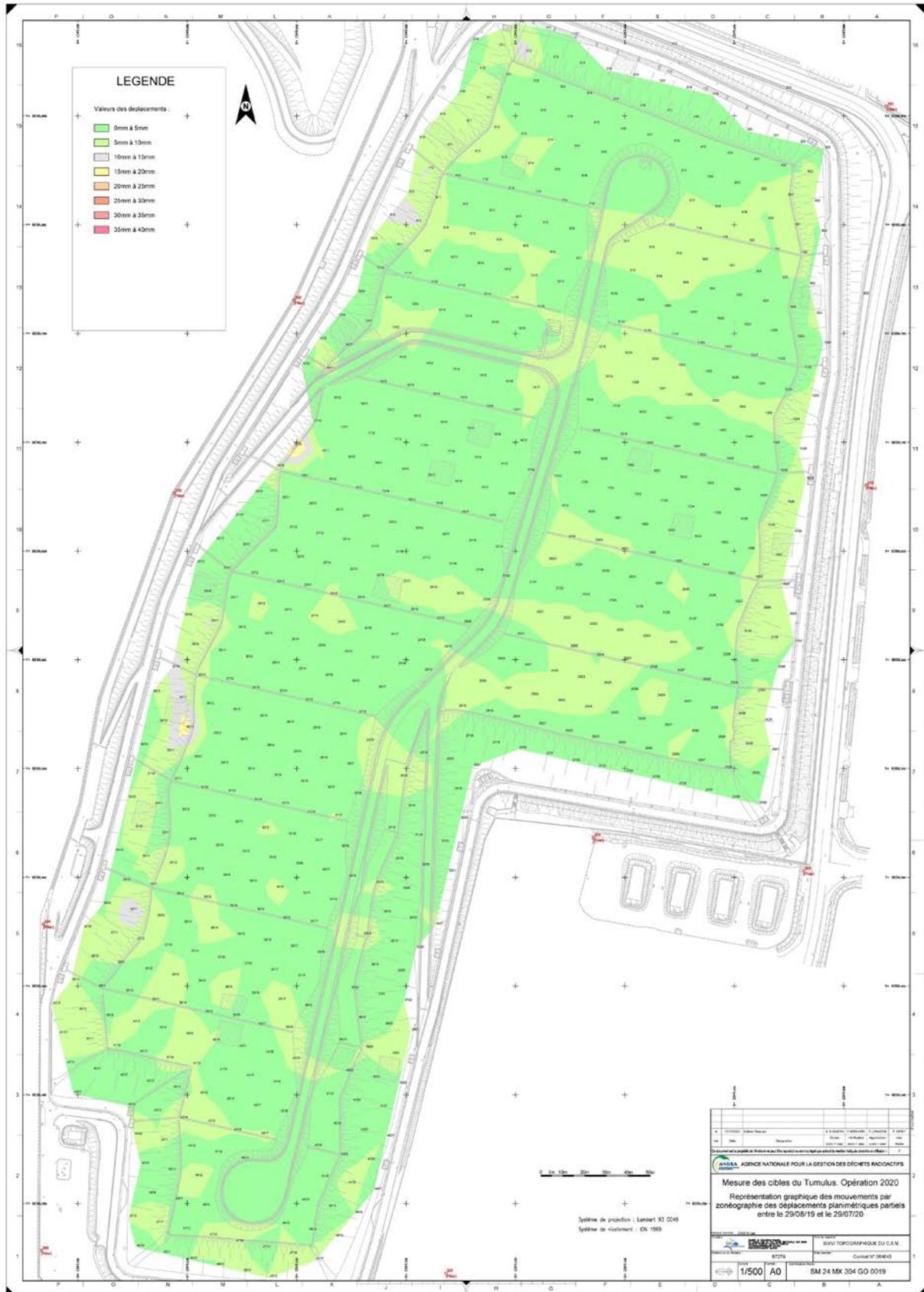


Figure 3-6 Zonéographie des déplacements planimétriques entre le 29/08/2019 et le 29/07/2020

3.1.3.1 Mouvements sur le toit de la couverture

Les cartes de zonéographie altimétrique et planimétrique entre 2019 et 2020 ne montrent pas ou peu d'évolution importante sur un an.

Toutefois, la cible 2122 continue de se tasser de 10 à 15 mm par an depuis 2017, dans une zone qui cumule presque 40 mm de tassement depuis cette date. En effet, cette zone a montré une légère accélération du tassement depuis 2017, alors qu'elle était relativement stable avant (faible tassement très régulier de 4 cm depuis 1998, soit 2mm/an). La cible 2221 montre également une accélération du tassement, plus faible que la cible 2122, avec des tassements de 7 à 10mm par an. Il pourrait s'agir d'un début d'affaissement dans le stockage. Cette zone reste à surveiller plus spécifiquement lors du prochain relevé de cibles.

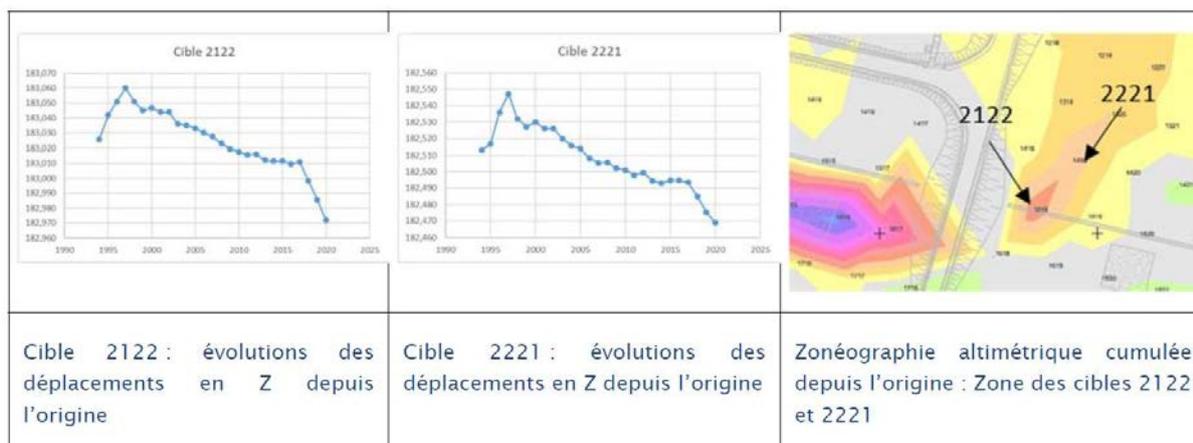


Figure 3-7 Cibles 2122 et 2221 - Evolution des mouvements altimétriques depuis l'origine

La cible 313 située au nord-ouest (panneau 101Ouest) avait montré un comportement atypique en 2019 avec un déplacement planimétrique de 15 à 20mm, et une élévation altimétrique de +10 à 20 mm. Sur le relevé de 2020, la cible n'a pas bougé ce qui permet d'écarter l'hypothèse d'un mouvement de terrain.

La cible 512 située sur la partie toit de la couverture, mais en tête du talus 101 ouest (nord-ouest) montre de petits déplacements altimétrique et planimétrique de 5 à 10mm sur une année. Cette cible se trouve en haut du talus 101/102 ouest qui montre un glissement lent depuis 1994. Ce tassement en tête de talus est caractéristique du phénomène de glissement, dont les matériaux en tête de talus ont tendance à se déplacer.

Les cibles 2911 et 1810 montrent des déplacements planimétriques d'environ 20mm. Ces cibles se trouvent en tête des talus et les déplacements sont associés aux légers mouvements des talus.

Les cibles 521, 1225 et 2628 affichent de petits tassements sur un an, de l'ordre de 10 à 15mm. Ces trois cibles se trouvent en tête de talus. La cible 512 est associée aux mouvements de l'angle Nord-Est. Les deux autres cibles semblent avoir des tassements spécifiques cette année. Elles sont à suivre les prochaines années afin de vérifier si ces mouvements se poursuivent, voire s'amplifient.

Panneau 107 Ouest (tranchée TBH)

Ce panneau est affecté par un tassement d'ensemble à l'aplomb de l'ouvrage de stockage TBH mesuré depuis 1996. Les tassements observés depuis cette date sont de faible amplitude et se poursuivent à une vitesse à peu près constante : 5 à 10 mm en 2020 pour les cibles les plus impactées et correspondant à la ligne des cibles numérotées de 1611 à 1616.

Les cibles 1610 à 1617 se sont affaissées de quelques millimètres (2 à 6 mm) en un an. La cible 1616 demeure la plus impactée, avec une profondeur maximale de tassement observée entre l'origine et le 27 juillet 2020 de 321 mm (Figure 3-8). Ces tassements restent compatibles avec les propriétés d'extension et d'étanchéité de la membrane bitumineuse. En effet, on estime que la membrane conserve son étanchéité pour une élongation pouvant atteindre une valeur maximum de 25 % (la limite du domaine d'exploitation fixée par l'exploitant est de 20%). La déformation sur ce panneau est évaluée par calcul trigonométrique à 1,2 % d'élongation.

La mise en place d'un nouveau profil en croix au niveau du tassement observé sur le panneau 107 Ouest confirme les déformations et élongations de la membrane mesurées par les cibles et illustre parfaitement une zone de tassement d'environ 9 m x 9 m entre les piquets 2 et 12 (Est-Ouest) et 8 et 9 (Nord-Sud) du profil en croix (Figure 3-8). La ligne de piquets Est-Ouest suit la ligne de cibles 1611 à 1616 dans l'alignement de la structure TBH à l'origine du tassement. Les mesures topographiques des cibles depuis 1994 ont pu être additionnées à celles de la ligne de piquets depuis sa création (07/2018).

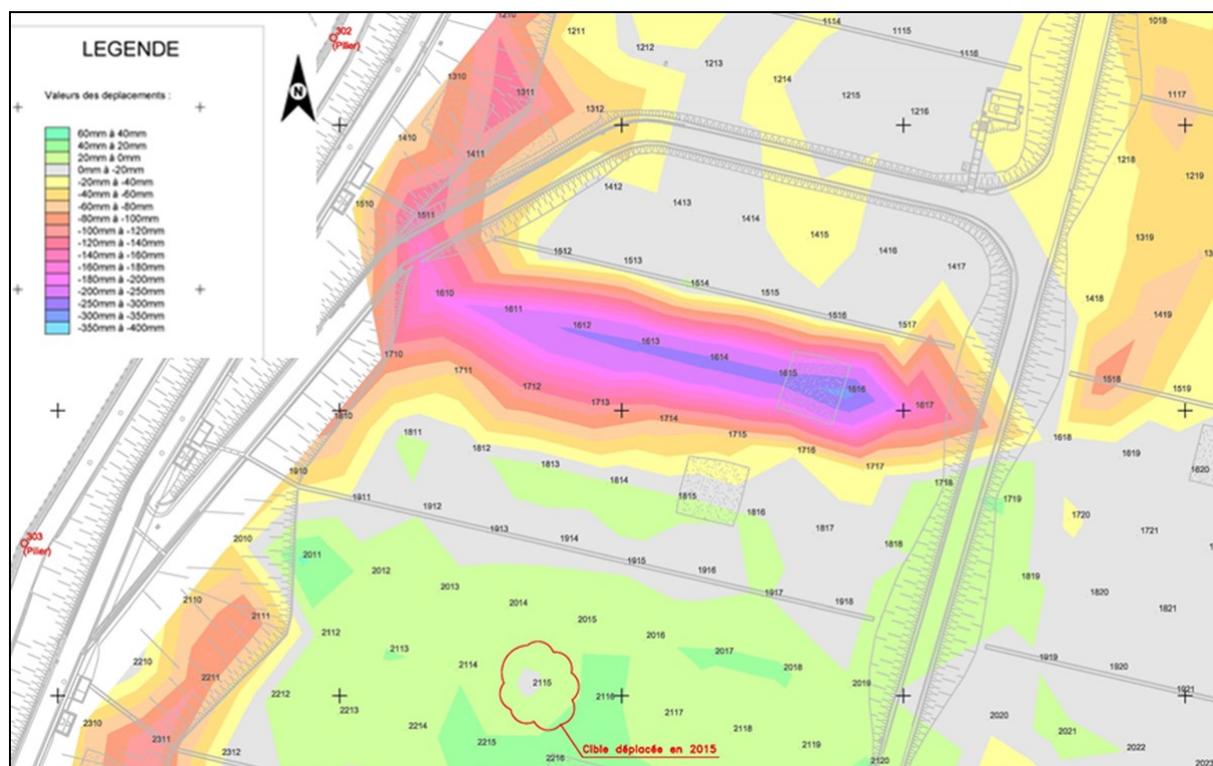


Figure 3-8

Déplacements altimétriques des cibles situées au voisinage du panneau 107 Ouest (TBH) – Ecart constatés entre le relevé du 29/07/20 et les altitudes de référence (extrait de la carte présentée en figure 3.3. sans échelle)

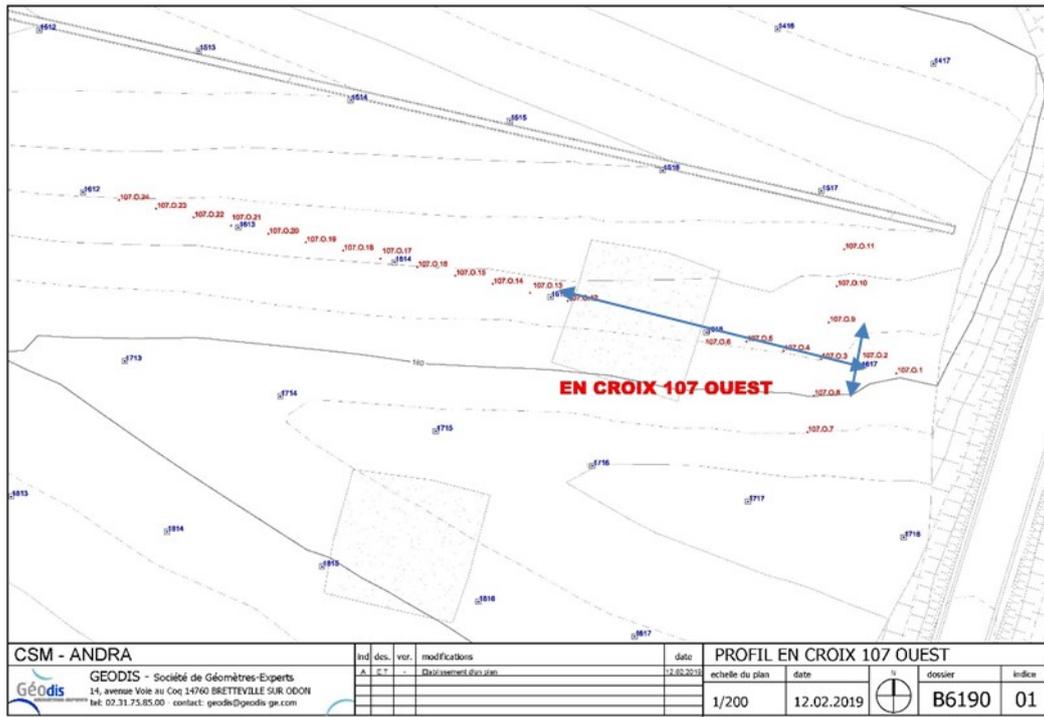


Figure 3-9 Tassement panneau 107W - Localisation des profils de piquets

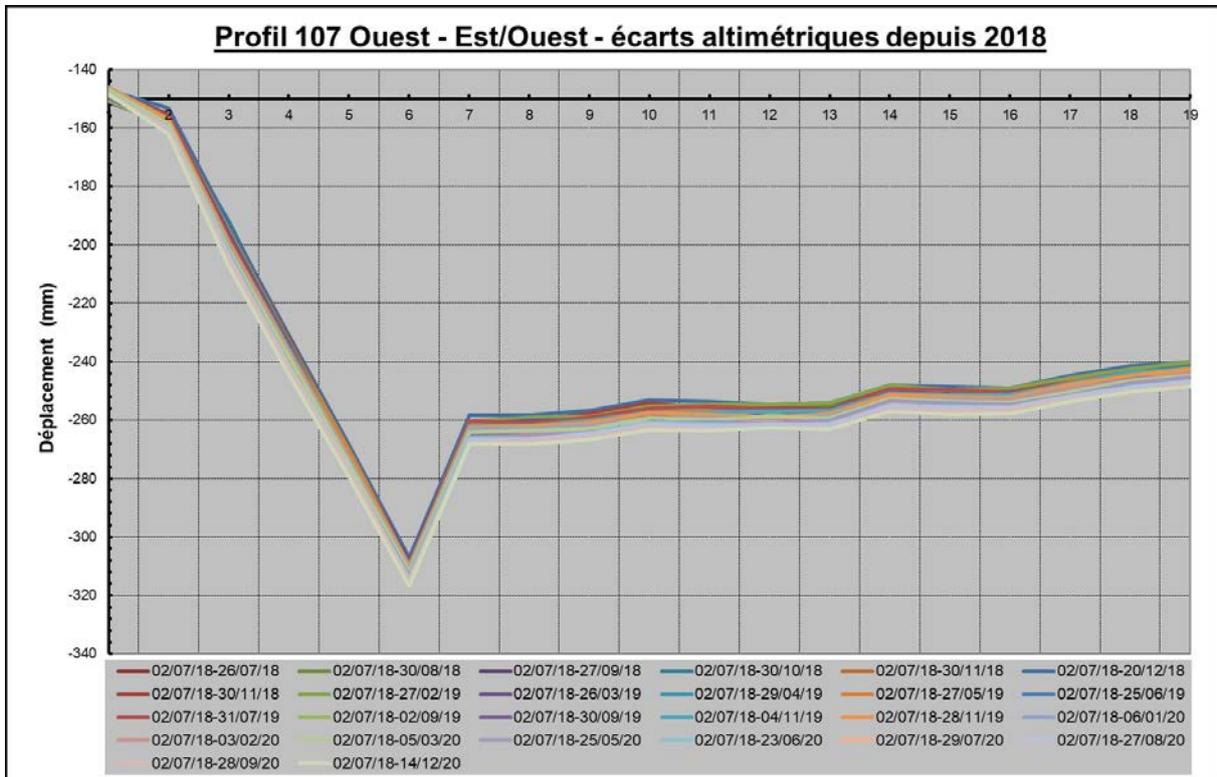


Figure 3-10 Tassement panneau 107W - Profil de piquets Est-Ouest - Evolution altimétrique depuis 2018

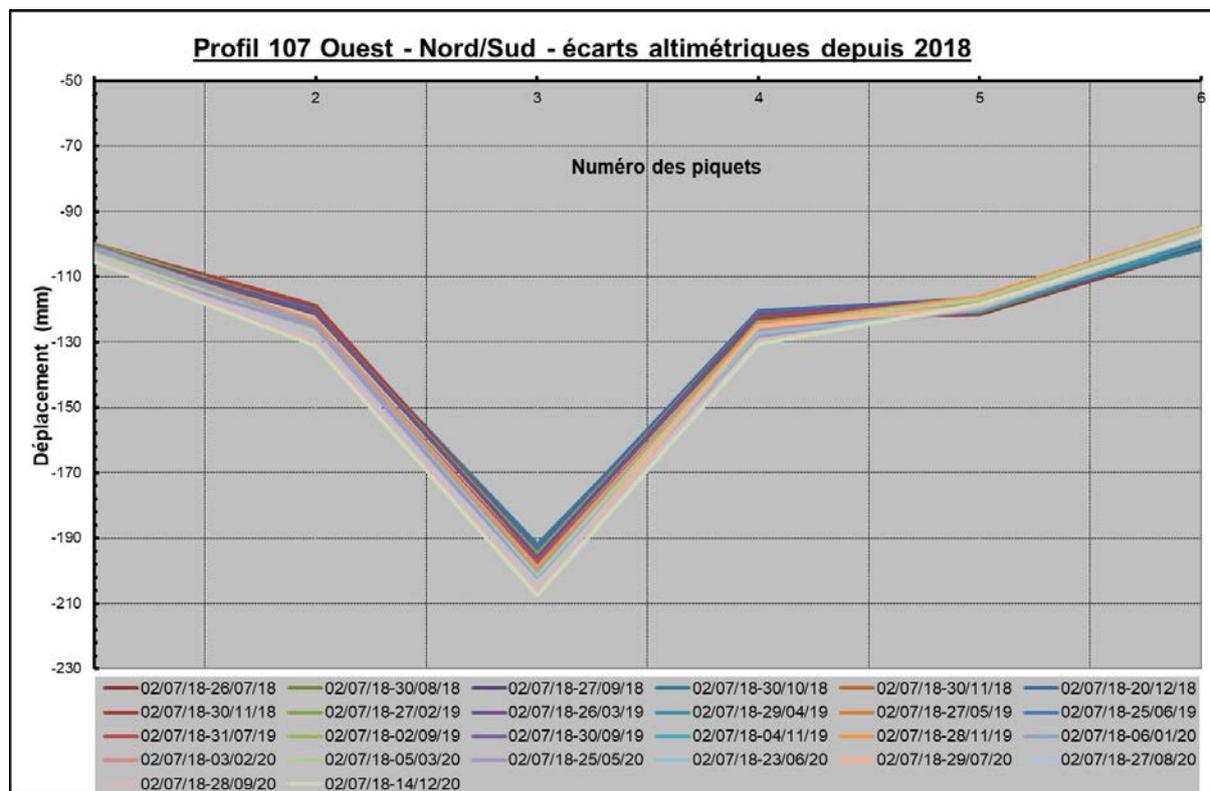


Figure 3-11 Tassement panneau 107W - Profil de piquets Nord-Sud - Evolution altimétrique depuis 2018

Panneau 102 Est

Le tassement se situe au Nord du caniveau du panneau 102 Est, à l'aplomb des deux structures de stockage P1 (à la base) et P17 (au-dessus). Il affecte une zone d'environ 8 m x 4 m.

Un mouvement, enregistré sur cette zone depuis 1997, a pris une ampleur significative en septembre 1999. Le suivi des profils de piquets en croix effectué depuis cette date avec une fréquence trimestrielle des relevés (localisation des profils en Figure 3-1) plus précis que celui des cibles, a révélé une déflexion cumulée de l'ordre d'une cinquantaine de centimètres à fin septembre 2009 (plus précisément, une amplitude de 49,0 cm pour le point le plus bas (piquet n°25 Figure 3-12).

Des travaux ont été entrepris en octobre 2009 afin de restaurer le profil initial. Les observations réalisées à l'occasion de ces travaux ont confirmé le bon état de la membrane et une absence de déchirure, malgré un étirement significatif. Ces travaux ont été présentés dans le bilan 2009 du CSM.

Après les travaux de réparation en octobre 2009, les profils en piquets (orientés Nord-Sud et Est-Ouest) ont été remis en place, aux mêmes emplacements que les piquets précédents, afin de pouvoir assurer la continuité du suivi. Ils sont depuis lors soumis à des relevés trimestriels (Tableau 3-1).

Les mesures effectuées sur les cibles topographiques à ce niveau confirment qu'il n'y a pas de modifications notables du comportement de cette zone de tassement pour des vitesses comprises entre 0 et 5 mm/an.

Les relevés trimestriels réalisés en 2020 montrent que le tassement au droit de l'ancienne dépression se poursuit lentement. L'amplitude maximale se trouve toujours au droit de l'ancien piquet n°25, actuellement n°51, avec 55mm à fin 2020 depuis le premier relevé de 2010 après les travaux de réparation (Figure 3-12), soit un affaissement de 3mm en un an. La moyenne des tassements des

9 piquets (n°45 à 52) situés dans la zone où la dépression est la plus importante, montre une vitesse moyenne très faible et proche de zéro, compte tenu des incertitudes de mesures (Figure 3-13).

Ce tassement reste compatible avec les propriétés d'élongation de la membrane bitumineuse sans perte d'étanchéité. En effet, on estime que la membrane conserve son étanchéité pour une élongation pouvant atteindre une valeur maximum de 25 % (la limite du domaine d'exploitation fixée par l'exploitant est de 20 %). La déformation enregistrée sur le panneau 102 Est correspond à une élongation évaluée par calcul trigonométrique comme très largement inférieure à 1 %.

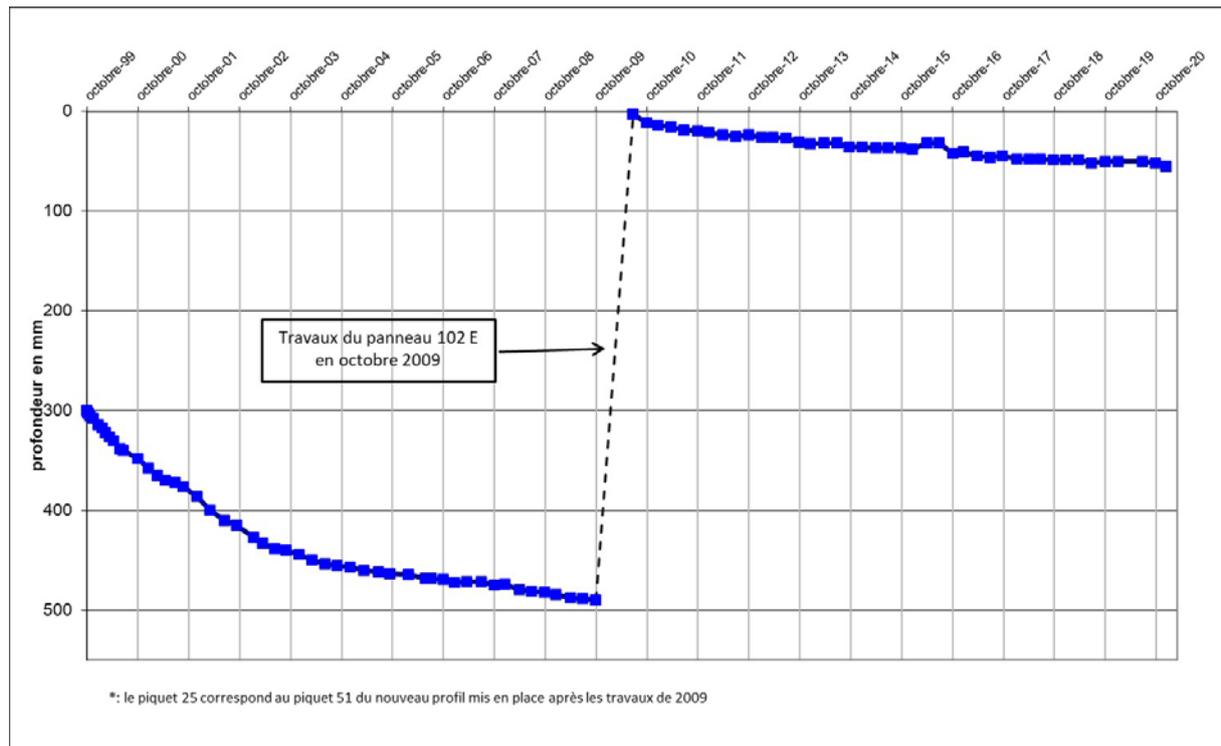


Figure 3-12 Tassement 102 Est - Evolution altimétrique de l'ancien piquet 25 (point d'affaissement le plus important) correspondant au piquet 51 sur le profil actuel)

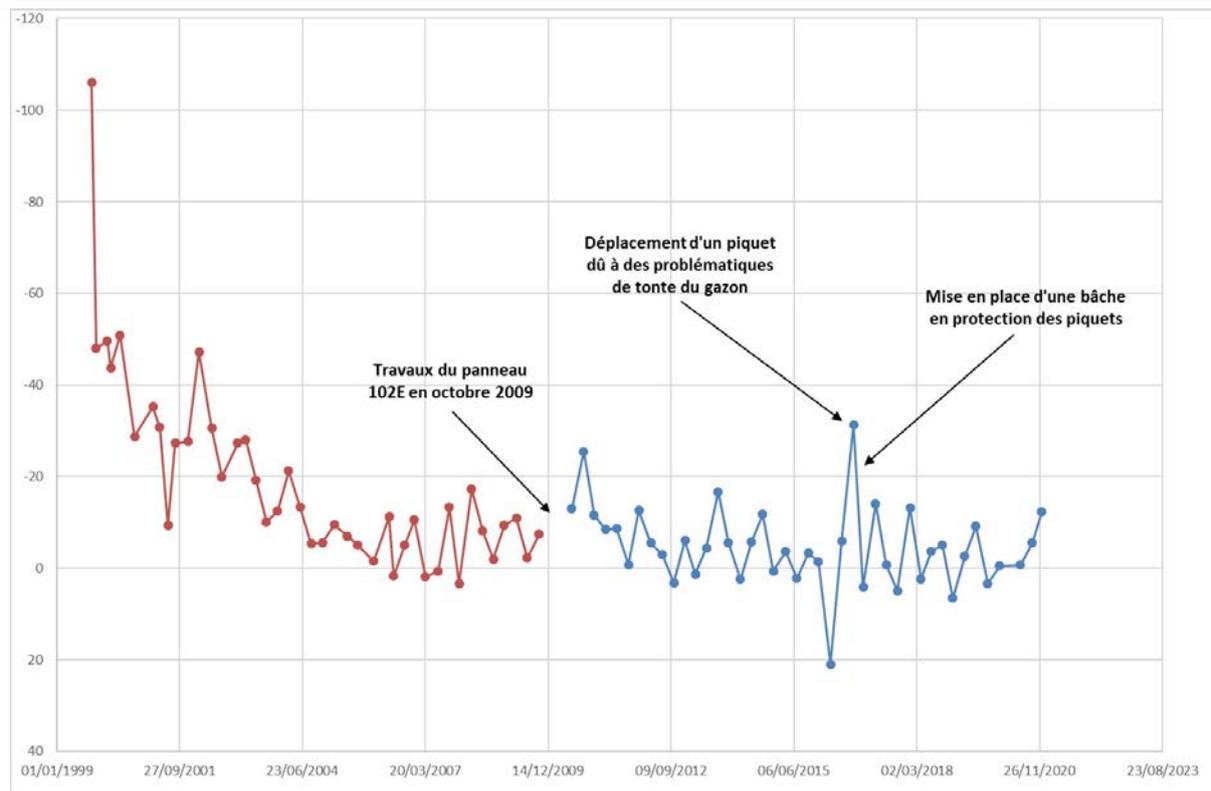


Figure 3-13 Tassement 102 Est - Vitesse moyenne de tassement (en mm/an) des anciens piquets 24 à 32, actuellement 45 à 52

Le coin Nord-Est du site correspondant au talus des panneaux 100 et 101 (profil 100-101 Est)

La pointe Nord-Est du site (ou angle Nord-Est), située hors zone de confortement, a montré des petites déformations en surface (observations de terrain) et a été équipée d'un profil en piquets en octobre 2014. D'abord relevés à une fréquence trimestrielle en 2015, la fréquence a été portée en mensuelle en 2016. En 2017, ce profil a été complété par la mise en place de profils en piquets croisés (dit profil quadrillé) dans le but de mieux identifier le mouvement enregistré dans ce secteur : glissement lent ou tassement. Suite aux interprétations de ces profils croisés en 2017, seul un profil jugé le plus pertinent a été retenu, le profil constitué par les piquets Q3, Q4, Q10, Q16 et Q17 (dit quadrillé 1).

Ainsi, la visualisation de la disposition du profil en croix (100-101 + quadrillé 1) est illustrée en Figure 3-14.

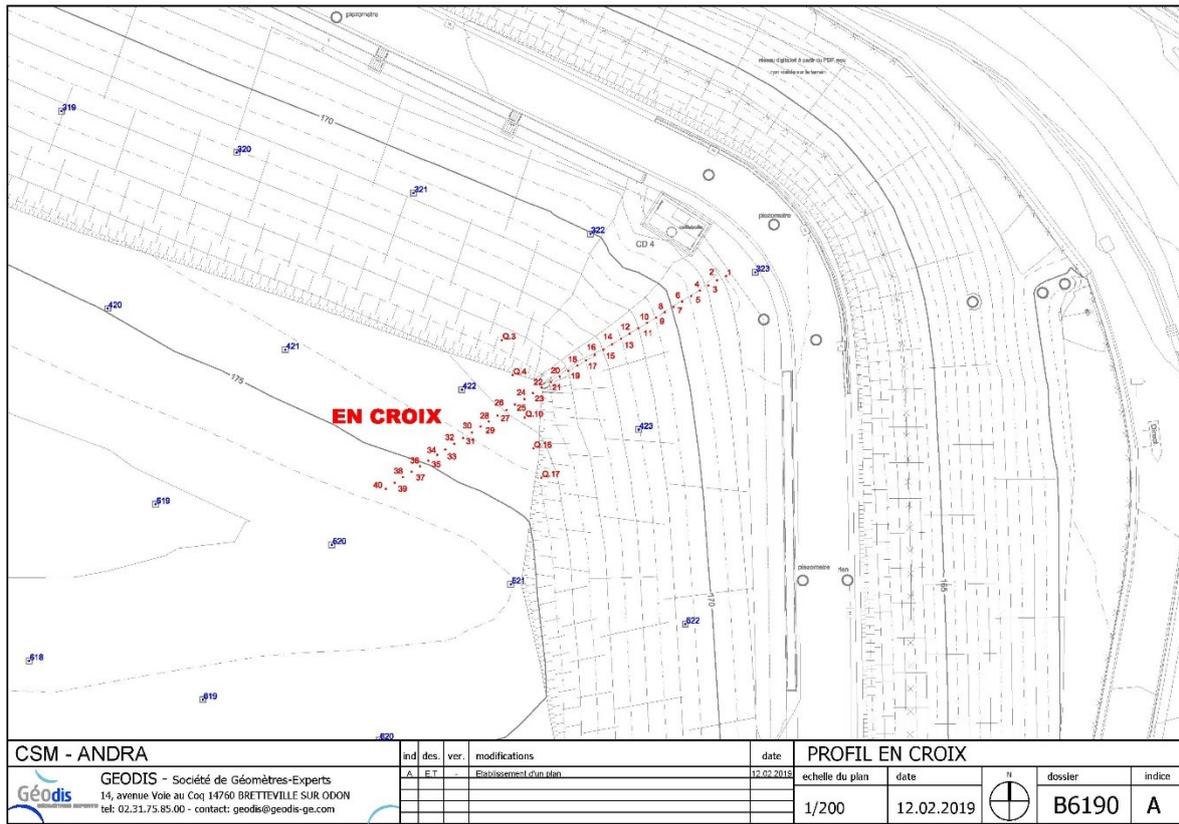


Figure 3-14 Localisation du profil de piquets en croix 100-101E

Les relevés des écarts altimétriques sur les piquets sont intéressants et permettent l'enregistrement d'une légère inflexion identifiée au niveau des piquets 24, Q10 et Q16 identifiés sur le profil en croix par des points verts (cf. Figure 3-14) et confirmée par les relevés planimétriques et altimétriques des cibles 422, 423 et 521. Ainsi, ces relevés confirment bien la présence d'un tassement d'ouvrage à ce niveau, correspondant vraisemblablement au coin nord-est de l'ouvrage P17 (Nota : cette zone avait déjà fait l'objet d'un tassement en phase d'exploitation après remplissage de l'ouvrage P17).

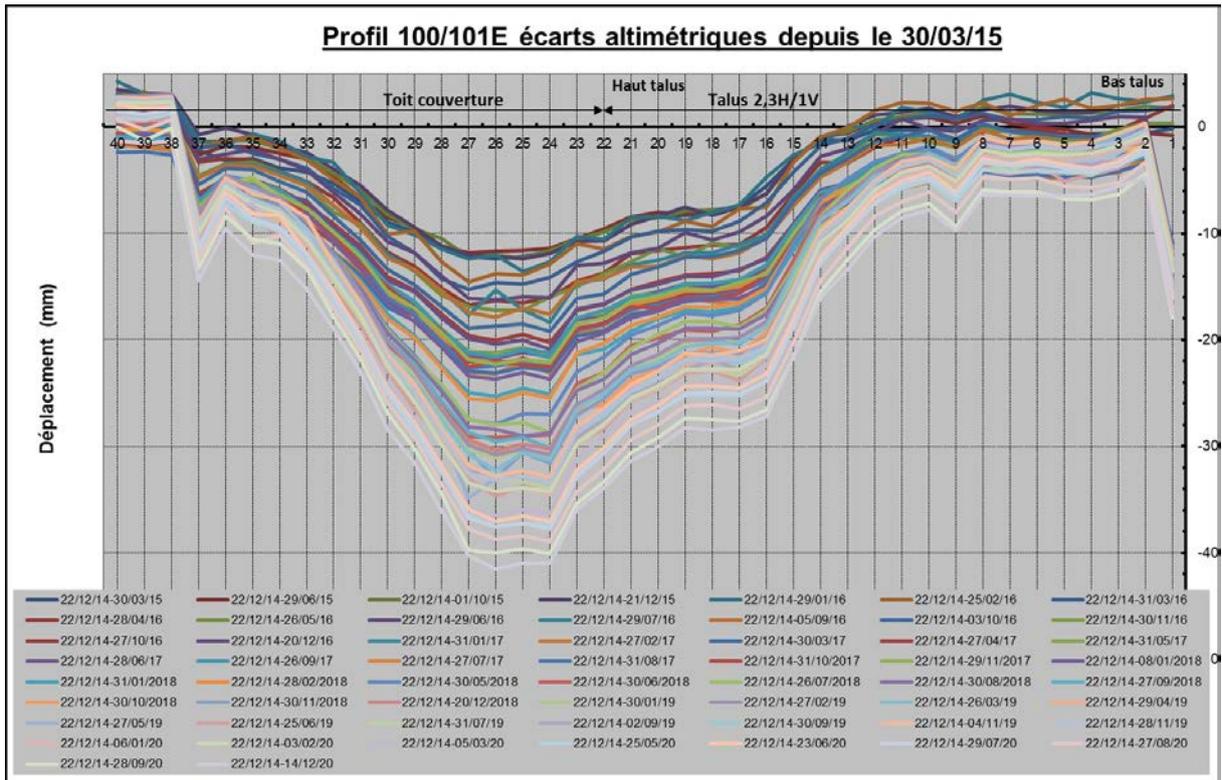


Figure 3-15

Courbe de suivi des écarts altimétriques – profil quadrillé principal

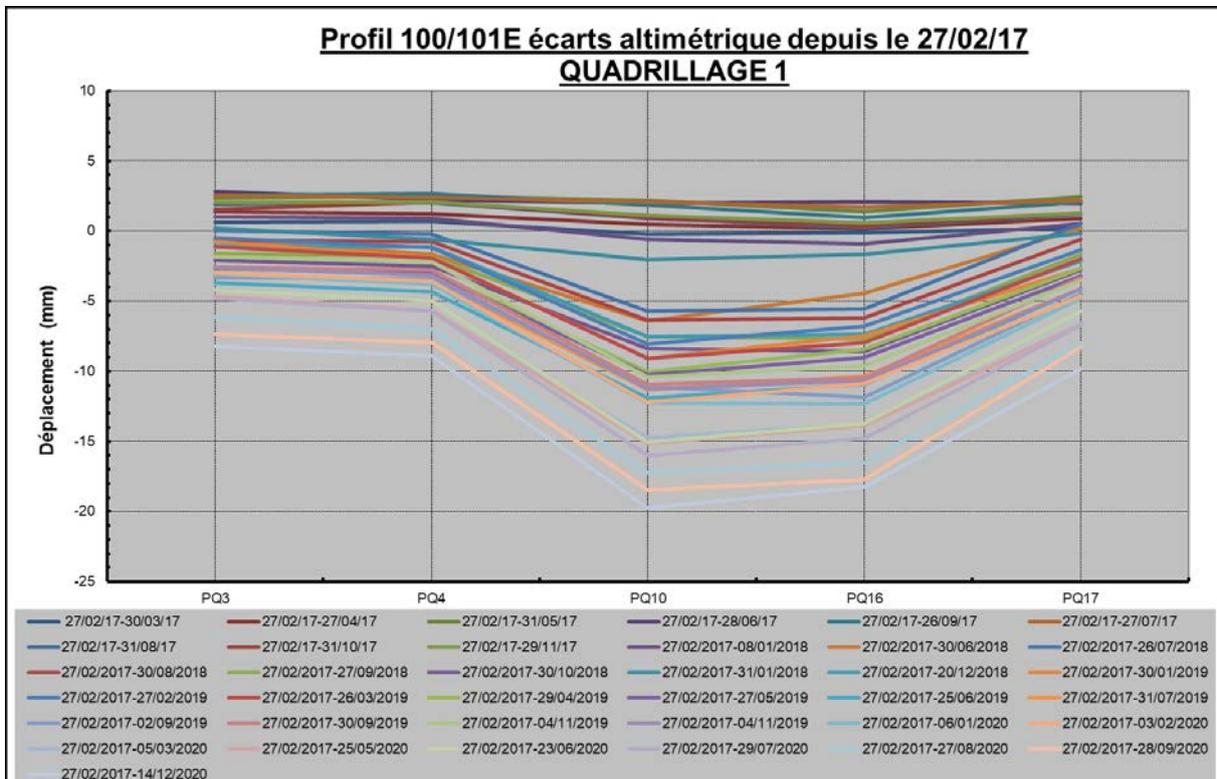


Figure 3-16

Courbe de suivi des écarts altimétriques – profil quadrillé 1

Le tassement maximum enregistré sur le profil 100-101 Est depuis sa mise en place en octobre 2014 est de 41 mm au niveau des piquets 24-25-26 et représente un tassement de l'ordre de 6 mm sur un an. Les cibles 422 et 423 ont enregistré un tassement respectif de 71 mm et 63 mm en 2014 (depuis l'origine en 1994) ; ces cibles étant situées à proximité du piquet 24, un tassement supplémentaire de 71 mm est additionné de manière conservatrice au tassement mesuré sur le piquet 24. On considère donc un tassement de 112mm au droit du piquet n°24 pour le calcul d'étirement de la membrane. On notera que ce tassement supplémentaire n'est pas répercuté sur les courbes de suivi altimétrique des écarts de piquets sur les Figure 3-15 et Figure 3-16.

Cette déformation ainsi évaluée reste compatible avec les propriétés d'étanchéité de la membrane bitumineuse, car engendrant une elongation de la géomembrane largement inférieure à 1 % (estimation par calcul trigonométrique), sur une marge de 25 % (la limite du domaine d'exploitation fixée par l'exploitant est de 20 %).

3.1.3.2 Mouvements des talus périphériques de la couverture

Les talus périphériques sont suivis par des profils de piquets, relevés par un géomètre avec des fréquences adaptées à la vitesse de déformation mesurée (cf. Tableau 3-1). La localisation de ces profils est présentée en Figure 3-1.

Comme expliqué au paragraphe 3.1.2.2, la méthode d'analyse des mouvements de piquets a été modifiée à partir de 2018 afin d'avoir une meilleure précision pour ces mouvements très faibles.

L'analyse des déplacements altimétriques des piquets montre des vitesses globales relativement lentes, de l'ordre de quelques millimètres/an, avec un ralentissement progressif au fil des années.

Les graphiques ci-dessous montrent les déplacements altimétriques des piquets regroupés par zones (valeurs moyennes de 10 piquets) ; on peut voir à la fois l'amplitude du déplacement moyen depuis l'origine pour chaque zone de piquets, mais également la vitesse de déplacement illustrée par la pente de la courbe, le changement de pente indiquant une augmentation ou une diminution de la vitesse. Les droites en pointillés rouges tracées manuellement sur le groupe de 10 piquets pour lesquels les déplacements sont les plus importants illustrent le ralentissement de la vitesse de déplacement.

Cela montre que les talus non confortés (115Est ,117Ouest et 101-102Ouest) ont tendance à se stabiliser.

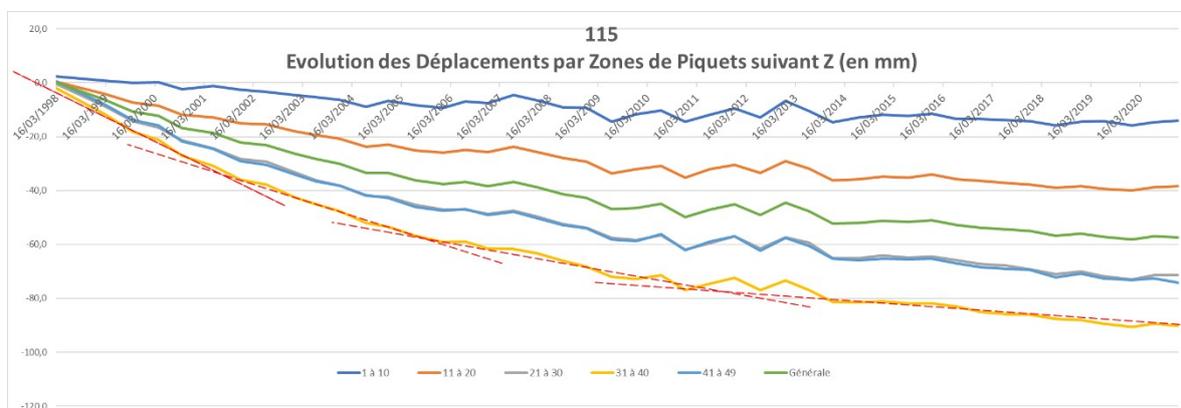


Figure 3-17 Talus 115E- suivi altimétrique des piquets

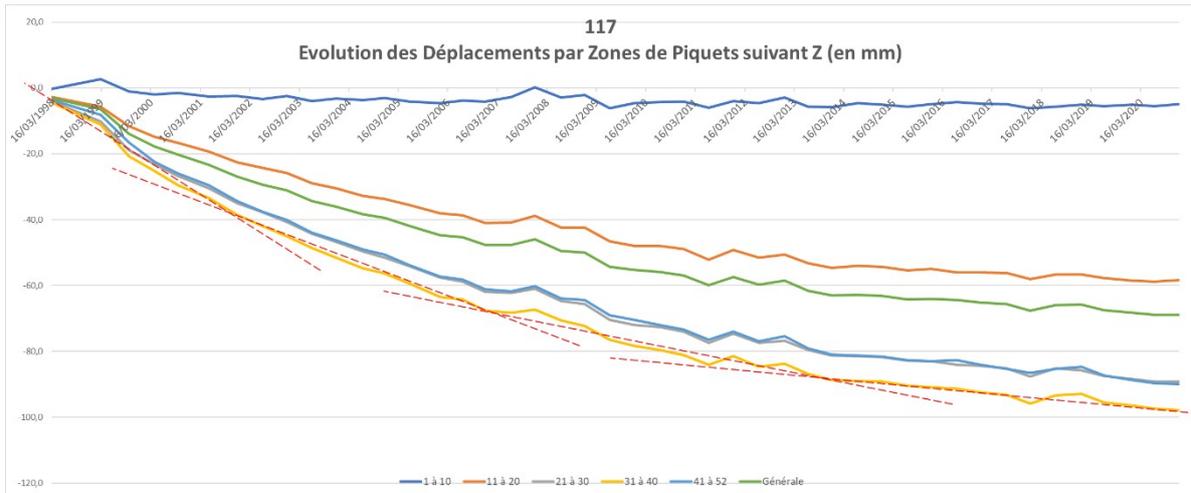


Figure 3-18 Talus 117WE- suivi altimétrique des piquets

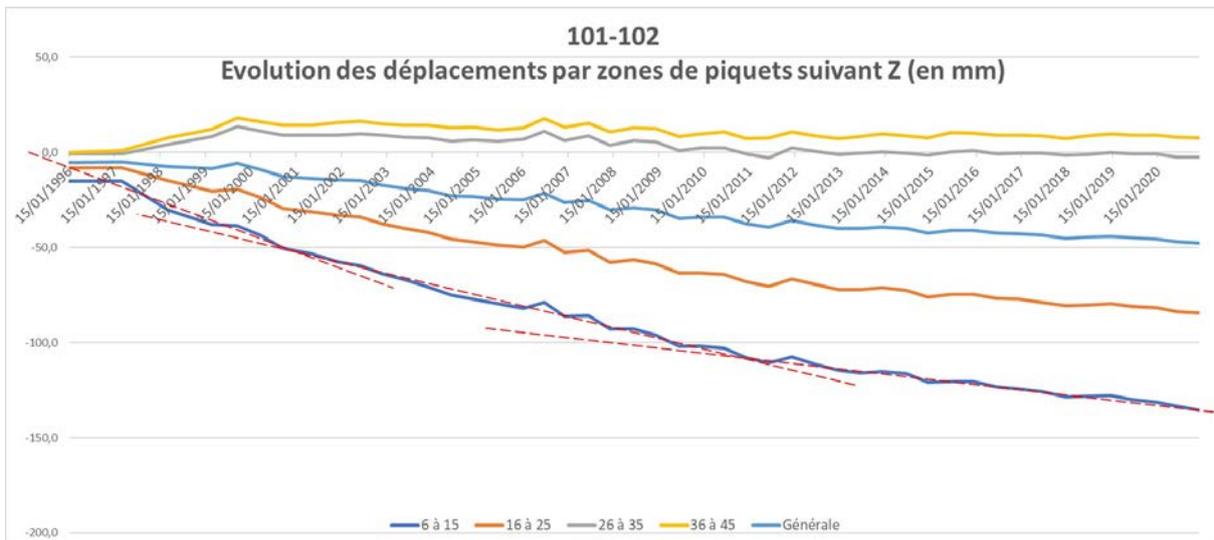


Figure 3-19 Talus 101/102W- suivi altimétrique des piquets

Pour les talus confortés (109/110/111Est ; Nord et F/G (112b)), les graphiques d'évolutions illustrent une phase de consolidation des remblais d'abord active puis plus lente. Les vitesses de déplacement en Z sont de l'ordre de quelques millimètres par an (<3mm/an) pour les dernières années.

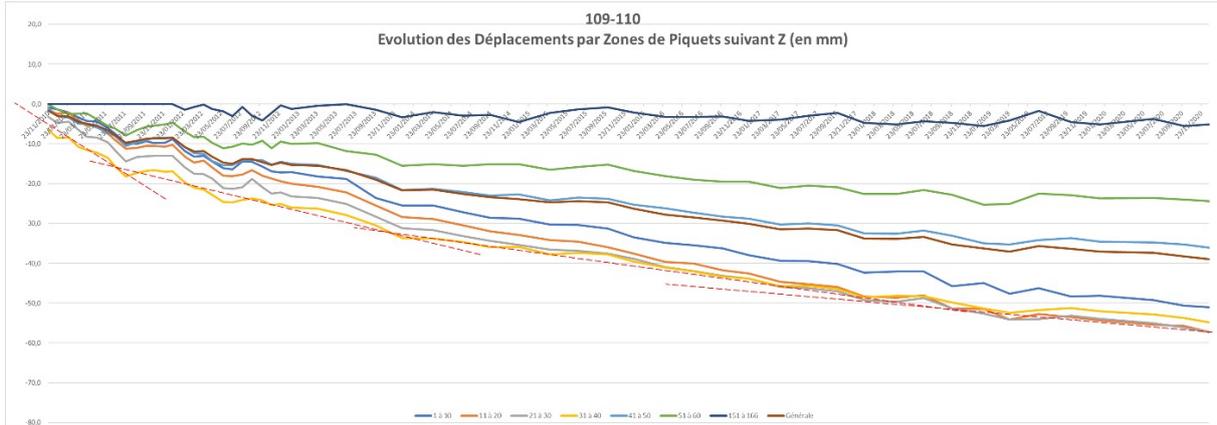


Figure 3-20 Talus 109/110Est - Suivi altimétrique des piquets

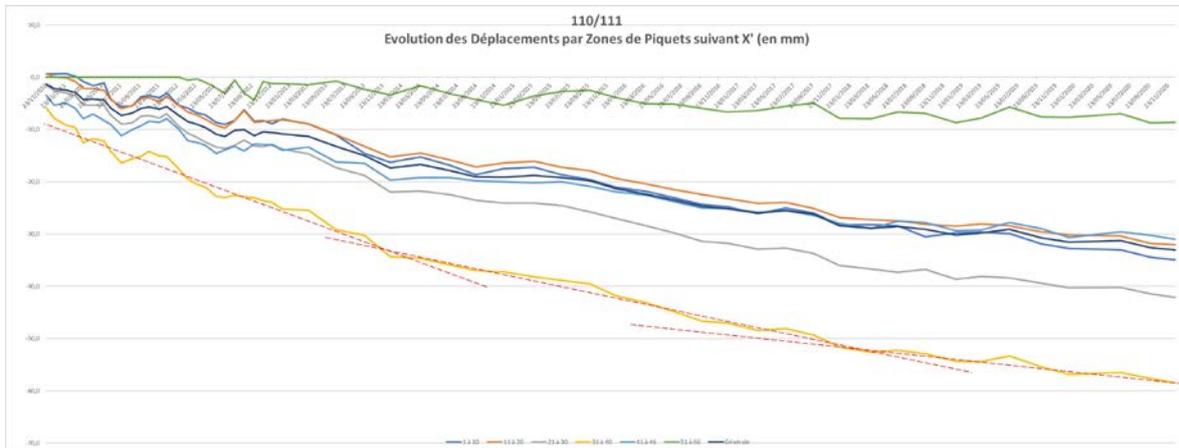


Figure 3-21 Talus 110/111Est - Suivi altimétrique des piquets

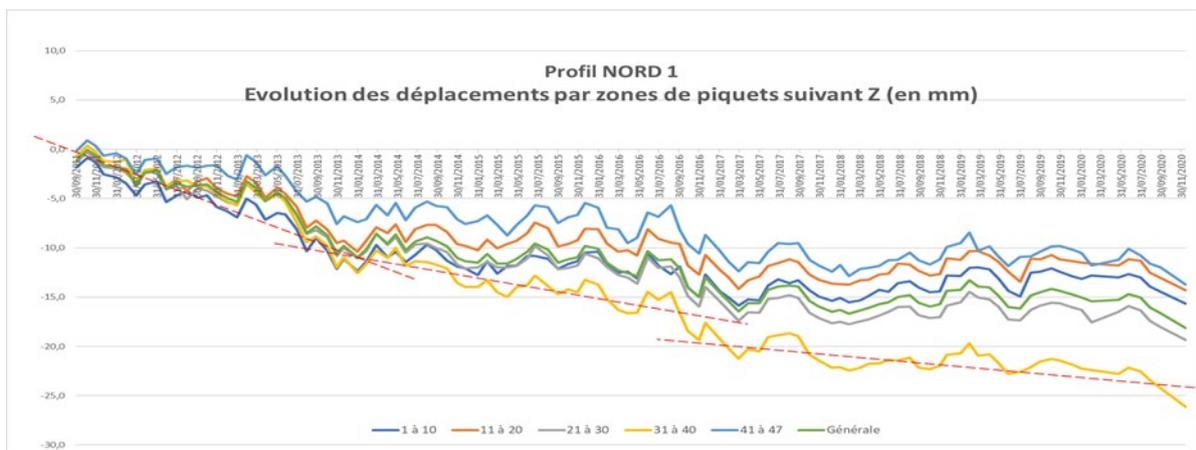


Figure 3-22 Talus Nord1 - Suivi altimétrique des piquets

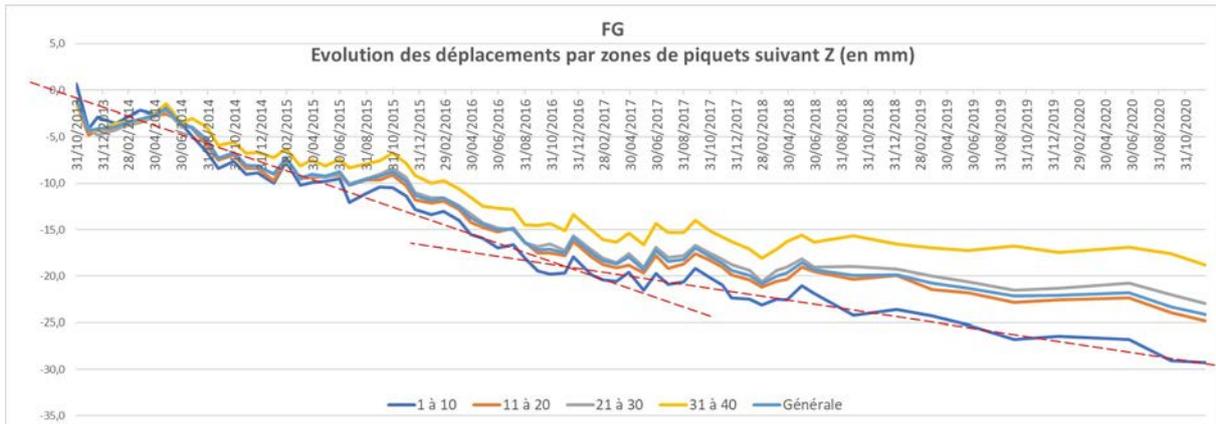


Figure 3-23 Talus 112b (F/G) - Suivi altimétrique des piquets

3.1.4 Maintenance et contrôles : inspection visuelle de la couverture

Les campagnes d'inspection visuelle de la couverture menées durant l'été 2020 sur les crêtes de talus ont conduit à l'identification de désordres présentés sur la carte ci-après (Figure 3-24). Des traitements ont été conduits en septembre 2020 afin de vérifier la nature et la profondeur à laquelle les fissures se propagent.

Sur la carte, les désordres numérotés de 1 à 8 sont superficiels et restent dans la terre végétale ne dépassant jamais les 30 cm de profondeur.

Pour le désordre n°9 sur la carte, il s'agit d'une fissure d'environ 3m de longueur et de 1.2m de profondeur (30 cm de végétale et 90 cm de schiste). Les travaux de terrassement pour la reprise de ce désordre ont été réalisés en septembre 2020 conformément à la procédure applicable.

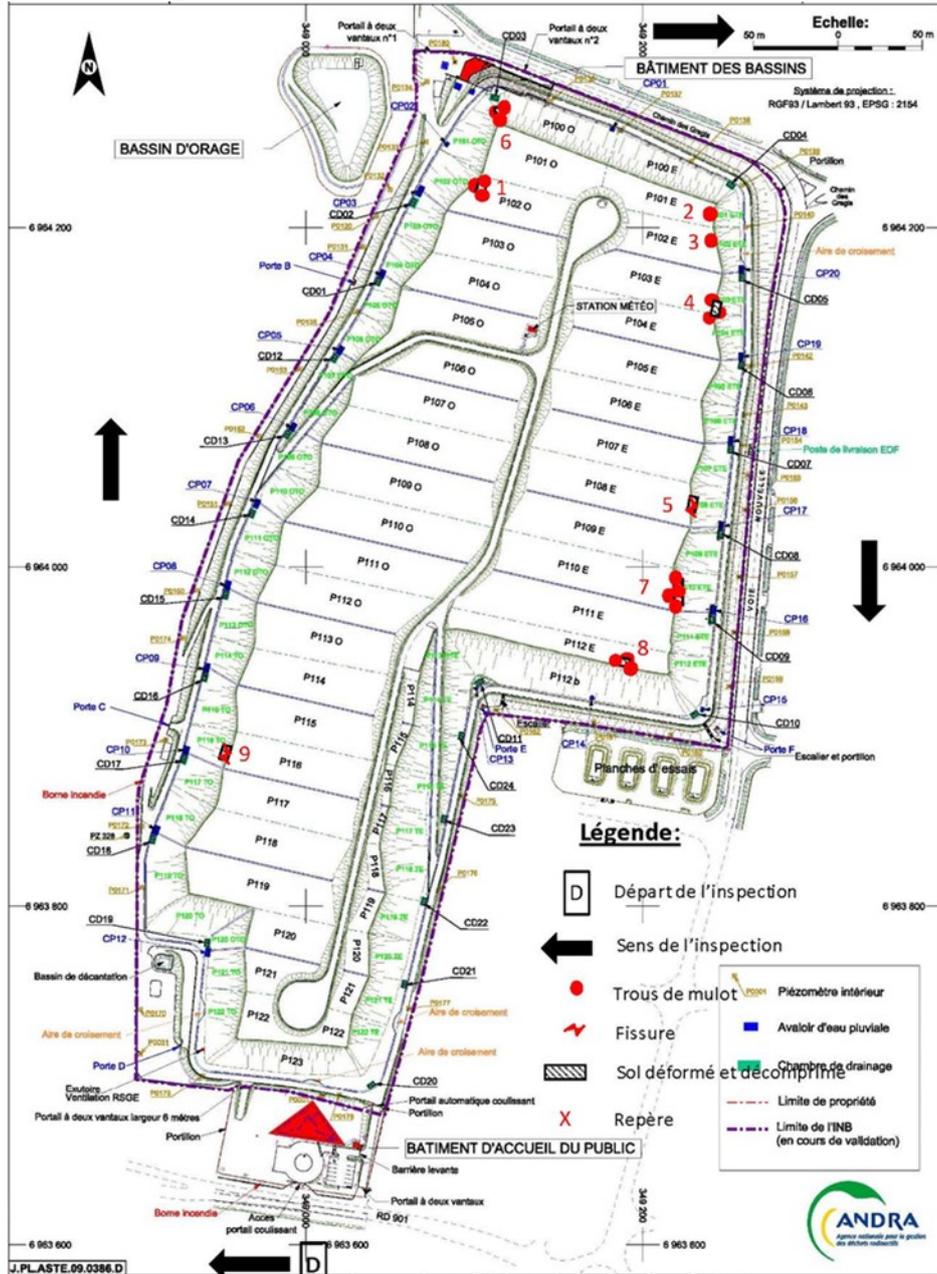


Figure 3-24 Carte de localisation des désordres de surface constatés lors de l'inspection des crêtes de talus 2020

3.2 Conclusion sur le comportement physique de la couverture

En toit de la couverture :

- Au panneau 107 Ouest (au droit de l'ouvrage TBH), les tassements se poursuivent à une vitesse comprise entre 5 mm à 10 mm par an.
- Sur le panneau 102 Est réparé en octobre 2009, les tassements se poursuivent plus lentement à une vitesse de l'ordre de 0 à 5 mm/an. Les vitesses mesurées sur les piquets du profil en 2020 sont sensiblement équivalentes à celles mesurées en 2019. Les mesures effectuées sur les cibles topographiques dans ce secteur sont cohérentes avec les mesures effectuées sur le profil en piquets.
- La déformation identifiée au niveau de l'angle nord-est du centre semble bien correspondre à un tassement qui incriminerait le coin nord-est de l'ouvrage P17 et dont la vitesse est de l'ordre de 5 à 10 mm/an.

Ces tassements sont compatibles avec les critères retenus vis-à-vis des propriétés d'étanchéité de la membrane sous extension, soit très inférieurs à proches de 1% d'extension pour un seuil d'étanchéité sous extension à 25 % (20% pour le domaine d'exploitation).

Pour les talus de la couverture, la méthode d'analyse des mouvements de piquets a été modifiée à partir de 2018 afin d'avoir une meilleure précision pour ces mouvements très faibles.

Les talus confortés (109/110/111Est confortés en 2010, Nord conforté pendant l'été 2011, et 112bis conforté en 2013) montrent un ralentissement progressif des déplacements confirmant la consolidation lente des talus après les travaux de confortement.

Pour les talus non confortés (101/102Ouest, 115Est, et 117Ouest), les mouvements tendent à ralentir progressivement au fil des années.

La surveillance des réseaux et des rejets du Centre de stockage de la Manche

<i>4.1 Introduction</i>	<i>62</i>
<i>4.2 Pluviométrie</i>	<i>62</i>
<i>4.3 Bilan des volumes collectés aux exutoires et consommation d'eau</i>	<i>65</i>
<i>4.4 Suivi qualitatif du réseau pluvial (CMG)</i>	<i>86</i>
<i>4.5 Suivi qualitatif du réseau des « effluents à risques » (BDS)</i>	<i>91</i>
<i>4.6 Suivi qualitatif du réseau de drainage de la couverture (CMED)</i>	<i>99</i>
<i>4.7 Suivi qualitatif du réseau de drainage profond (RD) et l'exutoire RD12</i>	<i>101</i>
<i>4.8 Suivi qualitatif des réseaux séparatifs gravitaires enterrés (RSGE et RSGEbis)</i>	<i>103</i>
<i>4.9 Suivi radiologique des BRS en amont des exutoires</i>	<i>110</i>

4.1 Introduction

Les écoulements sur le site du CSM sont suivis via des mesures de hauteurs d'eau, de débit et/ou de volumes. Ce suivi permet de contrôler le bon fonctionnement de la collecte et de l'acheminement des effluents ainsi que les performances d'étanchéité de la couverture.

Le niveau radiologique des rejets est contrôlé en permanence, soit par des mesures en continu, soit par des mesures différées, effectuées en laboratoire, sur des prélèvements représentatifs des rejets. Le niveau radiologique des réseaux amont est également contrôlé. Des analyses physico-chimiques sont également réalisées. Ces contrôles réguliers ont pour objet de mettre en évidence toute évolution anormale du Centre et de ses réseaux, en particulier, les espèces recherchées sont en relation avec le contenu chimique/radiologique des colis de déchets.

Les résultats de l'ensemble des analyses effectuées dans le cadre de la surveillance des réseaux du site sont présentés dans les paragraphes suivants.

Les tableaux détaillant les résultats des analyses de 2020 sont présentés dans le chapitre 9.2.

4.2 Pluviométrie

4.2.1 Suivi des précipitations

La pluviométrie est enregistrée quotidiennement au niveau de la station atmosphérique (Figure 4-1). Le point de prélèvement est appelé PH1. Ce suivi permet, entre autres, l'interprétation des évolutions des volumes collectés via les réseaux du Centre.



Figure 4-1 Station atmosphérique du CSM

La moyenne annuelle du cumul des précipitations pour la période 1994-2020 est de **1 109 mm**. Généralement la saison pluvieuse se situe d'octobre à janvier, décembre étant en moyenne le mois le plus pluvieux. En 2020, la pluviométrie cumulée annuelle est de **1 363 mm**, soit +23% par rapport à la moyenne historique pour la période 1994-2020. La répartition saisonnière des pluies est cohérente avec celle observée habituellement avec toutefois des mois d'avril, mai et septembre beaucoup moins pluvieux (respectivement -43%, -60% et -61%) et des mois de février, d'octobre et de décembre excédentaires (respectivement +73%, +131% et +61%) (Figure 4-2).

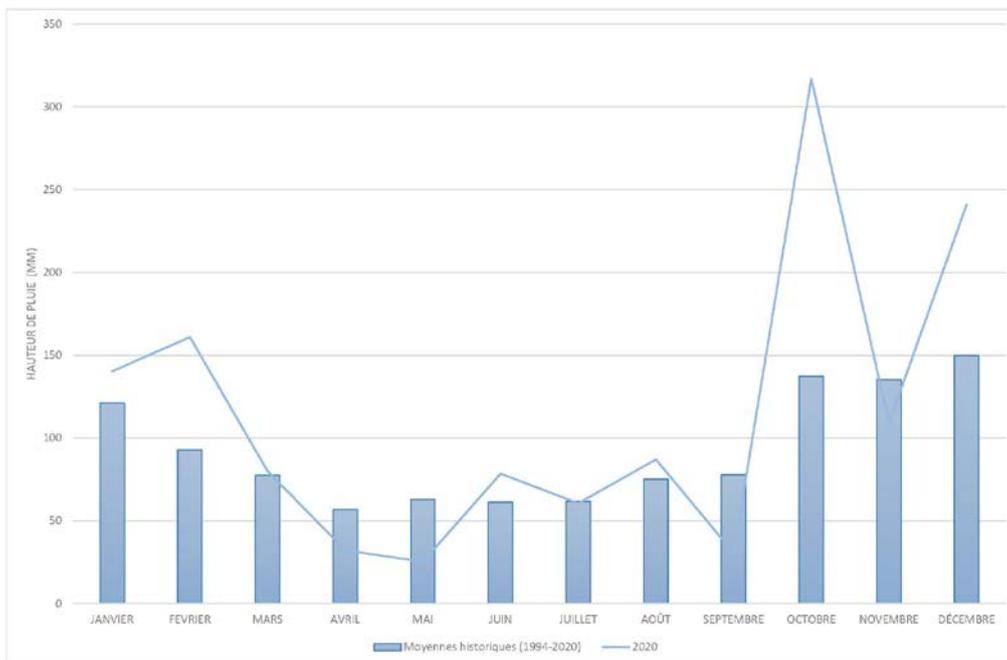


Figure 4-2 Hauteurs moyennes mensuelles sur la période 1994-2020 comparées à la pluviométrie de 2020

4.2.2 Suivi radiologique des eaux de pluie

La surveillance radiologique de l'eau de pluie permet, avec le complément des mesures d'air et de végétaux (cf. § 5.4), de suivre le niveau radiologique du compartiment atmosphérique. En effet, la pluie, en tombant, entraîne les aérosols et les poussières qui peuvent contenir des particules radioactives (et donc participe au rabattement du tritium gazeux). L'origine des rejets atmosphériques reste cependant sujette à interprétation, notamment en termes de quantification, du fait des activités rejetées annuellement par le site d'Orano-Recyclage, bien que des rejets diffus en radon et tritium soient clairement identifiés en provenance du massif de stockage. Le suivi des activités volumiques des eaux tombées sur le site permet l'interprétation des résultats de mesures radiologiques à la CMG (cf. §4.4) vers laquelle sont dirigées les eaux de ruissellement du centre.

Les analyses radiologiques sont effectuées sur des prélèvements représentatifs des précipitations hebdomadaires et mensuelles. Le détail des résultats est donné en annexe dans le Tableau 9-1 et dans le Tableau 9-2. Les résultats sur ces deux fréquences de prélèvement sont similaires.

En 2020, 43 prélèvements hebdomadaires ont pu être réalisés. Les concentrations volumiques moyennes pondérées par les volumes sont données dans le Tableau 4-1.

Tableau 4-1 Moyennes, maximales et minimales des concentrations volumiques du suivi radiologique au point de contrôle PH1

Paramètres	Moyenne	Maximale	Minimale
Tritium (Bq/L)	7,2	32	≤ 2,0
Indice alpha global (Bq/L)	≤ 0,016	0,077	≤ 0,014
Indice bêta global (Bq/L)	0,073	1,1	≤ 0,036
Potassium (mg /L)	1,3	10	< 0,25

Les concentrations volumiques en tritium sont variables ; les résultats d'analyses significatifs sont en lien avec les activités industrielles d'Orano Recyclage La Hague². Elles sont cohérentes avec les mesures des années précédentes (8,1 Bq/L en moyenne sur les dix dernières années avec une concentration maximale de 86 Bq/L en juin 2015).

Les résultats des mesures des indices alpha et bêta globaux sont du niveau usuellement mesuré dans l'environnement et similaires à ceux mesurés les années précédentes.

La teneur moyenne en potassium est de 1,3 mg/L contribuant via le ⁴⁰K³ à l'activité volumique bêta global à hauteur d'environ 0,036 Bq/L, soit 50 % de l'activité bêta global moyen. La concentration volumique du potassium dans le prélèvement du 6 avril 2020 est relativement élevée (10 mg/L) ; cela correspond également à la valeur la plus élevée en bêta global pour l'année 2020 (1,1 Bq/L). Des valeurs de ce niveau sont parfois mesurées (moins de 1% des cas) et correspondent à l'entraînement de matières en suspension lors de pluie de faible intensité suivant des périodes sèches. Ce résultat a peu d'impact sur la valeur moyenne annuelle.

4.2.3 Suivi physico-chimique des eaux de pluie

Des analyses physico-chimiques sont réalisées deux fois par an ; les résultats détaillés sont présentés dans le Tableau 9-3. Ces mesures permettent de suivre la qualité de l'air, de détecter toute évolution et d'interpréter, par comparaison, les mesures faites aux exutoires du Centre. Pour rappel, le Centre est en phase de fermeture et ne génère aucune activité industrielle susceptible de mettre en suspension dans l'air des particules chimiques (métallurgie, procédés chimiques...). Les résultats des mesures traduisent donc les activités anthropiques de la zone industrielles de Digulleville.

La mesure du pH est réalisée à fréquence hebdomadaire lors des prélèvements pour les analyses radiologiques. Les résultats donnés dans le Tableau 9-1 montrent que les pluies collectées sont acides.

En plus des éléments majeurs systématiquement mesurés dans l'eau de pluie, certains métaux sont également détectés en 2020 : l'aluminium (9 µg/L en moyenne), le bore (9 µg/L en moyenne), le cuivre (1,7 µg/L en moyenne), le fer (16 µg/L en moyenne), le manganèse (1,1 µg/L en moyenne), le nickel (1,7 µg/L en moyenne) et le zinc (19 µg/L en moyenne). Ces concentrations mesurées de façon récurrente dans les eaux de pluie ne montrent pas d'évolution significative sur l'année 2020.

En terme de quantité, les chlorures sont l'élément chimique le plus important dans la pluie ; ce constat est lié à la proximité du Centre avec la mer.

4.2.4 Conclusion

L'année 2020 fait partie des années les plus pluvieuses avec les années 2012 et 2014. Elle est excédentaire de 23% par rapport à la moyenne entre 1994 et 2020. Elle est caractérisée par de fortes précipitations en janvier et février puis en octobre et décembre tandis que les mois d'avril, de mai et de septembre sont déficitaires.

Les niveaux radiologiques et physico-chimiques sont stables par rapport aux années précédentes.

² Les installations du site d'Orano Recyclage de La Hague participent au traitement des combustibles usés. Dans le cadre de ces activités, Orano Recyclage rejette du tritium sous forme liquide et gazeux conformément à leur arrêté rejet [23].

³ Le ⁴⁰K est l'isotope radioactif naturel du potassium, 1g de potassium présente une activité d'environ 31 Bq/g, cet élément participe à la radioactivité naturelle.

4.3 Bilan des volumes collectés aux exutoires et consommation d'eau

4.3.1 Généralités

Le bilan des volumes collectés sur les différents réseaux du Centre permet de vérifier la cohérence et le bon fonctionnement de l'ensemble des réseaux ; il permet également de vérifier le niveau de performance de l'étanchéité de la couverture qui protège les colis.

L'interprétation des différents écoulements se fait en regard de la pluviométrie (cf. 4.2).

Les principaux points de prélèvement sur les différents réseaux du CSM sont illustrés sur la Figure 4-3.

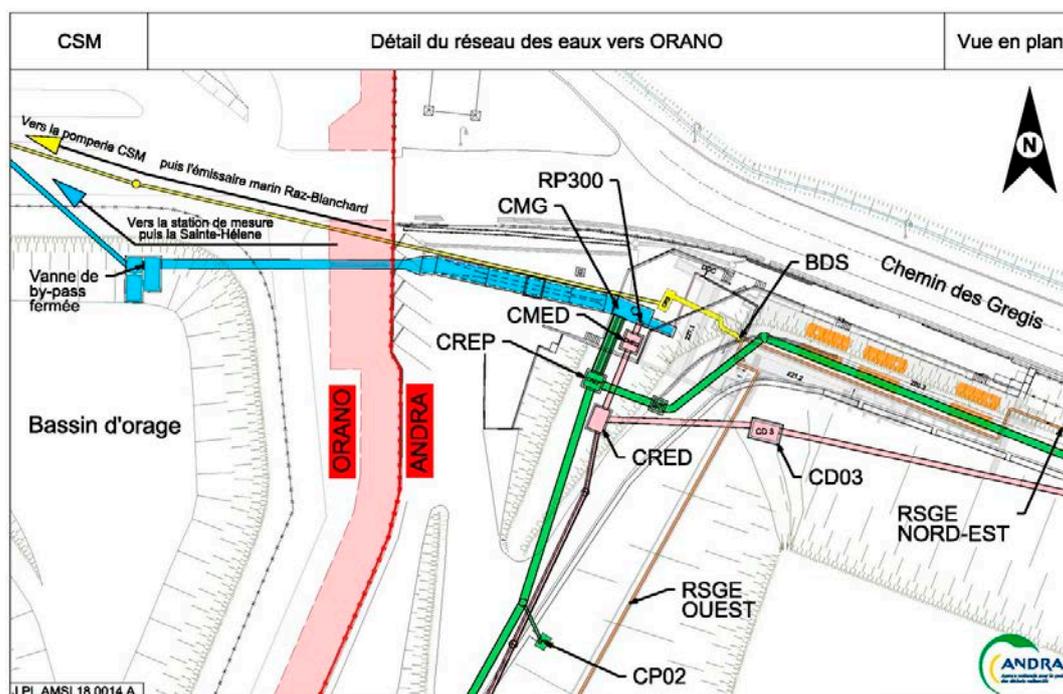


Figure 4-3 Schéma des principaux points de surveillance des réseaux du CSM

4.3.2 Bilan des volumes écoulés à la CMG et au BDS : comparaison à la pluviométrie

Le bilan 2020 des volumes mesurés aux exutoires du CSM est présenté dans le Tableau 4-2. La pluviométrie relevée dans ce tableau correspond à la hauteur pluviométrique mesurée au niveau de la station atmosphérique (point de mesure PH1) et rapportée au volume de pluie tombé sur les 15 ha de la surface du CSM. Les volumes collectés aux exutoires (CMG et BDS) sont comparés à cette pluviométrie.

Tableau 4-2 Bilan des volumes collectés aux deux exutoires du CSM et comparaison à la pluviométrie depuis 2011

Année	Pluviométrie (m ³)	CMG (m ³)	BDS (m ³)	CMG + BDS (m ³)	Rendement de récupération des eaux de pluie
2011	142 455	18 183	25 860	44 043	31%
2012	211 410	46 861	50 019	96 880	46%
2013	166 665	35 304	39 850	75 154	45%
2014	208 290	37 512	57 539	95 051	46%
2015	161 850	17 914	36 840	54 753	34%
2016	143 325	21 602	30 292	51 894	36%
2017	171 015	27 126	36 549	63 676	37%
2018	149 925	21 185	42 520	63 704	42%
2019	165 825	22 300	41 176	63 475	38%
2020	204 375	33 507	56 272	89 779	44%

En 2020, les volumes d’eaux transitant par la CMG et le BDS sont en nette augmentation, en cohérence avec la pluviométrie. Le rendement de récupération des eaux de pluie collectées à la CMG (eaux pluviales) et au BDS (provenant essentiellement des eaux du drainage de la couverture) est de 44%. Comme les années précédentes, l’évolution des volumes d’eau non collectés par le Centre est cohérente avec l’évapotranspiration qui traduit l’influence des répartitions journalières (pluie, vent, température) sur les flux d’eau obtenus par modélisation. Ce résultat est cohérent avec l’évapotranspiration et l’infiltration des eaux. Ce rendement est variable et dépend notamment des conditions climatiques (vent, hygrométrie, température...).

Le volume mesuré à la CMG, correspondant aux eaux pluviales, est de 33 507 m³ en 2020 et représente 16,4% de la pluviométrie. Ces eaux rejoignent les eaux pluviales d’Orano Recyclage et sont rejetées dans le ruisseau de la Sainte Hélène sans traitement préalable (Figure 4-13). Le volume total rejeté dans ce ruisseau en 2020 est de 682 077 m³ (données Orano Recyclage - Tableau 9-45). Ainsi, en 2020, les eaux issues du CSM représentent 4,9 % du volume total rejeté dans la Sainte-Hélène. Il est conforme à la contribution du CSM généralement constatée (de 4 à 10%).

Il est à noter qu’en 2020 des essais d’infiltration d’eaux en pointe Nord-Est de la couverture ont été réalisés entre octobre et décembre, pour comprendre les écoulements au niveau du BRS2 (cf. § 2.1.4). Ces essais ont augmenté les volumes naturels de 382 m³ à la CMG et de 104 m³ au BDS. Compte tenu de leur faible impact sur le volume total de chaque exutoire (moins de 2 %), ils sont inclus dans l’interprétation générale du fonctionnement des réseaux.

La répartition, depuis 2011, des volumes des réseaux secondaires alimentant la CMG et le BDS est donnée dans le Tableau 4-3. La Figure 4-4 présente la répartition des volumes collectés dans les différents réseaux pour 2020. Pour rappel, la Figure 4-3 présente la configuration des différents réseaux.

Tableau 4-3 Répartition des volumes des différents réseaux alimentant la CMG et le BDS depuis 2011

Année	CMED (m³)	DDC (m³)	Surverse (m³)	RD12 (m³)	BRSO (RSGE) (m³)	BRSObis (RSGEbis) (m³)	Consommation d'eau du bâtiment des bassins (m³)
2011	26 967	26 433	1 407	1 398	134	164	203
2012	50 624	52 192	2 549	3 111	14	527	177
2013	39 931	37 735	2 194	3 386	13	436	213
2014	55 625	51 760	2 102	4 648	11	503	303
2015	36 805	34 998	1 133	2 007	11	404	254
2016	30 172	29 060	1 287	1 738	10	328	396
2017	36 391	35 700	1 340	1 539	9	359	509
2018	40 798	39 981	1 171	2 557	11	354	237
2019	41 294	39 274	1 808	2 844	14	349	238
2020	56 743	53 695	2 837	4 690	12	483	224

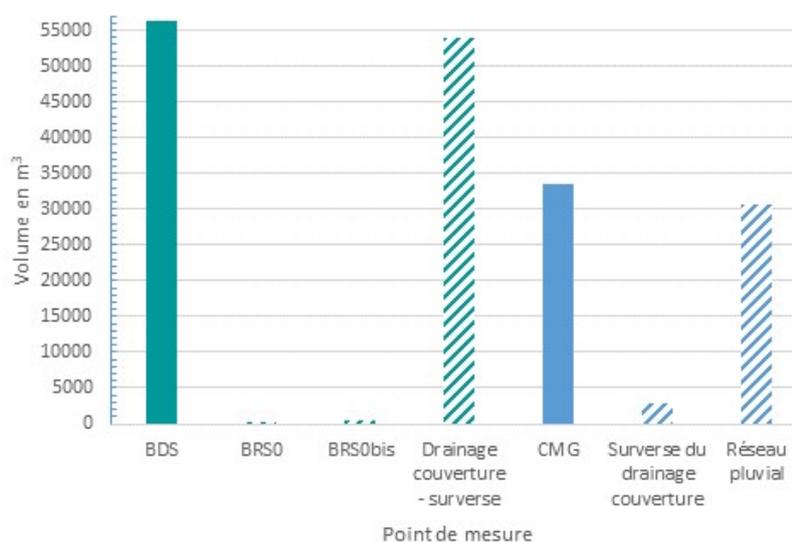


Figure 4-4 Répartition des volumes des différents contributeurs au BDS et à la CMG

Les volumes mesurés à la CMED (RP300), au BRS0, au BRS0bis, au RD12 et les volumes des eaux usées domestiques du bâtiment des bassins participent aux écoulements du BDS.

L'équation caractérisant les différentes contributions des volumes au BDS est :

$$\text{Equation 1 : } V_{BDS} = V_{CMED\text{-surverse}} + V_{RD12} + V_{BRS0} + V_{BRS0bis} + \text{eaux usées}$$

Le volume calculé selon l'Équation 1, correspondant à la somme des volumes mesurés sur les réseaux, et le volume mesuré au BDS sont cohérents entre eux (écart < 5,4 %). Cette comparaison permet de s'assurer du bon fonctionnement des différents débitmètres mis en place pour réaliser les mesures de volumes.

La majorité des effluents collectés au BDS provient du réseau de drainage de la couverture sur et sous membrane (environ 95%). Ce réseau, collecté via la CMED, draine les 12 ha de la couverture. Environ 95% des eaux de ce réseau sont orientées vers le BDS. Les 5% restant correspondent aux volumes au-delà d'un débit de 30 m³/h qui rejoignent la CMG par surverse. Le détail des répartitions entre les drains sur et sous-membrane est donné au paragraphe 4.3.6.

En 2020, le volume de la surverse contribue à hauteur de 8,5 % au volume de la CMG. Cette valeur, parmi les plus élevée depuis 2000, est cohérente avec les pluies intenses qui ont eu lieu au cours de l'année (cf. Figure 4-2).

La contribution du réseau de drainage profond (point de mesure RD12) représente environ 8 % du volume rejeté au BDS. Le ratio de ce réseau par rapport à la pluviométrie du Centre est donné dans le Tableau 4-4. Ce ratio varie entre 0,9 % et 2,29 % ces dernières années ; il est de 2,29 % en 2020 et est similaire à celui mesuré en 2014, année ayant eu la même pluviométrie. Il est à noter qu'en période de faible pluviométrie (entre avril et septembre en 2020), ce réseau ne présente pas d'écoulement.

Tableau 4-4 Comparaison des volumes du RD12 à la pluviométrie depuis 2011

Année	Volume pluie (m ³)	Volume RD12 (m ³)	Ratio volume RD12 sur volume pluie (m ³)
2011	142 455	1 398	0,98%
2012	211 410	3 111	1,47%
2013	166 665	3 386	2,03%
2014	208 290	4 648	2,23%
2015	161 850	2 007	1,24%
2016	143 325	1 738	1,21%
2017	171 015	1 539	0,90%
2018	149 925	2 557	1,71%
2019	165 825	2 844	1,72%
2020	204 375	4 690	2,29%

La contribution des réseaux séparatifs gravitaires enterrés (BRS0 et BRS0bis) représente moins de 1 % du volume total du BDS (495 m³ pour un total BDS de 56 272 m³ en 2020). La contribution de ces deux réseaux au BDS est essentiellement due aux volumes récupérés via le RSGEbis (environ 97 %). (Cf. § 4.3.3)

La consommation d'eau domestique au bâtiment des bassins correspond à l'utilisation sanitaire (lavabos, toilettes, douches) et pour une grande part à l'utilisation d'eau pour les appareils de mesures (bruit de fond des Cobenades). La consommation d'eau domestique en 2020 est sensiblement identique à la consommation moyenne annuelle sur les 10 dernières années.

4.3.3 Bilan des volumes récupérés via les RSGE (BRSO et BRSObis)

En 2020, les volumes récupérés au BRSO restent faibles (12,1 m³). Les volumes récupérés au BRSObis sont en augmentation par rapport aux années précédentes mais sont cohérents avec la forte pluviométrie de l'année 2020. De tels volumes ont déjà été constatés en 2012 et 2014, années de fortes pluviométries.

Les volumes d'effluents provenant des RSGE ne représentent que 0,24 % de la pluviométrie (Tableau 4-5) ; ce ratio est sensiblement constant depuis 2011 et montre la bonne performance d'étanchéité de la couverture.

Tableau 4-5 Comparaison des volumes du BRSO et du BRSObis à la pluviométrie depuis 2011

Année	Volume pluie (m ³)	Volume BRSO (m ³)	$V_{\text{BRSO}} / V_{\text{pluie}}$ (%)	Volume BRSObis (m ³)	Volume BRSO+BRSObis (m ³)	$V_{\text{BRSO+BRSObis}} / V_{\text{pluie}}$ (%)
2011 ⁴	142 455	134,40	0,094%	164,35	298,75	0,21%
2012	211 410	13,80	0,007%	526,80	540,60	0,26%
2013	166 665	13,10	0,008%	436,25	449,35	0,27%
2014	208 290	10,85	0,005%	502,90	513,75	0,25%
2015	161 850	10,80	0,007%	404,00	414,80	0,26%
2016	143 325	9,95	0,007%	327,75	337,70	0,24%
2017	171 015	8,95	0,005%	358,85	367,80	0,22%
2018	149 925	10,65	0,007%	354,30	364,95	0,24%
2019	165 825	13,75	0,008%	349,45	363,20	0,22%
2020	204 375	12,10	0,006%	483,30	495,40	0,24%

Le RSGEbis est parasité par des infiltrations directes et rapides d'eau de pluie. Cette hypothèse est confirmée par la corrélation entre la pluviométrie et les volumes d'eau recueillis au BRSObis (Figure 4-5).

⁴ 2011 est l'année de mise en service du RSGEbis

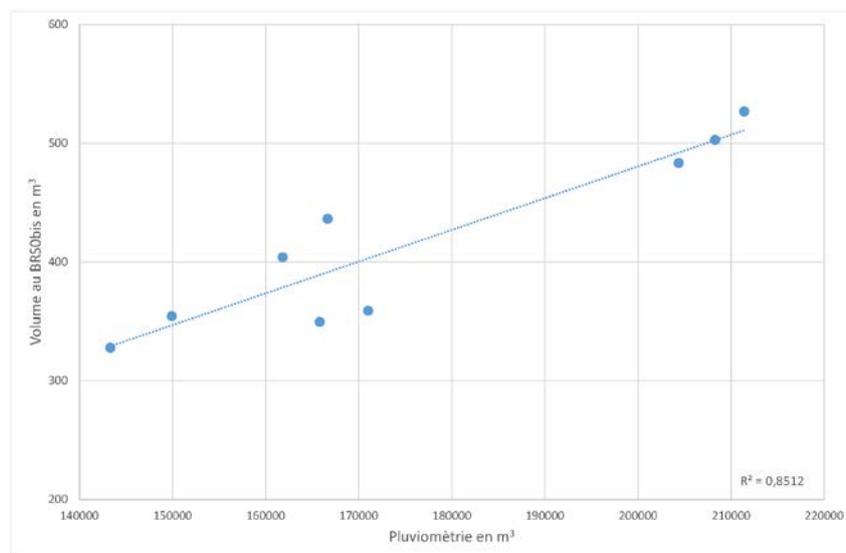


Figure 4-5 *Corrélation entre les volumes mesurés au BRS0bis et la pluviométrie associée depuis 2012*

Les effluents des réseaux RSGE et RSGEBis sont entreposés en cuves et font l'objet de transferts concertés vers Orano Recyclage. Le faible volume récupéré via le BRS0 ne nécessite que deux transferts par an fixés en juin et en décembre. La fréquence des vidanges de cuves entreposant les effluents provenant du BRS0bis est variable et dépend de la pluviométrie. En 2020, 27 transferts concertés des effluents du BRS0bis ont eu lieu pour un volume rejeté moyen de 18 m³ par vidange (Tableau 4-6).

Tableau 4-6 *Suivi des vidanges des cuves*

Réseaux	Date de vidange	Volume évacué (m ³)	Réseaux	Date de vidange	Volume évacué (m ³)
RSGE bis	08/01/2020	16,90	RSGE bis	18/08/2020	10,20
RSGE bis	17/01/2020	22,85	RSGE bis	17/09/2020	10,70
RSGE bis	31/01/2020	23,20	RSGE bis	08/10/2020	22,30
RSGE bis	07/02/2020	16,90	RSGE bis	16/08/2020	17,10
RSGE bis	18/02/2020	23,00	RSGE bis	27/10/2020	23,80
RSGE bis	26/02/2020	18,10	RSGE bis	03/11/2020	21,70
RSGE bis	04/03/2020	19,10	RSGE bis	12/11/2020	17,05
RSGE bis	11/03/2020	19,70	RSGE bis	19/11/2020	17,00
RSGE bis	17/03/2020	14,70	RSGE bis	27/11/2020	16,70
RSGE bis	24/03/2020	10,05	RSGE bis	07/12/2020	22,00
RSGE bis	09/04/2020	12,65	RSGE bis	15/12/2020	19,70
RSGE bis	18/05/2020	16,85	RSGE bis	24/12/2020	24,05
RSGE bis	18/06/2020	9,20	RSGE	30/12/2020	5,90
RSGE	24/06/2020	6,20	RSGE bis	31/12/2020	19,70
RSGE bis	16/07/2020	11,90	Total		489,20

4.3.4 Suivi des écoulements dans les BRS raccordés au RSGE

4.3.4.1 Généralités

La surveillance du RSGE et du RSGEbis est complétée par des contrôles amont sur les BRS situés dans les galeries, chacun d'entre eux étant dévolu à la collecte des effluents issus d'un ouvrage ou d'un groupe d'ouvrages de stockage.

Les BRS raccordés au collecteur du RSGE sont au nombre de 107 :

- 68 situés dans la galerie ouest et dans la galerie centrale sont reliés à la branche ouest ;
- 39 situés dans la galerie sud et dans la galerie est sont reliés à la branche est.

Les écoulements observés dans les BRS trouvent très vraisemblablement leurs origines principales dans les phénomènes suivants :

- des écoulements « parasites » en provenance de la périphérie du Centre selon le même mode que celui mis en évidence sur le BRS002 ;
- un phénomène extrêmement progressif de ressuyage des matériaux de la couverture situés sous la membrane (couche de forme), conduisant à une exsudation lente, continue et décroissante des matériaux. Ce type de phénomène conduit à un tarissement des écoulements ;
- enfin, des apports par condensation de l'eau présente dans l'air introduit dans les galeries du RSGE par la ventilation constituent également une origine possible aux écoulements.

L'ensemble de ces réflexions a été synthétisé dans une note expliquant les différents types d'écoulements constatés au niveau des BRS [24].

Conformément au PRS [9], les BRS font l'objet d'une campagne annuelle de mesure de débit et d'échantillonnage pour ceux contenant de l'eau en quantité suffisante au regard des analyses à effectuer.

Depuis 2010, cette surveillance a été renforcée par des campagnes de mesures de débit à fréquence trimestrielle. Cette surveillance trimestrielle, complémentaire à celle annuelle, intervient dans le cadre des engagements pris par l'Andra lors de l'instruction du rapport de sûreté 2009 [25]. L'objectif de cette surveillance complémentaire vise à détecter d'éventuelles variations saisonnières des débits des BRS, notamment ceux de la galerie centrale.

Pour rappel, en aval de ces BRS et en amont du point BRS0, il existe deux points de contrôle appelés BRS-OU et BRS-ES, disposés sur le collecteur du RSGE, qui permettent une surveillance sectorisée des deux branches du RSGE (Figure 1-6) :

- BRS-OU est situé à l'exutoire de la branche ouest du RSGE ;
- BRS-ES est situé à l'exutoire de la branche est du RSGE.

En ces deux exutoires des mesures ponctuelles de débits sont réalisées chaque semaine.

4.3.4.2 Suivi des écoulements de la branche ouest et centrale du RSGE et comparaison au BRS-OU

Les débits mesurés aux principaux BRS situés dans la galerie ouest et la galerie centrale lors des campagnes trimestrielles (mars, juin, septembre et décembre) et lors de la campagne annuelle (octobre) sont présentés dans le Tableau 4-7. Ce tableau précise également la moyenne des débits calculée sur les cinq mesures effectuées en 2020.

Les mesures de débit montrent que, sur les 68 BRS des galeries ouest et centrale raccordés au BRS0, :

- 37 BRS contribuent aux écoulements mesurés à l'exutoire BRS-OU. Sur ces 37 BRS, 33 présentent des écoulements faibles de moins de 1mL/min dont 13 ayant des écoulements inférieurs à 0,1 mL/min ;
- le principal contributeur est le BRS041 (situé en bordure ouest) qui présente un écoulement moyen pour l'année 2020 de 8,7 mL/min ; cette valeur est plus élevée que les années précédentes mais

cohérente avec la pluviométrie intense de début et de fin d'année. Il est à noter que ce BRS présente des écoulements toute l'année ;

- le BRS022, le BRS027 et le BRS082 présentent des écoulements de l'ordre de 1 mL/min.

Les mesures ponctuelles hebdomadaires de débit à l'exutoire BRS-OU sont présentées au Tableau 9-28. Les valeurs mesurées individuellement à chaque BRS sont cohérentes avec les mesures ponctuelles de débits mesurés au BRS-OU. En effet, la somme des débit individuels est de 21 mL/min en 2020 pour une moyenne annuelle de 23 mL/min au BRS-OU (Tableau 9-28).

Tableau 4-7 Résultats des mesures de débits ponctuels des BRS des galeries ouest et centrale

BRS des galeries Ouest et centrale	mars-20 mL/min	juin-20 mL/min	sept-20 mL/min	oct-20 mL/min	déc-20 mL/min	Moyenne des débits mL/min
136	0,69	0,35	0,32	0,49	0,58	0,49
27	1,10	1,02	0,96	0,98	0,98	1,01
141	0,08	0,07	0,08	0,10	0,06	0,08
34	1,09	0,82	0,72	0,87	1,16	0,93
145	0,05	0,07	0,15	0,16	0,77	0,24
41	13,47	2,38	4,17	8,52	14,71	8,7
139	0,55	0,29	0,51	0,38	0,06	0,36
137	0,06	0,06	0,07	0,02	0,04	0,05
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
109	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
144	1,12	0,99	0,73	0,79	1,30	0,99
143	0,26	0,21	0,16	0,07	0,49	0,24
22	2,91	0,02	0,02	0,92	1,47	1,07
71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
108	0,95	0,08	0,08	0,96	1,17	0,65
110	0,58	0,46	0,00	0,00	0,06	0,22
8	0,09	0,14	0,16	0,09	0,12	0,12
159	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
72	0,06	0,02	0,04	0,05	0,05	0,04
19	0,33	0,25	0,13	0,14	0,18	0,21
47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
158	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
160	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
142	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
154	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
100	0,12	0,00	0,01	0,00	0,00	0,03
101	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
7	0,05	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
9	0,06	0,00	0,13	0,00	0,20	0,08
155	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	0,16	0,00	0,01	0,00	0,00	0,03
45	0,00	0,01	0,04	0,00	0,00	0,01
138	1,57	0,00	0,00	0,00	0,20	0,35
156	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
82	1,59	1,84	1,47	0,76	1,32	1,40
81	0,65	0,72	0,71	0,78	0,75	0,72
88	0,49	0,47	0,41	0,50	0,50	0,47
33	0,22	0,22	0,19	0,15	0,25	0,21
38	0,52	0,39	0,30	0,50	0,50	0,44
107	0,30	0,29	0,32	0,26	0,35	0,30
49	0,12	0,12	0,18	0,10	0,14	0,13
87	0,45	0,54	0,65	0,46	0,77	0,57
48	0,30	0,39	0,37	0,48	0,69	0,45
105	0,04	0,05	0,06	0,04	0,06	0,05
78	0,01	0,07	0,04	0,01	0,04	0,03
52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
106	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
38 bis	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
39	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
32	0,22	0,29	0,30	0,03	0,04	0,18
37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
86	0,00	0,00	0,05	0,01	0,01	0,01
24	0,04	0,05	0,06	0,04	0,15	0,07
46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

écoulement > 1 mL/min

écoulement compris entre 0,1 et 1 mL/min

écoulement < 0,1 mL/min

En 2020, le débit annuel moyen au point BRS-OU est du même ordre de grandeur qu'en 2019, respectivement 23 mL/min et 22 mL/min. Même si les débits les plus forts sont mesurés en début et en fin d'année durant la période de pluviométrie plus intense, cette branche du RSGE reste assez peu sensible à la pluviométrie (Figure 4-6).

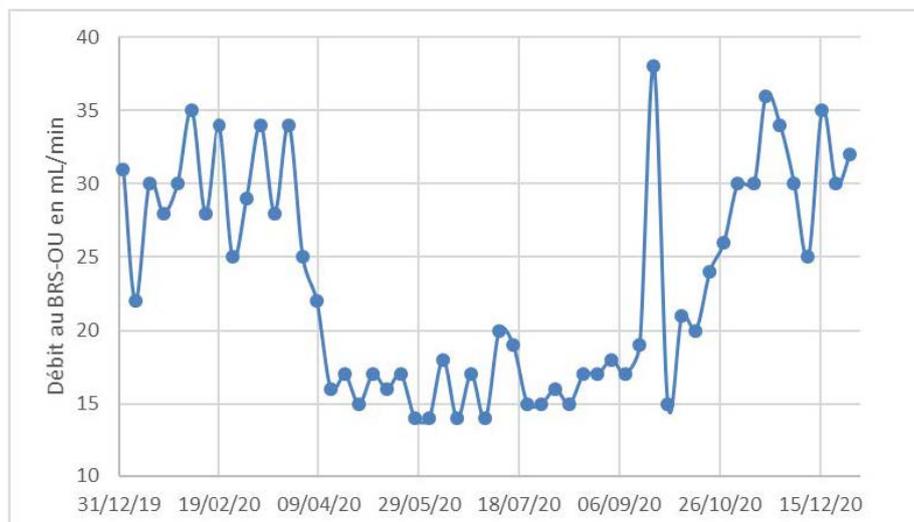


Figure 4-6 Evolution des débits ponctuels hebdomadaires au BRS-OU en 2020

4.3.4.3 Suivi des écoulements au BRS Est (BRS-ES)

Le Tableau 4-8 présente les débits mesurés aux principaux BRS situés dans la galerie est et la galerie sud lors des campagnes trimestrielles (mars, juin, septembre et décembre) et lors de la campagne annuelle (octobre). Ce tableau précise également la moyenne des débits calculée sur les cinq mesures effectuées en 2020.

Les mesures trimestrielles de débit montrent que, sur les 39 BRS des galeries est et sud raccordés au BRS0, :

- 17 BRS contribuent aux écoulements mesurés à l'exutoire BRS-ES ;
- aucun écoulement supérieur à 1 mL/min n'a été mesuré comme les années précédentes ;
- les débits restent sensiblement les mêmes en dehors du BRS128 et du BRS151 qui ont légèrement augmenté passant d'un débit inférieur à 0,1 mL/min à un débit de l'ordre de 0,5 mL/min.

Tableau 4-8 Résultats des mesures de débits ponctuels des BRS des galeries est et sud

BRS des galeries est et sud	mars-20 mL/min	juin-20 mL/min	sept-20 mL/min	oct-20 mL/min	déc-20 mL/min	Moyenne des débits mL/min
126	0,47	0,51	0,41	0,39	0,41	0,44
123	0,91	0,72	0,63	0,70	0,66	0,72
124	0,33	0,26	0,18	0,07	0,03	0,17
122	0,05	0,07	0,11	0,07	0,05	0,07
120	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
121	0,00	0,00	0,01	0,04	0,00	0,01
125	0,08	0,08	0,08	0,08	0,06	0,08
18	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23	0,00	0,00	0,36	0,01	0,00	0,07
44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,03
102	0,02	0,00	0,00	0,09	0,03	0,03
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,01
119	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
131	0,13	0,11	0,10	0,14	0,12	0,12
117	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
128	0,81	0,26	0,02	0,13	0,94	0,43
130	0,04	0,01	0,04	0,03	0,07	0,04
132	0,08	0,09	0,05	0,09	0,07	0,08
111	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
112	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
113	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
129	0,02	0,06	0,01	0,00	0,04	0,03
151	1,22	0,35	0,07	0,02	1,23	0,58

écoulement compris entre 0,1 et 1 mL/min
écoulement < 0,1 mL/min

Les mesures ponctuelles hebdomadaires de débit à l'exutoire BRS-ES sont présentées au Tableau 9-31. Les valeurs mesurées individuellement à chaque BRS sont relativement cohérentes avec les mesures ponctuelles de débits mesurés au BRS-ES. En effet, la somme des débits individuels est de 3 mL/min en 2020 pour une moyenne annuelle de 6 mL/min au BRS-OU (Tableau 9-31) ; la différence s'explique du fait que les mesures effectuées individuellement à chaque BRS sont des mesures ponctuelles représentatives des écoulements du moment, tandis que les mesures hebdomadaires au point BRS-ES sont plus régulières et plus représentatives des écoulements annuels.

En 2020, le débit annuel moyen au point BRS-ES est du même ordre de grandeur qu'en 2019, respectivement 6 mL/min et 5 mL/min. Des valeurs anormalement élevées sont relevées le 19 février 2020 et à partir du 18 novembre 2020. Ces débits plus élevés sont probablement liés à une surverse du BRS002 dans la canalisation du RSGE en lien avec les forts débits au point BRS002 liés aux pluies intenses. Cette hypothèse est corroborée par la diminution simultanée de la concentration en tritium en ce point de contrôle (Figure 4-7). Cette configuration a été prévue par la mise en place d'une surverse d'un diamètre 110 mm orientant ainsi vers le collecteur principal du RSGE le surplus des effluents dans l'hypothèse où le débit augmenterait accidentellement [14]. Cet état a généré une faible augmentation des volumes transitant via le BRS-ES puisque les débits moyens annuels ont peu évolué en 2020.

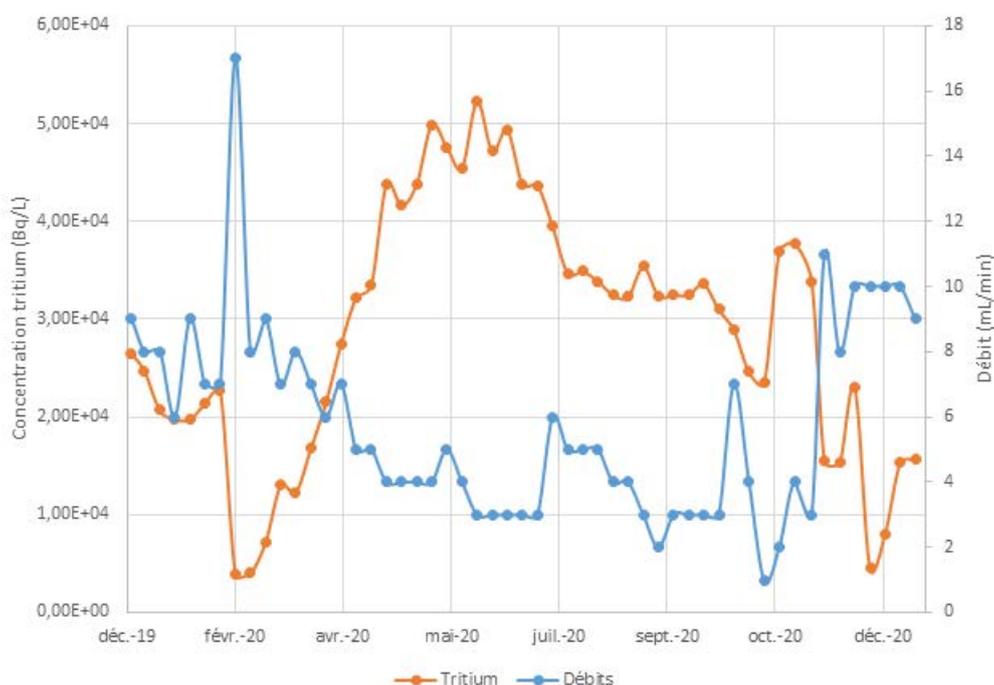


Figure 4-7 Evolution des débits ponctuels hebdomadaires et de la concentration tritium au BRS-OU en 2020

4.3.4.4 Conclusion

Malgré les fortes pluies constatées en 2020, les débits mesurés sur les BRS présentent peu d'évolution.

Les principaux BRS raccordés au RSGE montrant un débit supérieur à 1 mL/min sont, comme les années précédentes, le BRS0022, le BRS027 et le BRS041, situés au niveau de la tranche 2 dans la galerie ouest. Cette année, le BRS082, situé en galerie centrale au niveau de la tranche 2, présente également un débit supérieur à 1 mL/min mais proche de son débit moyen de 0,9 mL/min.

Les débits aux exutoires BRS-OU et BRS-ES demeurent stables, respectivement 23 mL/min et 6 mL/min. La proportion de la contribution de chacun de ces exutoires au BRS0 reste constante (Tableau 4-9) ce qui traduit une stabilité des écoulements des différents réseaux.

Tableau 4-9 Répartition des contributions du BRS-OU et du BRS-ES au BRS0

	Débit moyen annuel (mL/min)	Estimation du volume sur une année (m ³)	Répartition (%)
BRS-OU	23	12,1	80
BRS-ES	6	3,1	20
Total	29	15,2	100

4.3.5 Suivi des écoulements des BRS parasités par des infiltrations en bordure et raccordés au BRS0bis

4.3.5.1 Généralités

Pour rappel, depuis 2011, les trois BRS (BRS002, BRS114 et BRS149) présentant des écoulements liés à des infiltrations parasites ont été déviés via le RSGEbis dont le point de contrôle est le BRS0bis (Figure 1-2).

4.3.5.2 Ecoulements au BRS002

Sur la base des différents essais entrepris ces dernières années (cf. chapitre 4.2.5.4 du bilan annuel 2017 [26]), les écoulements observés au BRS002 sont liés à la pluviométrie et aux volumes collectés par le drainage de la couverture (CMED). La comparaison des écoulements de la CMED et au BRS002 montre des évolutions similaires entre les deux points de mesures (Figure 4-8). En période de fortes pluies les volumes augmentant à la fois à la CMED et au BRS002 et dans les deux cas sont moindres en période sèche. Des investigations se poursuivent en 2021 afin de préciser les différents points de sensibilité conduisant à l'alimentation du BRS002 et identifier d'éventuels dysfonctionnements (cf. § 2.1.4).

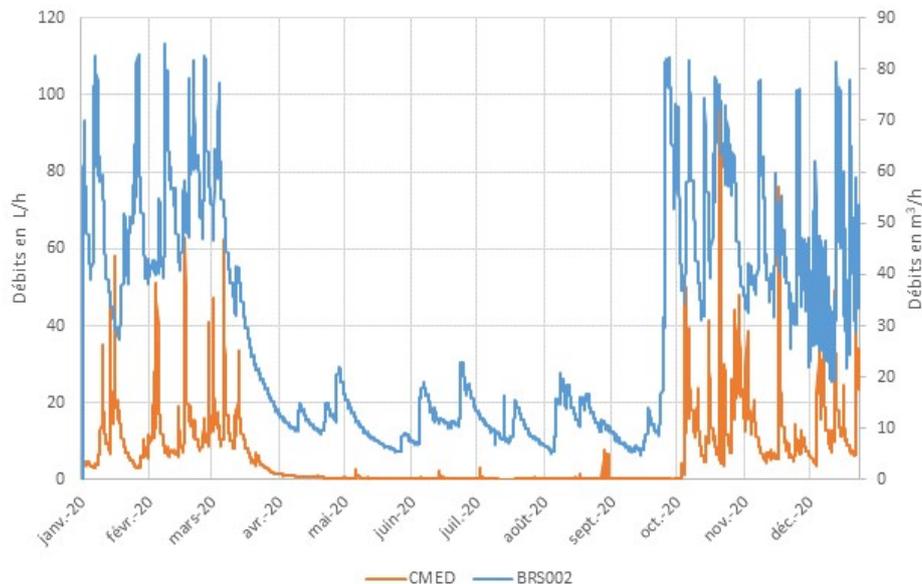


Figure 4-8 Comparaison des écoulements à la CMED et au BRS002 en 2020

Comme les années précédentes, le BRS002 est le plus grand contributeur aux effluents du BRS0bis. Cette année, les enregistrements donnent un volume total d'environ 250 m³ ; toutefois, il a été constaté en fin d'année un défaut sur l'auge basculeur qui sous-estime le volume total annuel écoulé. Cet appareil a été changé et depuis les enregistrements fonctionnent correctement. Il est à noter que, depuis 2020, les enregistrements des volumes écoulés aux BRS équipés d'auges basculeurs sont directement remontés au SICM (cf. § 2.7.6).

4.3.5.3 Ecoulements au BRS114

Depuis 2015 et suite aux travaux réalisés en 2014 et en 2016 (étanchéisation des caniveaux pluviaux de la route périphérique), aucun débit n'est comptabilisé par le débitmètre à auges basculeurs installé au BRS114. Ces mesures sont consolidées par l'observation de l'absence de traces d'humidité au fond du bac en inox servant de réceptacle au débitmètre.

Ces réparations n'étant pas pour autant pérennes, le raccordement du BRS114 au BRS0bis est conservé.

4.3.5.4 Ecoulements au BRS149

En février 2020, l'enregistrement automatique via le SICM des écoulements mesurés par l'auge basculeur a été mis en place. Toutefois, les enregistrements n'ont pas fonctionné du 20 février au 21 octobre 2020 ce qui ne permet pas de connaître les écoulements précis au BRS149. En utilisant le REX des années précédentes et par déductions des apports des BRS002 et BRS114 par rapport au volume global collecté, il a été démontré que le volume au BRS149 correspond à environ 20% du volume au BRS0bis. Le volume peut être estimé à environ 100 m³. Généralement, les écoulements s'arrêtent en période de faible pluviométrie.

4.3.5.5 Conclusion

Comme les années précédentes, le principal BRS contributeur des volumes relevés au BRS0bis est le BRS002. Aucun écoulement n'a été mesuré au BRS114 suite aux travaux d'étanchéification des caniveaux de voirie réalisés en 2014 et 2016.

4.3.6 Suivi des écoulements dans les chambres de drainage – comportement hydraulique de la couverture

Dans le cadre de la surveillance de la couverture du CSM, le suivi hydraulique des différents réseaux du Centre contribue à s'assurer du maintien des performances d'étanchéité de la couverture et participe à l'appréciation de l'éventuelle évolution de son comportement.

Dans ce paragraphe, les indicateurs suivis sont :

- les volumes d'eau recueillis par les drains sous membrane ;
- le ratio « Drains sous membrane/Drains sur membrane » ;
- le ratio « Drains sur membrane/Pluie ».

4.3.6.1 Comparaison des volumes collectés par les drains sous membrane en rapport avec la pluviométrie

Le Tableau 4-10 présente les volumes récupérés par l'ensemble des drains sous-membranes depuis 2011.

En 2020, le cumul des volumes d'eau recueillis par les drains sous membrane (Dssmb) est de 30 462 L.

Le volume annuel 2020 recueilli par tous les drains sous membrane correspond à une hauteur d'eau équivalente (30 462 L /12 ha) de 0,25 mm (ou 0,25 L/m²/an), et représente un ratio de 0,019 % de la pluviométrie. Ce volume est légèrement inférieur à la moyenne des 10 dernières années.

Tableau 4-10 Evolution des volumes d'eaux recueillis par les drains sous-membrane de 2011 à 2020

Année	Pluviométrie en mm	Drains sous membrane		Ratio vol-drains / vol-pluie sur 12 ha
		Volumes annuels recueillis en litres	Hauteur d'eau équivalente en mm	
2011	950	10 461	0,09	0,009%
2012	1 409	16 227	0,14	0,010%
2013	1 111	26 415	0,22	0,020%
2014	1 389	58 549	0,49	0,035%
2015	1 079	38 865	0,32	0,030%
2016	956	32 979	0,27	0,029%
2017	1 140	43 019	0,36	0,031%
2018	1 000	31 741	0,26	0,026%
2019	1 106	34 765	0,29	0,026%
2020	1 363	30 462	0,25	0,019%
Moyenne	1 150	32 348	0,27	0,024%

En 2020, le débit de la plupart des drains est similaire à 2019 (Tableau 4-11). En dehors des drains des CD11 et CD14 (voir ci-dessous), les drains D10/P112E (CD10), D9/P111E (CD9), et D11/P113E (CD11) ont présenté des écoulements supérieurs à 100 L en 2020. Les drains D4/P101E et D14/P111Ouest qui présentaient un volume annuel notable de quelques centaines de litres se sont taris en 2018 et 2019. Par ailleurs, le drain D4/P100E affiche cette année un volume de 788 L, comme cela est déjà arrivé il y a quelques années de façon occasionnelle en 2005, 2006 et 2008. Ces volumes se produisent très ponctuellement lors de pluies très importantes.

Les volumes des deux drains situés dans la chambre de drainage 11 (CD11) et le drain D14/P110 Ouest situé dans la CD14 représentent, cette année encore, la majeure partie des écoulements avec 29 108 L ce qui correspond à 96 % du volume total recueilli par les drains sous membrane. Les volumes mesurés sur les autres drains sous membrane sont de l'ordre de 1 354 L.

Les drains de la CD11 apportent des volumes toujours importants (drains de talus des panneaux Est 112b (18 885 L) et 113 (377 L)). Ces débits importants ont débuté à partir d'octobre 2013, après les travaux de confortement du talus central 112b réalisés en été 2013 consistant en des soutènements et des remblais à proximité immédiate de la chambre de drainage. Des travaux de terrassement en surface ont été réalisés en juin 2016 afin de recueillir les eaux de ruissellement dans le réseau pluvial, et détourner les eaux de subsurface en arrière de la chambre avant qu'elles cheminent et atteignent le voile arrière de la chambre de drainage CD11. Ces travaux montrent une bonne efficacité en temps normal et pour de faibles pluviométries, mais une efficacité très relative en cas de fort ruissellement. On note ainsi un volume annuel plus importants pour le drain D11/P112b en relation avec les périodes de très fortes précipitations de cette année. En 2020, les écoulements dans la CD11 représentent 63 % du volume total recueilli par les drains sous membrane. Les débits importants sont mesurés en début et en fin d'année avec une très forte réactivité aux pluies. Presque aucun écoulement n'a été mesuré durant l'été et au

début de l'automne, peu pluvieux (Figure 4-9). A partir d'octobre, les pluies très excédentaires génèrent des débits importants dans cette chambre.

Tableau 4-11 Volumes d'eau recueillis par les drains sous membrane présentant des écoulements entre 2011 et en 2020

N° Chambre de Drainage	N° des drains présentant un écoulement	Localisation du drain sous membrane	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
			litres									
CD2	150BO102	piéd de talus 102 O	4	-	3	3	-	12	5	2	0	2
CD14	150BO110	piéd de talus 110 O	6820	2193	3313	4317	18669	17157	25516	15946	14479	9846
CD14	150BO111	piéd de talus 111 O	44	192	425	995	807	1002	270	1	1	1
CD4	150BE100	piéd de talus 100 E	-	-	0	0	0	0	0		0	788
CD4	150BE101	piéd de talus 101 E	600	2638	767	352	205	450	367	130	1	1
CD5	150HE 102/103	toit du talus 102 E	978	2181	1584	1592	149	340	0		0	1
CD5	150BE103	piéd de talus 103 E	30	41	22	21	5	5	-	1	0	1
CD6	150BE104	piéd de talus 104 E	164	235	107	67	9	7	32	57	42	49
CD9	150BO111	piéd de talus 111 E	41	1917	299	47	179	94	4	46	511	305
CD10	150BE112	piéd de talus 112 E	1560	3965	1229	1790	710	371	441	107	232	202
CD10	150BE112bis	piéd de talus 112 bis	1	2	1	0	1	1	2	1	0	3
CD11	150BE112bis	piéd de talus 112 bis	-	-	12594	41234	16242	12064	15684	14967	19176	18885
CD11	150BE113	piéd de talus 113 E	-	-	4714	8133	1877	1464	684	477	319	377
Volume annuel des drains ayant un débit important			10244	13365	25059	58552	38853	32968	43006	31735	34763	30462
Volume annuel de tous les drains			10456	16205	26426	58772	38849	32964	43019	31741	34763	30462

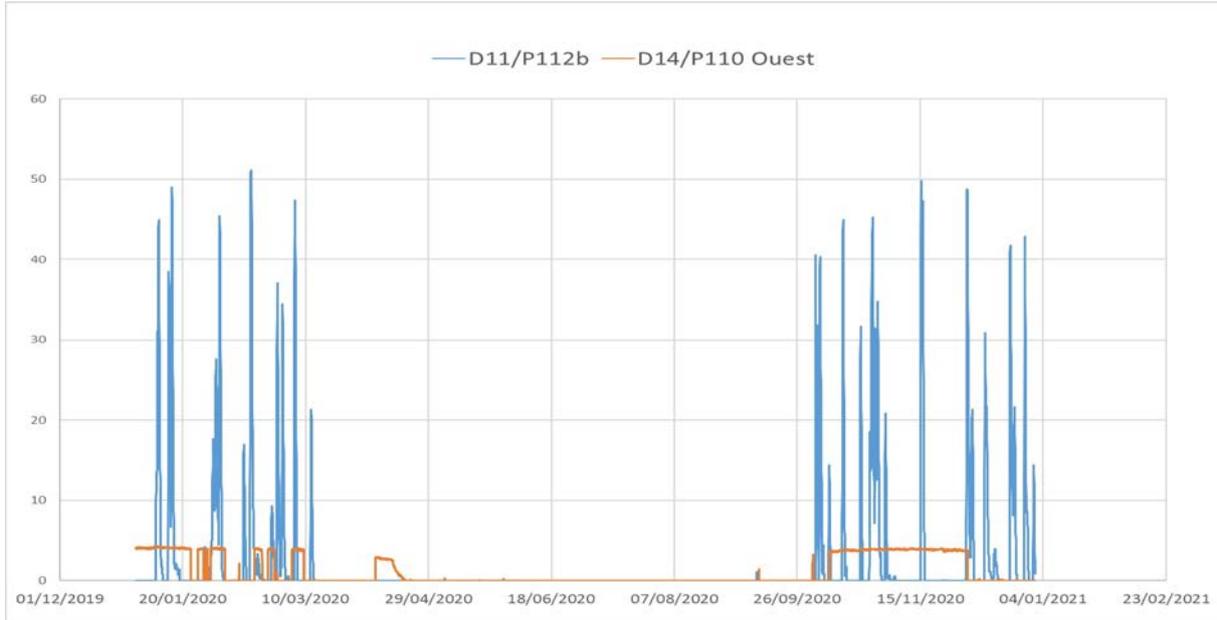


Figure 4-9 Evolution des écoulements au cours de l'année 2020 des deux drains sous-membrane dont les débits sont les plus élevés : D11/P112b et D14/P110Ouest

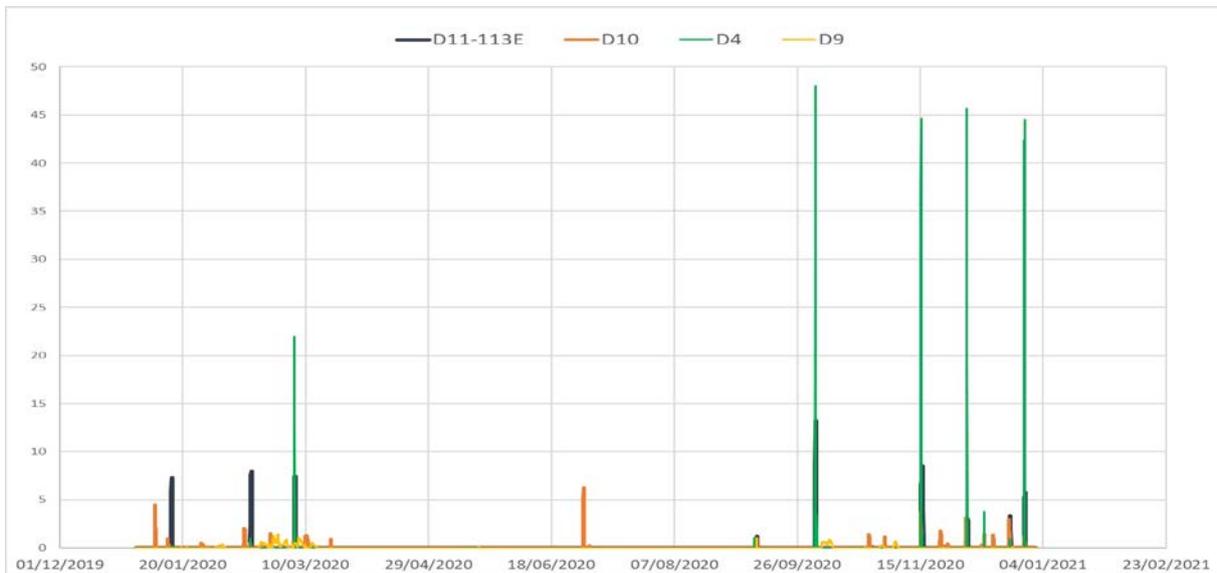


Figure 4-10 Evolution des écoulements au cours de l'année 2020 des trois drains sous-membrane dont les débits sont de quelques centaines de litres : D11/P113Est, D10/P112Est, D9/P111E et D04/P101Est

4.3.6.2 Comparaison « drains sous membrane/drains sur membrane »

Les volumes d'eau des drains sur membrane sont mesurés au point RP300 (débitmètre CMED) en déduisant de ce volume les volumes mesurés sur chaque drain sous membrane. Le rapport « drains sous membrane / drains sur membrane » (D_{ssmb}/D_{mb}) permet de comparer le volume d'eau récupéré par les drains sous membrane au volume ayant transité sur la membrane (lié à la pluviométrie). L'évolution de

ce rapport moyen annuel peut traduire une évolution du nombre et/ou de l'importance des défauts de la membrane, indépendamment des années sèches ou pluvieuses.

En 2020, le ratio moyen annuel est de 0,04% (Tableau 4-12). Ce faible ratio, proche de celui de 2018 et de 2019, et comparé aux années précédentes, s'explique par la quasi absence d'écoulements dans les drains sous membrane à partir du mois de mars jusqu'au mois d'octobre, en raison de l'infiltration de la pluie à travers la couverture très faible en période estivale (à cause de l'évapotranspiration importante). Habituellement, les ratios les plus élevés étaient relevés sur la période mai à août du fait d'une baisse de pluviométrie, donc d'une baisse des écoulements des drains sur membrane, tandis que les drains sous membrane se tarissent en décalé voire continuent à couler une grande partie de l'été (comme ce fut le cas en 2017).

Tableau 4-12 Ratio des drainage sous membrane /drainage sur membrane de 2011 à 2020

MOIS	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	Moyenne
2011	0,03%	0,04%	0,10%	0,12%	0,43%	0,03%	0,02%	0,00%	0,02%	0,00%	0,01%	0,03%	0,07%
2012	0,02%	0,01%	0,01%	0,02%	0,01%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,03%	0,04%	0,04%	0,02%
2013	0,02%	0,03%	0,02%	0,02%	0,09%	0,14%	0,16%	0,17%	0,04%	0,05%	0,09%	0,12%	0,08%
2014	0,14%	0,15%	0,09%	0,09%	0,11%	0,04%	0,10%	0,04%	0,02%	0,08%	0,08%	0,06%	0,08%
2015	0,08%	0,12%	0,09%	0,14%	0,45%	0,57%	0,26%	0,10%	0,13%	0,27%	0,09%	0,07%	0,20%
2016	0,08%	0,09%	0,10%	0,22%	0,54%	0,16%	0,20%	0,27%	0,17%	0,00%	0,06%	0,06%	0,16%
2017	0,11%	0,11%	0,09%	0,38%	0,22%	0,42%	0,06%	0,13%	0,16%	0,08%	0,14%	0,10%	0,17%
2018	0,08%	0,07%	0,09%	0,09%	0,14%	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%	0,00%	0,07%	0,07%	0,05%
2019	0,17%	0,09%	0,09%	0,17%	0,00%	0,00%	0,01%	0,00%	0,01%	0,07%	0,07%	0,08%	0,06%
2020	0,08%	0,06%	0,03%	0,11%	0,00%	0,00%	0,02%	0,00%	0,00%	0,07%	0,06%	0,04%	0,04%

4.3.6.3 Comparaison « drains sur membrane/pluie »

Le suivi du ratio « drains sur membrane/pluie » permet de détecter une éventuelle évolution du comportement hydraulique des matériaux situés au-dessus de la couverture (terre végétale, schistes, sable sur membrane et réseaux de drainage). Celui-ci varie d'une année sur l'autre en fonction des années « sèches » ou « humides » (en fonction des pluies et de l'évapotranspiration (ETR)). Il est également sensible à la saisonnalité (été - hiver). C'est pourquoi il est préférable de suivre ce ratio en saison de drainage intense (SDI), période hivernale pour laquelle l'ETR est faible voire quasi-nulle, et la réserve en eau du sol (RFU : réserve facilement utilisable) est maximale.

Les périodes de saisons de drainage intense observées sur la couverture du CSM et les coefficients de restitution de la pluie par le drainage sur membrane (Dmb/P) sont présentés dans le Tableau 4-13.

Tableau 4-13 Périodes de SDI et valeur des coefficients de restitution de la pluie par le drainage sur membrane

Année	Saison de drainage intense (SDI)	Rapport Dmb / Pluie
1997-1998	du 08/10/97 au 01/05/98	0,359
1998-1999	du 09/10/98 au 01/06/99	0,405
1999-2000	du 19/11/99 au 20/05/00	0,412
2000-2001	du 11/10/00 au 05/05/01	0,461
2001-2002	du 19/10/01 au 27/04/02	0,492
2002-2003	du 24/10/02 au 23/04/03	0,494
2003-2004	du 23/11/03 au 05/05/04	0,511
2004-2005	du 13/10/04 au 15/05/05	0,456
2005-2006	du 26/10/05 au 13/04/06	0,522
2006-2007	du 18/11/06 au 10/05/07	0,533
2007-2008	du 24/11/07 au 22/04/08	0,482
2008-2009	du 27/10/08 au 17/04/09	0,548
2009-2010	du 03/11/09 au 03/04/10	0,600
2010-2011	du 29/10/10 au 06/04/11	0,641
2011-2012	du 01/12/11 au 10/03/12	0,467
2012-2013	du 03/10/12 au 16/04/13	0,455
2013-2014	du 27/10/13 au 08/04/14	0,552
2014-2015	du 12/10/14 au 14/04/15	0,518
2015-2016	du 07/11/15 au 06/04/16	0,500
2016-2017	du 19/11/16 au 16/04/17	0,597
2017-2018	du 11/11/17 au 10/04/18	0,532
2018-2019	du 27/11/18 au 28/03/19	0,560
2019-2020	du 07/10/19 au 17/04/20	0,603
Moyenne		0,509

Pour l'année 2019-2020, ce ratio est de 0,604, au-dessus de la valeur moyenne actualisée de 0,509. Cela correspond à plus de la moitié (> 60 %) de la pluie en SDI recueillie sur la membrane. Ce ratio est du même ordre de grandeur que celui des années 2009/2010, 2011/2012, et 2016/2017.

4.3.7 Evaluation de la performance globale de la couverture

4.3.7.1 Généralités

La performance globale de la couverture est calculée à partir de l'ensemble des données hydrologiques enregistrées en 2020. L'infiltration d'eau doit être inférieure à 5 litres d'eau par m² et par an comme défini dans les RGE [14]. Ce critère permet de vérifier la bonne tenue de l'étanchéité de la couverture.

Il tient compte :

- des volumes collectés dans les drains sous-membrane (cf. 4.3.6) ;
- des volumes collectés dans le RSGE (cf. 4.3.3) ;
- des volumes estimés s'infiltrant au travers du massif géologique (cf. 4.3.7.2).

4.3.7.2 Estimation de l'infiltration vers le massif géologique à travers la couverture du Centre

La méthodologie exploitant les mesures faites dans la nappe est détaillée au chapitre 9.9.

Orano Recyclage réalise des pompages d'eau de la nappe phréatique destinés à mettre hors d'eau les radiers de certaines de leurs installations et provoquant un rabattement de la nappe phréatique sous le CSM (en particulier au niveau de la zone sud-ouest du site, cf. Figure 5-2 et Figure 5-3). En 2020, le volume d'eau souterraine pompé dans la fosse de relevage du bâtiment EEV-SE, situé près de la clôture ouest du CSM, est de 76 350 m³ (donnée Orano Recyclage, Tableau 9-34). L'activité volumique tritium moyenne mesurée au point de contrôle EEV-SE est de 31,6 Bq/L (moyenne pondérée par les volumes).

Calcul du tritium collecté au point EEV-SE en 2020 : $(76\,350 \times 10^3 \times 31,6) / 109 = 2,41$ GBq.

En considérant le rapport de la surface soumise à l'influence des pompes de drainage du bâtiment EEV-SE (égale à celle de la tranche 3) sur la surface totale du stockage (31 %), et en prenant en première approximation comme hypothèses, (i) une répartition uniforme du tritium dans chacune des trois tranches d'ouvrages de stockage, (ii) que les trois tranches d'ouvrages présentent des propriétés de confinement similaires vis-à-vis du tritium, et (iii) que l'activité de l'eau pompée sous le radier du bâtiment EEV-SE correspond à l'activité tritium relâchée de la tranche 3 à l'échelle d'une année, nous pouvons estimer le relâchement annuel de tritium lié aux infiltrations vers le massif géologique pour l'ensemble du stockage (hors événement tritium de 1976) à :

$(2,41 \times 100) / 31 = 7,8$ GBq de tritium relâché au droit de la surface totale du stockage en 2020.

Avec : Surface TR3 = 34 010 m² ; surface TR2 = 50 210 m² ; surface TR1 = 26 350 m² ; rapport $S_{TR3} / (S_{TOTAL}) = 34\,010 / 110\,570 = 31$ %

Le ratio [Volume BRS0 / relâchement tritium associé] est calculé pour appréhender les mètres cubes par GBq d'eau d'infiltration.

En 2020, le relâchement correspondant aux 12,1 m³ mesurés au BRS0 est de 0,933 GBq.

Avec beaucoup de précautions, compte tenu des imprécisions et des hypothèses prises, le débit d'infiltration annuel vers le massif géologique peut alors être estimé à :

[Volume BRS0 / relâchement tritium associé] x relâchement tritium estimé correspondant aux fuites vers le massif géologique, soit :

$(12,1 \text{ m}^3 / 0,933 \text{ GBq}) \times 7,8 \text{ GBq}$ soit 100,9 m³ d'eau s'infiltrant sur la surface de 12 ha (120 000 m²) de la couverture, le flux hydraulique est de 0,84 L/m² par an qui s'infiltrerait vers le milieu géologique au droit du stockage.

4.3.7.3 Calcul de la performance d'étanchéité de la couverture

Le Tableau 4-14 précise les résultats obtenus en 2020.

Tableau 4-14 Contribution des différents apports aux infiltration sous-membrane : calcul de performance 2020

	Volumes collectés (m ³)	Flux annuels calculés sur les 12 ha de couverture (L/m ² /an)
RSGE	12,1	0,10
Drains sous-membrane	30,5	0,25
Infiltration vers le massif géologique	100,9	0,84
Total	143,5	1,20

En 2020, sur la base des critères d'évaluation en vigueur et conformément aux RGE [14], la performance globale d'étanchéité de la couverture est de 1,20 L/m²/an (à comparer au critère de 5 L/m²/an), l'essentiel provenant de l'estimation du débit d'infiltration vers le massif géologique.

Notons que la méthode de calcul appliquée jusqu'en 2017, tenant compte des infiltrations parasites du RSGEbis (483,30 m³ en 2020, cf. Tableau 4-5), aurait abouti à une valeur de 5,22 L/m²/an.

4.3.8 Conclusion

Le bilan des volumes des différents réseaux du Centre ne montre pas d'anomalie. Le niveau des écoulements et des différentes contributions reste stable par rapports aux années précédentes.

Le faible volume d'effluents collectés via le BRS0 (drainant 107 BRS) atteste du bon comportement de l'étanchéité de la couverture. Ce réseau est peu impacté par la pluviométrie, tandis que le BRS0bis est lui réactif à la pluviométrie.

Comme les années précédentes, les drains sous-membrane des CD11 et CD14 présentent des écoulements importants. Les écoulements dans les autres drains sont faibles ou inexistantes.

Le critère de performance d'étanchéité de la couverture reste très satisfaisant (1,20 L/m²/an) et atteste des bonnes performances d'étanchéité de la couverture.

4.4 Suivi qualitatif du réseau pluvial (CMG)

4.4.1 Généralités

Les réseaux de collectes des eaux du Centre sont orientés vers un exutoire appelé « chambre de mesure globale » (CMG, Figure 4-3). A l'aval de ce point de contrôle, ces eaux sont transférées vers les installations d'Orano Recyclage et gérées par ce dernier dans le cadre d'un protocole de « gestion des eaux » entre Andra et Orano Recyclage [27]. A la sortie de la CMG, les eaux pluviales transitent par un bassin d'orage (Figure 4-11) situé sur le site d'Orano Recyclage et dédié spécifiquement aux eaux pluviales venant du CSM. Ce bassin permet de réguler le débit des eaux pluviales venant de la CMG avant qu'elles soient mélangées aux eaux pluviales d'Orano Recyclage et rejetées dans le ruisseau de la Sainte-Hélène au point GPNE.



Figure 4-11 Bassin d'orage du CSM

4.4.2 Suivi radiologique des eaux pluviales

4.4.2.1 Résultats des analyses radiologiques

Les analyses radiologiques sont effectuées sur des prélèvements représentatifs des écoulements de 3 jours et des écoulements mensuels au point CMG. Le détail des résultats est donné en annexe dans le Tableau 9-4 et le Tableau 9-5. Les résultats sur ces deux fréquences de prélèvement sont similaires.

En 2020, 76 prélèvements ont pu être réalisés. Les concentrations volumiques moyennes pondérées par les volumes sont données dans le Tableau 4-15.

Tableau 4-15 Moyennes, maximales et minimales des concentrations volumiques du suivi radiologique au point de contrôle CMG

Paramètres	Moyenne	Maximale	Minimale
Tritium (Bq/L)	7,6	19,5	≤ 2,0
Indice alpha global (Bq/L)	≤ 0,021	0,080	≤ 0,014
Indice bêta global (Bq/L)	0,094	0,180	≤ 0,036
Potassium (mg /L)	1,52	2,72	0,47

La concentration volumique en tritium mesurée dans les eaux pluviales est analogue à celle mesurée dans la pluie (Figure 4-12). De plus, la présence de tritium est également détectée dans l'air sous forme de vapeur d'eau (HTO) et de tritium gazeux (HT) (Tableau 9-54). Les rejets gazeux du CSM n'étant liés

qu'à des émanations diffuses, les activités tritium mesurées dans la pluie et dans les eaux pluviales du CSM peuvent raisonnablement être reliées aux rejets gazeux effectués par Orano Recyclage et varient en fonction de la météo (sens et force du vent).

Les niveaux de concentration mesurés en 2020 sont similaires à ceux des années précédentes.

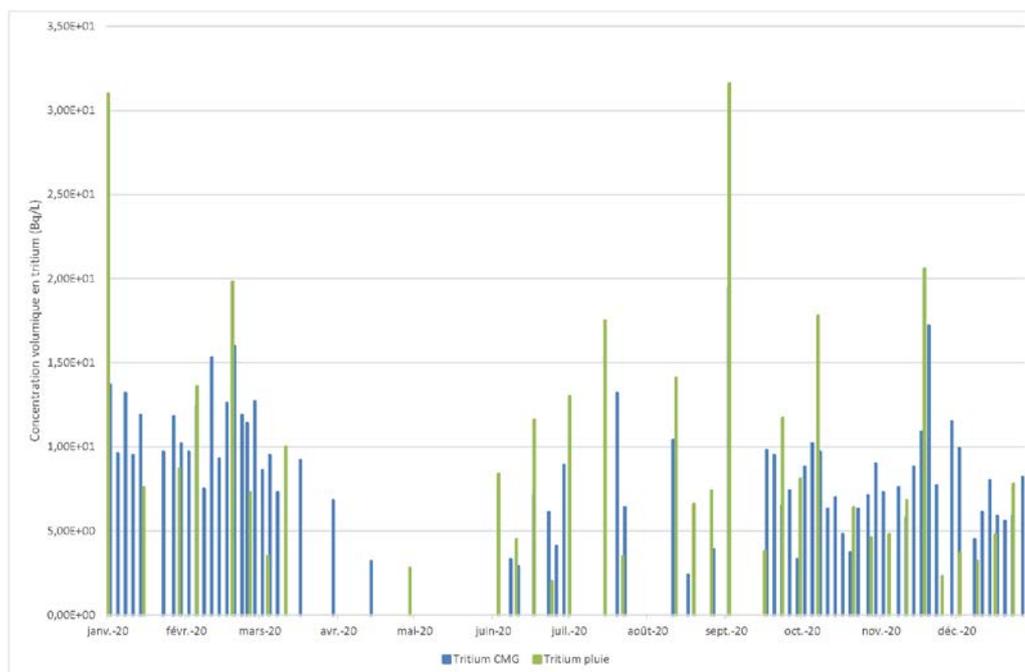


Figure 4-12 Comparaison de la concentration en tritium dans la pluie et dans les eaux pluviales

Les résultats des mesures des indices alpha et bêta globaux sont du niveau usuellement mesuré dans l'environnement et similaires à ceux mesurés les années précédentes. La teneur moyenne en potassium est de 1,52 mg/L contribuant, via le ^{40}K à l'activité volumique bêta, à hauteur d'environ 0,04 Bq/L soit environ 45 % de l'activité bêta globale.

En complément de ces analyses régulières, des analyses à bas seuils sont réalisées chaque semestre. Les RN recherchés correspondent aux principaux RN présents dans l'inventaire du stockage. Les résultats sont présentés dans le Tableau 9-6.

Le tritium est mesuré à un niveau cohérent avec les analyses hebdomadaires (9,3 Bq/L au premier semestre et 6,1 Bq/L au deuxième trimestre). Aucun autre RN artificiel n'est mis en évidence. La présence de quelques RN naturels (isotopes et descendants de l'uranium) à des niveaux de concentrations compatibles avec ceux présents dans l'environnement est également détectée.

4.4.2.2 Calcul des relâchements

Les relâchements en tritium, alpha global et bêta global sont présentés dans le Tableau 9-5; ceux des autres RN sont présentés dans le Tableau 9-6. Le calcul de ces relâchements est majorant pour tous les RN dont le résultat est en SD car, dans ce cas, c'est la valeur du seuil qui est prise en compte pour le calcul (cf. méthodologie détaillée au §.9.7.1).

Les résultats sont cohérents avec ceux des années précédentes, toutefois marqués par une légère augmentation à mettre en lien avec l'augmentation des volumes collectés.

4.4.2.3 Comparaison aux limites de rejet réglementaires

Au titre de l'arrêté d'autorisation de rejet [1] et du protocole de gestion des eaux entre Orano Recyclage et l'Andra [27], les résultats de 2020 et les limites à respecter sont indiqués dans le Tableau 4-16.

Tableau 4-16 Comparaison des limites réglementaires radiologiques et volumétriques aux résultats 2020 à la CMG

Paramètres	Limites autorisées	Résultats 2020
Volume total annuel rejeté ⁵	60 000 m ³	33 507 m ³
Débit instantané en sortie de la CMG	4 200 L/s	Maximum : 411 L/s
Concentration moyenne en tritium	30 Bq/L	7,6 Bq/L
Concentration moyenne hebdomadaire en tritium	100 Bq/L	19,5 Bq/L ⁶

L'ensemble des paramètres radiologiques et volumétriques respecte les limites réglementaires.

4.4.3 Suivi physico-chimique des eaux pluviales

4.4.3.1 Résultats des analyses physico-chimiques

Des analyses physico-chimiques sont effectuées sur des prélèvements représentatifs des écoulements mensuels mesurés au point CMG ; les résultats de ces analyses sont présentés dans le Tableau 9-7. Des analyses plus complètes sont également réalisées deux fois par an ; les résultats sont présentés dans le Tableau 9-8.

Pour l'année 2020, les concentrations des paramètres physico-chimiques sont comparables aux résultats des années précédentes et montrent une bonne stabilité de la composition chimique des eaux pluviales. Les éléments mesurés proviennent de la dissolution ou de la lixiviation des matériaux traversés.

Les mesures de pH sont réalisées dans les prélèvements représentatifs de 3 jours d'écoulements ; en 2020, les valeurs de pH sont comprises entre 6,8 et 7,9 (Tableau 9-4) et sont comparables aux années précédentes. Le milieu est proche de la neutralité acido-basique. Les valeurs limites de l'arrêté rejet [1] n'ont pas été dépassées en 2020.

Les eaux de la CMG sont relativement pauvres en ions et donc peu corrosives comme l'attestent les valeurs de conductivité (valeurs de conductivité comprises entre 300 et 420 µS/cm ; Tableau 9-8). Ces valeurs sont proches de la moyenne mesurée sur les eaux de la CMG sur les dix dernières années, soit 285 µS/cm.

L'oxygène dissous est proche de 9 mgO₂/L, valeur de la solubilité de l'oxygène dans l'eau à 20°C. Les mesures de la DCO et du COT permettent d'estimer la quantité de matière organique présente dans l'eau. Les résultats des mesures sont stables d'un semestre à l'autre et présentent également peu d'évolution d'une année sur l'autre.

Comme pour les années précédentes, la présence des ions dit majeurs, Ca²⁺, K⁺, Cl⁻, NO₃²⁻ et SO₄²⁻ est détectée dans les eaux de la CMG.

Des valeurs significatives sont obtenues pour certains éléments définis comme substances indésirables (aluminium, baryum, bore, cuivre, fer, manganèse, nitrates et phosphates). Toutefois, ces valeurs sont

⁵ Avec l'hypothèse d'une pluviométrie à 1 000 mm.

⁶ Concernant le respect de la limite de concentration moyenne hebdomadaire en tritium, la valeur indiquée correspond en fait au maximum des valeurs mesurées sur les prélèvements représentatifs de 3 jours d'écoulement ; cette limite étant respectée sur toutes les périodes de 3 jours, elle l'est a fortiori sur une semaine.

cohérentes avec celles mesurées les années précédentes et, à titre indicatif, restent inférieures aux valeurs guides françaises des eaux douces destinées à la consommation humaine [28].

Parmi les toxiques chimiques prioritaires, on relève systématiquement la présence de zinc (la moyenne des concentrations est de 48 µg/L en 2020 pour une moyenne ces dix dernières années de 55 mg/L). Il est à noter que le CSM n'a pas d'activité susceptible de rejeter du zinc sous état gazeux et dans l'atmosphère. Cet élément étant également présent dans l'eau de pluie (19 µg/L en moyenne en 2020 correspondant à un apport de 3,8 kg sur le Centre) (Tableau 9-3), une origine anthropique liée aux activités de la zone industrielle de Digulleville est privilégiée.

Au deuxième semestre, des hydrocarbures sont mesurés à une concentration de 0,3 mg/L. Des hydrocarbures ont été régulièrement mesurés en ce point de contrôle, provenant probablement du lessivage des voiries du Centre.

4.4.3.2 Calculs des flux des éléments chimiques à la CMG

Les flux des éléments chimiques analysés dans les eaux pluviales sont calculés en tenant compte de la concentration mesurée ou de la moitié de la LQ (conformément à l'article 3.2.7 de la décision environnement [3] et du volume écoulé sur la période. Les résultats sont donnés dans le Tableau 9-8. Les résultats sont similaires à ceux des années précédentes.

4.4.3.3 Comparaison aux limites de rejet réglementaires

Au titre de l'arrêté d'autorisation de rejet [1], les limites à respecter et les résultats de 2020 sont donnés dans le Tableau 4-17.

Tableau 4-17 Comparaison des limites réglementaires physico-chimiques aux résultats 2020 à la CMG

Paramètres	Limites autorisées	Maximale	Minimale	Moyenne
DCO	120 mg/L	17 mg/L	5 mg/L	11 mg/L
Teneur en MES	30 g/L	17 mg/L	< 2 mg/L	7 mg/L
pH	5,5 < pH < 8,5	7,9	6,8	-
Hydrocarbures	1 mg/L	0,3 mg/L	<0,1 mg/L	<0,117 mg/L

Les limites de rejet des paramètres physico-chimiques figurant dans l'arrêté d'autorisation de rejets [1] concernant les eaux pluviales sont respectées en 2020.

4.4.4 Suivi radiologique des sédiments de la fosse de tranquillisation de la CMG

Les résultats des analyses radiologiques effectuées sur un prélèvement ponctuel annuel de sédiments présents dans la fosse de tranquillisation de la CMG sont présentés dans le Tableau 9-9.

Les résultats sont similaires à ceux des années précédentes. La présence de RN naturels issus des familles du thorium 234, de l'uranium 235 et de l'uranium 238 est détectée. La présence récurrente de ¹³⁷Cs est confirmée à des niveaux comparables à ceux de l'environnement hors influence du Centre et similaire aux années précédentes (3,5 ± 0,4 Bq/kg sec) ; l'origine de ce marquage peut être dû au lessivage de canalisations ayant, lors de la phase de fonctionnement, été contaminées.

Cette année, des traces de $^{239+240}\text{Pu}$ ($0,11 \pm 0,06$ Bq/L) ont été mesurées dans les sédiments de la fosse de tranquillisation de la CMG. Ce RN provient probablement du lessivage de canalisations anciennes datant de la phase de fonctionnement dont le mode de gestion a conduit à un marquage de certains tronçons situés en amont de la CMG. Cette année, la concentration en ^{241}Am est en dessous des SD. Les sédiments de la fosse de tranquillisation de la CMG sont régulièrement curés afin de réduire progressivement ce faible marquage.

4.4.5 Suivi physico-chimique des sédiments de la fosse de tranquillisation de la CMG

Les résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur un prélèvement ponctuel annuel de sédiments de la fosse de tranquillisation de la CMG sont présentés dans le Tableau 9-10.

L'analyse granulométrique de ces sédiments montre que ces matériaux présentent une granulométrie moyennement fine avec 70% des particules inférieures à 2 mm dont 20 % sont inférieures à 63 μm .

Les niveaux des substances chimiques détectées dans les sédiments de la fosse de tranquillisation de la CMG sont inférieurs aux niveaux recommandés dans l'arrêté du 9 août 2006 [29] (Tableau 9-64) pour le cadmium, le chrome, le mercure et le plomb.

Le détail des résultats de mesures des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) recherchés est présenté dans le Tableau 4-18.

Tableau 4-18 Résultats des mesures de HAP sur les sédiments de la fosse de tranquillisation de la CMG

Liste des HAP mesurés	Concentration (mg/kg sec)
Benzo(a)pyrène	0,078 +/- 0,023
Benzo(b)fluoranthène	0,160 +/- 0,048
Benzo(ghi)pérylène	0,120 +/- 0,036
Benzo(k)fluoranthène	< 0,050
Fluoranthène	0,280 +/- 0,084
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	0,063 +/- 0,019
Somme des HAP (6)	0,701 +/- 0,470

La somme des HAP détectés en 2020 est légèrement plus élevée qu'en 2019, respectivement 0,70 mg/kg sec et 0,48 mg/kg sec. L'origine de ces HAP est probablement due au lessivage des dépôts de particules en suspension dans l'air, particules issues des échappements de véhicules circulant sur le Centre et ses environs.

Pour rappel, les eaux de lessivage par la pluie des parkings et voiries du BAP sont orientées vers l'exutoire des eaux pluviales (CMG). Afin de limiter le risque de pollution inhérent aux stationnements des véhicules sur les parkings du BAP, l'Andra a installé en 2003 un séparateur à hydrocarbures en aval hydraulique de ces parkings. De ce fait, les HAP mesurés dans les eaux de la CMG ne proviennent pas de cette partie du Centre.

4.4.6 Conclusion

En 2020, les limites de l'arrêté d'autorisation de rejets [1] ainsi que les termes du protocole de gestion des eaux avec Orano Recyclage [27] ont été respectés.

Les résultats des analyses radiologiques et physico-chimiques sont stables par rapport aux années précédentes.

Des traces de ^{137}Cs et $^{239+240}\text{Pu}$, résultant potentiellement d'un marquage ancien de certains tronçons de collecteurs, sont mesurées dans les sédiments de la fosse de tranquillisation.

4.5 Suivi qualitatif du réseau des « effluents à risques » (BDS)

4.5.1 Généralités

Le réseau des « effluents à risque » aboutit avant transfert à Orano Recyclage à un bac de contrôle dit « bac du séparatif » (BDS). En aval du point BDS, ces effluents sont gérés par l'établissement Orano Recyclage, conformément au protocole de gestion des eaux entre l'Andra et Orano Recyclage [27] ; ils sont destinés à être rejetés en mer via l'émissaire marin du Raz-Blanchard (Figure 4-13).

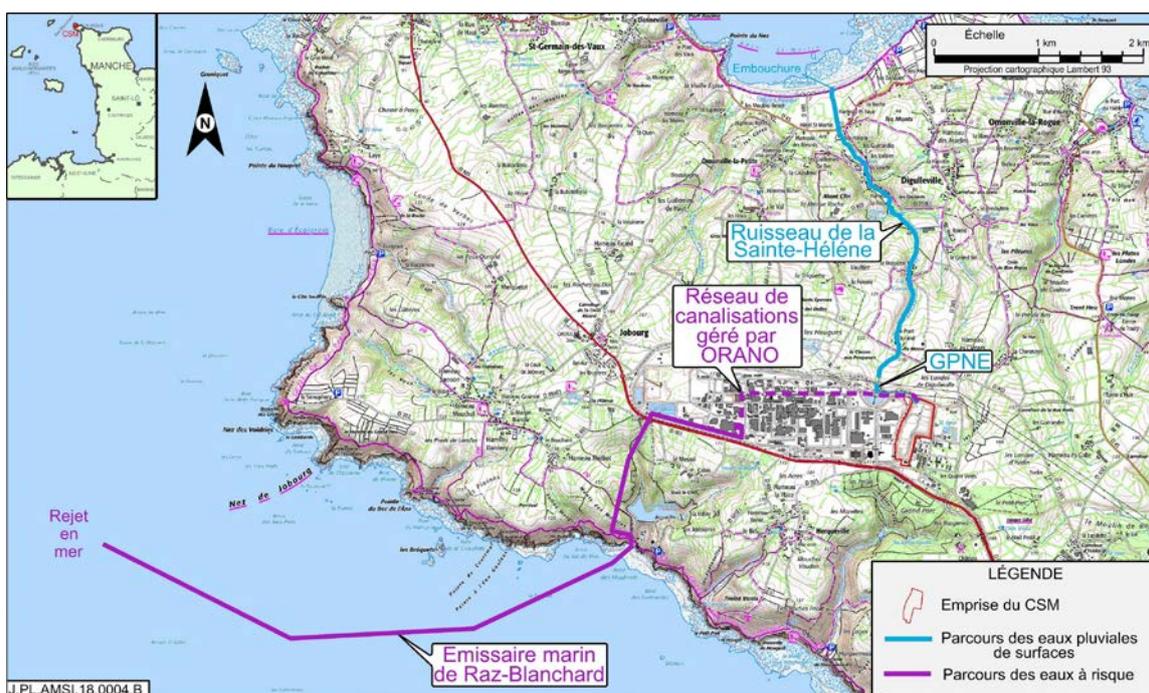


Figure 4-13 Schéma des rejets des effluents du CSM dans l'environnement

Pour rappel, sont mélangés au niveau de ce bac les effluents issus :

- du réseau de drainage de la couverture pour un débit de ce réseau inférieur à 30 m³/h ;
- du réseau de drainage profond ;
- des réseaux séparatifs gravitaires enterrés ;
- du réseau des eaux usées domestiques du bâtiment des bassins.

Les résultats des mesures (radiologiques et physico-chimiques) des trois réseaux alimentant le BDS (hors eaux usées) sont présentés dans les chapitres suivants.

4.5.2 Suivi radiologique des effluents du BDS

4.5.2.1 Résultats des analyses radiologiques au point BDS

Les analyses radiologiques au BDS sont effectuées sur des prélèvements représentatifs des écoulements hebdomadaires et mensuels. Le détail des résultats est donné en annexe dans le Tableau 9-11 et dans le Tableau 9-12. Les résultats sur ces deux fréquences de prélèvement sont similaires.

En 2020, 53 prélèvements hebdomadaires ont pu être réalisés. Les concentrations volumiques moyennes pondérées par les volumes sont données dans le Tableau 4-19.

Tableau 4-19 Moyennes, maximales et minimales des concentrations volumiques du suivi radiologique au point de contrôle BDS

Paramètres	Moyenne	Maximale	Minimale
Tritium (Bq/L)	27,7	4840	8,1
Indice alpha global (Bq/L)	0,028	0,13	<0,013
Indice bêta global (Bq/L)	0,22	2,5	0,089
Potassium (mg /L)	2,0	137	1,5

Les moyennes annuelles mesurées en 2020 pour les paramètres radiologiques courants sont similaires à celles de l'année dernière. Les maximales relevées le sont au mois de juin lors du rejet de la cuve dédiée aux effluents du BRS0 ; le même phénomène est constaté au mois de décembre mais beaucoup moins visible compte tenu des volumes importants apportés par la CMED (via le DDC). La période de rejet du BRS0 apparaît en gras dans le Tableau 9-11.

En complément, des analyses radiologiques à bas seuils sont réalisées chaque semestre. Les RN recherchés correspondent aux principaux RN présents dans les colis de déchets. Les résultats sont présentés dans le Tableau 9-13.

Les mesures effectuées en 2020 ne montrent pas d'évolution particulière des activités radiologiques. La présence des isotopes de l'uranium (^{234}U , ^{235}U et ^{238}U) est constatée, comme les années précédentes, dans une proportion comparable aux rapports naturels. Le ^{137}Cs , habituellement mesuré, n'est pas détecté cette année en lien avec les apports volumiques importants de la CMED.

4.5.2.2 Calculs des relâchements

Le détail des quantités radioactives rejetées au niveau du BDS en alpha global, bêta global et tritium est donné dans le Tableau 9-12.

Bilan annuel des rejets alpha et bêta

La Figure 4-14 présente l'évolution, de 2011 à 2020, des activités calculées à partir des mesures des indices alpha global et bêta global et des volumes mesurés à l'exutoire BDS.

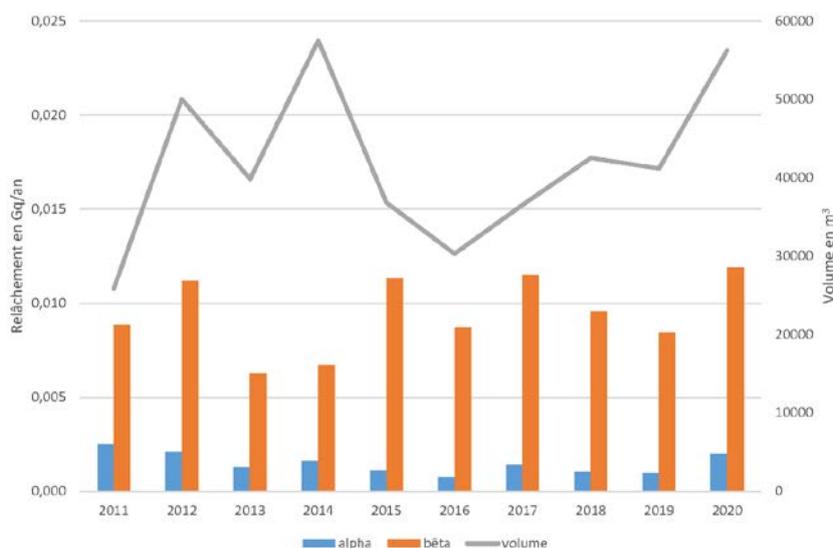


Figure 4-14 Evolution des relâchements α G et β G en fonction des volumes rejetés au BDS (2011-2020)

Les activités annuelles alpha et bêta rejetées ont augmenté en 2020 (respectivement 1,97 MBq et 11,9 MBq). Comme les concentrations moyennes sont du même ordre de grandeur que les années précédentes (Tableau 4-19), cette augmentation est liée à l'augmentation du volume rejeté à l'exutoire BDS. Aucune évolution traduisant un changement notable du stockage n'est mise en évidence.

Bilan annuel des rejets en tritium

La Figure 4-15 présente l'évolution, de 2011 à 2020, des activités calculées à partir des mesures de concentration tritium et des volumes mesurés à l'exutoire BDS.

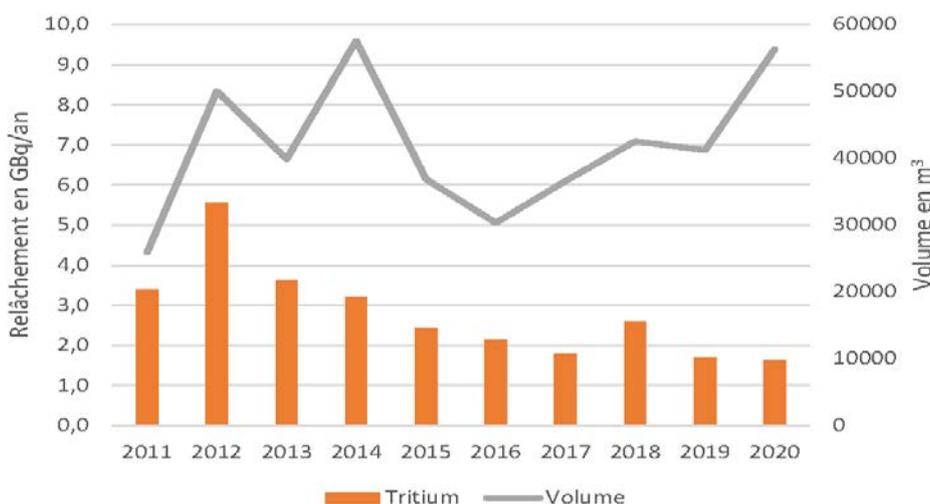


Figure 4-15 Evolution des relâchements en tritium en fonction des volumes rejetés au BDS (2011-2020)

En 2020, les activités rejetées en tritium au BDS sont de 1,6 GBq ; la quantité rejetée est du même ordre de grandeur que les années précédentes. Aucune évolution traduisant un changement significatif du stockage n'est mise en évidence.

Répartition des différents apports au BDS

Conformément à l'article 21 de l'arrêté d'autorisation de rejet fixant les conditions de rejets [1] du CSM, le Tableau 9-14 présente la répartition mensuelle des activités relâchées pour les rejets en continu (CMG, CMED et RD12) et les rejets concertés (BRSO et BRSObis).

Le Tableau 4-20 précise les activités sur l'année 2020 des différents contributeurs au BDS calculées à partir des concentrations radiologiques et des volumes mesurés sur ces réseaux.

Tableau 4-20 Activités des différents réseaux contributeurs du BDS

Réseaux	Relâchement alpha MBq	Relâchement bêta MBq	Relâchement tritium MBq
BDS mesuré	1,97	11,93	1619
CMED (1) ⁷	1,33	6,61	565
RD12 (2)	0,117	3,04	597
BRSO (3)	0,014	0,45	801
BRSObis (4)	0,023	2,7	59
BDS estimé : (1) + (2) + (3) + (4)	1,484	12,8	2022
Ecart entre BDS mesuré et BDS estimé	25%	-7%	-25%

L'équation caractérisant la contribution des activités provenant des réseaux contributeurs aux BDS est :

$$\text{Équation 3 : } R_{BDS} = R_{CMED} + R_{RD12} + R_{BRSO} + R_{BRSObis}$$

Les écarts constatés dans le calcul des relâchements alpha, bêta et tritium sont cohérents avec les incertitudes associées aux prélèvements, aux mesures en laboratoire et aux mesures des volumes.

Les émetteurs alpha et bêta rejetés au BDS proviennent essentiellement du réseau de drainage de la couverture. Leur présence est liée à la lixiviation des sols et donc à la radioactivité naturelle. Comme les années précédentes, le principal réseau contributeur au relâchement du tritium est le BRSO (40%). Toutefois, cette année, la contribution du drainage profond a augmenté (30% en 2020 contre 13% en 2019) ; la contribution du réseau de drainage couverture reste stable (28% en 2020 contre 24% en 2019). L'augmentation de la proportion du réseau de drainage profond est due à l'augmentation des activités en tritium mesurées en ce point de contrôle (cf. § 4.7.2).

4.5.2.3 Comparaison aux limites de rejet réglementaires

Au titre de l'arrêté d'autorisation de rejets [1] et du protocole de gestion des eaux entre Orano Recyclage et l'Andra [27], les limites à respecter au BDS et les résultats de 2020 sont donnés dans le Tableau 4-21.

⁷ Le relâchement à la CMED calculé à partir du volume à la CMED soustrait du volume de surverse

Tableau 4-21 Comparaison des limites réglementaires radiologiques et volumétriques aux résultats 2020 au point de rejet BDS

Paramètres	Limites autorisées	Résultats 2020	% de la limite
Volume total annuel ⁸	45 000 m ³	56 272 m ³	125%
Débit instantané	22,2 L/s	Maximum 16,4 L/s	73,9%
Activité tritium annuelle	125 GBq/an	1,62 GBq/an	1,30%
Activité tritium mensuelle maximum	20,8 GBq/mois	Maximum 0,59 GBq/mois	Maximum 2,84%
Activité bêta (hors tritium) annuelle	250 MBq/an	11,93 MBq/an	4,77%
Activité bêta mensuelle maximum	42 MBq/mois	Maximum 2,29 MBq/mois	Maximum 5,45%
Activité volumique bêta	1850 Bq/L	Maximum 2,5 Bq/L	Maximum 0,14%
Activité alpha annuelle	125 MBq/an	1,97 MBq/an	1,58%
Activité alpha mensuelle maximum	20,8 MBq/mois	Maximum 0,58 MBq/mois	Maximum 2,79%
Activité volumique alpha	37 Bq/l	Maximum 0,13 Bq/L	Maximum 0,35%

Les valeurs moyennes d'activités rejetées présentées dans le Tableau 4-21 sont des moyennes pondérées par les volumes, calculées en prenant en compte les valeurs en SD. Les seuils mensuels à respecter sont fixés réglementairement au 1/6 de la limite annuelle.

En 2020, le volume des effluents à risque rejeté vers les installations d'Orano Recyclage est supérieur aux 45 000 m³ prescrits par le protocole de gestion des eaux [27]. Ce dépassement est dû à la forte pluviométrie (1 363 mm), pluviométrie par ailleurs très au-dessus de la valeur guide de 1 000 mm fixée dans le protocole. Les volumes rejetés au BDS ont cependant pu être absorbés par Orano Recyclage.

Comme les années précédentes, les rejets effectués au BDS respectent les limites d'autorisation de rejet [1] ; les résultats sont très largement inférieurs aux limites réglementaires. Les rejets ne représentent que quelques pourcents des limites annuelles autorisées (Tableau 4-21).

4.5.3 Suivi physico-chimique des effluents du BDS

4.5.3.1 Résultats des analyses physico-chimiques au BDS

Les résultats des mesures physico-chimiques concernant ce point de contrôle sont présentés dans le Tableau 9-15 et le Tableau 9-16.

Les éléments chimiques mesurés viennent essentiellement des eaux de drainage de la couverture, récupérées via la CMED et qui constituent 95% de l'apport en volume au BDS (Cf.4.3.2). Ces eaux de drainage lessivent les matériaux constitutifs des couches supérieures de la couverture.

⁸ Avec l'hypothèse d'une pluviométrie annuelle de 1 000 mm.

La minéralité de ces effluents est stable par rapport aux années précédentes (la conductivité moyenne est de 414 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en 2020) ; le milieu est légèrement alcalin.

Comme pour les autres années, la présence des ions Ca^{2+} , Cl^- , K^+ , NO_3^{2-} et SO_4^{2-} est détectée dans ces eaux à des niveaux de concentration équivalents. Ces éléments sont généralement présents dans les eaux naturelles. On note aussi la présence de composés organiques (via la mesure du COT et de la DCO) compatibles avec des niveaux naturels.

Des valeurs significatives sont obtenues pour certains éléments définis comme substance indésirable (aluminium, baryum, bore, cuivre, fer et manganèse). Toutefois, ces valeurs sont cohérentes avec celles mesurées les années précédentes et, à titre indicatif, restent inférieures aux valeurs guides françaises des eaux douces destinées à la consommation humaine [28].

Parmi les toxiques chimiques prioritaires [29], on relève la présence de zinc (110 $\mu\text{g}/\text{L}$ en moyenne pour l'année 2020). Tout comme pour la CMG, le zinc étant également systématiquement présent dans l'eau de pluie (19 $\mu\text{g}/\text{L}$ en moyenne, Tableau 9-3), une origine anthropique liée aux activités de la zone industrielle de Digulleville est privilégiée.

Un autre toxique chimique mesuré de façon récurrente dans les eaux du BDS est le nickel, par ailleurs contrôlé mensuellement. Cet élément provient de la lixiviation des matériaux constitutifs de la couverture par les eaux de pluie. La concentration mesurée en 2020 est en moyenne de 36 $\mu\text{g}/\text{L}$ (Tableau 9-16 et Figure 4-16), en diminution ces dernières années.

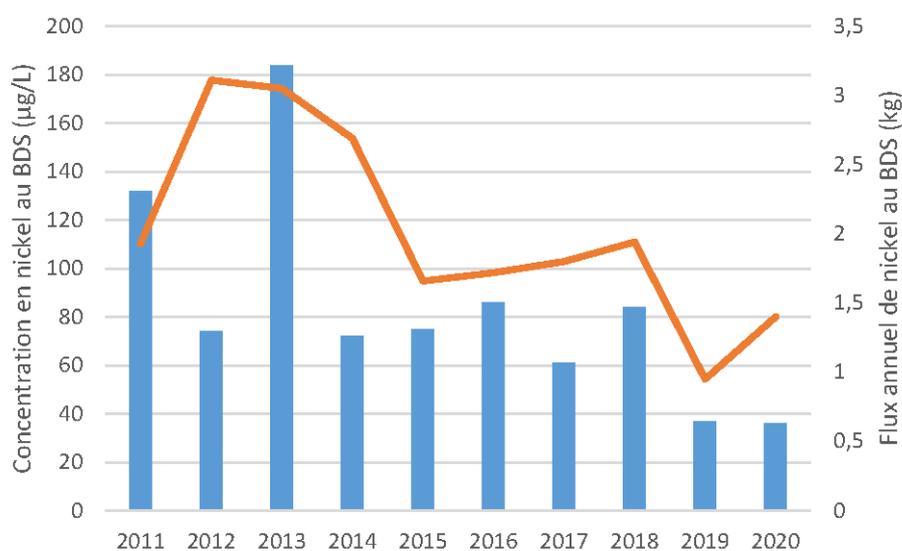


Figure 4-16 Evolution de la concentration nickel au point de contrôle BDS (2011-2020)

4.5.3.2 Calculs des flux des éléments chimiques au BDS

Le flux des éléments chimiques mesurés au point BDS est donné dans le Tableau 9-15.

Le Tableau 4-22 récapitule les flux en nickel entre 2011 et 2020. Les flux mensuels pour l'année 2020 sont donnés en annexe (Tableau 9-16).

Tableau 4-22 Evolution des flux de nickel à l'exutoire du BDS entre 2011 et 2020

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Flux de Ni (kg)	1,9	3,1	3,1	2,7	1,7	1,7	1,8	1,9	0,95	1,4

Le flux de nickel affiche une baisse depuis 2015. Le curage du réseau de drainage de la couverture, envisagé pour diminuer la concentration du nickel via le BDS et ne pas dépasser les valeurs limites de rejet, sera enclenché en fonction des prochains résultats.

Le Tableau 4-23 présente les teneurs en calcium, sulfates, chlorures et potassium, indicateurs potentiels de la dégradation des bétons, mesurées au BDS et aux différents réseaux y contribuant.

Tableau 4-23 Comparaison des teneurs en éléments majeurs entre les BDS et les différents réseaux contributeurs

Paramètres	BDS	RP300	RD12	BRSO
	Flux en kg et (teneurs en mg/L)			
Calcium	2822 (51)	2771 (50)	204 (44)	0,42 (35)
Sulfates	2991 (54)	2998 (54)	81 (17)	5,4 (450)
Chlorures	1765 (31)	1743 (31)	143 (31)	0,85 (70)
Potassium	95 (1,7)	88 (1,6)	14 (3,2)	6,2 (510)

Les flux des quatre éléments majeurs mesurés au BDS proviennent essentiellement du drainage des couches supérieures de la couverture (CMED) en cohérence avec les volumes collectés.

Les concentrations élevées en sulfates et potassium mesurées au BRSO sont liées à des dépôts résiduels de ces éléments dans les canalisations et les drains, ainsi qu'aux faibles débits y transitant. Toutefois, malgré ces concentrations élevées, la contribution au BDS de ces deux éléments provenant du RSGE est négligeable.

4.5.3.3 Comparaison aux limites de rejet réglementaires

Au titre de l'arrêté d'autorisation de rejet [1], les limites à respecter et les résultats de 2020 sont donnés dans le Tableau 4-24.

Tableau 4-24 Comparaison des limites réglementaires physico-chimiques aux résultats 2020 au BDS

Paramètres	Limites autorisées	Résultat maximal	Résultat minimal
pH	pH > -6	8,3	6,4
Bore	5 mg/L	0,024 mg/L	-
Nickel	0,5 mg/L	0,036 mg/L	-
Cyanures	0,1 mg/L	<0,005 mg/L	-
Chrome total	50 µg/L	<5 µg/L	-
Plomb	50 µg/L	<1 µg/L	-
Cadmium	20 µg/L	<0,5 µg/L	-
Mercure	1 µg/L	<0,05 µg/L	-
HAP	50 µg/L	<0,023 µg/L	--
Uranium	50 µg/L	<4 µg/L	-

Les limites de rejet des paramètres physico-chimiques figurant dans l'arrêté d'autorisation de rejets [1] concernant les « effluents à risques » sont respectées en 2020.

4.5.4 Conclusion

En 2020, les limites de rejets en termes de paramètres radiologiques et physico-chimiques définis dans l'arrêté d'autorisation de rejets [1] ont été respectées.

Il est à noter que les paramètres radiologiques sont bien en dessous des limites autorisées (< 5%).

Les termes du protocole de gestion des eaux avec Orano Recyclage [27] ont également été respectés même si le volume transféré est supérieur à 45 000 m³ en raison d'une pluviométrie supérieure à 1 000 mm.

Le principal radionucléide artificiel contribuant à la radioactivité des effluents du BDS est le tritium ; les quantités rejetées sont équivalentes aux années précédentes. Ce RN provient essentiellement du réseau séparatif drainant les effluents provenant des ouvrages dans lesquels sont stockés les colis de déchets. Aucune évolution notable n'est constatée sur le niveau global des activités relâchées.

Les résultats des analyses physico-chimiques sont stables par rapport aux années précédentes et ne mettent pas en évidence de dégradation des bétons constitutifs des ouvrages de stockage.

4.6 Suivi qualitatif du réseau de drainage de la couverture (CMED)

4.6.1 Généralités

Le point de contrôle dénommé RP300 (Figure 4-17) correspond à l'exutoire de l'ensemble des eaux de drainages sur et sous membrane. La localisation de ce point est représentée sur la Figure 4-3. Pour rappel, ce réseau est le principal contributeur en termes de volumes au BDS (95%).



Figure 4-17 Point de contrôle de la CMED : RP300

4.6.2 Suivi radiologique au point de contrôle RP300 (CMED)

Les analyses radiologiques au RP300 sont effectuées sur des prélèvements représentatifs des écoulements mensuels. Le détail des résultats est donné en annexe dans le Tableau 9-17.

Les concentrations volumiques moyennes pondérées par les volumes des 12 prélèvements effectués sont données dans le Tableau 4-25.

Tableau 4-25 Moyennes, maximales et minimales des concentrations volumiques du suivi radiologique au point de contrôle RP300

Paramètres	Moyenne	Maximale	Minimale
Tritium (Bq/L)	11	36	6,0
Indice alpha global (Bq/L)	0,025	0,053	0,019
Indice bêta global (Bq/L)	0,12	0,26	0,081
Potassium (mg /L)	1,7	2,6	1,4

Les moyennes annuelles mesurées en 2020 pour les paramètres radiologiques courants sont similaires à celles de l'année dernière.

Le marquage en tritium des eaux circulant dans le réseau de drainage de la couverture est lié en partie à la migration gazeuse du tritium hors des ouvrages. Ces échanges gaz/eau, favorisés par le fonctionnement de la ventilation dans les galeries du RSGE, se situent dans des zones propices au contact entre le tritium relâché dans la partie sous membrane de la couverture (air et eau sous membrane) et les eaux de drainage sur membrane.

Ces zones de contact sont principalement :

- les chambres de drainage, lieux où les drains sur et sous membrane sont mis en communication ;
- toutes les canalisations reliées aux chambres de drainage comme les drains sur membrane eux-mêmes et les conduites reliant les chambres à l'exutoire RP300.

Ce phénomène est d'autant plus mis en évidence que les débits sont faibles, la dilution du tritium étant alors minimale.

Les résultats des mesures des indices alpha et bêta globaux sont du niveau environnemental et similaires à ceux mesurés les années précédentes. La teneur moyenne en potassium est de 1,7 mg/L contribuant, via le ^{40}K à l'activité volumique bêta, à hauteur d'environ 0,047 Bq/L soit environ 40% de l'activité bêta globale.

4.6.3 Suivi physico-chimique au point de contrôle RP300 (CMED)

Les résultats des mesures physico-chimiques concernant ce point de contrôle sont présentés dans le Tableau 9-18.

Pour une grande part (eaux récupérées dans les drains sur-membrane), les eaux contrôlées ont percolé à travers les premières couches de la couverture. Les résultats des analyses physico-chimiques sont cohérents avec une lixiviation des matériaux constitutifs de la couverture et tout particulièrement des sables ciment utilisés en talus : calcium, bore, nickel et sulfates (présence de pyrite).

La minéralité de ces effluents est stable par rapport aux années précédentes (la conductivité moyenne est de 486 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en 2020) ; le milieu est légèrement alcalin.

Les flux sont équivalents à ceux des années précédentes.

Ces résultats montrent que les éléments chimiques mesurés au point BDS proviennent en grande partie des eaux du drainage couverture (calcium, chlorures, potassium, sulfates, baryum et bore).

4.6.4 Conclusion

Les eaux de drainage de la couverture sont marquées en tritium à raison de 11 Bq/L en moyenne. La concentration maximale en tritium apparaît pour les plus faibles débits et est d'environ 36 Bq/L.

Les analyses physico-chimiques sont stables par rapport aux années précédentes. Les éléments mesurés proviennent de la lixiviation par la pluie des constituants de la couverture. Ces éléments chimiques contribuent, pour la quasi-totalité, aux rejets effectués via le BDS.

4.7 Suivi qualitatif du réseau de drainage profond (RD) et l'exutoire RD12

4.7.1 Généralités

La localisation des divers points de prélèvement du réseau de drainage profond est rappelée en Figure 1-6.

Pour rappel, les eaux de l'ensemble du réseau de drainage profond sont acheminées vers le puits de collecte RD12. Les contributions des effluents collectés au RD12 sont :

- les drains de soubassement du bâtiment des bassins,
- les drains des murs de soutènement Nord et Est,
- les drains collatéraux à la galerie du RSGE,
- les drains dits profonds situés sous le niveau des ouvrages de stockage.

Depuis 1999, le contrôle des eaux de drainage profond consiste en :

- un suivi mensuel et hebdomadaire à l'exutoire du réseau de drainage RD12. Les échantillonnages sont asservis aux volumes d'effluents drainés.
- un suivi en 10 points du réseau en amont de cet exutoire RD12, par prélèvements ponctuels semestriels:
 - ✓ RD24 (drainage périphérique du bâtiment des bassins) ;
 - ✓ RD23 (drainage collatéral galerie est et drainage pieds de soutènements) ;
 - ✓ RD21 et RD22 (drainage collatéral de la galerie Est) ;
 - ✓ RD19 et RD20 (drainage collatéral galerie Ouest et galerie centrale) ;
 - ✓ RD17 et RD18 (drainage collatéral galerie centrale) ;
 - ✓ RD13 (drainage collatéral galerie Ouest) ;
 - ✓ RD3 (drainage collatéral zone Sud galerie Ouest).

4.7.2 Suivi radiologique des effluents du RD12

Les analyses radiologiques au BDS sont effectuées sur des prélèvements représentatifs des écoulements hebdomadaires et mensuels. Le détail des résultats est donné en annexe dans le Tableau 9-19 et dans le Tableau 9-20. Les résultats sur ces deux fréquences de prélèvement sont similaires.

Les concentrations volumiques moyennes des 6 prélèvements mensuels effectués en 2020 sont données dans le Tableau 4-26.

Tableau 4-26 Moyennes, maximales et minimales des concentrations volumiques de suivi radiologique au point de contrôle RD12

Paramètres	Moyenne	Maximale	Minimale
Tritium (Bq/L)	140	230	23
Indice alpha global (Bq/L)	0,027	0,036	≤0,015
Indice bêta global (Bq/L)	0,64	0,95	0,50
Potassium (mg /L)	3,5	4,3	2,9

Les résultats des mesures des indices alpha et bêta globaux sont similaires à ceux des années passées. La teneur moyenne en potassium est de 3,5 mg/L contribuant, via le ⁴⁰K à l'activité volumique bêta, à hauteur d'environ 0,1 Bq/L. La contribution du potassium à l'activité bêta est donc mineure (environ 15%).

La concentration volumique moyenne annuelle en tritium a augmenté en 2020 par rapport à 2019 (140 Bq/l et 75 Bq/L respectivement). Toutefois, on constate une évolution à la baisse ces dernières années (cf. Figure 4-18). La quantité de tritium venant du RD12 est en augmentation cette année (600 MBq, Tableau 9-19) en cohérence avec l'augmentation de la concentration annuelle et des volumes importants collectés en ce point en 2020 (liés à la pluviométrie, cf. Tableau 4-4).

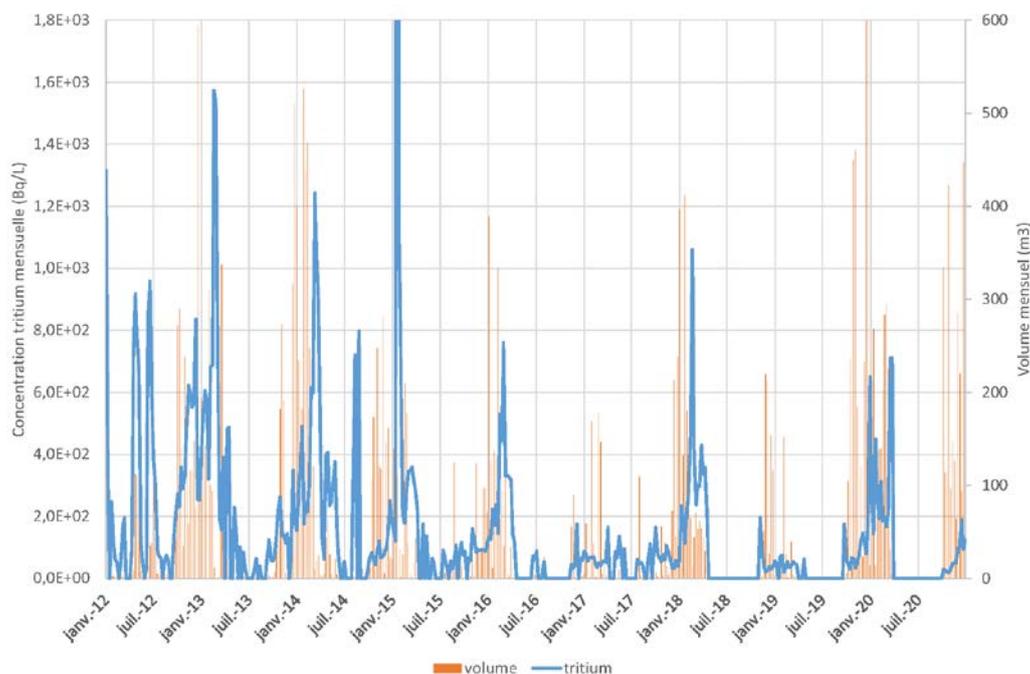


Figure 4-18 Evolution de la concentration mensuelle en tritium au point de contrôle RD12 (2012-2020) et des volumes collectés

4.7.3 Contrôles physico-chimiques des effluents du RD12

Les résultats des mesures physico-chimiques concernant le RD12 réalisées chaque semestre sont présentés dans le Tableau 9-21.

La minéralité de ces effluents est stable par rapport aux années précédentes (la conductivité moyenne est de 346 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en 2020) ; le milieu est légèrement alcalin.

Comme les années précédentes, du bore est mesuré dans les effluents du RD12 à des niveaux de concentrations similaires (21 $\mu\text{g}/\text{L}$ au premier semestre et 20 $\mu\text{g}/\text{L}$ au second semestre). Aucune substance toxique n'est mesurée dans les effluents du RD12.

4.7.4 Contrôle radiologique des RD en amont de l'exutoire RD12

Les analyses radiologiques sur les eaux aux points RD sont effectuées sur des prélèvements ponctuels semestriels ; les résultats sont présentés dans le Tableau 9-22.

Cette année, des prélèvements ont pu être réalisés (présence d'eaux) dans le RD17 et le RD18, situés en galerie centrale (Figure 1-6). Les derniers prélèvements dans ces RD datent de 2002 pour le RD17 et de 2001 pour le RD18. Ce constat est à mettre en parallèle avec les fortes pluviométries relevées à partir de novembre 2019 (Figure 5-4) qui ont généré un excès de recharge par rapport à la moyenne.

Pour rappel, il est admis que les effluents collectés dans le réseau de drainage profond viennent :

- des infiltrations parasites de bordures (infiltration d'eaux de pluie) ;
- de la condensation de l'eau présente dans l'air lors de la mise ne fonctionnement de la ventilation des galeries ;
- de l'interception de la nappe en saison de drainage intense.

En 2020, les activités volumiques alpha sont comprises entre 0,016 Bq/L et 0,58 Bq/L ; les activités volumiques bêta se situent entre 0,27 Bq/L et 1,71 Bq/L. L'activité volumique moyenne du tritium pour l'ensemble des RD est de 280 Bq/L (en nette augmentation par rapport à 2019 : 27 Bq/L), ce qui est cohérent avec l'augmentation de la concentration moyenne annuelle constatée au RD12 (§4.7.2).

De façon récurrente, les activités tritium les plus élevées sont mesurées aux RD19 (760 Bq/L) et RD20 (750 Bq/L). Cette année, le RD17 (680 Bq/L) et le RD18 (2470 Bq/L) présentent également des concentrations volumiques élevées. En 2020, ces quatre RD sont les principaux contributeurs en termes de rejets tritium au RD12. Comme les années précédentes, les valeurs les plus élevées sont mesurées lors de la campagne du mois de mars. Les prélèvements du mois de novembre ont un niveau radiologique en tritium beaucoup plus faible (cf. Tableau 9-22).

4.7.5 Conclusion

En 2020, aucune évolution sur les résultats physico-chimiques n'est constatée.

Le niveau radiologique en tritium présente une tendance à la baisse ces dernières années, avec toutefois une augmentation entre 2019 et 2020 liée à l'augmentation des volumes collectés qui entraîne ce radionucléide par lessivage de zone contaminée (infiltration parasites et interception de la nappe).

4.8 Suivi qualitatif des réseaux séparatifs gravitaires enterrés (RSGE et RSGEbis)

4.8.1 Généralités

Pour rappel, les drains alimentant les RSGE permettent de collecter les effluents à la base des ouvrages. Les effluents drainés dans ces réseaux aboutissent dans les cuves situées dans le local 220-2 du bâtiment des bassins. Les cuves 2 et 4 sont dédiées aux effluents du BRS0. Les cuves 3, 5 et 6 sont dédiées aux effluents du BRS0bis (Figure 1-5).

L'ensemble des effluents acheminés au BRS0 correspond aux écoulements potentiels issus de 107 BRS situés sur le réseau RSGE. Le BRS0bis recueille les écoulements des 3 BRS : BRS002, BRS114 et BRS149.

Les bacs de collecte (BRS) sont situés dans les différentes branches des galeries (Figure 1-4) :

- 39 dans la galerie sud et la galerie est, reliés à la branche est du collecteur ;
- 68 dans la galerie ouest et la galerie centrale, reliés à la branche ouest.

4.8.2 Suivi radiologique des effluents du BRS0 et du BRS0bis

4.8.2.1 Point de contrôle BRS0

Les analyses radiologiques au BRS0 sont effectuées sur des prélèvements représentatifs des écoulements mensuels. Le détail des résultats est donné en annexe dans le Tableau 9-23. Les effluents de ce réseau sont basiques (pH compris entre 8,4 et 8,9).

Les concentrations volumiques moyennes pondérées par les volumes des 12 prélèvements effectués sont données dans le Tableau 4-27.

Tableau 4-27 Moyennes, maximales et minimales des concentrations volumiques du suivi radiologique au point de contrôle BRSO

Paramètres	Moyenne	Maximale	Minimale
Tritium (Bq/L)	66 400	108 000	36 000
Indice alpha global (Bq/L)	1,12	1,80	0,61
Indice bêta global (Bq/L)	37,4	54,0	27,4
Potassium (mg /L)	771	1 180	436

Le potassium contribue, via le ^{40}K , à l'activité volumique bêta à hauteur d'environ 21 Bq/L. Par conséquent, l'activité volumique du ^{40}K contribue environ pour moitié à l'activité bêta des effluents du RSGE.

En réponse à l'engagement E7, cité dans l'encadré ci-après, pris lors de l'instruction du RDS 2009 [25], la mesure de l'indice bêta global sur la fraction insoluble (MES) est réalisée au point de contrôle BRSO.

► RAPPEL DE L'ENGAGEMENT E7

« L'Andra indiquera, dans les futurs bilans annuels de surveillance, l'importance relative des relâchements actuels d'activité associés aux MES dans les eaux du RSGE par rapport aux relâchements d'activité sous forme dissoute. Les éléments de justification du niveau de filtration des échantillons d'eau brute seront précisés. S'il apparaissait une évolution notable de cette activité, l'Andra réactivera, si cela est nécessaire pour en identifier l'origine, les mesures d'activité sur les BRS présentant un écoulement ».

Les activités bêta mesurées sur la fraction insoluble sont données dans le Tableau 9-23. La quantité de matières en suspension (MES) varie de 1,2 à 12 mg/L avec une moyenne de 4,8 mg/L. Les émetteurs bêta dans la fraction insoluble sont compris entre 6,8 et 40 Bq/g. Toutefois, le relâchement des émetteurs bêta provenant de la fraction insoluble ne représente que 0,14 % des émetteurs bêta relâchés au point BRSO.

Aucune évolution notable n'a été constatée en 2020.

Comme le montre la Figure 4-19, les quantités rejetées en alpha, bêta et tritium au point BRSO sont en diminution ces dernières années. En 2020, les niveaux d'activités sont cohérents avec ceux des années précédentes.

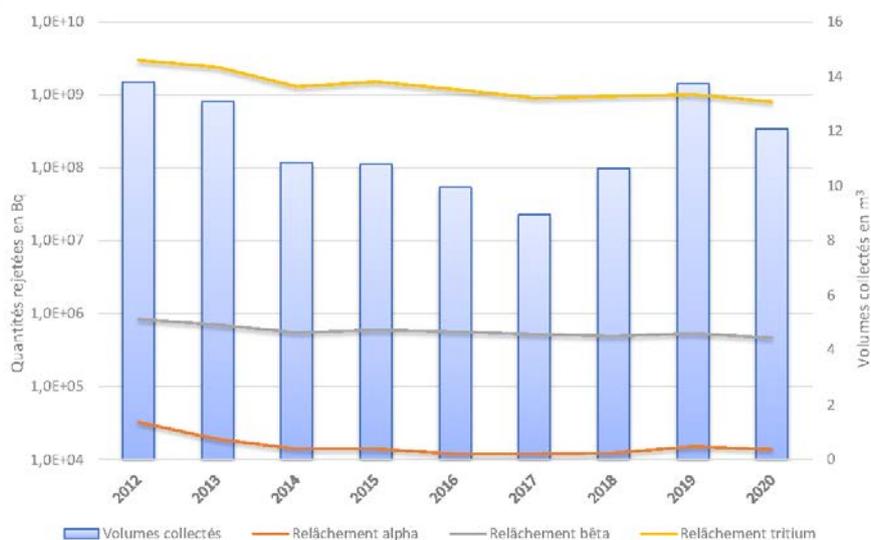


Figure 4-19 Evolution des quantités rejetées en alpha, bêta et tritium au point BRSO depuis 2012

En complément de ces analyses régulières, des analyses à bas seuils sont réalisées chaque semestre. Les RN recherchés correspondent aux principaux RN présents dans les colis de déchets. Les résultats sont présentés dans le Tableau 9-24. Les analyses sont réalisées sur la fraction soluble et insoluble (<0,45 µm).

Les mesures effectuées en 2020 ne montrent pas d'évolution majeure des activités radiologiques dans la fraction soluble. Les résultats des indices alpha et bêta globaux sont en cohérence avec les émetteurs alpha et bêta mesuré individuellement.

Comme les années précédentes :

- le RN le plus abondant est le tritium ;
- quelques RN d'origine naturelle sont mis en évidence : ^{40}K , ^{226}Ra , ^{234}Th , ^{234}U , ^{235}U , ^{238}U ;
- les RN d'origine artificielle (en dehors du tritium) restent à des niveaux radiologiques comparables aux années précédentes (^{14}C , ^{63}Ni , ^{90}Sr , ^{99}Tc , ^{137}Cs , ^{238}Pu et $^{239+240}\text{Pu}$).

La concentration volumique en ^{99}Tc relativement élevée mesurée au deuxième semestre 2019 ($2,1 \pm 0,2$ Bq/L) n'a pas été confirmée en 2020. La mesure significative du second semestre est dans les valeurs habituellement mesurées ($0,006 \pm 0,005$ Bq/L).

Comme fréquemment constaté, des traces de ^{137}Cs sont détectées dans la fraction insoluble en cohérence avec sa présence dans ces effluents. Aucun autre RN artificiel n'est mesuré dans la fraction insoluble.

4.8.2.2 Point de contrôle BRS0bis

Les analyses radiologiques au BRS0bis sont effectuées sur des prélèvements représentatifs des écoulements hebdomadaires. Le détail des résultats est donné en annexe dans le Tableau 9-26.

Les concentrations volumiques moyennes pondérées par les volumes des 53 prélèvements effectués sont données dans le Tableau 4-28.

Tableau 4-28 Moyennes, maximales et minimales des concentrations volumiques du suivi radiologique au point de contrôle BRS0bis

Paramètres	Moyenne	Maximale	Minimale
Tritium (Bq/L)	122	570	12
Indice alpha global (Bq/L)	≤ 0,049	0,14	≤ 0,036
Indice bêta global (Bq/L)	5,6	12	3,6
Potassium (mg /L)	2,38	4,67	1,70

Les moyennes annuelles des indices alpha et bêta globaux mesurées en 2020 sont similaires à celles de l'année dernière. Le potassium contribue, via le ^{40}K , à l'activité volumique bêta à hauteur d'environ 0,07 Bq/L. Par conséquent, l'activité volumique du ^{40}K ne contribue pas de manière prépondérante à l'activité bêta des effluents du BRS0bis.

Cette année la concentration moyenne annuelle en tritium est plus élevée que les années précédentes. La Figure 4-20 montre les variations de concentration volumique en tritium depuis 2011 et en particulier l'augmentation de cette année pour laquelle des niveaux de concentration équivalents à ceux de 2011 sont mesurés. De plus, compte tenu du volume plus important récupéré au BRS0bis en 2020, la quantité rejetée en tritium est la plus importante depuis la mise en place de ce réseau (Figure 4-21). Les quantités rejetées en alpha et en bêta sont également en augmentation cette année. Toutefois, le niveau de radioactivité de ces éléments reste dans la même gamme.

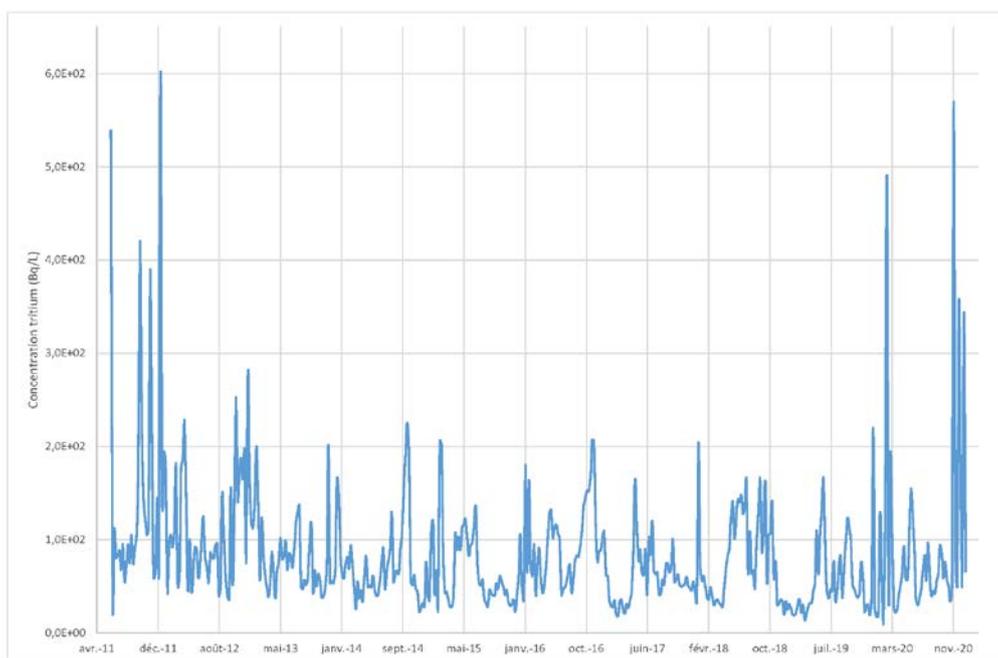


Figure 4-20 Evolution de la concentration mensuelle en tritium au point BRS0bis depuis 2011

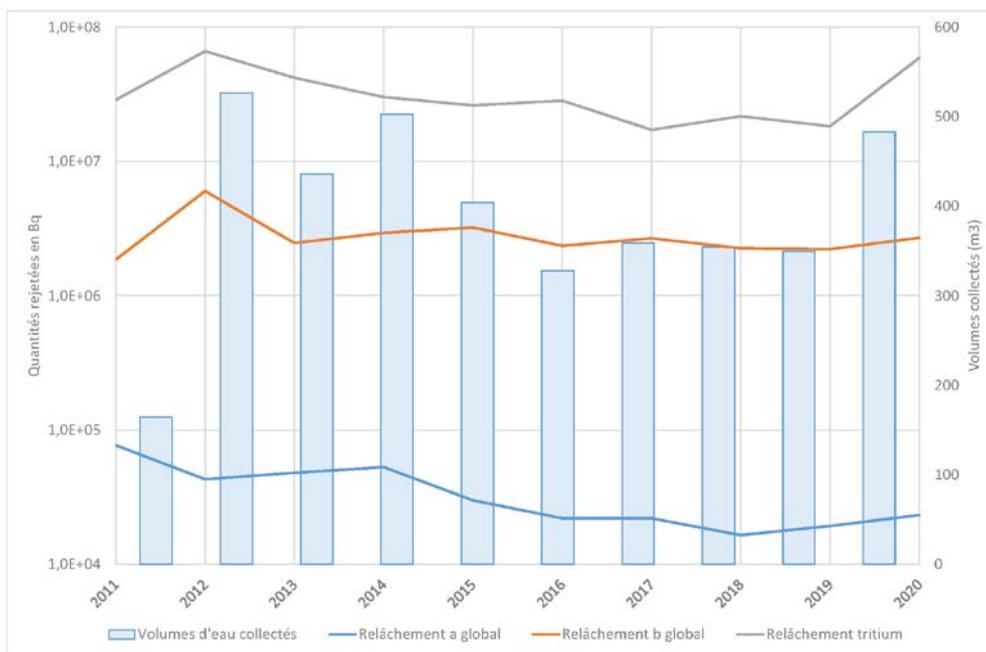


Figure 4-21 Evolution des quantités rejetées en alpha, bêta et tritium au point BRS0bis depuis 2011

Les mesures de l'indice bêta sur la fraction insoluble au point de contrôle BRS0bis sont données dans le Tableau 9-26. La quantité de MES varie fortement de 1,8 à 270 mg/L. La valeur haute est particulièrement élevée cette année et est due au lessivage des matériaux lors des pluies importantes qui ont eu lieu après la période estivale. Les émetteurs bêta dans la fraction insoluble sont compris entre 21 et 142 Bq/g. Les bêtas insolubles représentent jusqu'à 71 % des bêta mesurés au point BRS0bis ; ce résultat est cohérent avec l'origine de ces effluents, qui correspondent pour une grande partie à des infiltrations d'eaux parasites qui lessivent des matériaux de la couverture et correspondent donc à des RN naturels.

En complément de ces analyses courantes, l'activité volumique du ¹⁴C est mesurée mensuellement ; les résultats sont donnés dans le Tableau 4-29.

Tableau 4-29 Résultats des mesures mensuelles du ¹⁴C au point de contrôle BRS0bis

Période	Volume m ³	¹⁴ C Bq/L	Relâchement mensuel MBq
Janvier	64,90	≤11	0,36
Février	65,00	16 +/- 12	1,04
Mars	55,70	15 +/- 11	0,84
Avril	16,80	13 +/- 7	0,22
Mai	9,75	23 +/- 7	0,22
Juin	9,95	69 +/- 16	0,69
Juillet	13,85	41 +/- 11	0,57
Août	10,40	73 +/- 16	0,76
Septembre	7,60	21 +/- 9	0,16
Octobre	79,30	≤33	1,31
Novembre	58,10	≤27	0,78
Décembre	91,95	≤26	1,20
Total	483,3	-	8,14

En 2020, les activités volumiques de ¹⁴C mesurées au point BRS0bis sont comprises entre 13 et 73 Bq/L (similaires aux années précédentes). Le ¹⁴C contribue à hauteur de 12 à 15% dans les mesures de l'indice bêta global ; ce RN représente donc une part importante du bêta global mesuré.

Des analyses radiologiques courantes sont réalisées annuellement sur les BRS contribuant au BRS0bis (BRS002 et BRS149). Les résultats sont présentés dans le Tableau 4-30.

Tableau 4-30 Résultats des mesures des prélèvements ponctuels annuels au BRS002 et au BRS149

Point de prélèvement	Date de prélèvement	Tritium (Bq/L)	Indice αG (Bq/L)	Indice βG (Bq/L)	Potassium (mg/L)	pH
BRS002	13/10/20	43 +/- 6	1,7 +/- 1,0	5,9 +/- 1,3	2,4 +/- 0,2	8,0 +/- 0,1
BRS149	12/05/20	13 +/- 2	0,24 +/- 0,11	0,76 +/- 0,15	0,22 +/- 0,2	7,4 +/- 0,1

Ces résultats ponctuels sont cohérents avec ceux mesurés au BRS0bis. Le plus gros contributeur en termes de volume (cf. § 4.3.5) mais aussi en termes d'apport de RN au BRS0bis est le BRS002. Ces valeurs ponctuelles mesurées au BRS002 sont cohérentes avec celles habituellement mesurées et ne permettent pas d'expliquer l'augmentation de l'activité tritium mesurée au BRS0bis en fin d'année.

Cette année, la date du prélèvement du BRS149 a été décalée en période d'écoulement pour pouvoir réaliser des mesures radiologiques sur ces effluents (les dernières dataient de 2017). La valeur de concentration tritium est plus faible que celle habituellement mesurée (moyenne de 150 Bq/L sur les dix dernières années) et s'explique par la forte pluie depuis octobre 2019 qui entraîne une dilution du tritium.

4.8.3 Suivi physico-chimique des effluents du BRSO et du BRSObis

4.8.3.1 Point de contrôle BRSO

Les résultats des mesures physico-chimiques concernant le BRSO réalisées chaque semestre sont présentés dans le Tableau 9-25. Ces analyses sont effectuées à chaque vidange de cuve (juin et décembre).

La conductivité est proportionnelle aux ions présents dans la solution. Comme les années précédentes, la conductivité dans les effluents du BRSO est très forte, traduisant une charge saline très élevée. En effet, compte tenu des faibles volumes transitant dans ce réseau, les concentrations des principaux éléments sont très élevées. Le milieu est légèrement alcalin.

Les concentrations des éléments indicateurs de la possible dégradation des structures béton (calcium, sulfates, chlorures et potassium) restent stables en 2020 (cf. § 4.5.3.2).

Les concentrations en baryum (23 et 17 mg/L) sont globalement équivalentes à celles mesurées dans les eaux de drainage de la couverture (CMED) et sont donc liées à la composition chimique des matériaux la constituant.

Cette année, du zinc est mesuré (17 et 13 µg/L), à des niveaux comparables à ceux des années précédentes.

La présence de bore, chrome, cyanures, nickel et uranium est récurrente. Ces éléments sont recensés dans l'inventaire physico-chimique du Centre et considérés comme toxiques chimiques prioritaires. La Figure 4-22 représente l'évolution de ces toxiques depuis 2012. Les concentrations en baryum, bore et uranium ont une tendance légère à la baisse, tandis que les concentrations en chrome, en cyanures, en nickel et en cadmium restent stables.

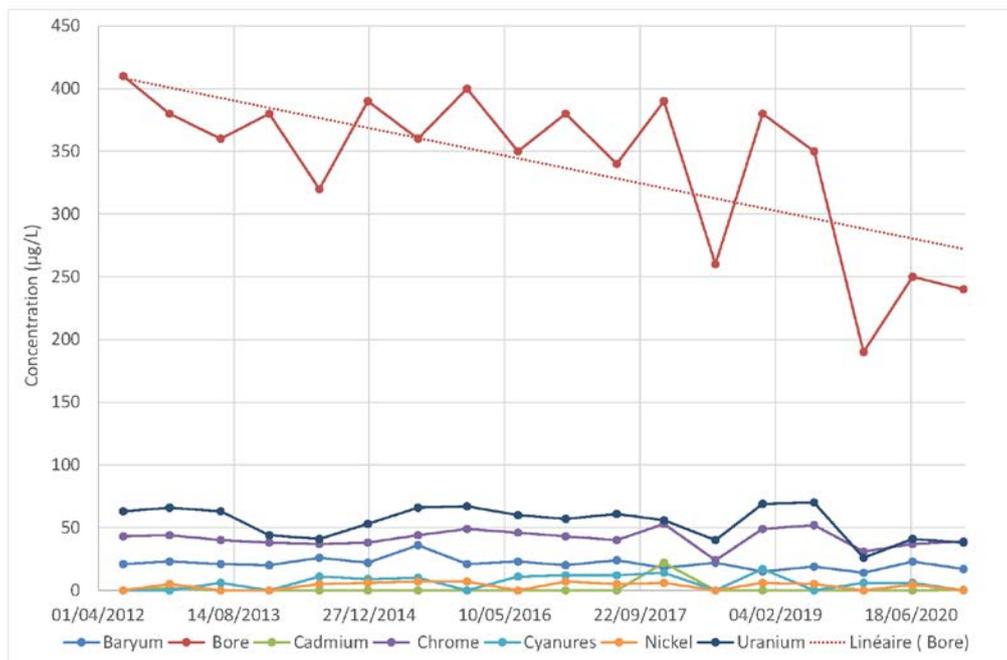


Figure 4-22

Evolutions des concentrations des toxiques prioritaires au point de contrôle BRSO depuis 2012

4.8.3.2 Point de contrôle BRS0bis

Les résultats des mesures physico-chimiques concernant le point de contrôle BRS0bis réalisées tous les 50 m³ sont présentés dans le Tableau 9-27.

Le suivi physico-chimique des effluents provenant du BRS0bis montre que la qualité de ces effluents est conforme aux limites réglementaires fixées par l'arrêté d'autorisation de rejet au BDS [1].

Seul le bore est mesuré systématiquement à des teneurs significatives, variant de 12 à 100 µg/L, ce qui reste largement en deçà de la limite réglementaire de 5000 µg/L fixée à l'exutoire BDS.

4.8.4 Conclusion

Le principal radionucléide artificiel présent dans les effluents des réseaux gravitaires est le tritium. Dans les effluents transitant via le BRS0, on trouve également à un niveau plus faible du ¹⁴C, ⁶³Ni, ⁹⁰Sr, ¹³⁷Cs, ²³⁸Pu et ²³⁹⁺²⁴⁰Pu ainsi que les isotopes naturels de l'uranium.

L'activité bêta au RSGEbis vient en partie de la présence de ¹⁴C (44 Bq/L de moyenne annuelle) contribuant au comptage bêta global par compteur proportionnel à hauteur de 10 à 15 %.

Aucune évolution significative n'est enregistrée sur les paramètres physico-chimiques mesurés au BRS0 et BRS0bis.

4.9 Suivi radiologique des BRS en amont des exutoires

4.9.1 BRS en galeries ouest et centrale – exutoire BRS-OU

Les analyses radiologiques des eaux du RSGE provenant des branches ouest et centrale sont réalisées sur des prélèvements ponctuels hebdomadaires au point de contrôle BRS-OU. Les résultats sont présentés dans le Tableau 9-28.

Etabli à partir de ces résultats, le Tableau 4-31 récapitule les concentrations moyennes pondérées par les débits.

Tableau 4-31 Moyennes, maximales et minimales des concentrations volumiques du suivi radiologique au point de contrôle BRS-OU

Paramètres	Moyenne	Maximale	Minimale
Tritium (Bq/L)	110 000	200 000	59 000
Indice alpha global (Bq/L)	1,1	1,8	0,57
Indice bêta global (Bq/L)	43	74	23
Potassium (mg /L)	680	1 400	370

Les résultats de l'année 2020 sont similaires à ceux de l'années 2019.

En complément de ces analyses hebdomadaires au point de contrôle BRS-OU, des analyses annuelles sont réalisées sur chacun des BRS présentant des écoulements suffisants pour effectuer un prélèvement. Les résultats sont présentés dans le Tableau 9-29 (pour la galerie Ouest) et dans le Tableau 9-30 (pour la galerie centrale). Ces résultats donnent une image des écoulements et du niveau de radioactivité au moment du prélèvement. Ils ne sont pas représentatifs de la totalité des écoulements et de l'activité radiologique annuelle. Toutefois, les prélèvements sont effectués chaque année à la même période, ce

qui permet de détecter des évolutions anormales d'une année sur l'autre (écoulement, tarissement, augmentation d'activité radiologique).

Cette année, seuls 8 prélèvements ont pu être effectués en galerie ouest et 6 en galerie centrale.

Le BRS145 situé en galerie ouest ne présentait pas assez d'écoulement pour effectuer un prélèvement, or ce BRS est généralement le point présentant l'activité bêta globale la plus importante due à la présence de ¹³⁷CS dans ces effluents. Cette année, c'est le BRS136 qui présente l'activité bêta globale la plus importante (122 Bq/L, cf. Tableau 9-29).

De même en galerie centrale, le débit du BRS106 n'a pas permis la réalisation d'un prélèvement. Ce BRS est généralement celui dont l'activité radiologique bêta est la plus élevée, cette activité correspondant pour plus d'un tiers à la présence de potassium. Cette année, le BRS082 présente l'activité bêta la plus importante (129 Bq/L, cf. Tableau 9-30).

Les principaux contributeurs au relâchement tritium au point de contrôle BRS-OU sont présentés dans le Tableau 4-32.

Tableau 4-32 Principaux BRS contributeurs au rejet de tritium au point de contrôle BRS-OU

	Galerie ouest	Galerie centrale
Principaux BRS contributeurs au relâchement tritium	BRS136, BRS022, BRS139, BRS027, BRS108, BRS034	BRS088, BRS087, BRS082, BRS048, BRS081
Activité moyenne pondérée par les débits (Bq/L)	41 600	274 000

Les principaux contributeurs restent identiques à ceux identifiés les années précédentes. Ils dépendent toutefois du niveau des écoulements au moment du prélèvement.

En 2020, les activités moyennes en tritium, pondérées par les débits, sont en diminution par rapport à 2019. Ce constat est cohérent avec l'évolution du niveau radiologique en tritium mesuré au point BRS0 (§ 4.8.2.1). Toutefois, comme noté précédemment, il s'agit d'un prélèvement ponctuel annuel qui ne représente pas les écoulements et les niveaux de radioactivité de l'année.

4.9.2 BRS en galerie est et sud – exutoire BRS-ES

Les analyses radiologiques des effluents du RSGE provenant des branches est et sud sont réalisées sur des prélèvements ponctuels hebdomadaire au point de contrôle BRS-ES : les résultats sont présentés dans le Tableau 9-31. Les effluents de la branche est sont légèrement plus basiques que ceux de la branche ouest.

A partir de ces résultats, le Tableau 4-33 récapitule les concentrations moyennes pondérées par les débits.

Tableau 4-33 Moyennes, maximales et minimales des concentrations volumiques du suivi radiologique au point de contrôle BRS-ES

Paramètres	Moyenne	Maximale	Minimale
Tritium (Bq/L)	24 000	52 000	4 000
Indice alpha global (Bq/L)	1,1	2,9	0,27
Indice bêta global (Bq/L)	26	68	11
Potassium (mg /L)	650	1 500	200

Les résultats de l'année 2020 sont similaires à ceux de l'années 2019.

En complément de ces analyses hebdomadaires au point de contrôle BRS-ES, des analyses annuelles sont réalisées sur chacun des BRS présentant des écoulements suffisants pour effectuer un prélèvement. Les résultats sont présentés dans le Tableau 9-32. Ces résultats donnent une image des écoulements et du niveau de radioactivité au moment du prélèvement, et ne sont pas représentatifs de la totalité des écoulements et de l'activité radiologique annuelle. Toutefois, les prélèvements sont effectués chaque année à la même période ce qui permet de détecter des évolutions d'une année sur l'autre (écoulement, tarissement, augmentation d'activité radiologique).

Seuls trois BRS présentaient des écoulements suffisants pour réaliser un prélèvement en galerie est et aucun prélèvement n'a pu être réalisé en galerie sud.

Le Tableau 4-34 présente les principaux BRS contributeurs des écoulements du point de contrôle BRS-ES. Ces BRS sont ceux qui contribuent majoritairement au relâchement tritium au point de contrôle BRS-ES depuis plusieurs années avec le BRS131 qui n'a pas pu être prélevé cette année.

Tableau 4-34 Principaux BRS contributeurs au rejet de tritium au point de contrôle BRS-ES

	Galerie est	Galerie sud
Principaux BRS contributeurs au relâchement tritium	BRS123, BRS126	BRS131
Activité moyenne pondérée par les débits (Bq/L)	6 100	-

4.9.3 Conclusion

Les activités radiologiques mesurées au point de contrôle BRS-OU et BRS-ES présentent, en 2020, une tendance à la baisse par rapport à 2019. Cette diminution est cohérente avec la diminution constatée au point BRS0.

Le nombre de prélèvements réalisés lors de la campagne d'octobre est en diminution par rapport aux années précédentes.

Le suivi des volumes et les résultats des analyses aux laboratoires ne mettent en évidence aucune évolution des effluents provenant des radiers du stockage.

La surveillance de l'environnement du Centre de stockage de la Manche

<i>5.1 Introduction</i>	<i>114</i>
<i>5.2 Surveillance des eaux souterraines</i>	<i>114</i>
<i>5.3 Surveillance des eaux superficielles</i>	<i>149</i>
<i>5.4 Surveillance radiologique atmosphérique</i>	<i>159</i>
<i>5.5 Surveillance complémentaire</i>	<i>163</i>

5.1 Introduction

L'Andra CSM réalise, en complément du suivi des effluents, une surveillance radiologique et physico-chimique régulière des différents compartiments de l'environnement attenant au site du CSM :

- surveillance des hauteurs piézométriques ;
- surveillance radiologique et physico-chimique des eaux souterraines qui alimentent les ruisseaux ;
- surveillance des eaux superficielles (ruisseaux) et des sédiments associés ;
- surveillance radiologique atmosphérique : pluie (cf. 4.2), poussières et végétaux.

Le suivi de la nappe est effectué afin d'évaluer l'impact de l'installation sur les eaux souterraines, et peut mettre en évidence des anomalies liées au stockage (élévation anormale du tritium, présence de RN artificiels). Il est à noter que les eaux de la nappe phréatique présentent par endroits un marquage en tritium lié à une contamination historique. Toutefois, ces eaux ne sont destinées à aucun usage domestique.

Les contrôles réalisés dans les ruisseaux permettent de s'assurer de l'absence d'impact des activités du Centre sur l'environnement et la population.

Les aérosols jouent un rôle important dans la dispersion des pollutions. Même si le Centre n'effectue pas de rejet gazeux, il participe à la surveillance de ce compartiment environnemental qui, en cas de pollution, peut avoir un impact sur l'homme.

5.2 Surveillance des eaux souterraines

5.2.1 Présentation générale – principe de la surveillance

La localisation des piézomètres permettant le contrôle de la qualité et de l'évolution de la nappe phréatique est présentée en Figure 5-1.

Les mesures réalisées dans les eaux souterraines, à l'aide du réseau piézométrique comprenant des piézomètres suivis par l'Andra et des piézomètres suivis par Orano Recyclage, ont trois objectifs principaux :

- déterminer les directions d'écoulement au droit du stockage jusqu'aux exutoires ;
- déterminer la recharge de la nappe et les fluctuations piézométriques pour contrôler le niveau de la nappe par rapport aux radiers des ouvrages ;
- suivre les niveaux d'activité radiologique, un focus étant fait sur le tritium, ainsi que les paramètres physico-chimiques des eaux souterraines pour détecter d'éventuelles anomalies.

Les piézomètres Andra sont implantés sur le site ou à proximité ; ils sont au nombre de 60. Les piézomètres appartenant à Orano Recyclage (environ 35) permettent de compléter les mesures effectuées par l'Andra.

Les piézomètres suivis par l'Andra sont appelés POXXX (en bleu sur la Figure 5-1) et ceux suivis par Orano Recyclage sont appelés PZXXX (en rouge sur la Figure 5-1).

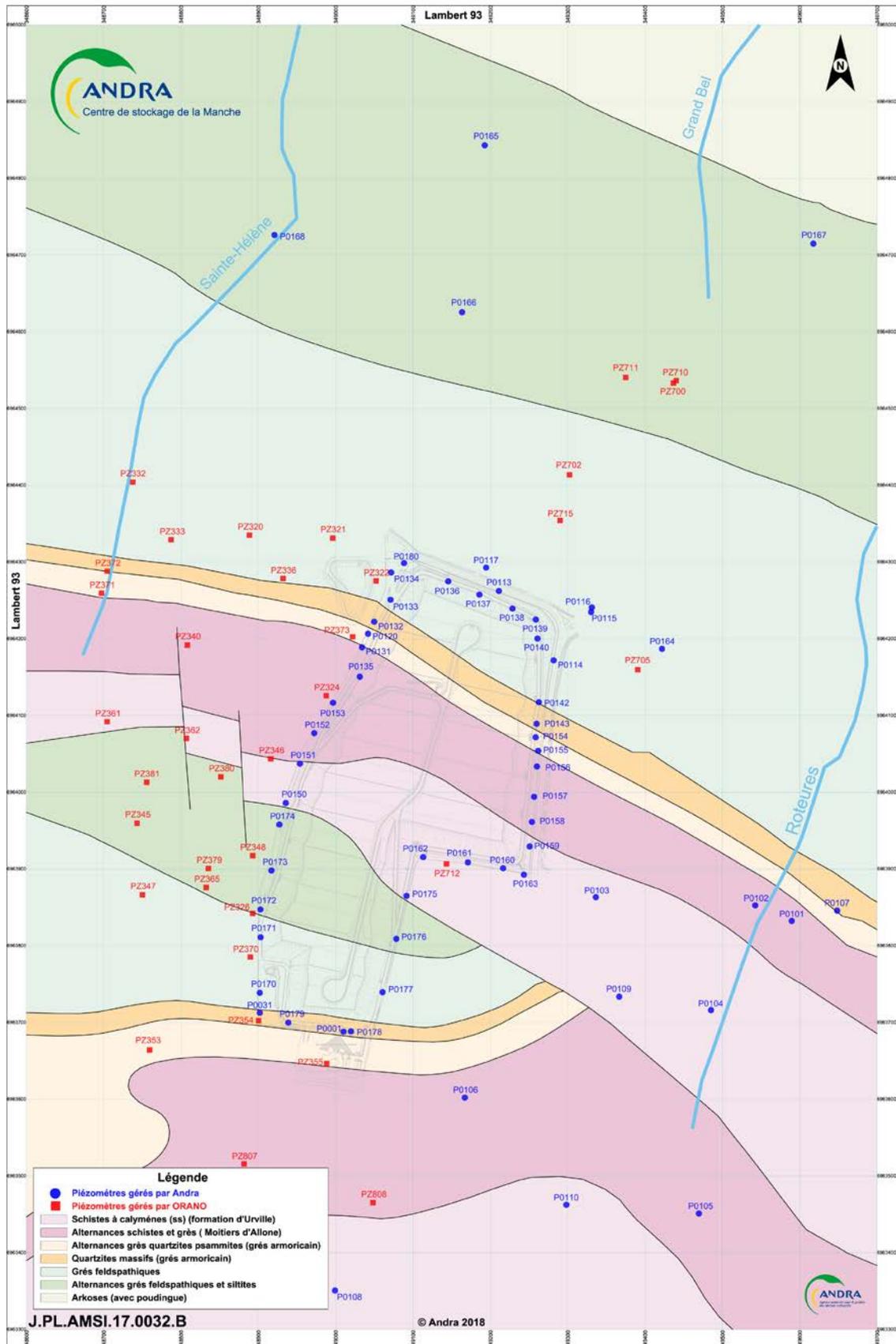


Figure 5-1

Localisation des piézomètres

La circulation des eaux souterraines dans le secteur du Centre est complexe. La nappe subit des variations saisonnières de hauteur en fonction des conditions climatiques et présente donc des directions d'écoulement variables, qui sont également influencées par les pompages réalisés au niveau des bâtiments et installations industrielles d'Orano Recyclage situés à l'ouest.

Aussi, l'observation croisée des activités volumiques ainsi que des directions d'écoulement de la nappe amène à considérer différentes zones caractéristiques pour lesquelles le suivi du comportement des piézomètres les plus marqués est étudié.

L'Andra a ainsi regroupé les piézomètres représentatifs par zone, afin d'établir des chroniques et des courbes traçant les évolutions radiologiques et physico-chimiques de ces eaux. Ceci facilite la surveillance pluriannuelle des eaux souterraines.

Le Tableau 5-1 présente de façon synthétique cette répartition ainsi que le nombre de prélèvements et le type d'analyse réalisés par zone.

Tableau 5-1 Répartition des piézomètres par secteur et par type de surveillance

Zones	Situations par rapport au CSM		Piézomètres par type de surveillance		
	Géographique	Hydraulique	Hauteur piézométrique	Surveillance Radiologique	Surveillance physico-chimique
1	Sud-Est Figure 5-9	Amont, zone de recharge	Tous les piézomètres de la Figure 5-1.	PO001, PO158, PO159, PO160, PO161, PO162, PO175, PO176, PO177, PO178	PO001, PO160, PO175
2	Sud-Ouest Figure 5-10	Zone influencée par le rabattement du bâtiment EEV-SE		PO150, PO151, PO170, PO171, PO172, PO173, PO174, PO179, PZ326	EVT-7, PO172, PO174
3	Nord-Est Figure 5-13	Secteur influençant le ruisseau du Grand Bel et partiellement l'aval du ruisseau des Roteures		PO113, PO114, PO115, PO116, PO117, PO137, PO138, PO139, PO140, PO142, PO143, PO154, PZ715	PO113, PO114, PO115, PO139, PO142, PO156, PO158, PZ700, PZ715
4	Nord-Ouest Figure 5-17	Secteur influençant le ruisseau de la Sainte-Hélène		PO120, PO131, PO132, PO133, PO134, PO135, PO136, PO152, PO153, PO180, PZ320, PZ321, PZ322, PZ324, PZ340, PZ371	PO131, PO136, PO153, PO168, PO180, PZ322

Zones	Situations par rapport au CSM		Piézomètres par type de surveillance		
	Géographique	Hydraulique	Hauteur piézométrique	Surveillance Radiologique	Surveillance physico-chimique
5	Nord Figure 5-24	Aval hydraulique du Centre regroupant également la crête piézométrique		PO113, PO114, PO117, PO133, PO134, PO136, PO137, PO138, PO139, PO140, PO180	PO180, PO136, PO139, PO113, PO114

Niveau piézométrique

Le suivi du niveau piézométrique de la nappe phréatique est réalisé chaque mois par une mesure de hauteur dans chaque piézomètre. Ce niveau piézométrique est fonction de la recharge, de la géométrie et de la nature de l'aquifère, ainsi que des perturbations que peuvent induire les pompages ou les aménagements du site.

Ainsi, 6 piézomètres (PO151, PO152, PO159, PO162, PO163, PO173) sont par ailleurs équipés d'une sonde dite « d'attention » se déclenchant à l'atteinte d'un niveau de nappe défini.

Surveillance radiologique

Les analyses radiologiques sur les eaux de la nappe sont effectuées sur des prises d'échantillons (canne de prélèvement) ponctuelles à fréquences mensuelles, bimestrielles ou semestrielles : les résultats sont présentés dans le Tableau 9-33 et le Tableau 9-34. Ces contrôles concernent les piézomètres intérieurs et extérieurs au CSM. Par ailleurs, chaque prélèvement est accompagné d'une mesure de hauteur de la nappe. Concernant les activités volumiques en tritium, le Tableau 9-33 et le Tableau 9-34 présentent, outre les valeurs moyennes (moyennes arithmétiques de toutes les mesures effectuées dans l'année), les valeurs maximales des mesures de l'année, signalées en gras pour chaque piézomètre.

Le suivi du tritium s'appuie sur l'exploitation de similarités de comportement entre piézomètres pour obtenir une interprétation aussi robuste que possible, tant pour le suivi de l'évolution du marquage que pour la détection d'une éventuelle évolution induite par la pose de la couverture.

Le Tableau 9-35 précise l'ensemble des valeurs (moyennes, minimum et maximum des résultats des activités volumiques sur 2020) caractérisant les piézomètres Andra et Orano Recyclage, analysés dans le cadre de la surveillance du Centre.

Des analyses radiologiques à bas seuil sont réalisées annuellement sur les piézomètres PO001, PO113, PO131, PO137, PO138, PO140, PO159, PO168, PO173, PO174, PO180, PZ700. Les résultats sont présentés dans le Tableau 9-36 et le Tableau 9-37.

Il a été démontré, via des études antérieures (2012-2018), que la nappe est affectée par une stratification dont les effets sont variables suivant les saisons et en fonction des battements de la nappe. Cet effet, couplé à un différentiel de vitesse de circulation de l'eau dans les différents faciès traversés, pourrait expliquer la stratification du tritium dans une même colonne d'eau. La prochaine campagne de mesure de concentration tritium en profondeur sur les huit piézomètres étudiés (PO113, PO120, PO132, PO133, PO136, PO142, PO143, PO156) est prévue en 2024 (suivi de fréquence quinquennale).

Surveillance physico-chimique

Conformément à l'arrêté d'autorisation de rejet [1], les 19 piézomètres cités sont suivis chaque semestre en période de hautes et basses eaux ; en complément, le PO115 et le PZ700 sont également suivis. L'objectif de ce suivi est de détecter toute augmentation anormale de concentration d'un élément chimique. Les paramètres suivis correspondent à ceux pouvant provenir du stockage et sont conformes à l'arrêté d'autorisation de rejet [1]. Les résultats des mesures physico-chimiques concernant ces piézomètres sont présentés dans le Tableau 9-38, le Tableau 9-39, le Tableau 9-40 et le Tableau 9-41.

La liste des paramètres suivis a été complétée depuis janvier 2012 par la caractérisation des métaux dissous, nitrites et orthophosphates, tels que spécifiés dans l'arrêté modifié du 17 décembre 2008 [31] fixant les normes de qualité environnementales (NQE). Le Tableau 5-2 précise les concentrations à ne pas dépasser pour les paramètres mesurés dans le cadre de la surveillance de l'environnement du CSM, en cohérence avec l'arrêté précité.

Tableau 5-2 Valeurs seuils des paramètres mesurés dans les eaux souterraines du CSM (selon arrêté 17 décembre 2008 [31])

Paramètres	Valeurs seuils retenues au niveau national
Arsenic dissous	10 µg/L
Cadmium dissous	5 µg/L
Mercure dissous	1 µg/L
Plomb dissous	10 µg/L
Nitrites	0,3 mg NO ₂ ⁻ /L
Orthophosphates ⁹	0,5 mg PO ₄ ³⁻ /L

5.2.2 Suivi du niveau piézométrique

5.2.2.1 Direction des écoulements

La Figure 5-2 et la Figure 5-3 présentent les directions d'écoulement de la nappe en 2020, établies à partir des relevés de niveaux piézométriques effectués en période de hautes et basses eaux (§ 5.2.2.4).

Comme pour les années précédentes, le suivi de l'évolution des directions d'écoulement montre un déplacement de la ligne de partage des eaux au droit du Centre qui conduit à un transit des eaux de nappe significativement différent sous le Centre au cours de l'année, et amène à constater des variations des teneurs en tritium en certains points, notamment pour les piézomètres situés au nord (PO136, PO139).

Les directions d'écoulements dépendent des contrastes de recharge au cours de l'année, mais également du cumul annuel des précipitations, ainsi que des influences externes. Au cours de l'année, la répartition des écoulements issus du Centre évolue en continu entre les exutoires de la nappe à l'aval du Centre. Sont principalement concernés les ruisseaux de la Sainte-Hélène et du Grand-Bel, mais également la fraction susceptible d'atteindre le ruisseau des Roteures.

⁹ Les orthophosphates (appelés aussi phosphates) correspondent à une forme minérale oxydée du phosphore.

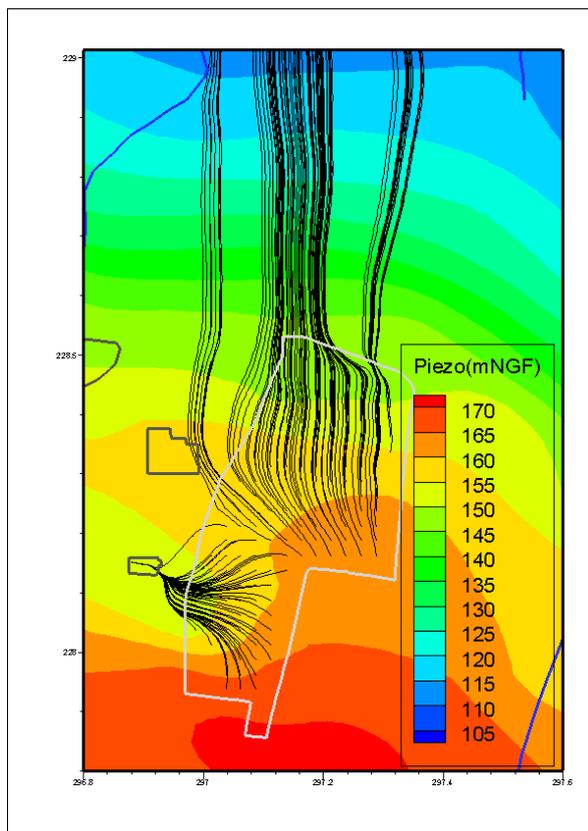


Figure 5-2 Carte des directions d'écoulement en hautes eaux (mars 2020, sans PZ711 PO165 PO167)

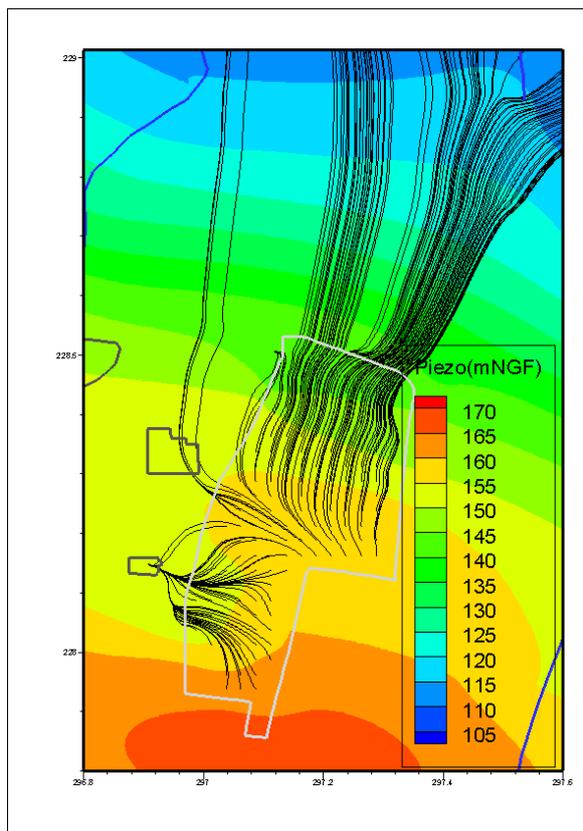


Figure 5-3 Carte des directions d'écoulement en basses eaux (septembre 2020, sans PZ711 PO165 PO167)

Les directions d'écoulement en période de hautes et basses eaux montrent l'influence du pompage au bâtiment EEV-SE d'Orano Recyclage qui draine les eaux souterraines sous une partie de l'usine de la Hague et sous la partie sud du stockage du CSM.

En période de hautes eaux, la partie nord du stockage est drainée principalement vers le ruisseau de la Sainte-Hélène. En période de basses eaux, la distribution des trajectoires d'écoulement est différente ; ainsi, une plus grande proportion des trajectoires se dirige vers le nord-est (ruisseau du Grand Bel).

5.2.2.2 La recharge

La recharge correspond à la part des précipitations qui s'infiltrent jusqu'à la nappe et qui participent aux écoulements souterrains (pluie efficace).

Elle s'exprime sous la forme d'une « lame d'eau » (exprimée en millimètres) dont l'épaisseur dépend des conditions climatiques (pluie, évapotranspiration (ETP)) et de l'état hydrique du sol et du sous-sol. Le calcul de la recharge est réalisé avec le code MHYREN, modèle global simulant, par une succession de réservoirs dont les relations sont régies par des fonctions de production et de transfert, les principaux mécanismes du cycle de l'eau dans un bassin versant (pluie, ETP, infiltration, écoulements superficiels et souterrains). A partir de 2020, le même modèle a été utilisé, mais en utilisant le code Gardenia : la comparaison des calculs effectués par les deux modèles n'a pas montré de différence significative après stabilisation des paramètres.

Pour la pluviométrie et la recharge, le découpage en année hydrologique (de septembre à août) a été adopté car il permet d'individualiser les épisodes annuels de recharge, les variations des composantes hydrologiques ne correspondant généralement pas à une année calendaire. Les données climatiques

utilisées sont les cumuls pluviométriques journaliers relevés à la station de Jobourg et l'ETP mensuelle à la station météo de Valognes ; cette dernière ayant été abandonnée, les données de point de grille le plus proche de la station ont été fournies par Météo France en remplacement, et la comparaison des données d'ETP sur une période commune n'a pas montré de différence significative. L'usage de ces stations est lié au calage des modèles basés sur les chroniques du piézomètre de référence PO164, implanté au nord-est du CSM (Figure 5-1) dans un secteur situé hors influence hydraulique des aménagements de l'Andra ou d'Orano Recyclage.

La Figure 5-4 présente l'évolution de la recharge cumulée.

Après une succession d'années hydrologiques déficitaires depuis 2001-2002, 2012-2013 s'était distinguée par une répartition relativement habituelle des précipitations et donc de la recharge, mais avec des recharges très importantes (448 mm), en particulier en début de période. 2013-2014 était beaucoup plus proche de la recharge moyenne annuelle depuis 1964 (+10%). A partir de l'année 2014-2015, de nouveaux déficits apparaissent, de plus en plus marqués (respectivement de 2014-2015 à 2016-2017 : -17 %, -24%, -51%). L'année hydrologique 2017-2018 fait exception à cette série, avec une distribution de la recharge très proche de la recharge moyenne annuelle depuis 1964 (-1%), mais une recharge cumulée très déficitaire (-38%) lui succède en 2018-2019.

L'année hydrologique 2019-2020 présente un profil de recharge beaucoup plus intense, s'approchant de celui observé en 2012-2013. L'année débute par une recharge quasi nulle en septembre (0,1 mm), puis reprend de manière très forte dès le mois d'octobre, avec des excédents importants (+20 à +92% d'octobre à décembre), un mois de janvier proche des moyennes observées (+2%), puis deux mois nettement excédentaires (+26 et +51% en février et mars). La recharge cumulée dépasse nettement les moyennes observées par le passé, et les forts déficits de recharge d'avril à août (-22 à -86%) ne feront que légèrement reculer cette avance : en fin d'année hydrologique, le cumul est excédentaire de 22%.

Le premier mois de l'année hydrologique 2020-2021 est dans la continuité de l'année précédente, avec un déficit proche de 100% en septembre. La recharge reprend de manière très forte dès le mois d'octobre (+132%), avec des excédents importants les mois suivants (+23 et +26%). Ainsi, en fin d'année civile, la recharge cumulée dépasse la recharge moyenne depuis 1964 de 39%.

La surveillance de l'environnement du Centre de stockage de la Manche

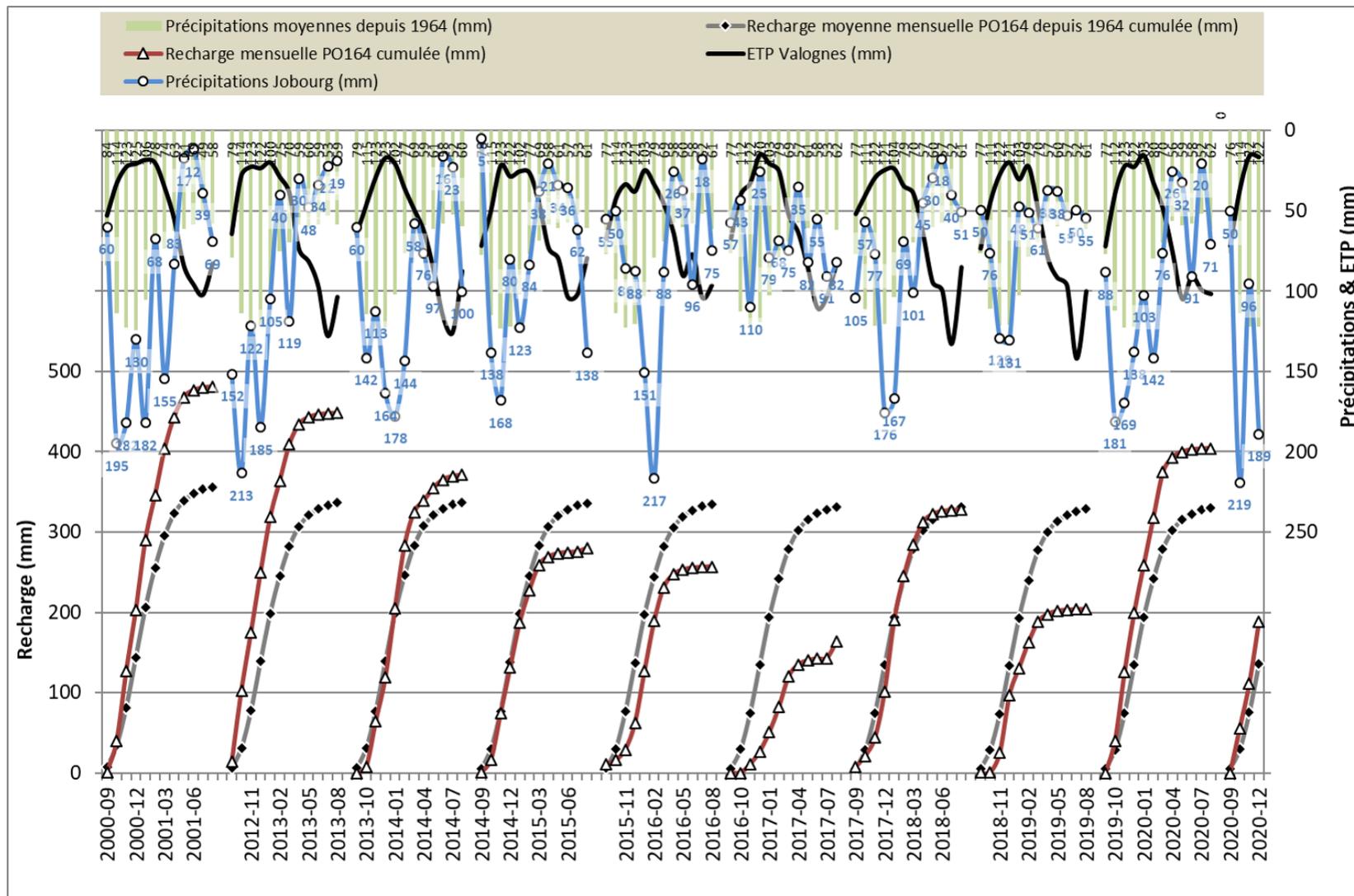


Figure 5-4

Chronique des cumuls mensuels de recharge calculées en PO164

5.2.2.3 Les fluctuations piézométriques

Les fluctuations piézométriques journalières de la nappe en conditions naturelles (hors influence hydraulique des aménagements d'Orano Recyclage et du CSM) sont représentées par la chronique du piézomètre PO164 (Figure 5-5), équipé d'un appareil d'acquisition en continu depuis 1993. Aucune lacune majeure d'acquisition n'est à noter à l'exception d'un épisode courant 2007, et d'octobre à décembre 2020. Les évolutions piézométriques répondent de manière relativement fidèle aux variations de recharge.

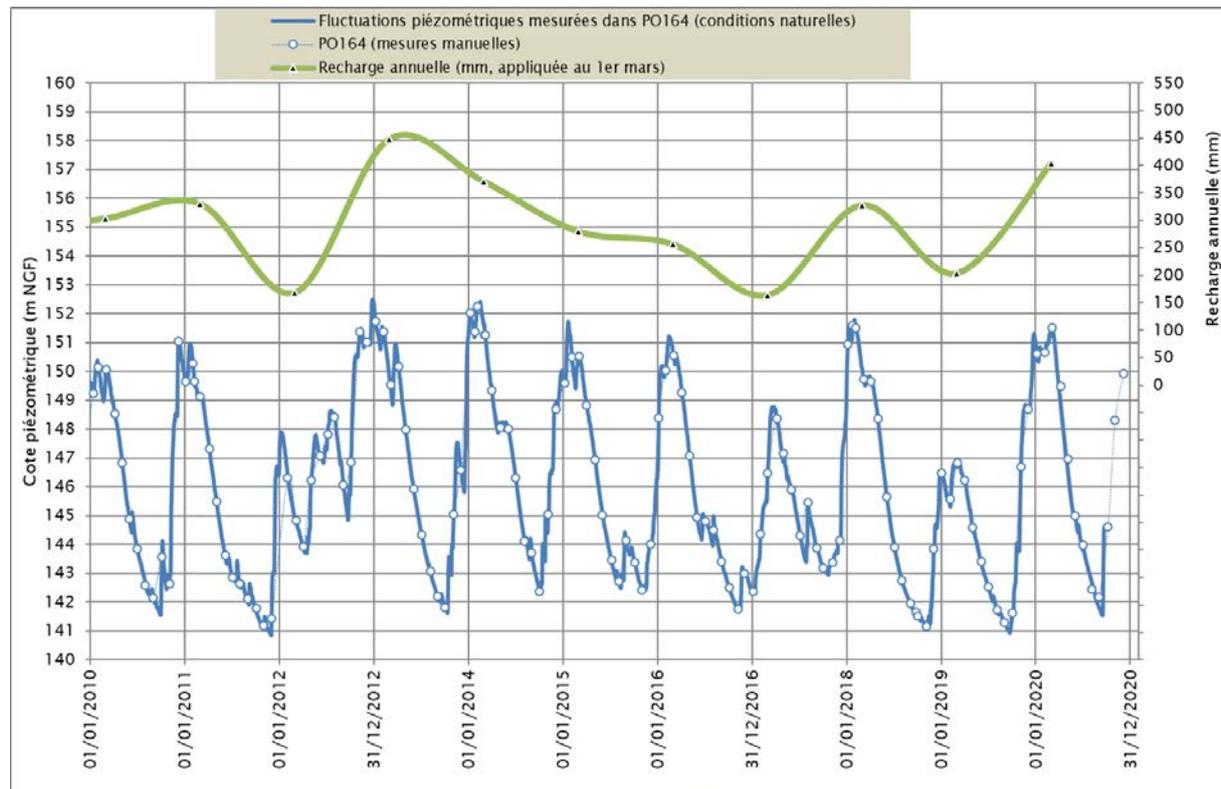


Figure 5-5 Fluctuations piézométriques du PO164

Suite à une recharge cumulée extrêmement faible en 2011-2012 et une séquence atypique (cf. ci-dessus), l'évolution piézométrique en PO164 a été très irrégulière, avec des hautes eaux et des basses eaux inversées par rapport à la normale. Sur l'année hydrologique 2012-2013, la recharge a été extrêmement importante. Les niveaux de nappe atteints en décembre 2012 sont parmi les plus hauts jamais enregistrés en PO164 (152,51 m NGF) depuis la mise en place de l'acquisition continue.

Du fait des recharges plus modérées des années 2013-2014 à 2015-2016, proches des moyennes depuis 1964 (336 mm), puis déficitaires en 2015-2017, les hautes eaux sont de moins en moins marquées ; les basses eaux restent toutefois plus hautes que celles des deux années précédentes, sauf en 2016. En 2018, les hautes eaux sont de nouveau bien marquées, ainsi que les basses eaux, alors qu'en 2019, les hautes eaux sont peu marquées en début d'année, du fait de recharges plutôt faibles, mais bien plus en décembre. L'année 2020 présente une forte recharge et un profil hydrologique relativement courant, avec une période de basses eaux post-estivales (septembre à octobre) encadrée par deux périodes de hautes eaux hivernales (décembre à mars).

5.2.2.4 Détermination des périodes de hautes et basses eaux

Les campagnes représentatives des situations de hautes et basses eaux sont identifiées de manière automatique par l'appliquet Excel en recherchant les dates auxquelles sont effectivement atteints les

niveaux extrêmes sur les neuf piézomètres équipés d'enregistreurs automatiques (PO105, PO162, PO164, PO166, PO168, PZ310, PZ700, PZ711, PZ715).

Les écarts entre ces niveaux extrêmes et les niveaux mesurés manuellement sont ensuite calculés pour chacun des trois piézomètres et pour chaque campagne. On admet alors que la campagne pour laquelle la moyenne des écarts sur les piézomètres Andra (PO) est la plus basse correspond à la période de plus hautes ou de plus basses eaux selon le cas.

Statistiquement et au sens des écarts moyens par rapport aux maxima NGF mesurés par les sondes automatiques :

- la campagne de mars 2020 est la plus représentative des hautes eaux (Figure 5-6).
- la campagne de septembre 2020 est la plus représentative des basses eaux (Figure 5-7).

Le tracé des cartes piézométriques a été effectué en ne prenant pas en compte les piézomètres PZ711, PO165 et PO167, à l'extrême nord de la carte, du fait de niveaux piézométriques qui ne paraissaient pas cohérents avec les directions d'écoulement globales de la nappe.

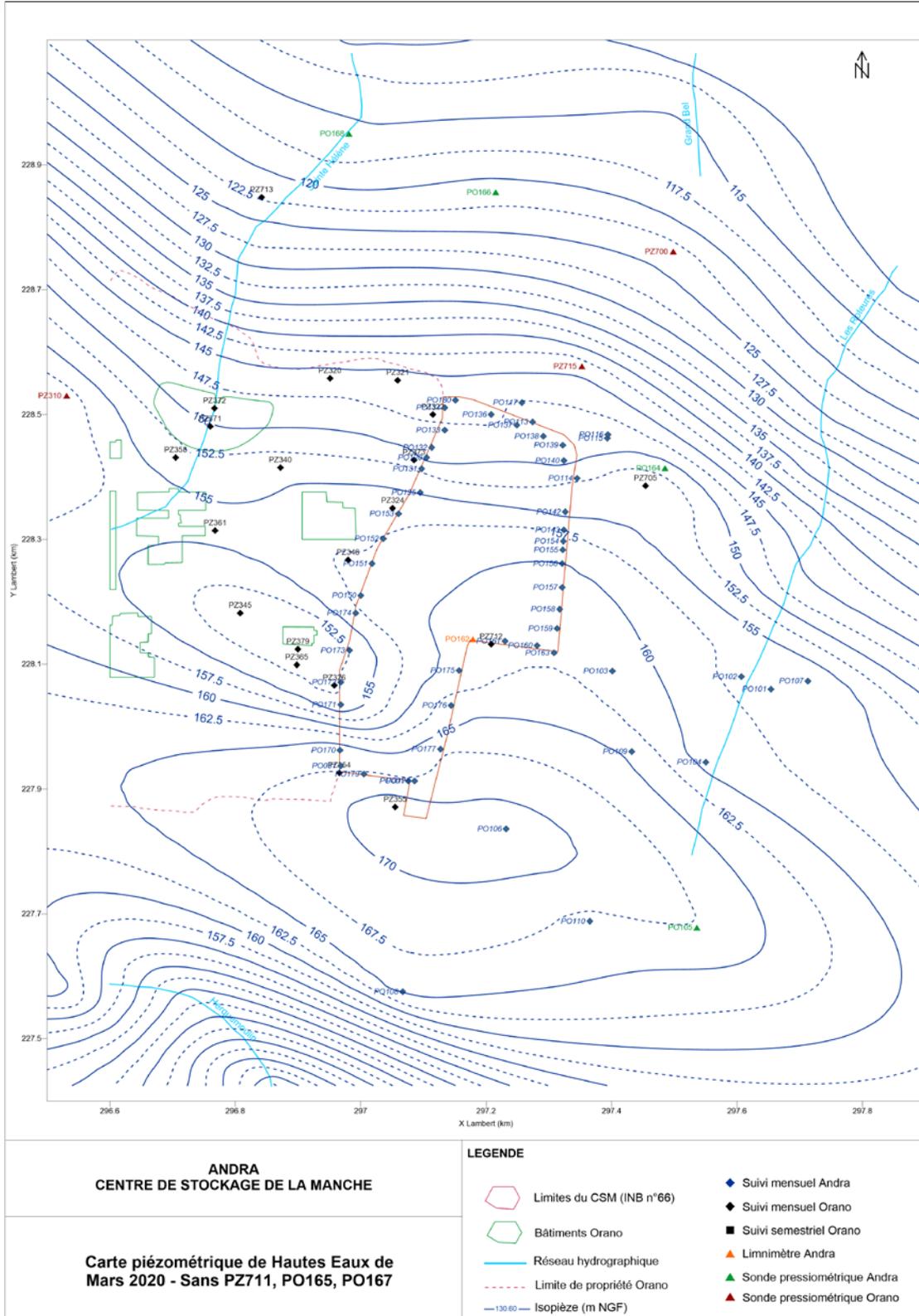


Figure 5-6

Carte piézométrique de hautes eaux (mars 2020)

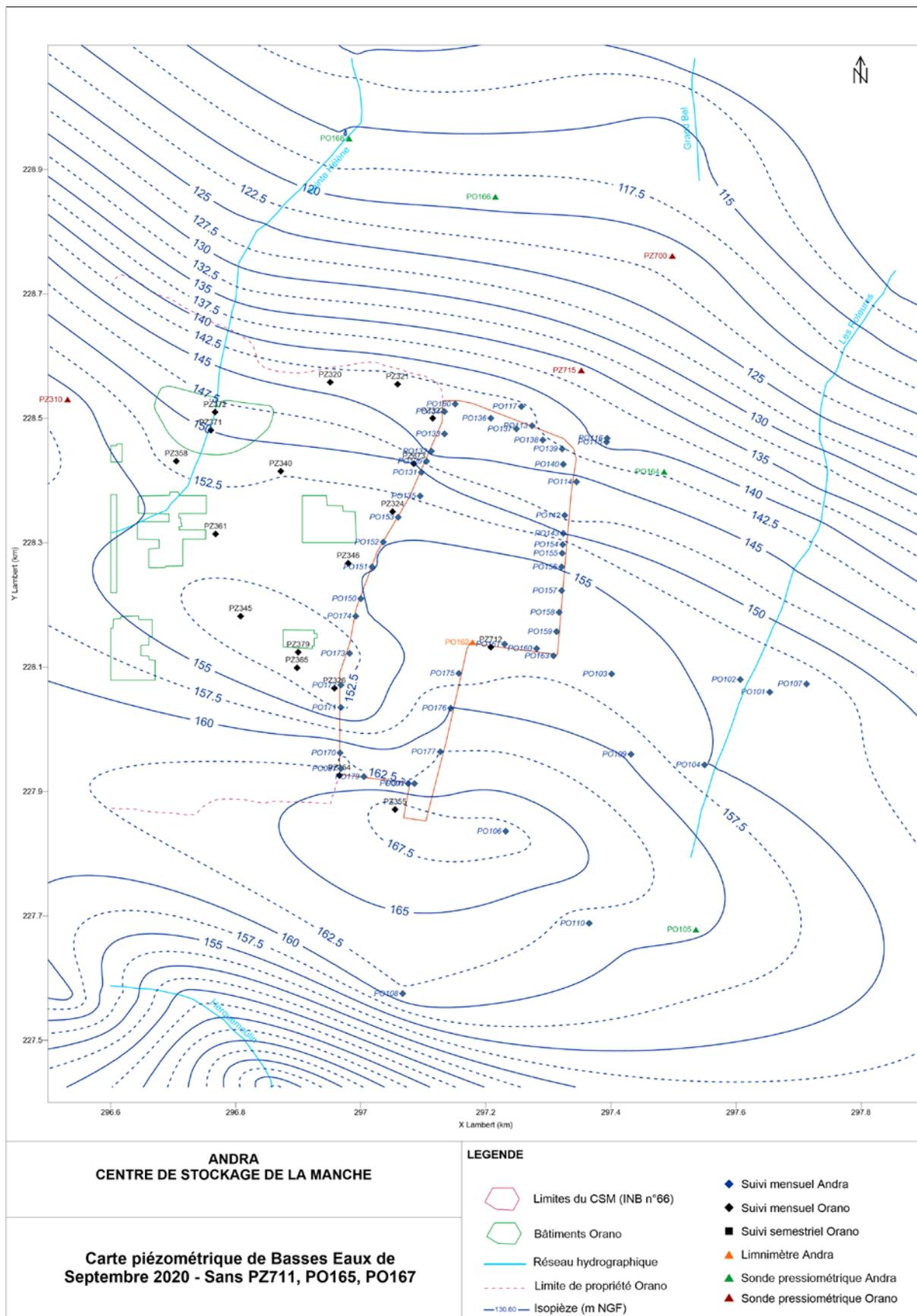


Figure 5-7

Carte piézométrique de basses eaux (septembre 2020)

5.2.2.5 Les pompages

Seul le rabattement induit par le drainage effectué par Orano Recyclage au niveau du bâtiment EEV-SE, à la cote 150,70 m NGF, marque fortement et en permanence la piézométrie dans la partie sud-ouest du CSM. Il en résulte que, dans cette zone, les écoulements sont dirigés vers le cône de rabattement induit par ces pompages, alors qu'à l'Est et dans toute la moitié Nord du site, ils suivent leur trajectoire naturelle en direction du Nord et du Nord-Nord-Est (Cf. Figure 5-2 et Figure 5-3).

Aucun autre pompage d'exploitation industrielle, agricole ou d'eau potable n'affecte le périmètre du CSM ou ses alentours.

Une sonde dite « d'attention » a été placée en PO173 permettant d'alerter d'une éventuelle remontée de nappe suite à un arrêt des pompes de relevage en EEV-SE. Aucun arrêt des pompes n'a eu lieu en 2020 et l'influence sur les piézomètres environnants peut être considérée comme constante au cours de l'année : le débit d'évacuation des eaux drainées au niveau du bâtiment EEV-SE est en moyenne de 8,7 m³/h sur l'année 2020. Il en résulte que le volume d'eau pompé en 2020 est estimé à 76 350 m³ (Tableau 9-34).

Un second point de drainage à la cote 155,14 m NGF est localisé au niveau du bâtiment EDS, au Nord du bâtiment EEV-SE. Compte tenu de la baisse des niveaux de nappe sur ces dernières années, celui-ci n'est actif que par intermittence et influence donc peu les écoulements.

5.2.2.6 Position de la nappe par rapport à la base des radiers des ouvrages – Les sondes d'attention

Une attention particulière est portée à la surveillance du niveau de la nappe au droit des ouvrages dont la base est la plus proche de la surface piézométrique, en amont hydraulique du stockage. Les piézomètres PO151, PO152, PO159, PO162 et PO163 situés au plus près de ces ouvrages sont équipés de sondes « d'attention » se déclenchant dès l'atteinte du seuil défini pour chacun d'eux¹⁰.

La Figure 5-8 montre que les niveaux des eaux souterraines (relevés des tournées piézométriques mensuelles) n'ont pas atteint les radiers des ouvrages les plus bas. Le domaine de fonctionnement autorisé tel que défini dans les RGE [14] (distance toit de la nappe ouvrages inférieure à 0,5 mètres à la base des ouvrages) est respecté pour la période des hautes eaux 2020.

¹⁰ Le niveau d'attention est calé sur la cote piézométrique correspondant à un niveau inférieur de l'ordre de 50 à 80 cm (selon la sonde) à la cote des drains collatéraux de la galerie du RSGE au droit de ces piézomètres, ce qui correspond encore à un écart « niveau d'attention /ouvrages de stockage » d'environ 2 m.

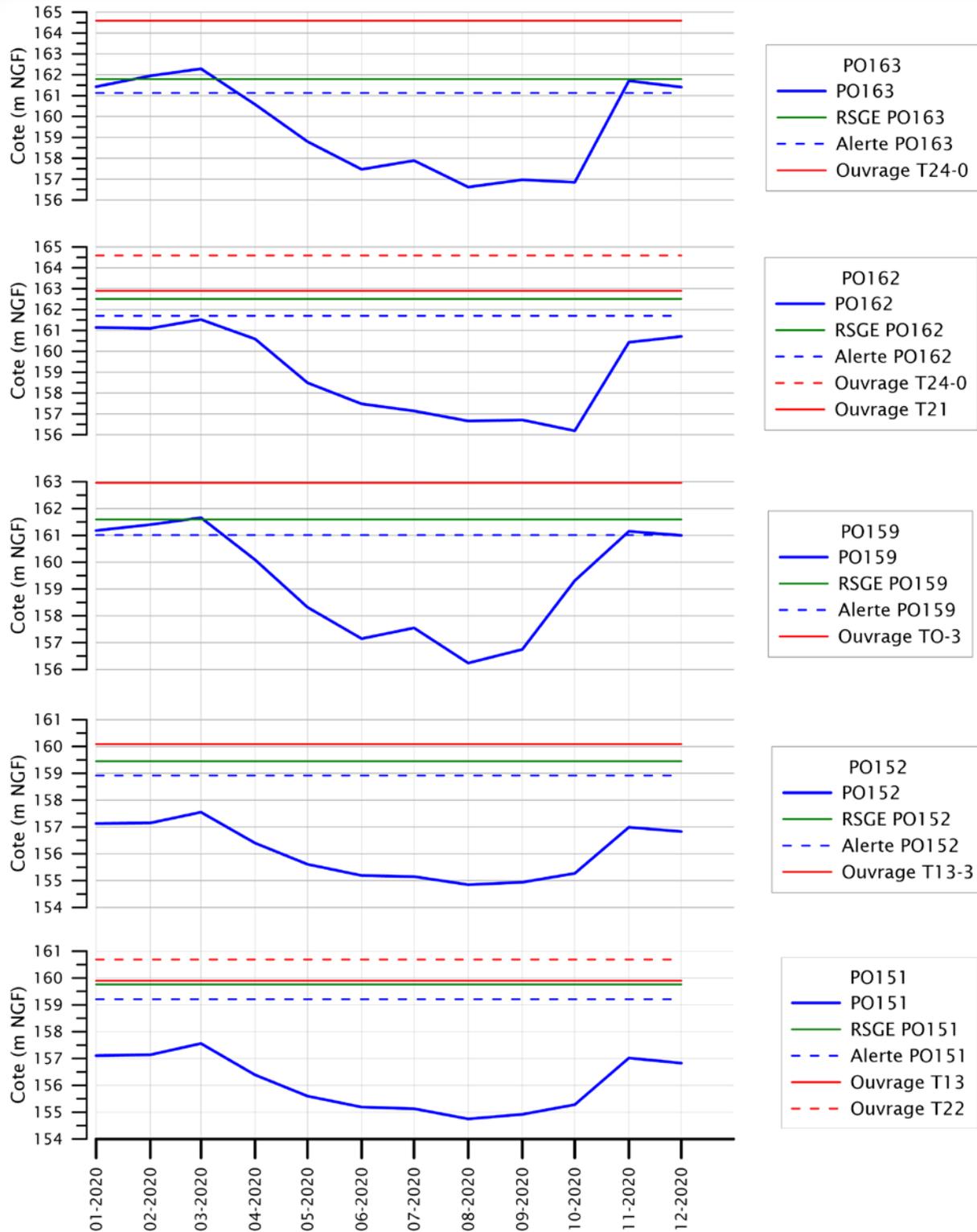


Figure 5-8 Evolution de la nappe au droit des sondes d'attention

Le Tableau 5-3 synthétise les périodes de déclenchement des sondes « d'attention ». Seules les deux sondes PO163 et PO159 ont été immergées (Figure 5-8).

Tableau 5-3 *Suivi des déclenchements des sondes d'attention dans les piézomètres de suivi des eaux souterraines du CSM*

Sondes	Date de début immersion	Date de fin d'immersion	Commentaires
PO163	01/11/2019	01/04/2020	Le piézomètre PO163 est situé à proximité de l'ouvrage T24-0
	27/10/2020	27/02/2021	
PO159	09/01/2020	27/03/2020	Le piézomètre PO159 est situé à proximité de l'ouvrage TO3
	28/10/2020	09/11/2020	
	15/11/2020	30/11/2020	
	03/12/2020	22/02/2021	

5.2.3 Surveillance radiologique et physico-chimique : piézomètres du secteur sud, sud-est (zone 1)

Les principaux piézomètres de la zone 1 gérés par l'Andra sont représentés en bleu dans la Figure 5-9. Cette zone est située au Sud – Sud-Est du Centre, en amont hydraulique du CSM.

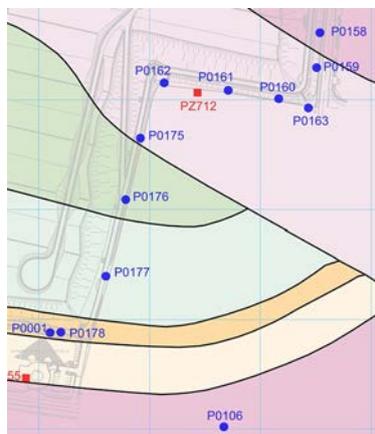


Figure 5-9 *Piezomètres de la zone 1*

5.2.3.1 Suivi radiologique

Le Tableau 5-4 indique les niveaux d'activités radiologiques des piézomètres de la zone 1 mesurés en 2020.

Tableau 5-4 Indicateurs radiologiques des piézomètres de la zone 1

Point de prélèvement	Moyenne alpha (Bq/L)	Max alpha (Bq/L)	Moyenne bêta (Bq/L)	Max bêta (Bq/L)	Moyenne tritium (Bq/L)	Max tritium (Bq/L)
PO001	0,13	0,28	0,18	0,32	5,0	7,8
PO158	0,07	0,17	0,11	0,19	10	19
PO159	0,04	0,05	0,09	0,12	≤4,4	7,2
PO160	0,27	0,33	0,20	0,27	3,5	3,8
PO161	0,17	0,20	0,15	0,19	≤3,6	4,9
PO162	0,08	0,11	0,13	0,17	≤2,1	≤2,2
PO175	0,25	0,25	0,33	0,33	2,5	2,6
PO176	0,04	0,04	0,09	0,12	≤2,3	≤2,4
PO177	0,05	0,05	0,11	0,14	≤2,7	3,1

Comme les années précédentes, le PO160, le PO175, le PO161 et le PO001 présentent un indice alpha global relativement élevé (supérieur à la valeur guide (0,1 Bq/L) définie dans l'arrêté du 11 janvier 2007 [28]). Des analyses complémentaires ont été effectuées, en 2013 et 2019, et montrent que ces valeurs sont dues à des RN naturelles issus de la chaîne de désintégration de ^{238}U . En effet, la radioactivité naturelle dans les eaux souterraines est en relation directe avec la nature géologique des terrains qu'elles traversent (schistes à calymènes de la formation d'Urville). Il est à noter qu'aucun RN artificiel n'est détecté.

Les valeurs des indices bêta global sont toutes inférieures à la valeur guide (1 Bq/L) définie dans l'arrêté du 11 janvier 2007 [28].

La plus forte activité en tritium mesurée dans les piézomètres de la zone 1 se trouve, comme les années précédentes, dans le piézomètre PO158. Il présente une activité volumique moyenne en tritium (10 Bq/L) en baisse par rapport à 2019 (21 Bq/L). Les autres piézomètres de la zone présentent des résultats inférieurs à 10 Bq/L dont de nombreux résultats sont inférieures aux SD.

En 2020, les prélèvements annuels concernant les analyses radiologiques à bas seuil (Tableau 9-36 et Tableau 9-37) ont été réalisés sur deux piézomètres situés en zone 1 Sud-Est, dite de recharge, endroit où la distance nappe ouvrage est la plus faible en période de hautes eaux (PO159) et un piézomètre placé en amont hydraulique, le PO001 au Sud du Centre.

Hormis la présence de tritium, à des concentrations comparables à celles mesurées tout au long de l'année, aucun radionucléide d'origine artificielle n'a été détecté.

Quelques RN naturels ont été détectés : ^{40}K , ^{212}Pb , ^{214}Pb et ^{226}Ra .

5.2.3.2 Suivi physico-chimique

La composition chimique des eaux dans les piézomètres de la zone 1 est stable par rapport à 2019 (Tableau 9-38). Les eaux souterraines de ce secteur sont acides (pH compris entre 4,9 et 5,8). La présence régulière d'aluminium, de baryum, de fer et de manganèse est liée au fond géochimique du secteur. Les valeurs élevées de MES constatées en période de basses eaux dans le PO175 sont confirmées cette année ; ces valeurs sont probablement dues à l'effondrement partiel de l'ouvrage en profondeur engendrant une plus forte turbidité toutefois sans impact sur le suivi et la qualité de la nappe.

5.2.4 Surveillance radiologique et physico-chimique : piézomètres du secteur sud-ouest (zone 2)

Cette zone est située au Sud-Ouest du Centre et est principalement caractérisée par le rabattement de nappe généré par le drainage du bâtiment EEV-SE situé sur le site d'Orano Recyclage. Le pompage est continu constituant ainsi un régime permanent stable.

Les principaux piézomètres de la zone 2 gérés par l'Andra sont représentés en bleu dans la Figure 5-10.

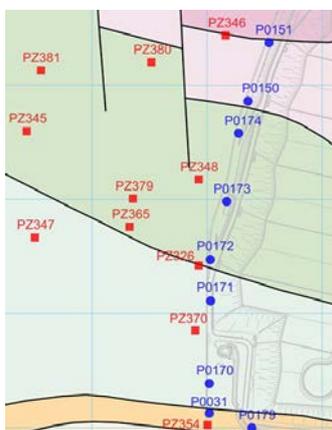


Figure 5-10 Piézomètres de la zone 2

5.2.4.1 Suivi radiologique

Le Tableau 5-5 indique les niveaux d'activités radiologiques des piézomètres de la zone 2 mesurés en 2020.

Tableau 5-5 Indicateurs radiologiques des piézomètres de la zone 2

Point de prélèvement	Moyenne alpha (Bq/L)	Max alpha (Bq/L)	Moyenne bêta (Bq/L)	Max bêta (Bq/L)	Moyenne tritium (Bq/L)	Max tritium (Bq/L)
PO150	0,11	0,21	0,21	0,37	19	27
PO151	0,04	0,04	0,08	0,10	7,6	11
PO170	0,19	0,25	0,26	0,27	2,3	2,6
PO171	0,05	0,08	0,11	0,13	108	191
PO172	0,05	0,11	0,11	0,14	97	125
PO173	0,06	0,13	0,15	0,23	2,4	4,8
PO174	0,12	0,25	0,23	0,54	12	19
PO179	0,08	0,09	0,15	0,17	2,5	2,7
PZ326	≤0,04	0,09	≤0,09	0,15	219	270

Les résultats 2020 sont comparables aux résultats de 2019. Comme les années précédentes, les piézomètres PO150, PO170 et PO174 présentent un indice alpha global relativement élevé (supérieur à la valeur guide (0,1 Bq/L) définie dans l'arrêté du 11 janvier 2007 [28]). Des analyses complémentaires ont été effectuées, en 2013 et 2017, et montrent que ces valeurs sont dues à des RN naturelles issues de la chaîne de désintégration de ^{238}U . En effet, la radioactivité naturelle dans les eaux souterraines est en

relation directe avec la nature géologique des terrains qu'elles traversent (grès feldspathiques). Il est à noter qu'aucun RN artificiel n'est détecté.

Les valeurs des indices bêta global sont toutes inférieures à la valeur guide (1 Bq/L) définie dans l'arrêté du 11 janvier 2007 [28].

Le secteur rapproché formé par les piézomètres PO171, PO172 et PZ326 présente une activité volumique moyenne en tritium comprise entre 97 Bq/L et 219 Bq/L. Ces valeurs sont supérieures à la moyenne du secteur mais cohérentes d'une année sur l'autre. En effet, la zone non saturée (ZNS), située sous le stockage, est marquée en tritium (de façon historique ou par relâchement actuel). A la faveur des battements saisonniers, la surface de la nappe vient se recharger en tritium au contact de la ZNS. La nappe ainsi marquée en tritium est interceptée de façon artificielle par les piézomètres PO171, PO172 et Pz326, du fait du rabattement mené en EEV-SE, ce qui explique ainsi leur marquage.

En 2020, les prélèvements annuels concernant les analyses radiologiques à bas seuil (Tableau 9-36 et Tableau 9-37) ont été réalisés sur deux piézomètres situés en zone 2 (PO173, PO174) qui interceptent les eaux rabattues par le pompage en EEV-SE.

Hormis la présence de tritium, à des concentrations comparables à celles mesurées tout au long de l'année, aucun radionucléide d'origine artificielle n'a été détecté.

Quelques RN naturels ont été détectés : ^{40}K , et ^{228}Ac .

5.2.4.2 Suivi de l'indicateur d'évolution du tritium

L'évolution pluriannuelle de l'activité volumique moyenne du tritium de la zone 2 au sud-ouest est présentée en Figure 5-11 ; l'évolution de la tendance par piézomètre, entre 2019 et 2020, est donnée dans le Tableau 5-6.

L'indicateur correspondant à la moyenne des résultats tritium des piézomètres de la zone 2 est de 52 Bq/L en 2020 pour une valeur de 47 Bq/L en 2019. Il est donc en légère augmentation toutefois dans une tendance globale à la baisse (Figure 5-11).

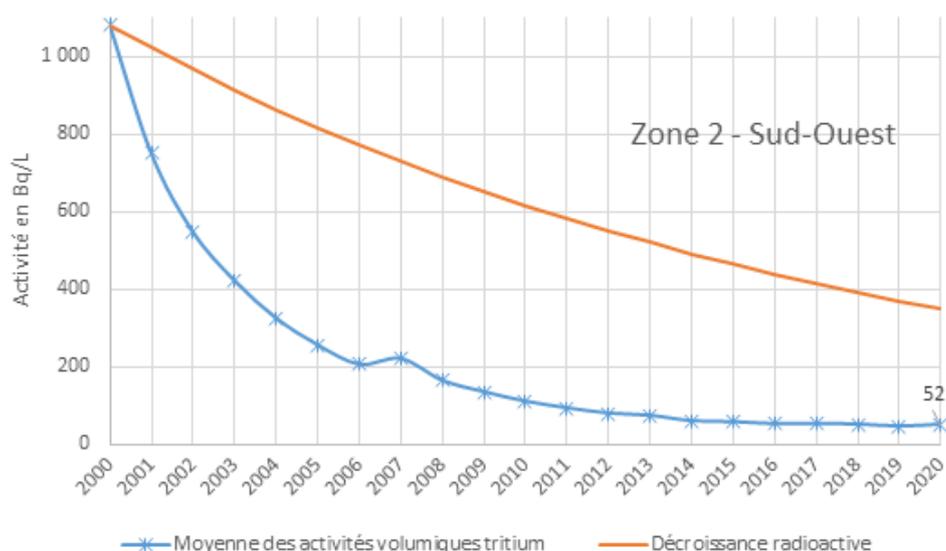


Figure 5-11

Evolution depuis 2000 de la moyenne des activités tritium moyenne de chaque piézomètre de la zone 2 en comparaison à la décroissance radioactive naturelle du tritium

Tableau 5-6 Présentation de la tendance tritium des piézomètres de la zone 2

Piézomètre	Tendance 2019-2020	Commentaire
PO150	0%	L'évolution de l'indicateur tritium de la zone 2 est légèrement en augmentation par rapport à 2019. Le PO151, le PO171 et le PZ326 présentent de augmentations mais toutefois les activités restent du même ordre de grandeur que les années précédentes.
PO151	33%	
PO170	0%	
PO171	10%	
PO172	-16%	
PO173	-11%	
PO174	-8%	
PO179	-4%	
PZ326	34%	

La Figure 5-12 présente, sur une échelle de temps plus large, l'évolution de l'activité tritium des piézomètres ayant des activités tritium les plus élevées du secteur de la zone 2.

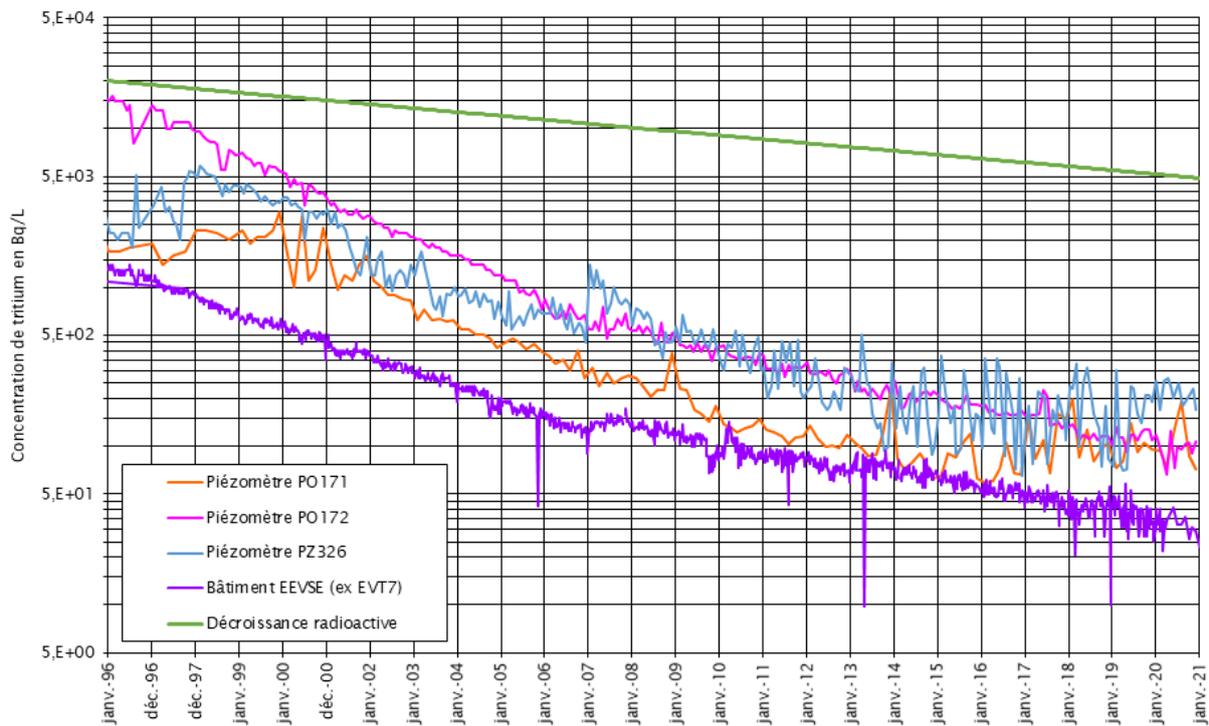


Figure 5-12 Evolution de l'activité en tritium dans les piézomètres de la zone Sud-Ouest (zone 2) depuis 1996

On constate pour l'évolution de la concentration volumique en tritium dans la zone 2 :

- une baisse régulière avec une pente plus forte que celle de la décroissance radioactive jusqu'en 2014 ;
- des variations plus accentuées et une stabilisation de la concentration en tritium depuis 2013 au PZ326 dans le secteur d'Orano Recyclage La Hague ;
- une tendance à la hausse et à une stabilisation au PO171 à partir de 2015.

Ces soubresauts illustrent un comportement différent de ces piézomètres liés à des effets de circulation dans les fractures et à des fluctuations de géologies, s'inscrivant pour autant dans un comportement global à la baisse.

5.2.4.3 Suivi physico-chimique

La composition chimique des eaux dans les piézomètres de la zone 2 est stable par rapport à 2019 (Tableau 9-39). Les eaux souterraines de ce secteur sont acides (pH compris entre 5,5 et 5,7). La présence régulière d'aluminium, de baryum et de manganèse est liée au fond géochimique du secteur. Comme les années précédentes, le PO174 présente des valeurs élevées de MES. La présence régulière de MES peut être due à une dégradation du tubage du piézomètre.

Le point EVT-7, situé au Sud-Ouest du Centre, correspond au point de pompage situé en dessous du bâtiment d'entreposage EEV-SE. Le cône de rabattement lié à ce drainage influence des lignes de courant passant par les piézomètres PO172 et PO174. La qualité des eaux au point de contrôle EEV-SE est cohérente avec celle mesurée dans l'eau des piézomètres PO172 et PO174. (Tableau 9-39).

5.2.5 Surveillance radiologique et physico-chimique : piézomètres du secteur nord-est (Zone 3)

Cette zone est située au nord-est du Centre. Les piézomètres qui la composent permettent de surveiller les eaux souterraines dont l'exutoire est majoritairement le ruisseau du Grand Bel et, dans une moindre contribution, la partie aval du ruisseau des Roteures.

Les principaux piézomètres de la zone 3 gérés par l'Andra sont représentés en bleu dans la Figure 5-13.

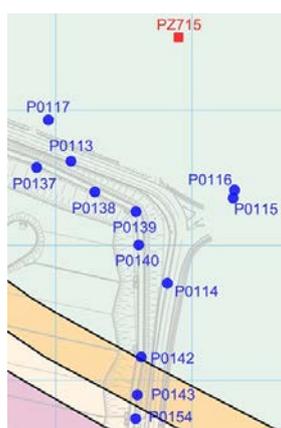


Figure 5-13 Piézomètres de la zone 3

5.2.5.1 Suivi radiologique

Le Tableau 5-7 indique les niveaux d'activités radiologiques des piézomètres de la zone 3 mesurés en 2020.

Tableau 5-7 Indicateurs radiologiques des piézomètres de la zone 3

Point de prélèvement	Moyenne alpha (Bq/L)	Max alpha (Bq/L)	Moyenne bêta (Bq/L)	Max bêta (Bq/L)	Moyenne tritium (Bq/L)	Max tritium (Bq/L)
PO113	≤0,02	0,04	0,11	0,13	58	91
PO114	0,15	0,25	0,26	0,43	443	1370
PO115	≤0,03	0,05	0,13	0,17	33	37
PO116	≤0,02	0,02	0,06	0,09	3,5	5,9
PO117	≤0,02	0,05	0,18	0,21	685	860
PO137	≤0,02	0,03	0,17	0,21	5129	5700
PO138	≤0,02	0,03	0,16	0,2	791	1100
PO139	0,09	0,16	0,33	0,41	782	1200
PO140	0,04	0,06	0,36	0,54	2068	3370
PO142	0,05	0,06	0,19	0,27	128	200
PO143	0,14	0,19	0,19	0,22	926	1690
PO154	0,22	0,36	0,42	0,62	7,7	12

Les résultats 2020 sont comparables aux résultats de 2019. Les indicateurs de suivi des activités alpha global et bêta global présentent des valeurs moyennes comprises entre le SD et 0,22 Bq/L pour l'activité alpha global et entre 0,03 et 0,36 Bq/L pour l'activité bêta global. Les maximum d'activités radiologiques alpha et bêta sont mesurés dans le piézomètre PO154 en période de basses eaux.

Comme les années précédentes, les concentrations des activités volumiques en tritium des piézomètres de cette zone présentent des écarts importants couvrant une large gamme allant de 3,5 Bq/L pour le PO116 à 5 129 Bq/L pour le PO137 (Tableau 5-7).

Les analyses radiologiques en spectrométrie gamma et scintillation liquide à bas seuil (Tableau 9-36 et Tableau 9-37) réalisées sur les piézomètres de ce secteur (PO140, PO137, PO138, PO113, PZ700) mettent principalement en évidence la présence du tritium et de radioéléments naturels tels que le ^{40}K , ^{212}Pb , ^{214}Pb . Une valeur significative de ^{14}C est mesurée au PO138 mais à des valeurs faibles et présentant une grande incertitude (Tableau 9-37). Il est à noter que, cette année, la présence de ^{36}Cl dans le PO140 n'a pas été détectée, alors que les analyses réalisées depuis 2015 montrent ponctuellement sa présence, avec toutefois des teneurs « mesurées » très proches des seuils de décision.

5.2.5.2 Suivi de l'indicateur d'évolution du tritium

L'évolution pluriannuelle de l'activité volumique moyenne du tritium de la zone 3 au nord-est du Centre est présentée dans la Figure 5-14; l'évolution de la tendance entre 2019 et 2020 est donnée dans le Tableau 5-8.

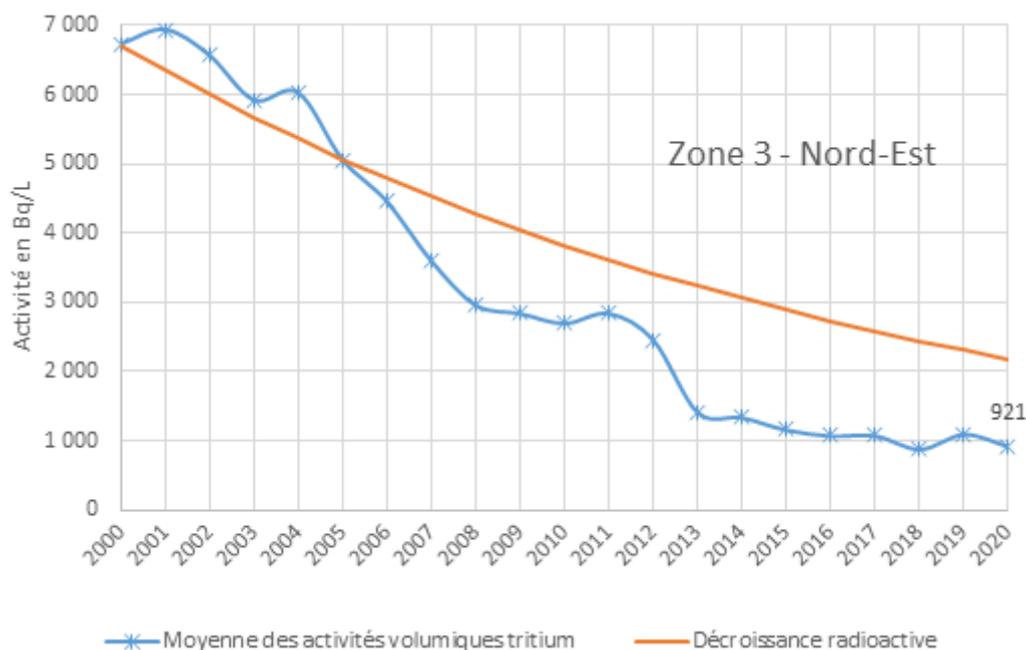


Figure 5-14 Evolution depuis 2000 de la moyenne des activités tritium moyenne de chaque piézomètre de la zone 3 en comparaison à la décroissance radioactive naturelle du tritium

Tableau 5-8 Présentation de la tendance tritium des piézomètres de la zone 3

Piézomètre	Tendance 2019-2020	Commentaire
PO113	-47%	En 2020 l'indicateur tritium de la zone 3 est en diminution par rapport à 2019. Deux piézomètres présentent une augmentation de la concentration moyenne en tritium : PO114 et PO117. Toutefois les activités restent du même ordre de grandeur que les années précédentes
PO114	15%	
PO115	-43%	
PO116	3%	
PO117	54%	
PO137	-7%	
PO138	-26%	
PO139	-27%	
PO140	-29%	
PO142	-21%	
PO143	-34%	
PO154	-30%	

La Figure 5-15 et la Figure 5-22 présentent, sur une échelle de temps plus large, l'évolution de l'activité tritium des piézomètres du secteur de la zone 3 dans sa partie amont (Figure 5-21) et dans sa partie aval (Figure 5-22).

En effet, cette zone est présentée en deux parties :

- les piézomètres situés à proximité du Centre, piézomètres amont ;
- les piézomètres situés en aval sur le bassin versant du ruisseau du Grand Bel.

Les évolutions de ces piézomètres montrent pour certains des variations saisonnières ou des signaux parfois irréguliers dans le temps, mais néanmoins inscrits sur une échelle de temps élargie dans une tendance à la baisse.

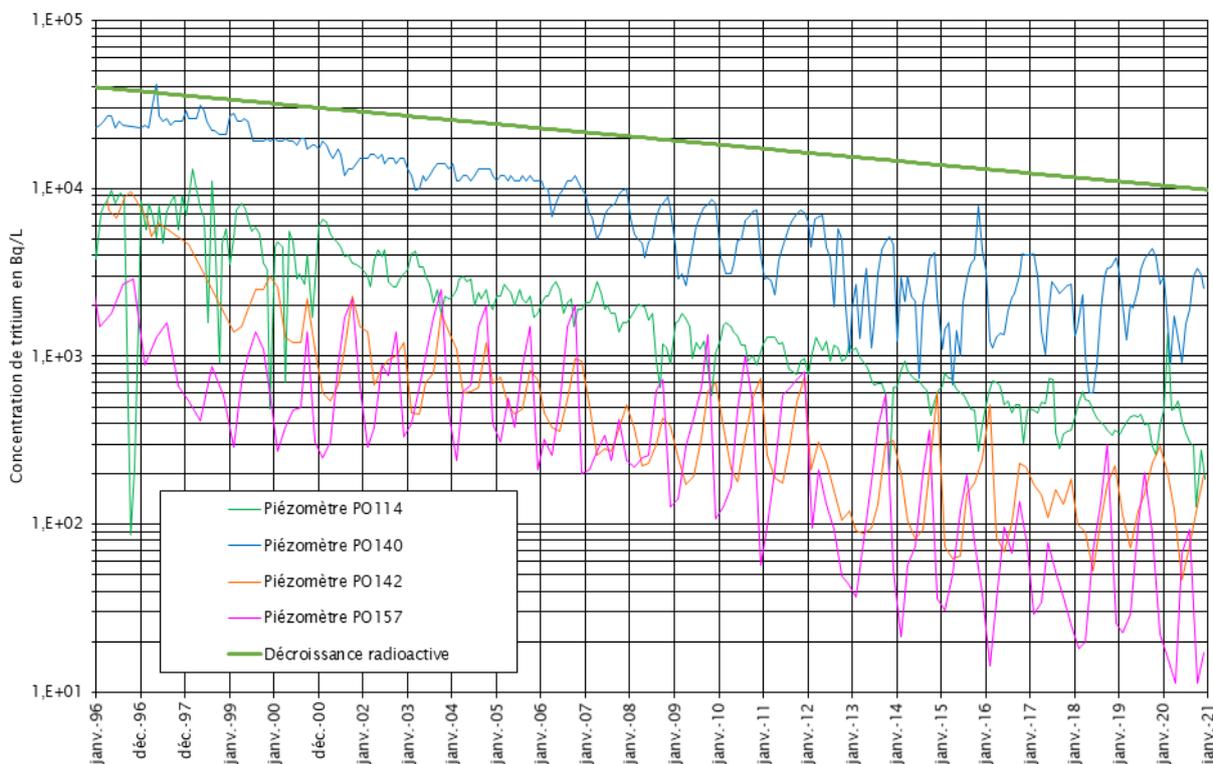


Figure 5-15 Evolution de l'activité moyenne en tritium dans les piézomètres de la zone nord-est amont (zone 3) depuis 1996

L'ensemble des piézomètres amont de la zone 3 présente une diminution de la concentration tritium à peu près du niveau de la décroissance naturelle du tritium en dehors du PO157 qui décroît plus vite que la décroissance naturelle du tritium.

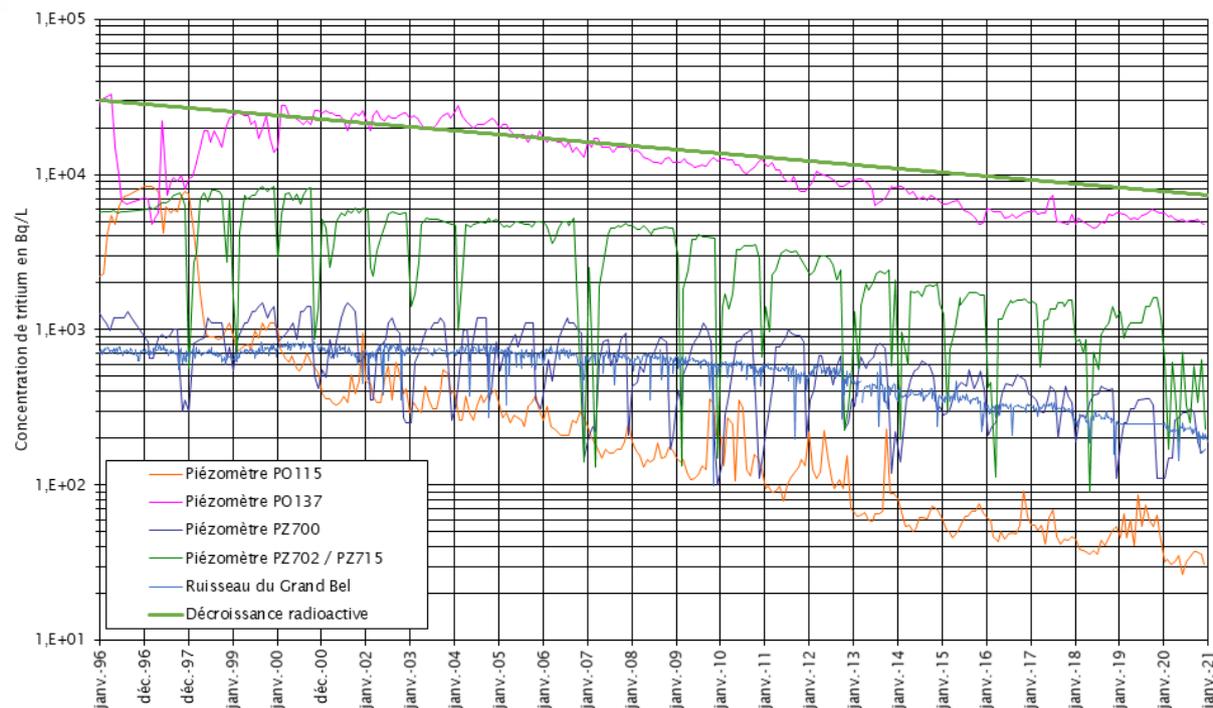


Figure 5-16 Evolution de l'activité moyenne en tritium dans les piézomètres de la zone Nord-Est aval (zone 3) depuis 1996

Après une forte diminution constatée en 1998, la concentration en tritium dans le PO115 diminue régulièrement. Le PO137, dont la concentration tritium a augmenté de 1997 à 1999, présente depuis une diminution régulière légèrement plus rapide que la décroissance naturelle. Le PZ700 et le PZ715 présentent des fluctuations saisonnières (diminution de la concentration en période de hautes-eaux) de la concentration en tritium et en diminution régulière. Le PZ715 présente une plus forte diminution en lien avec la plus forte recharge de cette année (cf. § 5.2.2.2).

5.2.5.3 Suivi physico-chimique

Les eaux souterraines de cette zone sont acides (pH compris entre 5,1 et 6,2) sauf pour le PZ700 dont les eaux sont proches de la neutralité (6,5 et 6,8).

Piézomètres internes

La composition chimique des eaux dans les piézomètres internes de la zone 3 est stable par rapport à 2019 (Tableau 9-40). Le fer, mesuré à des valeurs supérieures à 500 µg/L ces dernières années dans le PO158, présente des concentrations beaucoup plus faibles en 2020 (entre 4 et 96 µg/L). Le fer est un élément faisant partie du fond géochimique du secteur.

Piézomètres externes

La composition chimique des eaux dans les piézomètres externes de la zone 3 est stable par rapport à 2019 (Tableau 9-40). Dans le PZ700, comme les années précédentes, les concentrations en fer et en manganèse restent élevées ; ces éléments font partie du fond géochimique du secteur.

5.2.6 Surveillance radiologique et physico-chimique : piézomètres du secteur nord-ouest (Zone 4)

Cette zone est située au nord-ouest du Centre. Les piézomètres qui la composent surveillent les eaux souterraines dont l'exutoire est le ruisseau de la Sainte-Hélène.

Les principaux piézomètres de la zone 4 gérés par l'Andra sont représentés en bleu dans la Figure 5-17.

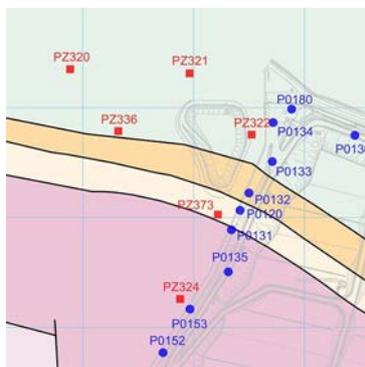


Figure 5-17 Piézomètres de la zone 4

5.2.6.1 Suivi radiologique

Le Tableau 5-9 indique les niveaux d'activités radiologiques des piézomètres de la zone 4 mesurés en 2020.

Tableau 5-9 Indicateurs radiologiques des piézomètres de la zone 3

Point de prélèvement	Moyenne alpha (Bq/L)	Max alpha (Bq/L)	Moyenne bêta (Bq/L)	Max bêta (Bq/L)	Moyenne tritium (Bq/L)	Max tritium (Bq/L)
PO120	0,22	0,27	0,39	0,49	10491	15400
PO131	0,14	0,18	0,31	0,39	39683	48200
PO132	0,09	0,10	0,17	0,21	1668	2070
PO133	0,04	0,06	0,13	0,16	441	1000
PO134	≤0,02	0,03	0,1	0,13	253	570
PO135	≤0,03	0,05	0,13	0,19	342	479
PO136	0,05	0,09	0,27	0,37	3321	5050
PO152	≤0,02	0,03	0,08	0,1	47	61
PO153	0,05	0,09	0,14	0,21	1822	4550
PO180	0,09	0,24	0,22	0,43	925	1230
PZ320	≤0,03	≤0,04	≤0,09	0,13	16	20
PZ321	≤0,04	0,07	≤0,12	0,18	108	160
PZ322	≤0,04	0,06	≤0,11	0,16	12	22
PZ324	≤0,04	0,06	≤0,09	0,19	13	17

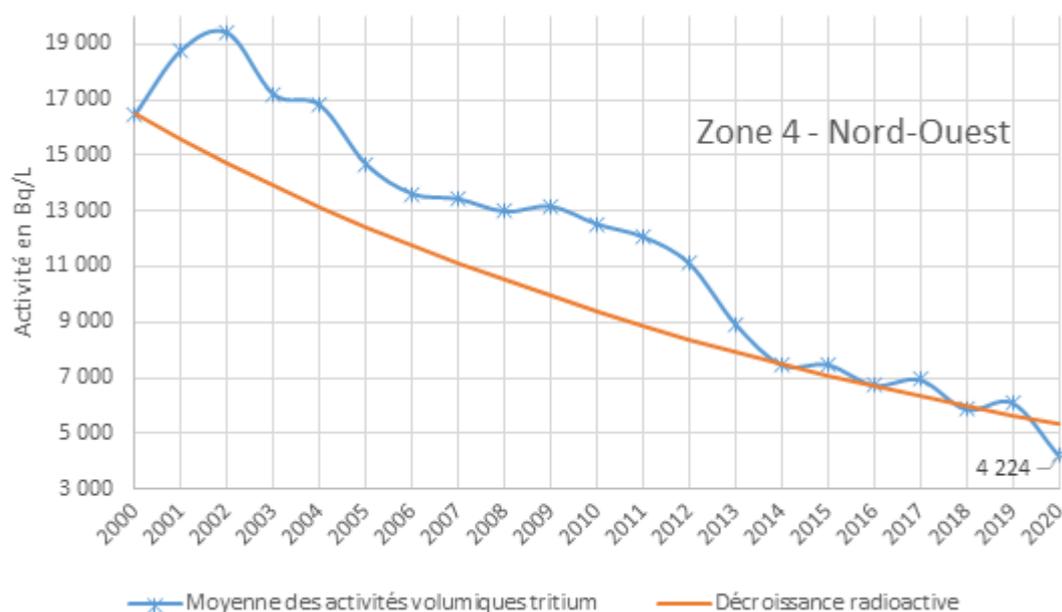


Figure 5-19 Evolution depuis 2000 de la moyenne des activités tritium moyenne de chaque piézomètre de la zone 4 en comparaison à la décroissance radioactive naturelle du tritium

Tableau 5-10 Présentation de la tendance tritium des piézomètres de la zone 4

Piézomètre	Tendance 2019-2020	Commentaire
PO120	-38%	En 2020 l'indicateur tritium de la zone 4 est en diminution par rapport à 2019. Quatre piézomètres présentent toutefois de fortes augmentations de la concentration moyenne en tritium : PO134, PO136, PO153 et PZ321. Les activités restent cependant du même ordre de grandeur que les années précédentes.
PO131	-35%	
PO132	-32%	
PO133	-50%	
PO134	54%	
PO135	-34%	
PO136	82%	
PO152	12%	
PO153	347%	
PO180	-18%	
PZ320	-24%	
PZ321	116%	
PZ322	-87%	
PZ324	-7%	

Le PO153 présente une augmentation de la concentration tritium de plus 300 % par rapport à 2019. La Figure 5-20 illustre l'évolution de la concentration tritium depuis 2009. La concentration varie en fonction de la hauteur de la nappe. Les concentrations tritium les plus élevées sont mesurées en période de basses eaux.

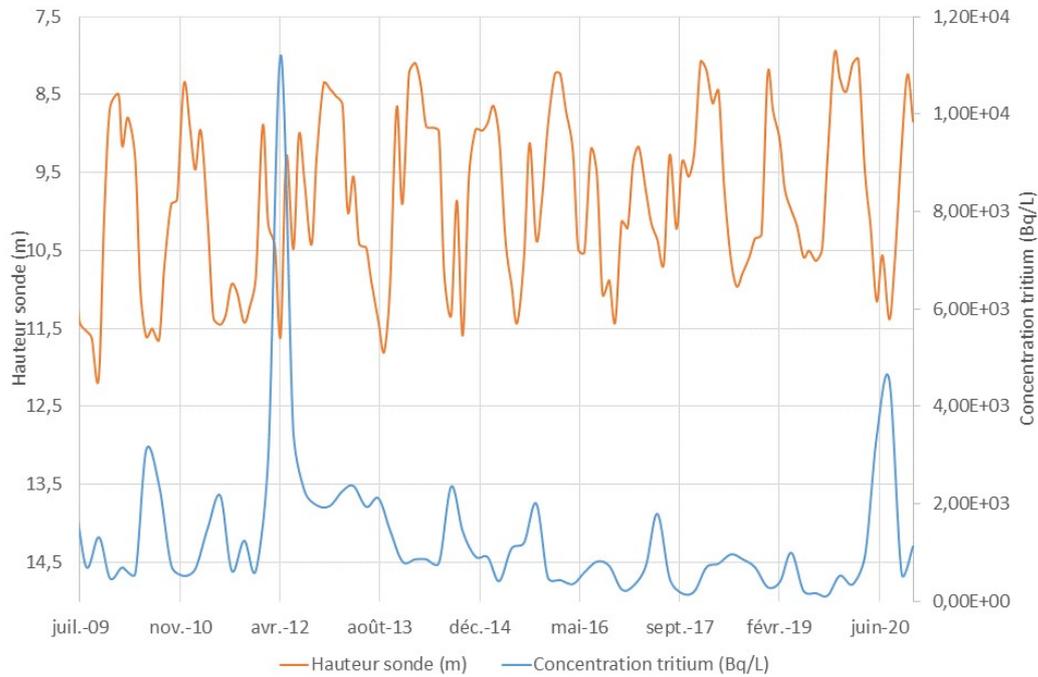


Figure 5-20 Evolution de la concentration tritium en fonction du niveau de nappe au PO153

La Figure 5-21 présente, sur une échelle de temps plus large, l'évolution de l'activité tritium des piézomètres du secteur de la zone 4 situés sur le site. La Figure 5-22 présente également dans ce secteur des piézomètres situés sur le site d'Orano Recyclage.

L'évolution des piézomètres de ce secteur est contrastée.

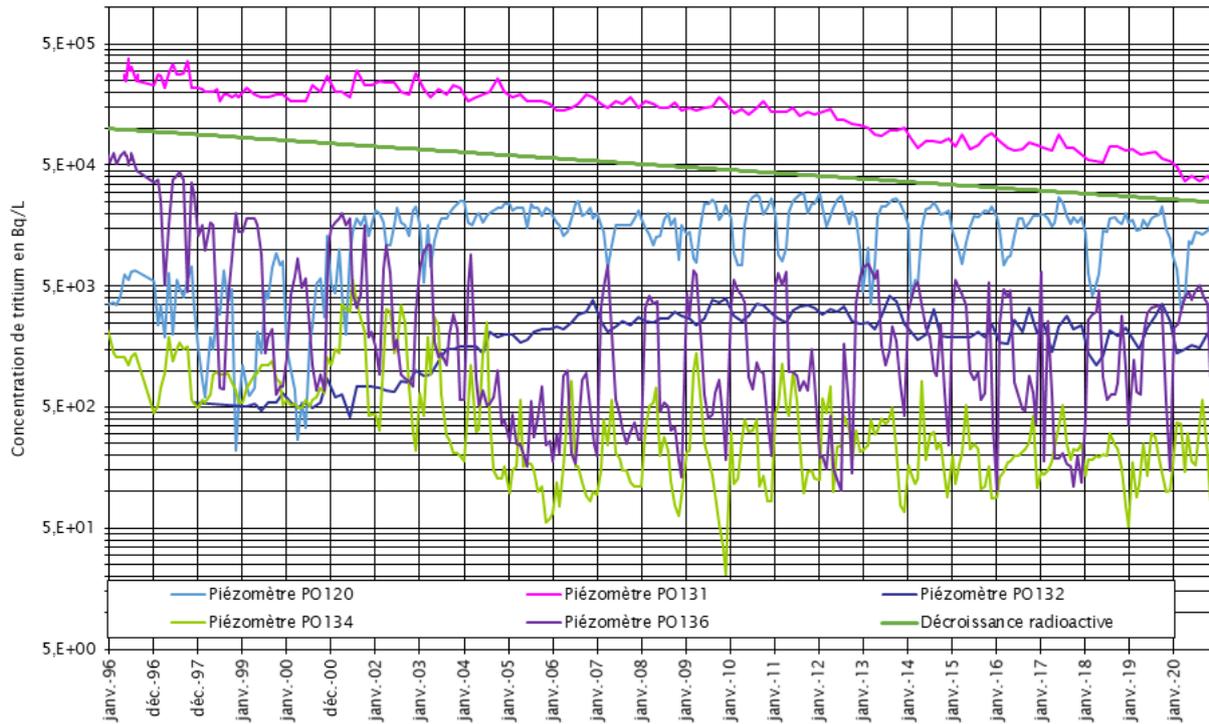


Figure 5-21 Evolution de l'activité moyenne en tritium dans les piézomètres intérieures de la zone nord-ouest (zone 4) depuis 1996

Les piézomètres PO120 et PO132, après une augmentation de cet indicateur jusqu'aux années 2006-2007, présentent une activité tritium moyenne en légère baisse. Le PO131 montre depuis 2012 une baisse plus rapide que l'allure de la pente de la décroissance radioactive. Les piézomètres PO134 et PO136 présentent des variations saisonnières importantes ; la moyenne des concentrations en tritium y est en augmentation cette année.

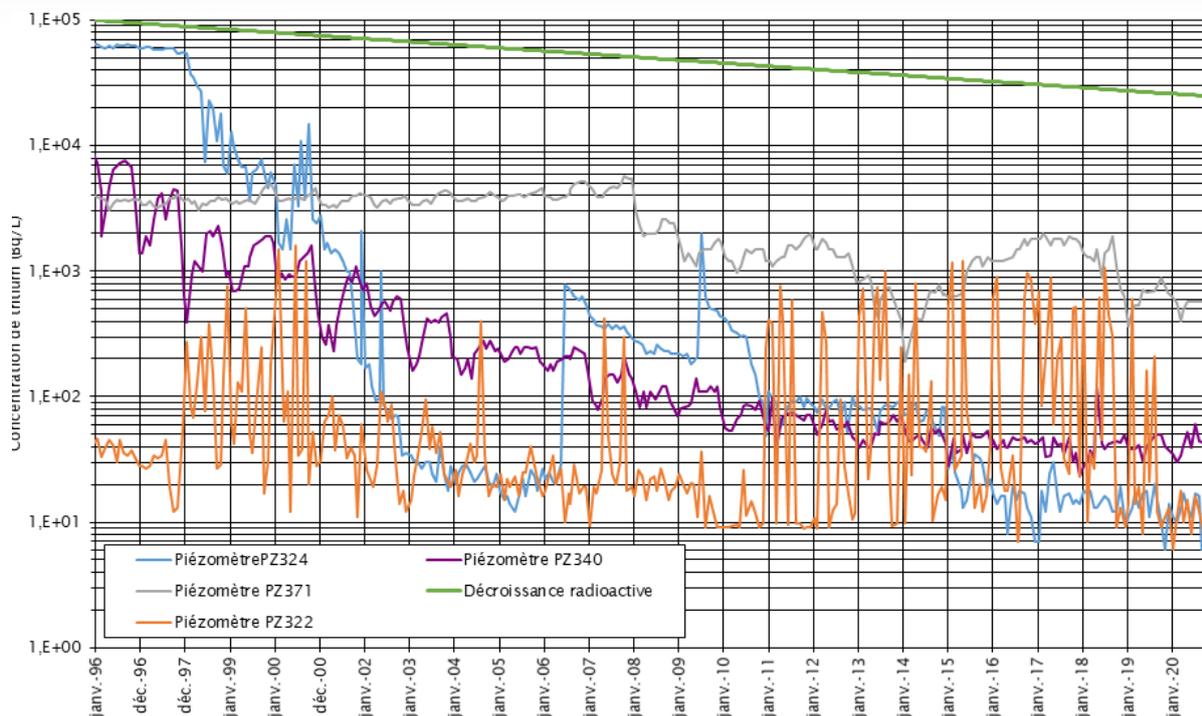


Figure 5-22 Evolution de l'activité moyenne en tritium dans les piézomètres extérieures de la zone nord-ouest (zone 4) depuis 1996

Le piézomètre PZ340 présente une décroissance régulière de l'activité tritium plus rapide que la décroissance naturelle du tritium jusqu'en 2012 puis on note une certaine stabilisation. La concentration volumique en tritium dans le PZ322 présente des variations rapides allant de quelques dizaines de Bq/L et atteignant 1 000 Bq/L ; cette année, la forte variation des concentrations n'est pas observée (comme ce fut le cas de 2008 à 2010).

L'activité tritium des piézomètres PZ371 et PZ324 évolue selon des tendances sous influence :

- l'activité volumique en tritium du PZ371 augmente régulièrement jusqu'en 2007, puis présente une tendance à la baisse de 2008 à 2013 et augmente entre 2014 et 2016 ; depuis 2018, l'activité du tritium du PZ371 diminue globalement. Ce piézomètre a subi les aménagements réalisés par Orano Recyclage autour du bassin pluvial Nord-Est (mise en service de la pompe R0 et raccordement des drains sous bassin au réseau Gravitare à risque).
- l'activité volumique en tritium du PZ324 décroît rapidement jusqu'en 2006 mais présente deux augmentations rapides en 2006 et 2010 suite à des pompages réalisés à titre expérimental par Orano Recyclage et qui s'expliquent par le détournement vers ce piézomètre des lignes de courant venant du PO153. L'activité tritium de ce piézomètre décroît depuis à un rythme plus rapide que celui de la décroissance radioactive.

Ainsi, l'évolution de l'activité tritium mesurée sur les piézomètres de cette zone apparaît très complexe à analyser et est le fait d'une géologie plus marquée par des changements de faciès et fissuration dans ce secteur qui constituait l'ancienne source de la Sainte Hélène.

L'indicateur d'activité tritium usuellement utilisé par l'Andra reste très influencé par les résultats des mesures effectuées dans le piézomètre PO131 et qui s'inscrivent dans une tendance pluriannuelle à la baisse. Pour autant, les activités tritium mesurées sur les autres piézomètres de la zone, en particulier le PO120, PO132 et PO133, montrent depuis plusieurs années une légère tendance à la hausse et dont l'explication peut être multiple :

- un relâchement de tritium à partir de certains ouvrages de la zone Nord-Ouest (pour autant non détecté au niveau du piézomètre PO131) ;
- une influence des drainages mis en place par Orano Recyclage situés à proximité du secteur ;

- une particularité géologique (fissuration, influence d'un banc de quartzite) ;
- une faible recharge depuis ces 3 dernières années (hors 2020) impliquant un plus faible niveau de dilution et une modification locale des directions d'écoulement.

Cette année, ces trois piézomètres présentent une diminution de la concentration moyenne en tritium probablement due à la forte recharge (cf. § 5.2.2.2)

5.2.6.3 Suivi physico-chimique

La composition chimique des eaux dans les piézomètres de la zone 4 est stable par rapport à 2019 (Tableau 9-41). Les eaux souterraines de ce secteur sont acides (pH compris entre 5,0 et 6,5). La présence régulière d'aluminium, de fer et de manganèse est liée au fond géochimique du secteur.

La valeur élevée de MES (100 mg/L) mesurée en période de basses eaux dans le PO180 n'a pas été confirmée cette année. Le PO168 présente, comme les années précédentes, des valeurs contrastées en manganèse entre les hautes-eaux et les basses-eaux. Les valeurs les plus élevées étant généralement mesurées en période de basses eaux (Figure 5-23), ces valeurs élevées ne sont pas en lien avec les activités du CSM.

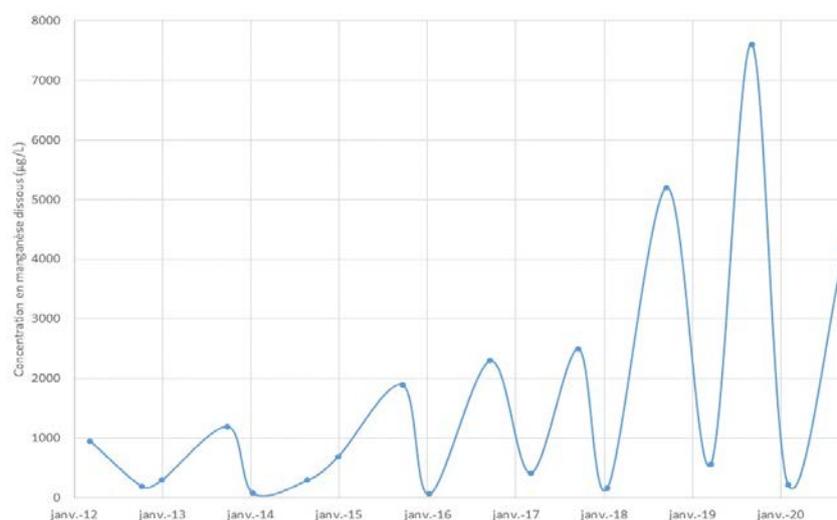


Figure 5-23 Evolution de la concentration de manganèse dissous dans le PO168 depuis 2012

5.2.7 Surveillance radiologique et physico-chimique : piézomètres du secteur nord (Zone 5)

Cette zone est située au nord du Centre, de part et d'autre de la ligne de crête piézométrique séparant les bassins versants des ruisseaux de la Sainte-Hélène et du Grand Bel.

Les principaux piézomètres de la zone 5 gérés par l'Andra sont représentés en bleu dans la Figure 5-24.

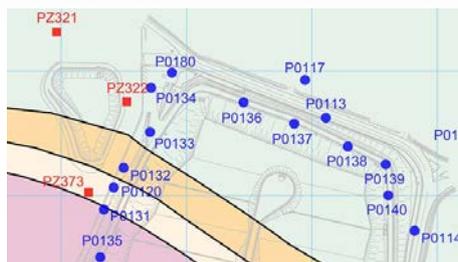


Figure 5-24 Piézomètres de la zone 5

5.2.7.1 Suivi radiologique

Le Tableau 5-11 indique les niveaux d'activités radiologiques des piézomètres de la zone 5 mesurés en 2020.

Tableau 5-11 Indicateurs radiologiques des piézomètres de la zone 5

Point de prélèvement	Moyenne alpha (Bq/L)	Max alpha (Bq/L)	Moyenne bêta (Bq/L)	Max bêta (Bq/L)	Moyenne tritium (Bq/L)	Max tritium (Bq/L)
PO113	≤0,02	0,04	0,11	0,13	58	91
PO114	0,15	0,25	0,26	0,43	443	1370
PO117	≤0,02	0,05	0,18	0,21	685	860
PO133	0,04	0,06	0,13	0,16	441	1000
PO134	≤0,02	0,03	0,1	0,13	253	570
PO136	0,05	0,09	0,27	0,37	3321	5050
PO137	≤0,02	0,03	0,17	0,21	5129	5700
PO138	≤0,02	0,03	0,16	0,2	791	1100
PO139	0,09	0,16	0,33	0,41	782	1200
PO140	0,04	0,06	0,36	0,54	2068	3370
PO142	0,05	0,06	0,19	0,27	128	200
PO180	0,09	0,24	0,22	0,43	925	1230

Les résultats de 2020 sont comparables aux résultats de 2019. Les indicateurs de suivi des activités alpha global et bêta global présentent des valeurs moyennes comprises entre le SD et 0,15 Bq/L pour l'activité alpha global et entre le 0,11 et 0,36 Bq/L pour l'activité bêta global. Comme les années précédentes, les maximum d'activités radiologiques alpha sont mesurés dans le PO114 et le PO180. Les valeurs des indices bêta global sont toutes inférieures à la valeur guide (1 Bq/L) définie dans l'arrêté du 11 janvier 2007 [28].

Le piézomètre ayant la concentration volumique la plus élevée en tritium est, comme les années précédentes, le PO137.

5.2.7.2 Suivi de l'indicateur d'évolution du tritium

L'évolution pluriannuelle de l'activité volumique du tritium de la zone 5 au nord du Centre est présentée dans la Figure 5-25 ; l'évolution de la tendance entre 2019 et 2020 est donnée dans le Tableau 5-12. On note une tendance globale à la baisse de l'activité tritium.

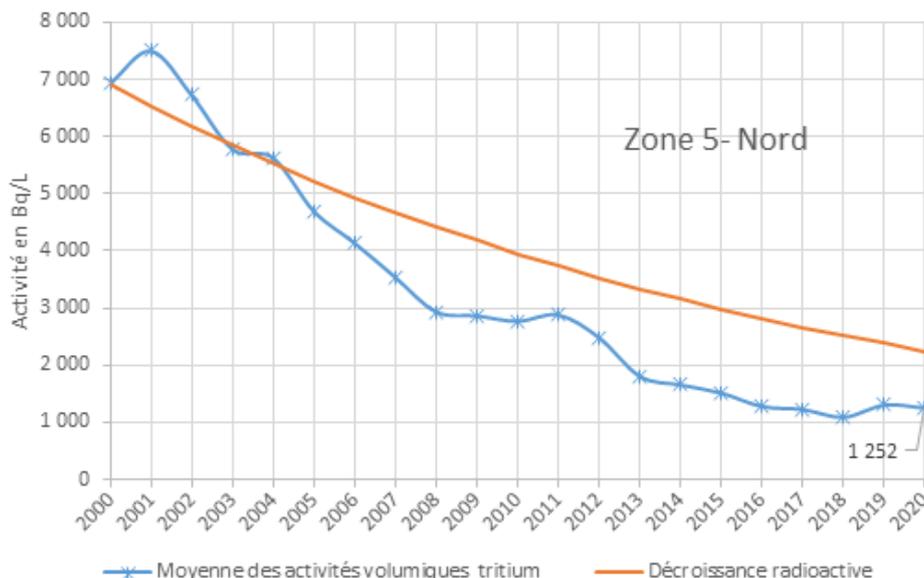


Figure 5-25

Evolution depuis 2000 de la moyenne des activités tritium moyenne de chaque piézomètre de la zone 5 en comparaison à la décroissance radioactive naturelle du tritium

Tableau 5-12

Présentation de la tendance tritium des piézomètres de la zone 5

Piézomètre	Tendance 2019-2020	Commentaire
PO113	-47%	En 2020 l'indicateur tritium de la zone 5 est en légère diminution par rapport à 2019. Quatre piézomètres présentent toutefois des augmentations de la concentration moyenne en tritium : PO114, PO117, PO34 et PO136. Les activités restent cependant du même ordre de grandeur que les années précédentes.
PO114	15%	
PO117	54%	
PO133	-50%	
PO134	54%	
PO136	82%	
PO137	-7%	
PO138	-26%	
PO139	-27%	
PO140	-29%	
PO142	-21%	
PO180	-18%	

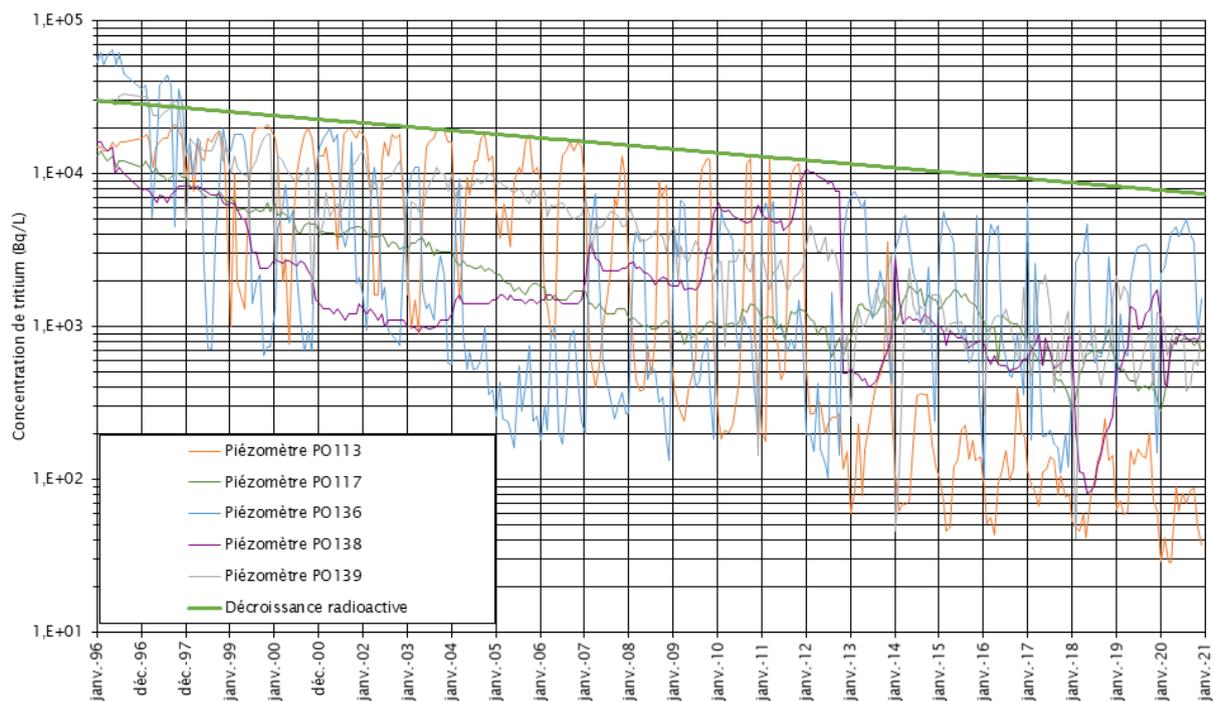


Figure 5-26 Evolution de l'activité moyenne en tritium dans les piézomètres de la zone Nord (zone 5) depuis 1996

Les piézomètres de cette zone présentent de grandes variabilités saisonnières sauf le PO137 qui est relativement stable et suit à peu près la courbe de décroissance du tritium (cf. Figure 5-16). Malgré leur grande variabilité (jusqu'à 10 ordre de grandeur), le PO113 et le PO139 présentent une tendance à la baisse. Le PO136, qui présente une baisse jusqu'en 2006, est en légère augmentation ces dernières années. Le PO117, qui montrait une tendance de l'activité tritium à la hausse depuis 2012, avait atteint une activité max aux environs de 1500 Bq/L, puis à partir de 2016, a amorcé une décroissance, puis a de nouveau augmenté en 2018 pour diminuer en 2019 et de nouveau augmenter en 2020. Le PO138 a, quant à lui, un comportement plus atypique avec des phases de forte diminution (jusqu'en 2004, en 2012 et en 2018) puis des phases d'augmentation (de 2004 à 2012, en 2019).

5.2.7.3 Suivi physico-chimique

Les résultats des analyses physico-chimiques des piézomètres de la zone 5 sont présentés dans le Tableau 9-40 et dans le Tableau 9-41. Le détail des évolutions est présenté dans les chapitres précédents.

5.2.8 Suivi de l'indicateur global du tritium au droit du Centre

Le Tableau 5-13 et la Figure 5-27 présentent l'évolution de la moyenne des activités volumiques annuelles moyennes des piézomètres référencés dans le dossier de demande d'autorisation de passage en phase de surveillance [5] :

Tableau 5-13 Moyenne de l'activité volumique tritium dans les piézomètres depuis 2011

	Unités	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Moyenne des activités volumiques moyennes	Bq/L	4 699	4 262	3 264	2 777	2 728	2 459	2 520	2 134	2 253	1 606
Décroissance radioactive	Bq/L	6 103	5 769	5 453	5 154	4 872	4 606	4 353	4 115	3 890	3 677

Pour rappel, la moyenne annuelle a été calculée à partir des moyennes annuelles de chaque piézomètre se trouvant dans la liste suivante telle que définie dans le dossier sus référencé [5] : PO001, PO113, PO114, PO117, PO120, PO131, PO133, PO134, PO135, PO136, PO137, PO138, PO139, PO140, PO143, PO150, PO151, PO152, PO153, PO154, PO155, PO156, PO157, PO158, PO159, PO160, PO161, PO162, PO163, PO170, PO171, PO172, PO173, PO174, PO175, PO176, PO177, PO178, PO179, PO180, PZ322, PZ324, PZ326 et PZ712.

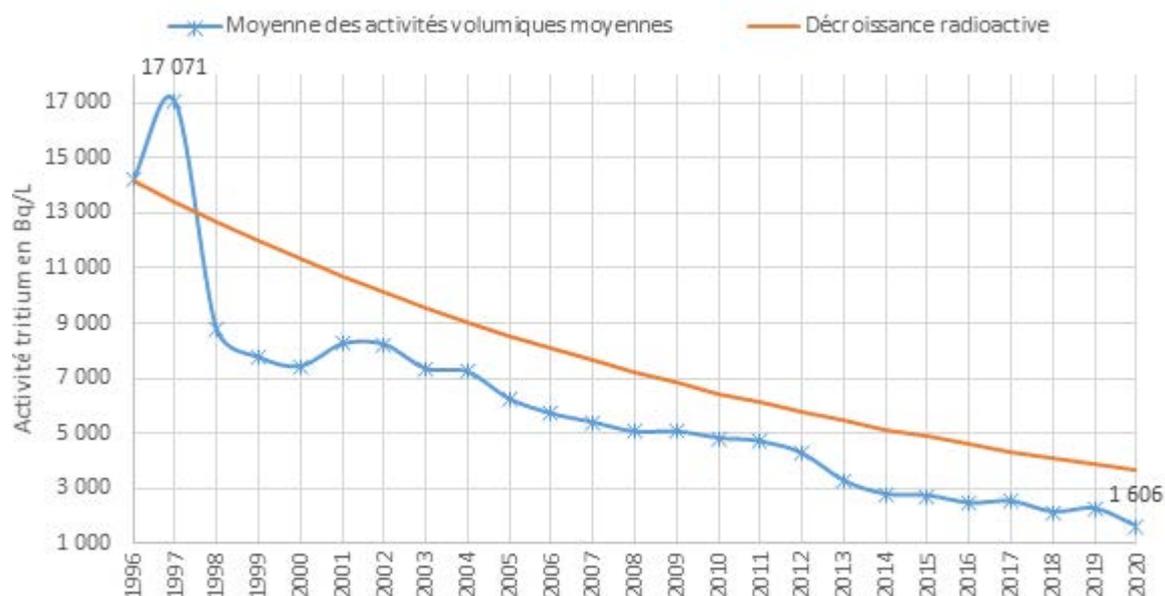


Figure 5-27 Indicateur de l'évolution de l'activité moyenne en tritium dans les piézomètres au droit du Centre depuis 1996

L'indicateur de l'évolution globale du tritium au droit du Centre suit, depuis 2014, la décroissance radioactive du tritium avec toutefois quelques variations. Après la légère augmentation constatée l'année dernière, l'indicateur tritium diminue de nouveau en 2020.

5.2.9 Conclusion du suivi des eaux souterraines

L'année hydrologique 2019-2020 débute par une recharge quasi nulle en septembre (0,1 mm), puis reprend de manière très forte dès le mois d'octobre, avec des excédents importants (+20 à +92% d'octobre à décembre), un mois de janvier proche des moyennes observées (+2%), puis deux mois nettement excédentaires (+26 et +51% en février et mars). La recharge cumulée dépasse nettement les moyennes observées par le passé, et les forts déficits de recharge d'avril à août (-22 à -86%) ne feront que légèrement reculer cette avance : en fin d'année hydrologique, le cumul est excédentaire de 22%.

L'indicateur de l'activité moyenne en tritium est en diminution en 2020 (1 606 Bq/L). Il traduit les inflexions de tendance observées par secteur. Il est à noter que certains piézomètres de la zone 4 présentent des augmentations non négligeables.

En 2020, les paramètres physico-chimiques dans les eaux souterraines respectent les normes de qualité environnementale de l'arrêté du 17 décembre 2008 [31].

5.3 Surveillance des eaux superficielles

5.3.1 Présentation générale – bassins versants sous l'influence du CSM

Le CSM se situe sur trois bassins versants et le réseau hydrographique concerne trois ruisseaux situés à proximité. Il s'agit des ruisseaux de la Sainte-Hélène, du Grand-Bel et des Roteures. Ils ont un cours dirigé vers le Nord et aboutissent à la mer, située à quelques kilomètres.

On retrouve d'ouest en est :

- le ruisseau de la Sainte-Hélène, qui prenait autrefois sa source à l'intérieur de la propriété d'Orano Recyclage, près du lieu-dit des Hauts Marais. Aujourd'hui, après contrôles, l'eau de la source est évacuée par le déversoir d'un bassin tampon et le ruisseau atteint la mer à l'anse Saint-Martin, après un parcours d'environ 3,2 km ;
- le ruisseau du Grand-Bel, qui prend sa source au nord du CSM au Hameau-Es-Clerges et qui aboutit au ruisseau de la Sainte-Hélène, après un parcours de 1,7 km, au lieu-dit « l'Etang-Paysan », près du hameau de la Fosse ;
- le ruisseau des Roteures, qui naît à l'Est du CSM et rejoint le ruisseau La Vallace après un parcours d'environ 1 km. La Vallace se jette dans la mer à Omonville-La Rogue, à 2 km en aval.

La localisation des points de contrôle sur les ruisseaux est présentée en Figure 5-28.



Figure 5-28 Localisation des points de contrôle de l'eau des ruisseaux

La surveillance radiologique et physico-chimique des eaux et des sédiments de ces trois ruisseaux permet de vérifier l'impact des rejets dans l'environnement et de mettre en évidence toute élévation anormale traduisant un dysfonctionnement des installations du CSM. Des prélèvements hebdomadaires d'eau sont réalisés dans les trois ruisseaux.

Les sédiments, compte-tenu de leur capacité de rétention, sont de bons indicateurs de pollution ancienne. Des analyses radiologiques trimestrielles et des analyses physico-chimiques annuelles sont réalisées dans les sédiments de la Sainte-Hélène et dans les sédiments du Grand-Bel.

5.3.2 Surveillance des eaux du ruisseau de la Sainte-Hélène

Pour rappel, les eaux pluviales du CSM sont rejetées dans le ruisseau de la Sainte-Hélène.

5.3.2.1 Volume écoulé au point de contrôle R6-10

Le point de contrôle R6-10 est équipé d'un débitmètre permettant la mesure en continu du volume passant par ce point. Pour rappel, ce point est situé en aval de la confluence des ruisseaux de la Sainte-Hélène et du Grand-Bel (Figure 5-28). En 2020, le volume annuel mesuré au point R6-10, correspondant à la quantité d'eau ayant transité par ce point, est de 1 677 269 m³. Le débit moyen résultant pour l'année 2020 est donc de 192 m³/h, cohérent avec celui calculé à partir des débits instantanés relevés à fréquence hebdomadaire, de l'ordre de 179 m³/h.

5.3.2.2 Suivi radiologique

Les prélèvements pour le suivi radiologique des eaux de la Sainte-Hélène sont effectués aux points R6 et R6-10 (Figure 5-28). Ils sont réalisés chaque semaine et correspondent à des prélèvements ponctuels. Les résultats des analyses radiologiques sont présentés dans le Tableau 9-42 (R6) et le Tableau 9-43 (R6-10).

En 2020, les activités volumiques moyennes (alpha global, bêta global et tritium) des eaux prélevées aux deux points de contrôles du ruisseau de la Sainte-Hélène (activités moyennes calculées à partir des analyses hebdomadaires et en prenant en compte les valeurs aux seuils de détection) sont données dans le Tableau 5-14.

Tableau 5-14 Activités volumiques des eaux du ruisseau de la Sainte-Hélène

Paramètres	Unités	R6	R6-10
Moyenne des indices αG	Bq/L	$\leq 0,016$	$\leq 0,024$
Moyenne des indices βG	Bq/L	0,12	0,12
Moyenne des concentrations en tritium	Bq/L	30	21

Les résultats des indices alpha et bêta globaux sont similaires à ceux des années précédentes. Les moyennes des résultats de cette année sont inférieures aux valeurs guides appliquée lors des contrôles sanitaires des eaux destinées à la consommation humaine [31] à savoir 0,1 Bq/L en αG et 1 Bq/L en βG . La valeur de tritium est légèrement plus élevée au point R6 qu'en R6-10. Les valeurs sont équivalentes à celles de 2019.

En complément des analyses hebdomadaires, des analyses radiologiques à bas seuils sont réalisées annuellement sur les eaux du ruisseau de la Sainte-Hélène aux points R6 et R6-10 sur la fraction soluble et insoluble (Tableau 9-44). En 2020, on observe la présence récurrente de tritium, comparable avec les résultats de la surveillance hebdomadaire. Aucun autre RN artificiel n'est détecté. Des RN naturels sont toutefois détectés (²¹⁴Pb, ²³⁴U, ²³⁸U) à des concentrations compatibles avec celles de l'environnement.

La Figure 5-29 présente l'évolution depuis 2011 de l'activité tritium dans l'eau du ruisseau de la Sainte-Hélène dans sa partie amont au point R6 et dans la partie aval au point R6-10.

L'activité radiologique des eaux du ruisseau est dépendante de celle de ses contributions, à savoir :

- les eaux pluviales venant de l'Andra et d'Orano Recyclage ;
- les eaux de ruissellement entre la source (GPNE) et le point de contrôle ;
- les eaux souterraines.

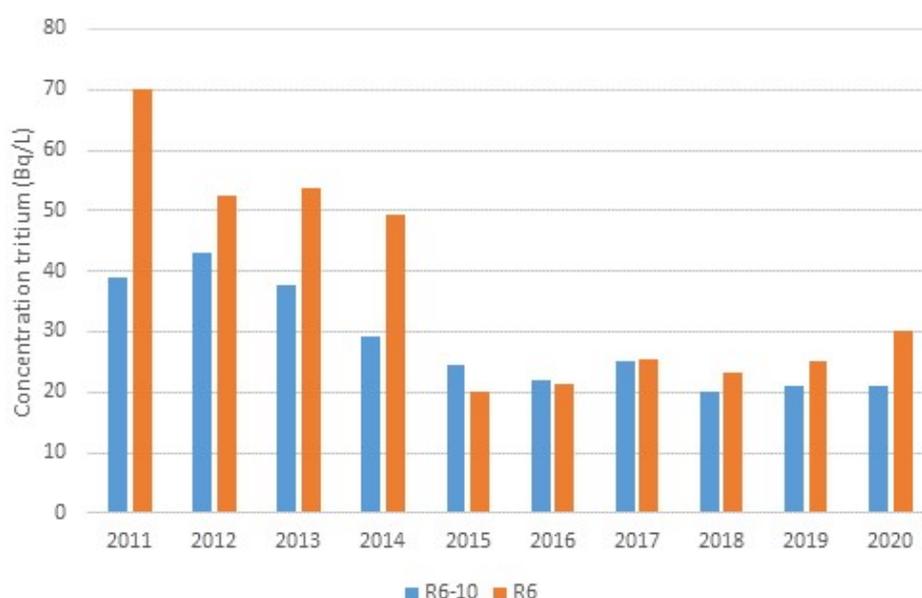


Figure 5-29 Evolution de la concentration moyenne en tritium dans le ruisseau de la Sainte-Hélène depuis 1991 aux point R6 et R6-10

L'évolution de l'activité tritium sur la Sainte Hélène s'inscrit dans une tendance à la baisse qui semble toutefois s'atténuer et marquer un plateau à partir de 2015 entre 20 et 25 Bq/L.

5.3.2.3 Comparaison des concentrations ^3H entre GPNE et R6

Le point GPNE constitue la source du ruisseau de la Sainte-Hélène depuis les travaux d'aménagement du site Orano Recyclage La Hague sur la partie amont de son cours initial.

Les moyennes présentées dans le Tableau 5-15 sont les moyennes des activités tritium pondérées par les volumes des échantillons aliquotes 15 jours au point GPNE (Tableau 9-45) et à la moyenne arithmétique des activités tritium hebdomadaires pour R6 (Tableau 9-42).

Tableau 5-15 Moyennes annuelles des activités tritium en Bq/L aux points GPNE et R6 depuis 2011

Concentration ^3H (Bq/L)	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
GPNE	48	41	38	35	19	14	13	15	12	16
R6	70	53	54	49	20	21	25	23	25	30

Depuis 2015-2016, la concentration en tritium aux points GPNE et R6 présente une relative stabilité après une diminution plutôt régulière. La baisse régulière de l'activité tritium en ces points de contrôle est liée à la gestion des eaux de ruissellement par Orano Recyclage et en particulier de l'orientation vers le réseau gravitaire (rejet d'eau à risque) des eaux de drainage des bassins de ce secteur marquées en tritium.

5.3.2.4 Estimation de l'activité volumique en tritium liée aux eaux souterraines atteignant le ruisseau de la Sainte-Hélène

Comme vu ci-dessus, une fraction du tritium mesurée dans la Sainte-Hélène provient des eaux souterraines orientées vers le bassin versant du ruisseau de la Sainte-Hélène (cf. §5.3.1). Une estimation de cet apport peut être réalisée à partir des données de la surveillance. Cette estimation est une approximation qui ne tient pas compte des apports du tritium en provenance du Grand Bel qui rejoint la Sainte-Hélène en amont du point R6-10.

Données d'entrée 2020 pour l'estimation de la concentration volumique en tritium des eaux souterraines atteignant le ruisseau de la Sainte-Hélène

- Volume rejeté à GPNE : $V_{GPNE} = 682\,077\text{ m}^3$;
- Volume écoulé au ruisseau de la Sainte-Hélène à VR6-10 : $1\,677\,269\text{ m}^3$;
- Concentration moyenne en tritium en GPNE = 16,1 Bq/L
- Concentration moyenne en tritium au point R6-10 = 20,9 Bq/L

Calcul de l'estimation de la concentration volumique en tritium des eaux souterraines atteignant la Sainte-Hélène

Le volume des eaux de ruissellement du bassin versant entre GPNE et R6-10 provenant des eaux souterraines peut être estimé par la différence entre le volume annuel mesuré au point R6-10 et le volume annuel rejeté à GPNE (source du ruisseau de la Sainte-Hélène), soit :

$$\text{Équation 4} \quad \text{Veau ruissellement} = VR6-10 - V_{GPNE} = 1\,677\,269 - 682\,077 = 995\,192\text{ m}^3.$$

Par différence entre l'activité rejetée en tritium mesurée en R6-10 et celle mesurée à GPNE, et en considérant que la concentration volumique en tritium dans l'eau de ruissellement des bassins versants extérieurs au site est négligeable, on peut estimer la part de relâchement des eaux souterraines du bassin versant de la Sainte-Hélène à :

- Activité tritium en R6-10 (GBq) : $1\,677\,066 \times 10^3 \times 20,9 / 10^9 = 35,1\text{ GBq}$
- Activité tritium en GPNE (GBq) : $682\,077 \times 10^3 \times 16,1 / 10^9 = 11,0\text{ GBq}$

Soit $35,1 - 11,0 = 24,1\text{ GBq}$ de tritium provenant des eaux souterraines.

Par conséquent, l'activité volumique en tritium des eaux souterraines et des eaux de ruissellement sur le bassin versant du CSM qui alimentent la Sainte-Hélène entre le point GPNE et le point R6-10 est en moyenne de :

$$(24,2 \times 10^9) / (995\,192 \times 10^3) = 24\text{ Bq/L}$$

Cette concentration varie en fonction de la pluviométrie. Elle se situe généralement autour de 30 Bq/L.

5.3.2.5 Suivi physico-chimique

Les prélèvements pour les analyses physico-chimiques du ruisseau de la Sainte-Hélène sont effectués aux points R6 et R6-10 sur des échantillons ponctuels deux fois par an (en période de basses et de hautes eaux) : les résultats sont présentés dans le Tableau 9-46.

La qualité des eaux du ruisseau de la Sainte-Hélène est influencée par :

- les eaux pluviales venant de l'Andra et d'Orano Recyclage ;
- les pratiques agricoles alentours ;
- la nature des sols ;
- les eaux de ruissellements ;

- les eaux souterraines ...

Le pH des eaux de la Sainte-Hélène est relativement stable (6,8 -7,9) et proche de la neutralité (Tableau 9-42 et Tableau 9-43). Une valeur plus élevée a été mesurée le 4 août en R6 et R6-10, sans explication. A la même période, le même phénomène a été constaté dans le ruisseau du Grand-Bel (Tableau 9-47).

Les résultats des campagnes menées en février et octobre 2020 ne montrent pas d'évolution particulière de la qualité physico-chimique de ces eaux (Tableau 9-46). Tout comme dans les eaux souterraines, la présence d'aluminium, de baryum, de fer et de manganèse est systématiquement détectée, en lien avec le fond géochimique de la région.

Il est à noter que la présence régulière de nitrates et de nitrites en R6 et R6-10 traduit la présence d'activités agricoles proches de la Sainte-Hélène (fertilisation des sols).

5.3.3 Surveillance des eaux du ruisseau du Grand Bel

La surveillance du Grand-Bel est effectuée à proximité de sa source au point R3 (Figure 5-28). Ce ruisseau est alimenté par l'exhaure des eaux souterraines soumises à l'influence de la partie est et nord-est du stockage. Au point de contrôle « R3 », dit « Source du Grand Bel », l'eau prélevée correspond presque intégralement à de l'eau souterraine.

5.3.3.1 Suivi radiologique

Les prélèvements pour le suivi radiologique des eaux du Grand-Bel sont réalisés chaque semaine et correspondent à des prélèvements ponctuels. Les résultats des analyses radiologiques sont présentés dans le Tableau 9-47.

En 2020, les activités volumiques moyennes (alpha global, bêta global et tritium) des eaux prélevées au point R3 (activités moyennes calculées à partir des analyses hebdomadaires et en prenant en compte les valeurs aux seuils de détection) sont données dans le Tableau 5-16.

Tableau 5-16 Activités volumiques des eaux du ruisseau du Grand-Bel

Paramètres	Unités	R3
Moyenne des indices α G	Bq/L	$\leq 0,017$
Moyenne des indices β G	Bq/L	0,11
Moyenne des concentrations en tritium	Bq/L	221

Les résultats des indices alpha et bêta globaux sont similaires à ceux des années précédentes. La majorité des résultats des mesures de l'indice alpha global présente des valeurs inférieures aux SD (41 résultats sur 52). Les moyennes des résultats de cette année sont inférieures aux valeurs guides appliquées lors des contrôles sanitaires des eaux destinées à la consommation humaine [31] à savoir 0,1 Bq/L en α G et 1 Bq/L en β G.

La concentration volumique moyenne en tritium reste significative mais est en baisse par rapport à 2019. La Figure 5-30 présente l'évolution de la concentration tritium depuis 2011. Les valeurs de l'année 2020 sont comprises entre 140 et 250 Bq/L.

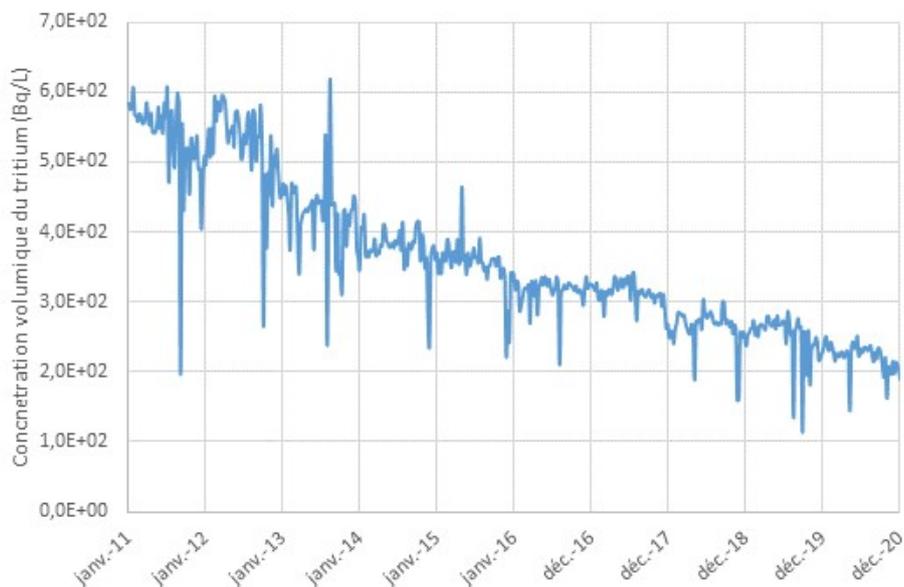


Figure 5-30 Evolution de la concentration tritium au point de contrôle R3 depuis 2011

La Figure 5-31 présente l'évolution de l'activité moyenne annuelle du tritium mesurée au point R3, corrigée de la décroissance radioactive du tritium calculée à partir de l'année 1996 (date de fin de mise en place de la couverture) et sans correction.

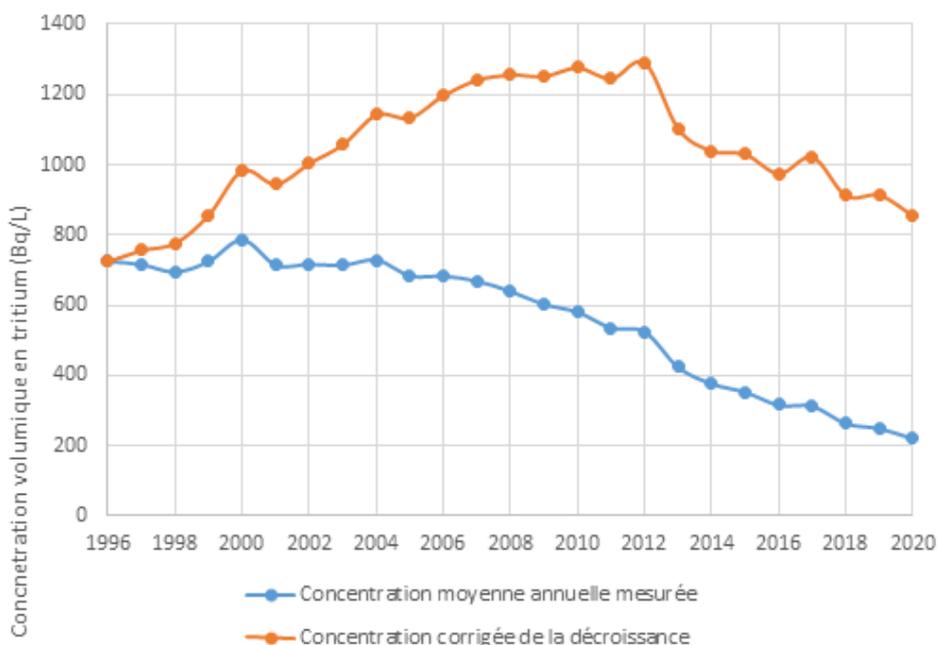


Figure 5-31 Évolution de l'activité 3H au point R3 avec et sans correction de la décroissance radioactive (année de référence 1996)

La correction de la décroissance permet de s'affranchir des effets de disparition naturelle du tritium. Sur cette figure, il est donc constaté que l'activité volumique en tritium :

- augmente globalement jusqu'en 2010 puis diminue à partir de 2012 ;

- présente quelques pics ponctuels traduisant une légère augmentation de l'activité volumique d'une année à l'autre (années 2000, 2012, 2014 et 2017).

Cette courbe d'évolution du tritium dans le Grand Bel corrigée de la décroissance montre bien que le pic du panache de pollution lié à l'incident tritium détecté en 1976 a atteint la source du Grand Bel autour de 2010 ; cela montre aussi que la rémanence du marquage en tritium de la ZNS (marquage hétérogène suivant la porosité et la perméabilité des terrains constituant la ZNS) relâchant cette activité dans la nappe au gré de ses battements (cette variabilité est bien visualisable certaines années atypiques de forte recharge et/ou de recharge contrastée ; années 2012, 2014 et 2018) continue à influencer l'activité tritium de la nappe, ainsi que celle du Grand Bel.

5.3.3.2 Suivi physico-chimique

Les prélèvements pour les analyses physico-chimiques du ruisseau du Grand-Bel sont effectués deux fois par an (en période de basses et de hautes eaux) sur des échantillons ponctuels : les résultats sont présentés dans le Tableau 9-48.

Les résultats des campagnes, menées en février et octobre 2020 au point R3, ne montrent pas de variabilité saisonnière des paramètres physico-chimiques de ces eaux et restent similaires à ceux des années précédentes.

Le pH des eaux du Grand-Bel est stable (6,7 -7,5) et proche de la neutralité (Tableau 9-47). Comme dans la Sainte-Hélène, une valeur plus élevée a été mesurée le 4 août (8,2), sans explication.

5.3.4 Surveillance des eaux des Roteures

Le ruisseau des Roteures qui, dans sa partie amont est hors influence du CSM, se voit dans sa partie aval influencé par des résurgences d'eaux souterraines venant du CSM. Le point de contrôle R1 est situé hors influence du CSM et constitue ainsi un point de référence.

5.3.4.1 Suivi radiologique

Les prélèvements pour le suivi radiologique des eaux des Roteures sont réalisés chaque semaine et correspondent à des prélèvements ponctuels. Les résultats des analyses radiologiques sont présentés dans le Tableau 9-49 (R1) et le Tableau 9-50 (R1-10).

En 2020, les activités volumiques moyennes (alpha global, bêta global et tritium) des eaux prélevées aux deux points de contrôles du ruisseau de la Sainte-Hélène (activités moyennes calculées à partir des analyses hebdomadaires et en prenant en compte les valeurs aux seuils de détection) sont données dans le Tableau 5-17.

Tableau 5-17 Activités volumiques des eaux du ruisseau des Roteures

Paramètres	Unités	R1	R1-10
Moyenne des indices αG	Bq/L	$\leq 0,022$	$\leq 0,021$
Moyenne des indices βG	Bq/L	0,091	0,093
Moyenne des concentrations en tritium	Bq/L	$\leq 2,7$	7,9

Les résultats des indices alpha et bêta globaux sont similaires à ceux des années précédentes. Les moyennes des résultats de cette année sont inférieures aux valeurs guides appliquée lors des contrôles sanitaires des eaux destinées à la consommation humaine [31] à savoir 0,1 Bq/L en αG et 1 Bq/L en βG .

La valeur de tritium est légèrement plus élevée au point R1-10 qu'en R1. En effet, une partie des écoulements de la nappe située sous le Centre rejoint naturellement le ruisseau des Roteures, en aval du hameau La Chesnaye, au lieu de rejoindre la source du Grand Bel. L'activité volumique en tritium est équivalente à celle de 2019.

5.3.4.2 Suivi physico-chimique

Les résultats des analyses physico-chimiques sur les eaux des Roteures au point R1-10 sont présentés dans le Tableau 9-48.

Les résultats des campagnes menées en février et octobre 2020 ne montrent pas d'évolution particulière de la qualité physico-chimique des eaux des Roteures. Tout comme dans les eaux souterraines, la présence d'aluminium, de baryum, de fer et de manganèse est systématiquement détectée en lien avec le fond géochimique de la région.

Le pH des eaux des Roteures est stable (6,6 -7,7) et proche de la neutralité (Tableau 9-49 et Tableau 9-50).

5.3.5 Surveillance des sédiments des ruisseaux

La surveillance des sédiments des ruisseaux permet, du fait de leur capacité de rétention et donc d'accumulation, de détecter et de suivre, sur le long terme, la présence éventuelle de pollution radiologique ou chimique.

Pour le ruisseau de la Sainte-Hélène, les analyses radiologiques permettent de suivre l'évolution dans le temps du marquage radioactif hérité d'anciennes pratiques d'exploitation.

5.3.5.1 Suivi radiologique

Les prélèvements et analyses radiologiques trimestrielles des sédiments des ruisseaux sont réalisés par Orano Recyclage La Hague sur le ruisseau de la Sainte-Hélène (SR6), et par l'Andra pour les ruisseaux du Grand Bel (SR3) et de la Sainte-Hélène (SR6-10) : les résultats sont présentés dans le Tableau 9-51.

Sédiments du Grand-Bel

Les résultats de la spectrométrie gamma mettent en évidence la présence de ^{137}Cs (concentration moyenne en 2020 : 1,0 Bq/kg) ; ce niveau de radioactivité est régulièrement mesuré dans l'environnement français depuis l'accident de Tchernobyl. Aucun autre radio-isotope artificiel n'est mis en évidence.

Sédiments de la Sainte-Hélène

En 2020, l'activité radiologique moyenne en ^{137}Cs mesurée dans la partie amont du ruisseau de la Sainte-Hélène en SR6 est de 17 Bq/kg sec et dans sa partie aval en SR6-10 est de 8,2 Bq/kg sec. Ces concentrations moyennes sont équivalentes à celles généralement mesurées chaque année (Figure 5-32).

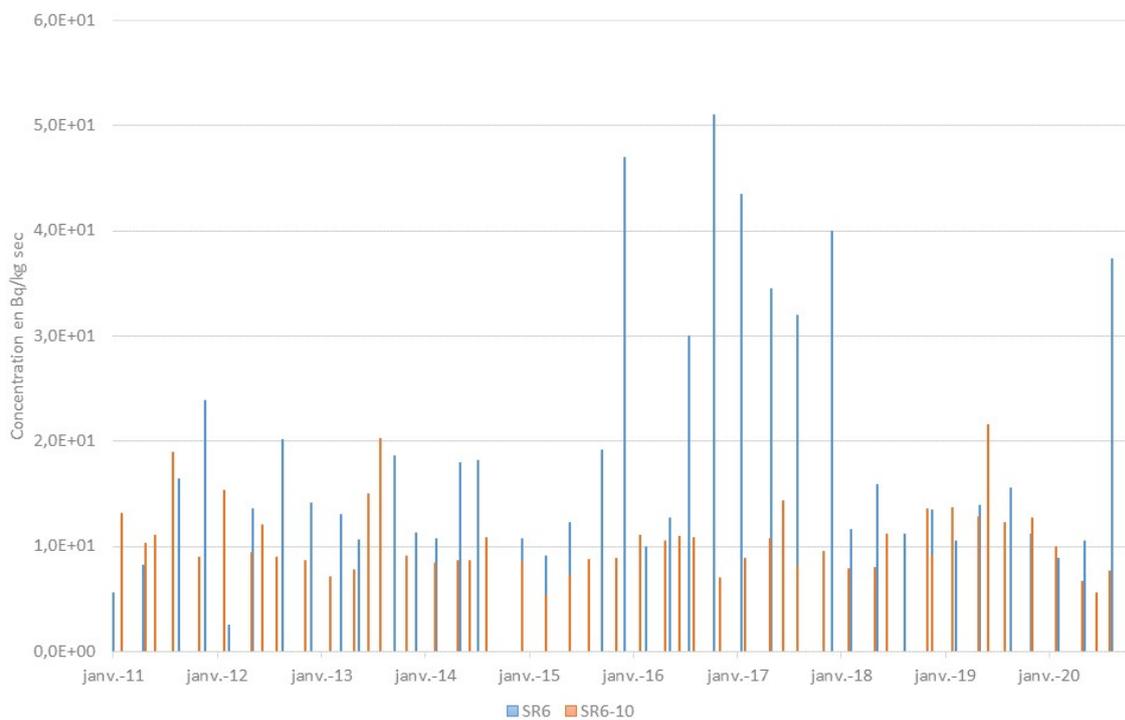


Figure 5-32 Evolution de la concentration massique de ^{137}Cs en SR6 et SR6-10 depuis 2011

En SR-6, tout comme les années précédentes, du ^{238}Pu , du $^{239+240}\text{Pu}$ et de ^{241}Am sont mesurés à l'état de traces.

Ces marquages des sédiments du ruisseau de la Sainte Hélène restent vraisemblablement des marques d'activités anciennes de fonctionnement ou de maintenance des sites nucléaires Andra et Orano Recyclage La Hague.

En complément des analyses trimestrielles, des analyses radiologiques à bas seuil, sur une gamme plus étendue de radionucléides, sont effectuées, à fréquence annuelle, sur les sédiments du ruisseau de la Sainte-Hélène en SR6-10 : les résultats sont présentés dans le Tableau 9-44.

Hormis les radionucléides d'origine naturelle, on relève la présence de ^{137}Cs et des traces de ^{238}Pu et de $^{239+240}\text{Pu}$.

5.3.5.2 Suivi physico-chimique

Les analyses physico-chimiques semestrielles des sédiments sont réalisées sur les ruisseaux des Roteurs (SR1-10), du Grand-Bel (SR3) et de la Sainte-Hélène (SR6 cascade). Les résultats des analyses effectuées sont comparés aux valeurs guides précisées dans l'arrêté du 09 août 2006 [29] (cf. Tableau 9-64). Les résultats sont présentés dans le Tableau 9-52 et montrent comme les années précédentes :

- des teneurs en aluminium et en fer élevées trouvant probablement leur origine dans les roches constituant le milieu géologique ;
- des teneurs importantes en manganèse et en baryum ;
- des teneurs en arsenic, chrome, cuivre et plomb en dessous des niveaux préconisés dans l'arrêté du 09 août 2006 [29] ;
- la présence de mercure, marquage issu d'une pollution ancienne dont les teneurs sont toutefois en dessous des niveaux préconisés dans l'arrêté du 09 août 2006 [29] ;

- la présence de zinc ; cet élément chimique, présent également dans la pluie (Cf. Tableau 9-3), est probablement lié aux activités industrielles de la zone de Digulleville ; les teneurs mesurées sont toutefois en dessous des niveaux préconisés dans l'arrêté du 09 août 2006 [29] ;
- le marquage par des HAP des sédiments du Grand-Bel (SR3) ; une origine anthropique provenant des hameaux et de la circulation automobile est à privilégier et sont probablement à l'origine de ces teneurs toutefois en dessous des niveaux préconisés dans l'arrêté du 09 août 2006 [29].

5.3.6 Conclusion du suivi des ruisseaux

Dans le ruisseau de la Sainte-Hélène, le niveau radiologique en tritium semble se stabiliser autour d'une vingtaine de Bq/L. Aucune évolution à la hausse n'est mise en évidence en 2020.

La contribution du tritium venant des eaux souterraines à l'aval du bassin versant au point de contrôle R6-10 est estimée à environ 24 GBq. Elle est majoritaire par rapport aux rejets via GPNE.

La baisse de la concentration du tritium dans le ruisseau du Grand Bel continue.

La présence de ¹³⁷Cs ainsi que des traces de plutonium sont détectées dans les sédiments du ruisseau de la Sainte-Hélène (SR6-10) à des niveaux de concentration habituellement mesurés. Ces traces sont liées à la persistance d'une pollution ancienne.

La qualité physico-chimique des ruisseaux résulte principalement du contexte agricole et industriel environnant le CSM, sans influence du Centre lui-même. Les résultats physico-chimiques ne présentent pas d'évolution.

5.4 Surveillance radiologique atmosphérique

5.4.1 Présentation générale

Bien que le CSM n'effectue pas de rejet gazeux (il est à noter qu'il existe toutefois des rejets diffus de radon et de tritium), il participe à la surveillance radiologique atmosphérique de la zone nord-ouest du Cotentin. Des mesures radiologiques régulières dans l'air, la pluie (cf.4.2.2) et les aérosols permettent de vérifier le bon état radiologique atmosphérique environnemental et de détecter toute élévation anormale.

La localisation de la station de contrôle atmosphérique, où sont réalisées les mesures de hauteur de pluie et les contrôles radiologiques de la qualité de l'air, est présentée en Figure 5-33.

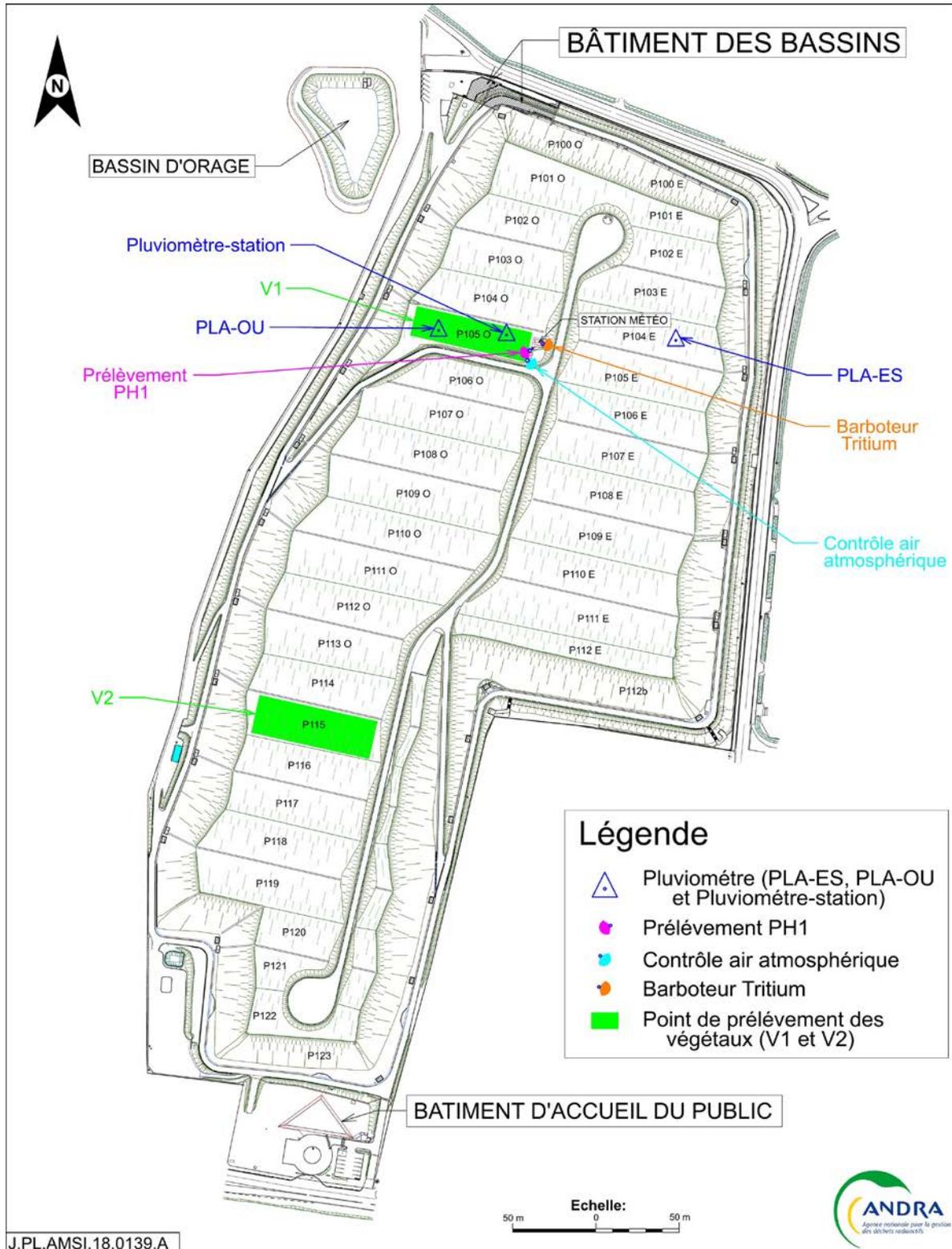


Figure 5-33

Localisation de la station de contrôle atmosphérique pluviomètre et points de prélèvements de végétaux

5.4.2 Contrôles des poussières atmosphériques

Le préleveur d'aérosol mis en place permet un prélèvement journalier de dépôt atmosphérique sur filtre. La mesure différée en laboratoire porte sur la détermination des indices alpha et bêta globaux. Les résultats des mesures radiologiques concernant ce point de contrôle sont présentés dans le Tableau 9-53.

Les valeurs moyennes, maximales et minimales, sont données dans le Tableau 5-18.

Tableau 5-18 Résultats des mesures radiologiques des poussières atmosphériques

Paramètre	Concentration moyenne en mBq/m ³	Concentration maximale en mBq/m ³	Concentration minimale en mBq/m ³
Indice alpha global	0,031	0,14	≤ 0,0039
Indice bêta global	0,42	1,8	0,019

Le niveau de radioactivité mesuré sur les filtres correspond à des niveaux environnementaux. Les indices alpha et bêta globaux sont équivalents à ceux obtenus les années précédentes. Aucun résultat ne dépasse le seuil d'investigation de 2 mBq/m³ [3].

Aucune anomalie n'a été détectée en 2020.

5.4.3 Mesures du tritium atmosphérique

Le prélèvement du tritium atmosphérique est réalisé par barbotage de l'air dans des récipients remplis d'eau. Le matériel utilisé au CSM est composé de quatre pots de barbotage permettant la discrimination du tritium atmosphérique sous forme de vapeur d'eau (HTO) et des autres formes gazeuses du tritium atmosphérique (HT). Les prélèvements sont réalisés en continu sur une période d'une semaine.

Les résultats de cette surveillance sont donnés dans le Tableau 9-54. Le Tableau 5-19 résume les résultats obtenus en 2020.

Tableau 5-19 Résultats des mesures de tritium atmosphérique

Paramètre	Concentration moyenne en mBq/m ³	Concentration maximale en mBq/m ³	Concentration minimale en mBq/m ³
HTO	0,25	0,61	≤ 0,072
HT	0,33	0,89	≤ 0,074

Ces mesures montrent la présence significative de tritium sous forme gazeuse (HT) et contenue dans la vapeur d'eau (HTO), en cohérence avec les valeurs significatives de tritium relevées dans la pluie dans les mêmes périodes (Tableau 9-1). Il est à noter que les mesures d'activités tritium dans l'air ne sont pas systématiquement significatives et qu'elles dépendent, comme évoqué au § 4.2.2 de l'activité d'Orano Recyclage La Hague, vu comme principal contributeur à l'activité en tritium disponible dans le compartiment atmosphérique. La Figure 5-34 montre la relation entre le tritium HTO mesuré dans la vapeur d'eau et l'eau de pluie.

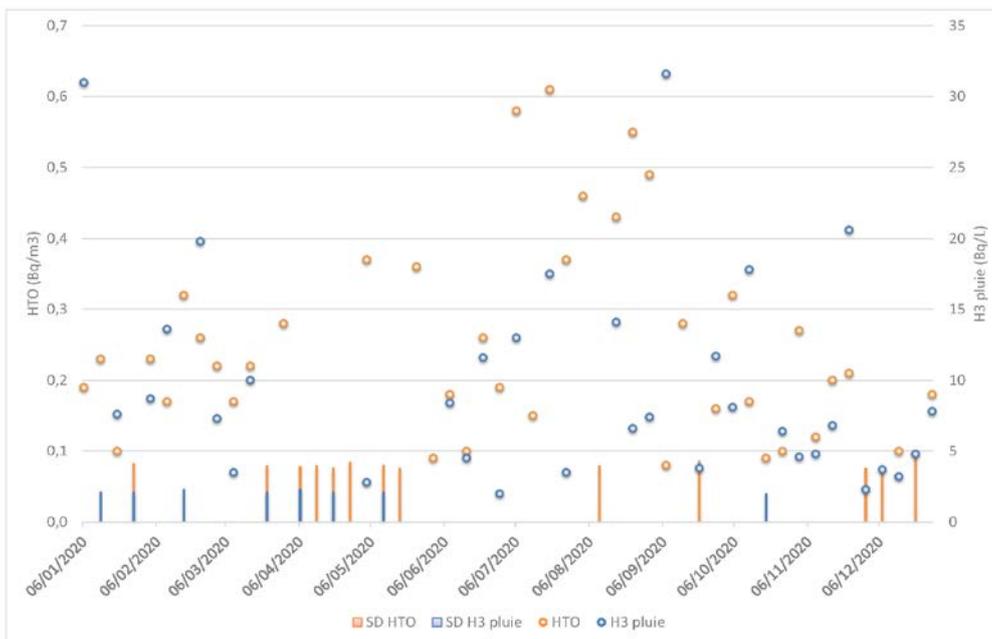


Figure 5-34 Activités en HTO mesurées dans l'air et tritium dans l'eau de pluie

5.4.4 Contrôles des végétaux de la couverture

La localisation des points de prélèvement des végétaux est indiquée en Figure 5-33. La Figure 5-35 montre la zone de prélèvement des végétaux. La mesure radiologique des végétaux permet d'évaluer le niveau radiologique des dépôts atmosphériques.



Figure 5-35 Point de prélèvement des végétaux

Les résultats des mesures mensuelles de spectrométrie gamma effectuées sur les prélèvements d'herbe de la couverture du CSM sont présentés dans le Tableau 9-55.

Les activités massiques des radioéléments naturels ^{40}K (de 510 Bq/kg sec à 1 300 Bq/kg sec) et ^{7}Be (de 140 Bq/kg sec à 2 200 Bq/kg sec) sont systématiquement significatives. Le potassium est un constituant des végétaux dont la concentration varie en fonction de l'état végétatif. Le ^{7}Be est un radionucléide naturel d'origine cosmique (créé sous l'effet du rayonnement solaire sur la haute stratosphère) présent dans l'atmosphère et déposé sur le sol lors des précipitations. Sa variation de concentration traduit donc la variation d'activité solaire.

Une valeur significative de ^{137}Cs a été mesurée en juin 2020 dans les végétaux V2. Cette présence peut avoir deux origines :

- présence de terre dans l'échantillon mis en comptage ;
- transfert racinaire de radiocésium présent dans le sol.

Il est à noter que le résultat de mesure est faible et présente une incertitude proche de 50%. De telles valeurs sont régulièrement obtenues. Aucun autre radionucléide artificiel n'a été détecté.

5.4.5 Conclusion

La surveillance du compartiment atmosphérique ne montre pas d'évolution en 2020. Les valeurs mesurées sont toutes du niveau environnemental. Seules des concentrations de tritium mesurées dans l'air (de 0,17 à 1,4 Bq/m³) sont d'origine anthropique (influence des rejets autorisés d'Orano Recyclage La Hague).

5.5 Surveillance complémentaire

5.5.1 Mesure du rayonnement gamma ambiant

Pour effectuer la surveillance dosimétrique de l'environnement du site, onze dosimètres (dix placés en périphérie du site au niveau de la clôture et un situé en partie haute de la couverture au niveau de la station de surveillance atmosphérique) sont répartis sur le site (Figure 5-36). Ces dosimètres permettent d'estimer l'équivalent de dose ambiant. Ces appareils permettent de mesurer les rayonnements gamma d'origine cosmiques et telluriques.

Les résultats des mesures radiologiques concernant ces points de contrôle sont présentés dans le Tableau 9-56.

En 2020, les valeurs de débit de dose mensuelles varient de 74 à 115 nGy/h. Le débit de dose moyen calculé à partir des 10 dosimètres de clôture est de 93 nGy/h (92 nGy/h en 2019) et 94 nGy/h pour le dosimètre placé à la station de contrôle atmosphérique. Les valeurs mesurées sont dues à la radioactivité d'origine tellurique et cosmique. Elles sont équivalentes au débit de dose ambiant naturel de la région (environ 100 nGy/h source site internet Teleray de l'IRSN).

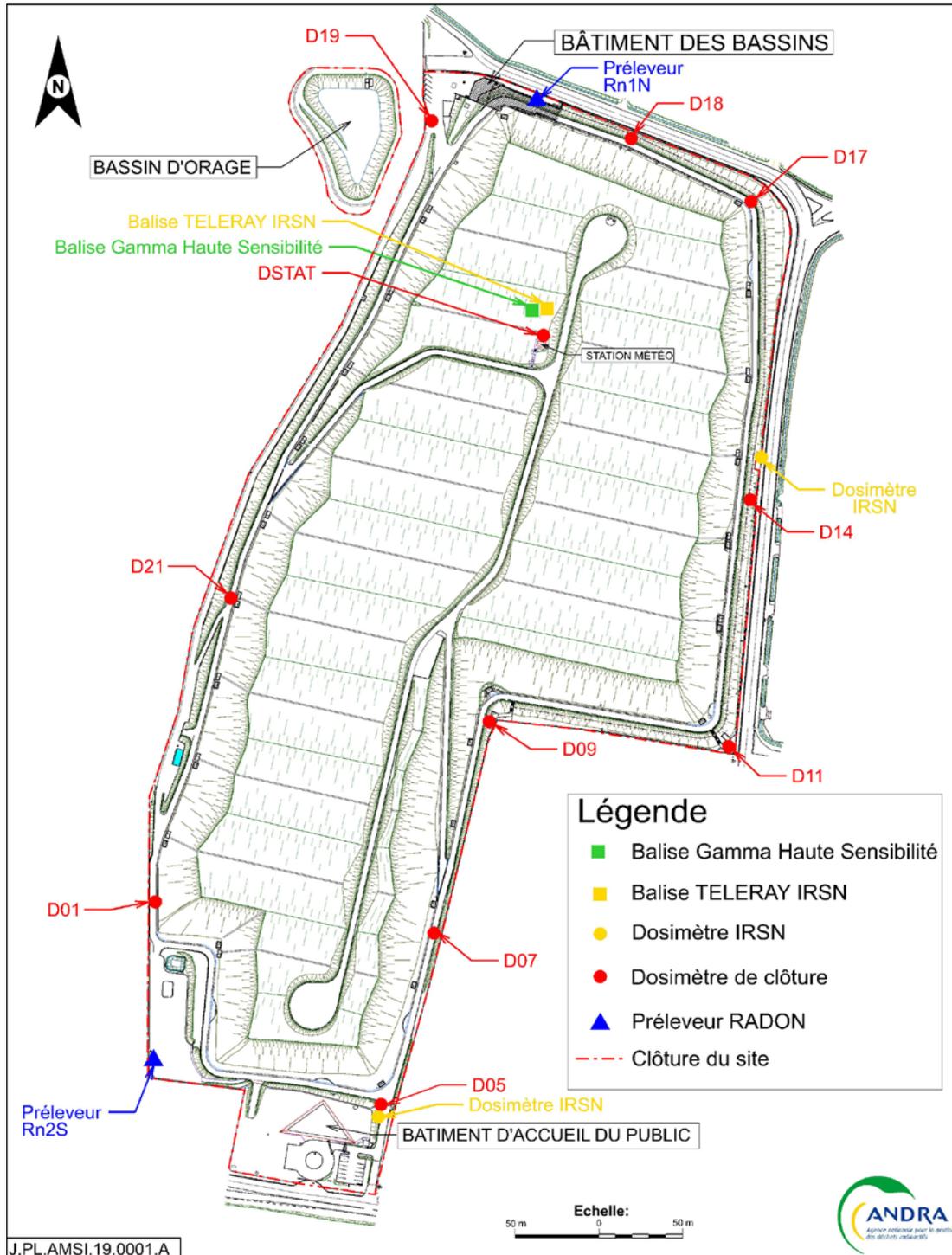


Figure 5-36 Localisation des dosimètres, balises et préleveurs de site

5.5.2 Mesure des concentrations en radon

Les concentrations atmosphériques en radon font l'objet de mesures en périphérie du Centre par le biais de deux préleveurs spécifiques placés au nord et au sud-ouest du CSM. Ces appareils permettent une mesure de l'énergie alpha potentielle volumique du radon et de ses descendants dans l'air. Pour rappel, le radon est un gaz radioactif naturel.

La localisation des préleveurs dédiés à la mesure du radon est rappelée en Figure 5-36.

Les résultats pour l'année 2020 sont présentés dans le Tableau 9-57. Ils sont similaires à ceux des années précédentes.

Pour rappel (cf. § 2.3), les résultats du mois de mars n'ont pas été fournis mais sont cumulés avec ceux du mois d'avril (pose sur deux mois des dosimètres suite à l'organisation mise en place par notre sous-traitant face à la pandémie de la Covid-19).

Les concentrations volumiques en radon sont en moyenne d'environ 2,4 Bq/m³ sur l'année.

Le niveau moyen du préleveur placé au nord, Rn1n (3,3 Bq/m³), est, comme les années précédentes, supérieur à celui du préleveur Sud, Rn2s (1,5 Bq/m³).

Aucune évolution à la hausse n'est mise en évidence en 2020.

5.5.3 Contrôles croisés et analyses complémentaires

Conformément aux dispositions prévues à l'article 3.1.9 de la décision environnement [3], des contrôles croisés ont été réalisés sur certains paramètres réglementaires de la surveillance. Ces contrôles croisés permettent de confirmer les résultats issus de la surveillance réglementaire.

5.5.3.1 Recherche des émetteurs alpha et bêta dans le ruisseau de la Sainte-Hélène

Lors de la campagne annuelle de caractérisation radiologique à bas seuil effectuée, des échantillons ont été prélevés en doublon pour être analysés en parallèle au laboratoire Subatech et au laboratoire Eichrom.

Les résultats obtenus par les deux laboratoires sont présentés dans le Tableau 5-20.

Tableau 5-20 Résultats des contrôles croisés des analyses à bas seuils dans le ruisseau de la Sainte-Hélène

Point de prélèvement	Paramètre	Résultat obtenus par Subatech (Bq/L)	Résultat obtenus par Eichrom (Bq/L)
R6	⁶³ Ni	≤ 0,041	≤ 0,06
	²³⁴ U	0,00049	≤ 0,0004
	²³⁵ U	≤ 0,00014	≤ 0,0004
	²³⁸ U	0,00084	≤ 0,0004
	²³⁸ Pu	≤ 0,00006	≤ 0,0005
	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	≤ 0,00006	≤ 0,0004
	²⁴¹ Am	≤ 0,00022	≤ 0,0005
R6-10	⁶³ Ni	≤ 0,038	≤ 0,06
	²³⁴ U	0,0058	0,0056
	²³⁵ U	≤ 0,00017	≤ 0,0006
	²³⁸ U	0,0022	≤ 0,001
	²³⁸ Pu	≤ 0,000074	≤ 0,0004
	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	≤ 0,000074	≤ 0,0003
	²⁴¹ Am	≤ 0,000063	≤ 0,0005

Les résultats obtenus par les deux laboratoires sont similaires. Leur niveau de performance est similaire. Aucun radionucléide n'est mis en évidence même à ce bas niveau de détection. En ce qui concerne les isotopes de l'uranium, ils sont mesurés à des niveaux de concentrations identiques.

Les résultats et les conclusions de la surveillance réglementaire sont donc confortés.

5.5.3.2 Surveillance physico-chimique

Les analyses physico-chimiques sont effectuées par le laboratoire Aspect. Cette année, la pluie, les eaux pluviales et 2 piézomètres ont également été analysés par le laboratoire LABEO qui dispose de l'accréditation Cofrac sur les paramètres recherchés. Les résultats sont présentés ci-dessous.

La pluie

Compte tenu des impératifs contractuels, la réalisation des prélèvements n'a pas été effectuée le même jour mais dans la même période (mois d'octobre). Malgré tout, les résultats sont très similaires ; ils sont présentés dans le Tableau 5-21.

Tableau 5-21 Résultats des contrôles croisés des analyses physico-chimiques dans la pluie

	Paramètre	Unités	Résultat obtenu par ASPECT	Résultat obtenu par Labéo
Paramètres physico-chimique	Conductivité	µS/cm	42	73
	pH	-	7,7	6,2
	Chlorures	mg/L	14	17
	Sulfates	mg/L	1,9	<5
Métaux	Aluminium	µg/L	7	5
	Bore total	µg/L	7	<10
	Cuivre total	µg/L	2	1
	Fer total	µg/L	26	12
	Nickel total	µg/L	1,4	<1
	Plomb total	µg/L	<0,4	<0,4
	Zinc total	µg/L	18	7

Ces analyses croisées confirment la présence de zinc dans l'eau de pluie ainsi que l'aluminium, le cuivre et le fer. Le bore n'est pas mesuré par le laboratoire Labéo mais la limite de quantification est plus haute que les valeurs mesurées par le laboratoire Aspect.

Les résultats et les conclusions de la surveillance réglementaire sont donc confortés.

Les eaux pluviales

Compte tenu des impératifs contractuels, la réalisation des prélèvements n'a pas été effectuée le même jour mais dans la même période (mois d'octobre). Malgré tout, les résultats sont très similaires, ils sont présentés dans le Tableau 5-22.

Tableau 5-22 Résultats des contrôles croisés des analyses physico-chimiques à la CMG

	Paramètre	Unités	Résultat obtenu par ASPECT	Résultat obtenu par Labéo
Paramètres physico-chimique	Conductivité	µS/cm	301	257
	DCO	mg/L	24	23
	MES	mg/L	<2	10
	Chlorures	mg/L	24	24
	Sulfates	mg/L	18	14
Métaux	Aluminium	µg/L	790	786
	Bore total	µg/L	13	<20
	Cuivre total	µg/L	11	10
	Fer total	µg/L	210	754
	Nickel total	µg/L	6	7
	Plomb total	µg/L	5	6
	Zinc total	µg/L	50	49
Trace organique	HCT	µg/L	300	<100

Ces analyses croisées confirment la présence importante de fer et d'aluminium ainsi que la présence de cuivre, de fer de nickel, de plomb et de zinc. Le bore n'est pas mesuré par le laboratoire Labéo mais la limite de quantification est plus haute que les valeurs mesurées par le laboratoire Aspect. Les HCT totaux mesurés par le laboratoire Aspect ne sont pas confirmés par le laboratoire Labéo ; toutefois, cette présence n'est pas systématiquement mesurée dans les eaux de la CMG.

Les résultats et les conclusions de la surveillance réglementaire sont donc confortés.

Les eaux souterraines

Compte tenu des impératifs contractuels, la réalisation des prélèvements n'a pas été effectuée le même jour mais dans la même période (mois d'octobre). Malgré tout, les résultats sont très similaires ; ils sont présentés dans le Tableau 5-23.

Tableau 5-23 Résultats des contrôles croisés des analyses physico-chimiques des piézomètres PO001 et PO114

Point de prélèvement	Classe d'analyse	Paramètre	Unités	Résultat obtenu par ASPECT	Résultat obtenu par Labéo
PO001	Paramètres physico-chimique	Conductivité	µS/cm	345	345
		pH	-	4,9	5,2
		Chlorures	mg/L	70	71
		Sulfates	mg/L	24	24
	Métaux	Aluminium dissous		130	168
		Bore dissous	µg/L	23	21
		Cuivre dissous	µg/L	1,5	<5
		Fer dissous	µg/L	5	4
		Mercure dissous	µg/L	0,11	0,16
		Nickel dissous	µg/L	3,8	3
		Plomb dissous	µg/L	0,5	<0,4
		Zinc dissous	µg/L	86	21
		PO114	Paramètres physico-chimique	Conductivité	µS/cm
pH	-			5,5	5,4
Chlorures	mg/L			39	44
Sulfates	mg/L			5	7
Métaux	Aluminium dissous			28	26
	Bore dissous		µg/L	11	12
	Cuivre dissous		µg/L	1	<0,5
	Fer dissous		µg/L	8	6
	Mercure dissous		µg/L	0,32	0,11
	Nickel dissous		µg/L	2,1	2
	Plomb dissous		µg/L	<0,4	<0,4
	Zinc dissous		µg/L	3,4	<10

Ces analyses croisées confirment la présence de mercure dans ces piézomètres. Les autres métaux présents dans ces eaux sont également mesurés par la laboratoire Labéo.

Les résultats et les conclusions de la surveillance réglementaire sont donc confortés.

5.5.3.3 Analyses complémentaires du ^{36}Cl dans le PO140

Du ^{36}Cl est mesuré de façon sporadique à l'état de trace et avec des incertitudes élevées dans le piézomètre PO140. Sur 26 mesures, 42% sont significatives et 58% sont en dessous du seuil de décision. Les mesures sont le plus souvent réalisées en période de hautes eaux, ce qui peut avoir un effet de dilution (période de recharge) sur la concentration de ce radioisotope.

Cette année, le prélèvement annuel a été réalisé en mai compte tenu de la mise en place du nouveau contrat avec le prestataire Subatech (habituellement la période de prélèvement est située dans le courant du mois d'avril en fin de période des hautes eaux). Un second prélèvement a été effectué en octobre en fin de période de basses eaux pour mettre ou non en évidence un effet de dilution. Les périodes de prélèvements en rapport avec les hauteurs d'eau du PO140 sont données dans la Figure 5-37.

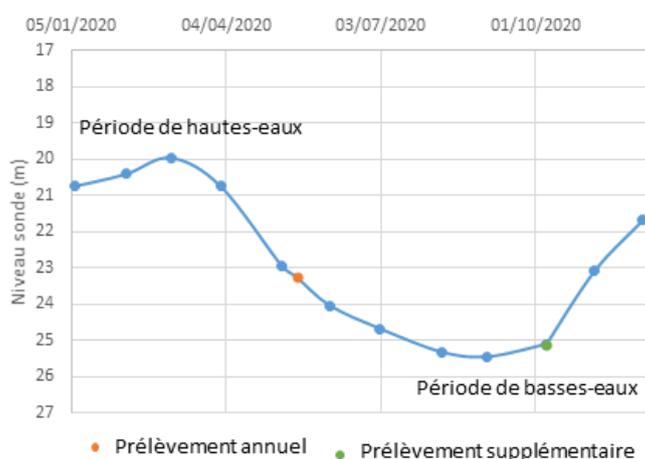


Figure 5-37 Identification des périodes de prélèvements pour la mesure du ^{36}Cl dans PO140

Les résultats des analyses sont donnés dans le Tableau 5-24.

Tableau 5-24 Résultats des mesures du ^{36}Cl dans le PO140

Paramètre	Résultat du prélèvement du 15/05/20 (Bq/L)	Résultat du prélèvement du 07/10/20 (Bq/L)
^{36}Cl	≤ 0,021	≤ 0,021

Malgré la période favorable à une « concentration » du ^{36}Cl , les résultats sont non significatifs pour les deux mesures.

5.5.4 Ventilation des galeries du RSGE

La ventilation des galeries du RSGE ainsi que les phénomènes naturels de condensation et de convection apportent de l'eau dans les galeries du RSGE. Les effluents issus de cette condensation sont principalement restitués vers l'exutoire du drainage profond, le point de contrôle RD12, mais probablement aussi par certains BRS drainant les ouvrages de stockage.

La quantité d'eau injectée par heure de fonctionnement de la ventilation est estimée à 69 litres d'eau.

A titre d'information, les états mensuels des heures de ventilation des galeries sont présentés dans le Tableau 5-25. L'utilisation de la ventilation des galeries est du même niveau que les années précédentes ;

aucuns travaux nécessitant une utilisation prolongée n'ont été entrepris cette année. Il est à noter une valeur un peu faible au mois d'avril liée à la mise en place du confinement en France pour contenir la pandémie de Covid-19 (du 17 mars au 11 mai 2020).

Tableau 5-25 Régime mensuel de ventilation des galeries du RSGE

Mois	Nombre d'heures
Janvier	90,4
Février	105,1
Mars	199
Avril	10,4
Mai	90,1
Juin	138,5
Juillet	40,3
Août	125,1
Septembre	111,4
Octobre	384,3
Total	1495

La mise en service de la ventilation des galeries du RSGE, lors des interventions dans ces galeries, contribue aux émanations diffuses de radon et de tritium dans l'environnement.

Estimation des doses

<i>6.1 Rayonnement gamma ambiant</i>	<i>172</i>
<i>6.2 Estimation de l'impact radiologique des rejets</i>	<i>172</i>
<i>6.3 Comparaison du suivi volumétrique et radiologique du BRSO aux résultats de la modélisation présentée dans le RDS 2009</i>	<i>179</i>
<i>6.4 Synthèse de l'estimation des doses radiologiques reçues par les groupes de référence pour l'année 2020</i>	<i>183</i>

6.1 Rayonnement gamma ambiant

A ce jour, le niveau d'irradiation mesuré sur le CSM et dans son proche environnement est équivalent à l'irradiation naturelle de la région (cf. 5.5.1). En 2020, le débit de dose moyen des dosimètres situés en clôture du Centre est de l'ordre de 93 nanoGray/heure (Tableau 9-56). A ce titre, il n'est pas évalué d'impact sur l'homme et/ou sur l'environnement.

6.2 Estimation de l'impact radiologique des rejets

Les calculs d'impact, dont les méthodes d'évaluation sont décrites dans le dossier d'autorisation de rejet [10] prennent en compte deux aspects :

- les rejets d'« effluents à risque » collectés au niveau du BDS et rejetés par l'émissaire marin d'Orano Recyclage, via l'installation de traitement des effluents d'Orano Recyclage ;
- la présence d'un marquage en tritium du ruisseau de la Sainte-Hélène qui est le fait de transferts de tritium par les eaux souterraines et de rejets d'eaux pluviales issues du CSM ou d'Orano Recyclage au point GPNE.

6.2.1 Impact des rejets en mer

L'impact radiologique des rejets marins est évalué sur les individus composant le groupe de référence hypothétique des pêcheurs de Goury, au moyen d'un modèle de transfert à l'homme dont le principe est décrit sur la Figure 6-1.

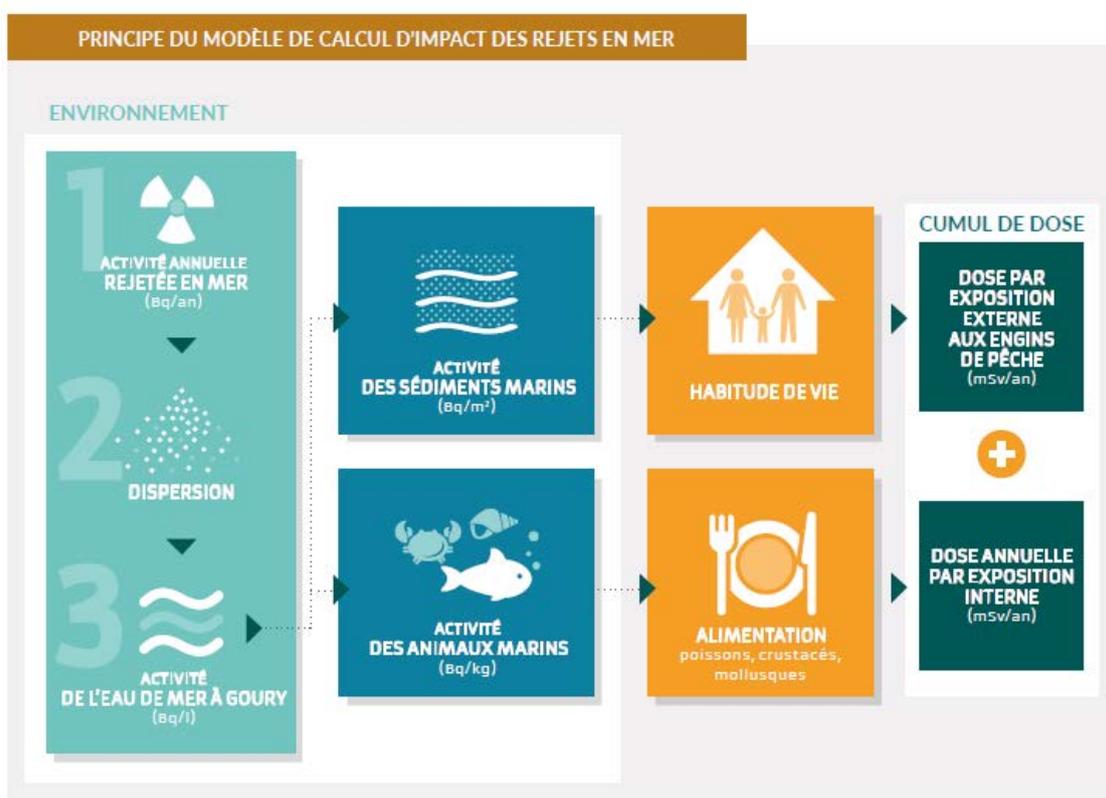


Figure 6-1

Principe du modèle de calcul d'impact radiologique des rejets en mer

Les équations et les paramètres pris en compte dans la modélisation sont ceux figurant dans l'étude d'impact du dossier de demande d'autorisation de passage en phase de surveillance [5].

En 2020, les activités radiologiques des rejets en mers d'« effluents à risque » issus du CSM ont été de :

- 1,97 MBq en émetteurs alpha ;
- 11,93 MBq en émetteurs bêta-gamma ;
- 1,62 GBq en tritium.

Afin de s'approcher au mieux de l'impact réel du Centre, il est proposé, depuis le bilan d'activités 2012, d'évaluer la dose associée à chaque radionucléide mesuré au BDS (Tableau 9-13), sous réserve de la disponibilité des valeurs des paramètres de transfert de l'eau de mer vers la biosphère. Ainsi, pour 2020, l'impact radiologique individuel du groupe de référence, résultant de la modélisation par cette méthode, est évalué à $4,3 \cdot 10^{-5}$ $\mu\text{Sv/an}$ pour un adulte, et à $2,9 \cdot 10^{-5}$ $\mu\text{Sv/an}$ pour un enfant de 10 ans (Cf. Tableau 6-1 et Tableau 6-2).

Tableau 6-1 Impact radiologique des rejets en mer pour un adulte

Doses calculées pour un adulte (Sv/an)				
Mode désintégration	Radionucléide	Dose par exposition externe	Dose par ingestion	Dose totale
Emetteurs bêta-gamma				
β+, β-	K40 ⁽¹⁾	-	-	-
β-	Co60	2,56E-14	2,32E-13	2,58E-13
β-	Nb94	2,37E-13	1,17E-14	2,48E-13
β+, Ti	Ag108m	5,20E-16	5,54E-13	5,55E-13
β-, Ti	Ag110m	1,08E-15	8,43E-13	8,44E-13
β-	I129	2,63E-17	1,36E-12	1,36E-12
β+, β-	Cs134	5,45E-16	1,02E-13	1,03E-13
β-	Cs137	9,44E-20	6,47E-14	6,47E-14
β-	Pb210 ⁽¹⁾	-	-	-
β-	Pb212 ⁽¹⁾	-	-	-
β-	Pb214 ⁽¹⁾	-	-	-
α, γ	Ra226 ⁽¹⁾	-	-	-
β-	Ra228 ⁽¹⁾	-	-	-
β-	Th234 ⁽¹⁾	-	-	-
β-	Tritium	0 ⁽²⁾	1,94E-15	1,94E-15
β-	C14 ⁽³⁾	5,20E-18	3,83E-11	3,83E-11
β+, β-	Cl36	1,28E-22	2,41E-17	2,41E-17
β-	Ni63	0 ⁽²⁾	1,87E-14	1,87E-14
β-	Sr90	4,09E-21	6,96E-15	6,96E-15
β-	Tc99	8,74E-21	4,61E-14	4,61E-14
β-	Sm151	2,03E-17	2,37E-14	2,38E-14
α, β-	Pu241	1,59E-20	2,49E-13	2,49E-13
β+	Ni59	0 ⁽²⁾	6,09E-14	6,09E-14
Sous-total émetteurs bêta-gamma		2,64E-13	4,18E-11	4,21E-11
Emetteurs alpha				
α	Ra226 ⁽¹⁾	-	-	-
α, F	U235 ⁽⁴⁾	4,29E-18	1,16E-15	1,17E-15
α	Am241 ⁽⁴⁾	5,29E-18	7,61E-14	7,61E-14
α	U234	4,70E-19	2,61E-14	2,61E-14
α, F	U238	3,17E-19	2,36E-14	2,36E-14
Fs, α	Pu238	3,87E-20	6,67E-14	6,67E-14
Fs, α	Cm244	3,86E-18	1,56E-14	1,56E-14
α	Pu239	2,38E-20	1,02E-13	1,02E-13
Fs, α	Pu240	5,24E-20	1,02E-13	1,02E-13
ICP-MS				
α	Th232 ⁽¹⁾	-	-	-
Sous-total émetteurs alpha		1,43E-17	4,14E-13	4,14E-13
Total radionucléides		2,64E-13	4,23E-11	4,25E-11

Fs: fission spontanée

Ti : transition isomérique (états métastables m et n)

F: clairance pulmonaire fournie par l'arrêté du 1er septembre 2006 (F pour Fast)

(1) Radionucléides pour lesquels des valeurs de paramètres de transfert sont indisponibles. Le ^{40}K , est principalement issu du béton (en équilibre isotopique avec le potassium stable relâché) et non des déchets, cela n'a donc pas de sens de faire le calcul associé.

(2) Le facteur de dose d'exposition externe est nul pour le tritium, le ^{59}Ni et le ^{63}Ni . Par conséquent, les doses associées sont nulles.

(3) Les facteurs de dose par ingestion du ^{14}C sous forme organique ont été considérés pour l'évaluation de la dose par ingestion : cette forme étant la plus mobile, l'évaluation est conservative. Les facteurs de transfert retiennent, eux, la forme inorganique.

(4) L' ^{235}U et l' ^{241}Am présentent des concentrations distinctes selon s'il s'agit d'émetteurs alpha ou d'émetteurs bêta gamma. Les facteurs de dose bêta gamma étant indisponibles pour ces deux radionucléides, les doses indiquées ont été calculées à partir des concentrations en émetteurs alpha uniquement.

(en souligné) : radionucléides pour lesquels la dose évaluée est supérieure à 10^{-13} Sv/an

Tableau 6-2 Impact radiologique des rejets en mer pour un enfant de 10 ans

Doses calculées pour un enfant de 10 ans (Sv/an)				
Mode désintégration	Radionucléide	Dose par exposition externe	Dose par ingestion	Dose totale
Emetteurs bêta-gamma				
β+, β-	K40 ⁽¹⁾	-	-	-
β-	Co60	2,56E-14	2,30E-13	2,56E-13
β-	Nb94	2,37E-13	7,34E-15	2,44E-13
β+, Ti	Ag108m	5,20E-16	3,95E-13	3,96E-13
β-, Ti	Ag110m	1,08E-15	5,97E-13	5,98E-13
β-	I129	2,63E-17	7,85E-13	7,85E-13
β+, β-	Cs134	5,45E-16	5,64E-14	5,69E-14
β-	Cs137	9,44E-20	3,72E-14	3,72E-14
β-	Pb210 ⁽¹⁾	-	-	-
β-	Pb212 ⁽¹⁾	-	-	-
β-	Pb214 ⁽¹⁾	-	-	-
α, γ	Ra226 ⁽¹⁾	-	-	-
β-	Ra228 ⁽¹⁾	-	-	-
β-	Th234 ⁽¹⁾	-	-	-
β-	Tritium	0 ⁽²⁾	1,24E-15	1,24E-15
β-	C14 ⁽³⁾	5,20E-18	2,65E-11	2,65E-11
β+, β-	Cl36	1,28E-22	2,47E-17	2,47E-17
β-	Ni63	0 ⁽²⁾	1,65E-14	1,65E-14
β-	Sr90	4,09E-21	7,06E-15	7,06E-15
β-	Tc99	8,74E-21	2,94E-14	2,94E-14
β-	Sm151	2,03E-17	1,75E-14	1,75E-14
α, β-	Pu241	1,59E-20	8,38E-14	8,38E-14
β+	Ni59	0 ⁽²⁾	5,02E-14	5,02E-14
Sous-total émetteurs bêta-gamma		2,64E-13	2,88E-11	2,90E-11
Emetteurs alpha				
α	Ra226 ⁽¹⁾	-	-	-
α, F	U235 ⁽⁴⁾	4,29E-18	5,48E-16	5,52E-16
α	Am241 ⁽⁴⁾	5,29E-18	2,69E-14	2,69E-14
α	U234	4,70E-19	1,22E-14	1,22E-14
α, F	U238	3,17E-19	1,14E-14	1,14E-14
Fs, α	Pu238	3,87E-20	2,21E-14	2,21E-14
Fs, α	Cm244	3,86E-18	5,84E-15	5,84E-15
α	Pu239	2,38E-20	3,50E-14	3,50E-14
Fs, α	Pu240	5,24E-20	3,50E-14	3,50E-14
ICP-MS				
α	Th232 ⁽¹⁾	-	-	-
Sous-total émetteurs alpha		1,43E-17	1,49E-13	1,49E-13
Total radionucléides		2,64E-13	2,89E-11	2,92E-11

Fs: fission spontanée

Ti : transition isomérique (états métastables m et n)

F: clairance pulmonaire fournie par l'arrêté du 1er septembre 2006 (F pour Fast)

(1) Radionucléides pour lesquels des valeurs de paramètres de transfert sont indisponibles. Le ^{40}K , est principalement issu du béton (en équilibre isotopique avec le potassium stable relâché) et non des déchets, cela n'a donc pas de sens de faire le calcul associé.

(2) Le facteur de dose d'exposition externe est nul pour le tritium, le ^{59}Ni et le ^{63}Ni . Par conséquent, les doses associées sont nulles.

(3) Les facteurs de dose par ingestion du ^{14}C sous forme organique ont été considérés pour l'évaluation de la dose par ingestion : cette forme étant la plus mobile, l'évaluation est conservative. Les facteurs de transfert retiennent, eux, la forme inorganique.

(4) L' ^{235}U et l' ^{241}Am présentent des concentrations distinctes selon s'il s'agit d'émetteurs alpha ou d'émetteurs bêta gamma. Les facteurs de dose bêta gamma étant indisponibles pour ces deux radionucléides, les doses indiquées ont été calculées à partir des concentrations en émetteurs alpha uniquement.

(en souligné) : radionucléides pour lesquels la dose évaluée est supérieure à 10^{-13} Sv/an

6.2.2 Cas du marquage du ruisseau de la Sainte-Hélène

Les résultats des mesures de concentration volumique en tritium au point R6-10 (Tableau 9-43) permettent de prendre en compte le tritium rejeté au point GPNE et le tritium issu des eaux souterraines.

L'impact radiologique du marquage des eaux du ruisseau de la Sainte-Hélène à l'aval de l'ensemble des rejets est évalué sur les individus composant le groupe de référence hypothétique de type agricole localisé au lieu-dit « hameau de la Fosse », au plus près des compartiments susceptibles d'avoir les plus fortes concentrations en tritium.

L'impact radiologique individuel est évalué au moyen d'un modèle de transfert à l'homme dont le principe est décrit sur la Figure 6-2.

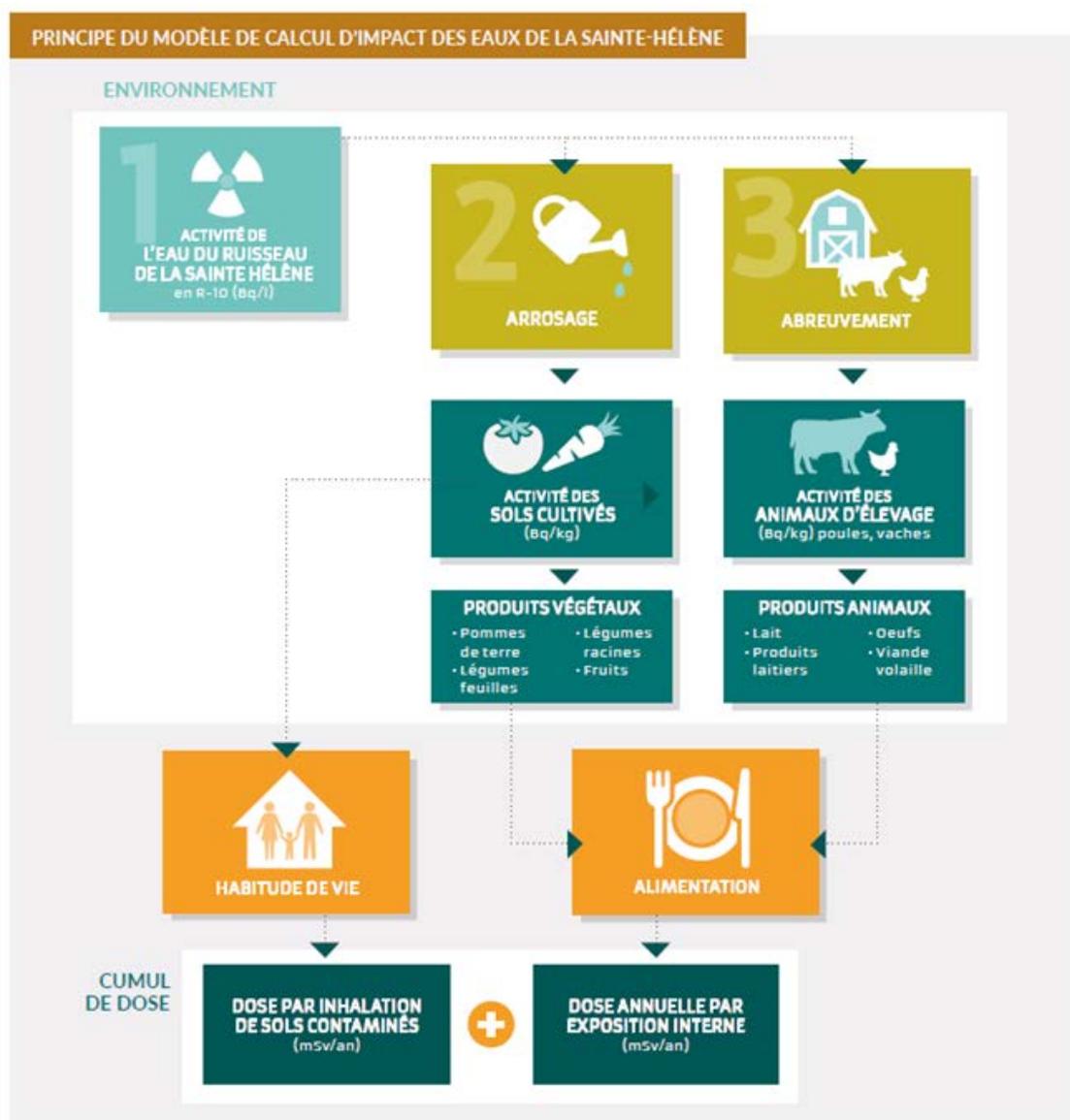


Figure 6-2

Principe du modèle de calcul d'impact radiologique des eaux de la Sainte-Hélène

Les équations et les paramètres pris en compte dans la modélisation sont ceux du rapport de sûreté de 2009 [25].

En 2020, la concentration moyenne en tritium des eaux du ruisseau de la Sainte-Hélène au point R6-10 a été de 20,9 Bq/L.

L'impact individuel sur le groupe de référence, résultant de la modélisation est évalué à **0,17 μ Sv/an pour un adulte, 0,16 μ Sv/an pour un enfant de 10 ans et 0,15 μ Sv/an pour un enfant de 1 an.**

La Figure 6-3 détaille les contributions des différentes voies d'atteinte. On constate que l'impact radiologique est essentiellement lié à l'utilisation de l'eau de la Sainte-Hélène pour la boisson. La prise en compte d'une hypothèse moins pénalisante (suppression de la boisson d'eau issue du ruisseau) conduit à un impact de **0,03 μ Sv/an pour un adulte, 0,08 μ Sv/an pour un enfant de 10 ans et 0,10 μ Sv/an pour un enfant de 1 an.**

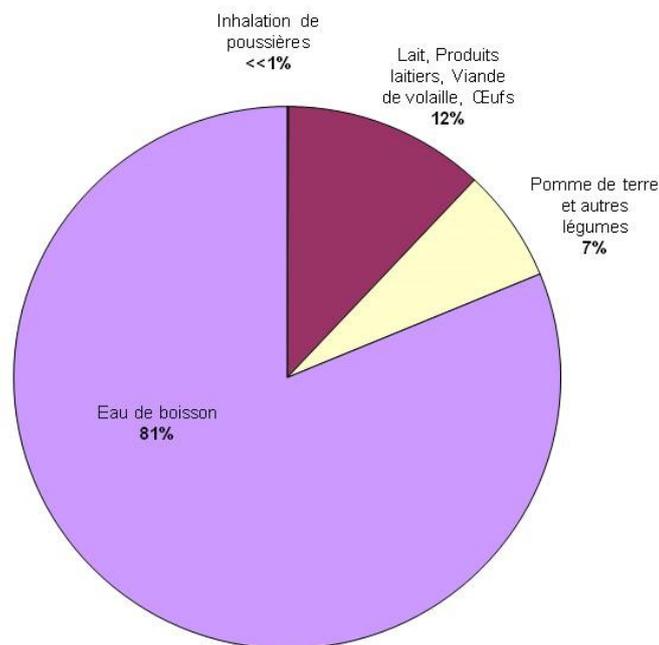


Figure 6-3 Répartition des contributions des différentes voies d'atteinte à l'impact radiologique pour un adulte

6.3 Comparaison du suivi volumétrique et radiologique du BRSO aux résultats de la modélisation présentée dans le RDS 2009

La comparaison des observations réalisées dans le cadre de la surveillance du Centre par rapport aux résultats de la modélisation du rapport de sûreté du CSM [25] permet de vérifier le caractère enveloppe des calculs de relâchement par les ouvrages de stockage.

Comme les calculs réalisés sont destinés à évaluer l'impact sur l'homme résultant de relâchements du stockage vers la nappe puis les ruisseaux en aval, certaines hypothèses tendent à maximiser les relâchements vers la nappe plutôt que vers le réseau séparatif (à titre d'exemple, l'efficacité du radier des ouvrages anciens n'étant pas garantie, les flux hydrauliques sont supposés transiter intégralement vers la nappe à travers les radiers de ces ouvrages).

C'est pourquoi, dans le but de vérifier le caractère pénalisant du modèle, les relâchements mesurés au point BRSO (ainsi que BRSObis en 2011) sont comparés au cumul des relâchements calculés pour chaque ouvrage par le modèle (somme des relâchements calculés vers la nappe et vers le réseau séparatif).

La période de comparaison débute en 1996, c'est-à-dire après la fin des travaux de pose de la membrane qui impose dès lors des infiltrations d'eau pluviale extrêmement limitées au niveau des colis de déchets. Ces résultats étant présentés dans le rapport de sûreté du CSM [25], le présent bilan ne présente que les évolutions constatées depuis 2005.

6.3.1 Volumes d'eau collectés par le RSGE et le RSGEbis

Avec un flux d'eau de 5 L/m²/an sous couverture considéré dans la modélisation, le volume total d'eau collecté par le RSGE et le RSGEbis devrait atteindre **443 m³/an**, en incluant la contribution des ouvrages anciens dont l'efficacité du radier n'est pas garantie (193 m³/an).

Avec **495,4 m³** collectés en 2020 (12,1 m³ pour le RSGE et 483,3 m³ pour le RSGEbis), l'ordre de grandeur retenu dans la modélisation reste cohérent avec les observations qui varient entre **257 m³/an** et **526,8 m³/an** sur la période 2005-2019.

Les flux d'eau retenus dans la modélisation du SEN (en cumulant de manière conservatrice le flux vers le RSGE et le flux vers la nappe pour chaque ouvrage) peuvent même être considérés comme majorants vis-à-vis du nombre d'ouvrages réellement soumis à une infiltration d'eau significative.

6.3.2 Relâchements collectés par le RSGE et le RSGEbis

La comparaison entre les valeurs modélisées et les mesures est réalisée en divisant les relâchements annuels calculés hors des ouvrages de stockage dans le cadre du SEN (en cumulant de manière conservatrice le flux vers le RSGE et le RSGEbis et le flux vers la nappe pour chaque ouvrage), par les activités collectées au BRSO (ainsi qu'au point BRSObis) pour chaque année de la période 2005-2019 (cf. Tableau 6-3).

Par souci de clarté, dans le Tableau 6-3, on considère les radionucléides suivants :

- le tritium qui fait l'objet d'une mesure spécifique ;
- pour les mesures en bêta global et en alpha global, les activités mesurées au point BRSO (ainsi qu'au point BRSObis) sont comparées aux résultats du modèle relatif :
 - ✓ aux radionucléides servant au calibrage des appareils de mesure en bêta global et en alpha global, c'est-à-dire le ⁹⁰Sr pour bêta global et le ²³⁹Pu pour alpha global ;
 - ✓ aux radionucléides dont une analyse spectrométrique a pu établir qu'ils sont les principaux contributeurs bêta et alpha détectés de manière chronique dans les eaux collectées au point BRSO (ainsi qu'au point BRSObis). Il s'agit du ¹³⁷Cs et de la somme des isotopes de l'uranium ²³⁴U+²³⁵U+²³⁸U (notés U).

Tableau 6-3 Evolution des facteurs de surestimation des relâchements entre le modèle et les mesures

Modèle	Tritium	β_{global}	β_{global}	α_{global}	α_{global}
Mesures	^3H	^{90}Sr	^{137}Cs	^{239}Pu	U
BRSO + BRSObis					
2011	62	2,2E+04	7,1E+05	2,0E+06	1,7E+04
2012	54	1,1E+04	3,6E+05	4,1E+06	3,6E+04
2013	63	2,4E+04	7,5E+05	4,3E+06	4,0E+04
2014	110	2,1E+04	6,6E+05	4,2E+06	4,0E+04
2015	90	1,9E+04	5,9E+05	6,1E+06	6,0E+04
2016	108	2,4E+04	7,5E+05	7,7E+06	7,8E+04
2017	135	2,1E+04	6,7E+05	7,5E+06	7,8E+04
2018	121	2,4E+04	7,6E+05	8,6E+06	9,3E+04
2019	108	2,3E+04	7,4E+05	7,0E+06	7,7E+04
2020	123	2,0E+04	6,3E+05	6,3E+06	7,1E+04

Le tableau permet de constater que les relâchements au point BRSO (ainsi qu'au point BRSObis) sont surestimés par la modélisation :

- la surestimation la plus faible est obtenue avec le tritium, pour lequel les relâchements modélisés sont 40 à 135 fois supérieurs à l'activité collectée au point BRSO (ainsi qu'au point BRSObis) ;
- les relâchements modélisés en émetteurs alpha ou bêta sont très fortement supérieurs (4 à 6 ordres de grandeur) à l'activité collectée au point BRSO (ainsi qu'au point BRSObis).

Pour les radionucléides autres que le tritium, les activités relâchées ont nécessairement pour cause une circulation d'eau. Les écarts les plus importants entre valeurs modélisées et mesures apparaissent donc liés à la prise en compte, dans le scénario, d'un débit d'infiltration constant et uniforme au toit de chaque ouvrage de stockage (5 L/m²/an pour le rapport de sûreté) alors que le REX de la surveillance montre que les infiltrations à travers la couverture sont plus limitées.

L'écart entre les valeurs modélisées et les mesures est plus faible pour le tritium car ce radionucléide est mobile avec l'eau mais est transféré aussi sous forme gazeuse et donc ne dépend pas seulement des infiltrations liquides à travers la couverture.

6.3.3 Radionucléides recherchés au point BRSO (hors BRSObis)

Le volume d'effluent collecté au BRSO est de 12,1 m³ (Tableau 4-3).

Les mesures de spectrométries (gamma et alpha) et de scintillation liquide réalisées sur les eaux collectées au point BRSO (Tableau 9-24) permettent d'étendre la comparaison entre valeurs modélisées et mesures à un nombre plus étendu de radionucléides (Tableau 6-4).

Les écarts relatifs à ces radionucléides permettent de confirmer, pour l'année 2020, le décalage entre les relâchements calculés pour le SEN et les résultats des mesures, pour les 16 radionucléides susceptibles d'être les plus mobilisables (hors tritium) en cas d'infiltration d'eau au sein du stockage.

Tableau 6-4 Facteur de surestimation des relâchements par le modèle

Radionucléides recherchés		Détection au BRSO (hors BRSObis)		Ratio Modèle/Mesure
		Concentration (Bq/L)	Flux estimé (kBq)	
Emetteurs bêta	¹⁴ C	64,0 à 79,0	8,6E+02	2,5E+05
	⁶⁰ Co	<SD	1,2E-01	1,4E+08
	¹³⁷ Cs	7,0 à 8,0	9,1E+01	2,2E+07
	⁶³ Ni	0,49 à 0,50	6,0E+00	3,9E+08
	³⁶ Cl	<SD	2,1E+00	1,1E+06
	⁵⁹ Ni	<SD	4,0E+00	1,1E+07
	⁹⁰ Sr	0,096 à 0,13	1,4E+00	4,6E+07
	⁹⁴ Nb	<SD	1,2E-01	1,8E+07
	⁹⁹ Tc	0,06	5,2E-01	1,7E+06
	^{108m} Ag	<SD	1,5E-01	3,0E+07
	²⁴¹ Pu	<SD	4,5E-01	8,1E+04
Emetteurs alpha	²²⁶ Ra	0,009 à 0,012	1,3E-01	1,4E+06
	²³² Th	<SD	2,2E-02	3,9E+06
	²³⁸ Pu	0,00056	5,5E-03	8,4E+09
	²³⁹ Pu+ ²⁴⁰ Pu	0,00047 à 0,0008	7,7E-03	3,4E+10
	²⁴¹ Am	<SD	2,4E-03	2,6E+09

Comme pour les précédentes années, l'évolution des écarts entre les valeurs modélisées et les mesures pour l'année 2020 tiennent à la variabilité du seuil de décision et surtout à un plus faible volume d'eau collecté au point BRSO au cours de l'année 2020, du fait de la mise en place du RSGEbis.

6.3.4 Conclusion de la comparaison entre les valeurs modélisées et les mesures au point BRSO et BRSObis

D'un point de vue qualitatif, la comparaison entre valeurs modélisées et mesures au point BRSO et au BRSObis montre que le spectre des radionucléides relâchés d'après le modèle de sûreté est confirmé par les analyses semestrielles au point BRSO et BRSObis : spectrométries (gamma et alpha) et scintillation liquide. En effet, on mesure essentiellement les radionucléides présents dans le stockage en grande quantité (¹³⁷Cs et ⁹⁰Sr) et/ou considérés comme les plus mobiles (³H, ¹⁴C, ⁹⁹Tc).

D'un point de vue quantitatif, la comparaison entre valeurs modélisées et mesures, relative aux relâchements issus du stockage, montre une surestimation systématique des relâchements par le modèle de sûreté d'au moins 4 ordres de grandeur pour les radionucléides émetteurs alpha et bêta. Cet écart est un peu plus réduit pour le tritium (facteur 123), car ce radionucléide présente la spécificité d'être aussi mobile que l'eau, sous forme liquide et vapeur.

On vérifie, pour l'année 2020, que, quel que soit le radionucléide considéré, la modélisation des transferts de radionucléides réalisée dans le cadre du SEN reste un majorant des mesures réalisées dans le RSGE et le RSGEbis.

6.4 Synthèse de l'estimation des doses radiologiques reçues par les groupes de référence pour l'année 2020

Les tableaux des pages suivantes (Tableau 6-5 et Tableau 6-6) présentent les estimations des doses radiologiques reçues par la population pour l'année 2020.

Les résultats présentés correspondent aux populations composant les groupes de référence, conformément au dernier dossier d'autorisation de rejets du Centre [10]. Les modalités de calcul de l'impact ont été détaillées dans les paragraphes précédents.

Tableau 6-5 Tableau de synthèse des facteurs concourant à l'estimation des doses pour l'année 2020

Localisation des groupes de référence			Population adulte : dose (µSv/an) due à		Population enfant 10 ans : dose (µSv/an) due à		Population enfant 1 an : dose (µSv/an) due à		Modèle utilisé	
Année	Groupe de référence	Distance au site	IE	In	IE	In	IE	In	IE	In
2020	Groupe de pêcheurs vivant à Goury en bord de mer	7,0 Km	2,64E-07	4,23E-05	2,64E-07	2,89E-05	- (*)	- (*)	Rejets en mer : l'exposition des pêcheurs de Goury est estimée d'après le modèle COGEMA présenté dans le Dossier de Demande d'Autorisation de Rejets de 1998 Irradiation externe par les sédiments remontés par dragage Incorporation par ingestion de crustacés, mollusques et poissons	
	Groupe de référence de type agricole : population d'exploitants agricoles au hameau de la Fosse situé sur le cours de la Sainte-Hélène à la confluence avec le Grand Bel.	2,5 km	0	0,17	0	0,16	0	0,15	Rejets et relâchements dans le ruisseau de la Sainte-Hélène : l'exposition d'agriculteurs au hameau de la Fosse est calculée par le code Aquabios, d'après le modèle présenté dans le rapport de sûreté 2009. Irradiation externe liée à l'activité des sols. Nulle car marquage par du tritium Ingestion de l'eau de boisson, de produits animaux et végétaux contaminés (via l'eau et les sols).	

IE : Irradiation externe / In : Incorporation

(*) D'après le dossier SUR.RP.ADCS.97.006 [10], Pièce 3, chapitre V.3.3.2.1.Choix et description du groupe de référence, « il n'est pas retenu de catégorie d'enfants en bas âge pour ce groupe de référence car le régime alimentaire des enfants de moins de 2 ans fait apparaître une très faible consommation de poissons, les crustacés et les mollusques n'étant pas consommés et les nourrissons n'étant pas présents sur le bateau de pêche, ils ne sont pas exposés aux sédiments marins remontés par dragage ».

Tableau 6-6 Résultats détaillés – Tableaux analytiques des facteurs concourant à l'estimation des doses pour l'année 2020

Site : CSM

Installation(s) : INB n°66

Groupe de référence : Groupe hypothétique exposé : pêcheurs en mer de Goury *

Groupe de population : Adultes*

Distance au site (km) : 7,0

Modèle utilisé : Cf. Tableau 6-5

Radionucléide	Effluents liquides			Effluents gazeux			Total en $\mu\text{Sv}/\text{an}$	Part dans la dose totale
	Activité rejetée (GBq)	Incorporation ($\mu\text{Sv}/\text{an}$)	Irradiation externe ($\mu\text{Sv}/\text{an}$)	Activité rejetée (GBq)	Incorporation ($\mu\text{Sv}/\text{an}$)	Irradiation externe ($\mu\text{Sv}/\text{an}$)		
^3H	1,62	1,94E-09	0	-	-	-	1,94E-09	$\approx 0\%$
Total émetteurs $\beta\gamma^{**}$	1,19E-02	4,18E-05	2,64E-07	-	-	-	4,21E-05	$\approx 99,0\%$
Total émetteurs α^{***}	1,97E-03	4,14E-07	1,43E-11	-	-	-	4,14E-07	$\approx 1\%$

* Groupe de référence exposé aux rejets en mer

** Pour les rejets liquides, il s'agit du sous-total des émetteurs $\beta\gamma$ présents dans le Tableau 6-1.

*** Pour les rejets liquides, il s'agit du sous-total des émetteurs α présents dans le Tableau 6-1.

Site : CSM

Installation(s) : INB n°66

Groupe de référence : Groupe hypothétique exposé : pêcheurs en mer de Goury *

Groupe de population : Enfant de 10 ans*

Distance au site (km) : 7,0

Modèle utilisé : Cf. Tableau 6-5

Radionucléide	Effluents liquides			Effluents gazeux			Total en $\mu\text{Sv}/\text{an}$	Part dans la dose totale
	Activité rejetée (GBq)	Incorporation ($\mu\text{Sv}/\text{an}$)	Irradiation externe ($\mu\text{Sv}/\text{an}$)	Activité rejetée (GBq)	Incorporation ($\mu\text{Sv}/\text{an}$)	Irradiation externe ($\mu\text{Sv}/\text{an}$)		
^3H	1,62	1,94E-09	0	-	-	-	1,94E-09	$\approx 0\%$
Total émetteurs $\beta\gamma^{**}$	1,19E-02	4,18E-05	2,64E-07	-	-	-	4,21E-05	$\approx 99,0\%$
Total émetteurs α^{***}	1,97E-03	4,14E-07	1,43E-11	-	-	-	4,14E-07	$\approx 1\%$

* Groupe de référence exposé aux rejets en mer

** Pour les rejets liquides, il s'agit du sous-total des émetteurs $\beta\gamma$ présents dans le Tableau 6-2.

*** Pour les rejets liquides, il s'agit du sous-total des émetteurs α présents dans le Tableau 6-2.

Estimation des doses

Site : CSM

Installation(s) : INB n°66

Groupe de référence : Groupe hypothétique exposé : agriculteur au Hameau de la Fosse ****

Groupe de population : Adultes****

Distance au site (km) : 2,5

Modèle utilisé : Cf. Tableau 6-5

Radionucléide	Effluents liquides			Effluents gazeux			Total en $\mu\text{Sv}/\text{an}$	Part dans la dose totale
	Activité rejetée (GBq)	Incorporation ($\mu\text{Sv}/\text{an}$)	Irradiation externe ($\mu\text{Sv}/\text{an}$)	Activité rejetée (GBq)	Incorporation ($\mu\text{Sv}/\text{an}$)	Irradiation externe ($\mu\text{Sv}/\text{an}$)		
^3H	35,1	0,17	-	-	-	-	0,17	100 %

**** Groupe de référence cumulant une exposition aux rejets dans le ruisseau de la Sainte Hélène et aux transferts de tritium dans les eaux souterraines. L'activité rejetée est calculée à partir de l'activité moyenne volumique tritium mesurée en R6-10 et du volume comptabilisé en ce point.

Estimation des doses

Site : CSM

Installation(s) : INB n°66

Groupe de référence : Groupe hypothétique exposé : agriculteur au Hameau de la Fosse ****

Groupe de population : Enfant de 10 ans****

Distance au site (km) : 2,5

Modèle utilisé : Cf. Tableau 6-5

Radionucléide	Effluents liquides			Effluents gazeux			Total en $\mu\text{Sv}/\text{an}$	Part dans la dose totale
	Activité rejetée (GBq)	Incorporation ($\mu\text{Sv}/\text{an}$)	Irradiation externe ($\mu\text{Sv}/\text{an}$)	Activité rejetée (GBq)	Incorporation ($\mu\text{Sv}/\text{an}$)	Irradiation externe ($\mu\text{Sv}/\text{an}$)		
^3H	35,1	0,16	-	-	-	-	0,16	100 %

**** Groupe de référence cumulant une exposition aux rejets dans le ruisseau de la Sainte Hélène et aux transferts de tritium dans les eaux souterraines. L'activité rejetée est calculée à partir de l'activité moyenne volumique tritium mesurée en R6-10 et du volume comptabilisé en ce point.

Estimation des doses

Site : CSM

Installation(s) : INB n°66

Groupe de référence : Groupe hypothétique exposé : agriculteur au Hameau de la Fosse ****

Groupe de population : Enfant de 1 an****

Distance au site (km) : 2,5

Modèle utilisé : Cf. Tableau 6-5

Radionucléide	Effluents liquides			Effluents gazeux			Total en µSv/an	Part dans la dose totale
	Activité rejetée (GBq)	Incorporation (µSv/an)	Irradiation externe (µSv/an)	Activité rejetée (GBq)	Incorporation (µSv/an)	Irradiation externe (µSv/an)		
³ H	35,1	0,15	-	-	-	-	0,15	100 %

**** Groupe de référence cumulant une exposition aux rejets dans le ruisseau de la Sainte Hélène et aux transferts de tritium dans les eaux souterraines. L'activité rejetée est calculée à partir de l'activité moyenne volumique tritium mesurée en R6-10 et du volume comptabilisé en ce point

Protection du milieu naturel

<i>7.1 Généralités</i>	<i>192</i>
<i>7.2 Suivi de la qualité des eaux des ruisseaux</i>	<i>192</i>
<i>7.3 Suivi hydrobiologique</i>	<i>200</i>
<i>7.4 Suivi floristique</i>	<i>200</i>
<i>7.5 Inventaire faunistique</i>	<i>200</i>

7.1 Généralités

Ce chapitre présente, dans un premier temps, un suivi de la qualité des eaux des ruisseaux en aval du site en rapprochant les résultats des analyses physico-chimiques et les objectifs présentés dans l'arrêté modifié du 25 janvier 2010 [32] ainsi que leur état écologique.

Dans un second temps, ce chapitre remonte les observations floristiques et faunistiques le cas échéant et permet ainsi de suivre l'impact du site sur la flore et la faune.

7.2 Suivi de la qualité des eaux des ruisseaux

7.2.1 Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE)

Le SDAGE du bassin Seine-Normandie couvre la période 2010-2015 (toujours en vigueur). Il fixe des objectifs de qualité et de quantité à atteindre pour chaque masse d'eau du bassin, afin de prévenir et de réduire la pollution des eaux intérieures de surface, des eaux souterraines, des eaux de transition (eaux estuariennes) et des eaux côtières, de promouvoir leur utilisation durable, de protéger leur environnement, d'améliorer l'état des écosystèmes aquatiques et d'atténuer les effets des inondations et des sécheresses, définit les orientations pour répondre aux enjeux du bassin, décline ces orientations en dispositions.

Conformément aux dispositions fixées par le SDAGE du bassin Seine-Normandie 2010-2015, l'objectif d'état global à atteindre est de maintenir les masses d'eau en bon état, voire en très bon état ou d'atteindre le bon état.

Aucun schéma d'aménagement et de gestion des eaux pour respecter les orientations fondamentales et les objectifs fixés par La directive n° 2000/60/CE du 23 octobre 2000 [33] établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau n'a été défini par le SDAGE bassin Seine-Normandie pour le versant hydrographique du CSM.

L'état global d'une masse d'eau de surface continentale est composé d'un état :

- chimique, déterminé à partir d'une liste de 45 substances ou familles de substances toxiques sur l'environnement et la santé (HAP, substances benzéniques, métaux lourds, pesticides et biocides). L'objectif de bon état chimique consiste à respecter les normes de qualité environnementales (NQE) pour chacune de ces substances dans l'eau ;
- écologique, résultant de l'ensemble des éléments de qualité physicochimiques (bilan de l'oxygène, température, nutriments, acidification), biologiques (macro-invertébrés, diatomées et poissons), des polluants spécifiques (métaux et pesticides) et des conditions hydromorphologiques. Les valeurs seuils sont fixées à l'annexe 3 de l'arrêté modifié du 25 janvier 2010 [32] relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface.

Les évaluations sont réalisées par comparaison des concentrations dans le milieu à une norme de qualité environnementale (NQE), définie comme la concentration d'un polluant ou d'un groupe de polluants dans l'eau, les sédiments ou le biote qui ne doit pas être dépassée, et par calcul.

Les NQE sont utilisées pour les 2 types d'évaluation :

- l'évaluation de l'état chimique, qui concerne les substances « prioritaires » et « dangereuses prioritaires » ;
- l'évaluation de l'état chimique dans l'état écologique, qui concerne les polluants spécifiques de l'état écologique (PSEE).

Les NQE ont un statut réglementaire dans le cadre de l'établissement des états chimiques et écologiques, ainsi que les valeurs guides environnementales (VGE).

La surveillance de la qualité des eaux des ruisseaux dans les paragraphes suivants s'attardera sur les éléments de qualité physicochimiques, des polluants spécifiques, de l'état biologique et de l'état chimique en partie. En effet, les 41 substances ne sont pas recherchées à chaque analyse ni chaque année. Ces substances ont fait l'objet d'une campagne d'analyses en 2014-2015 dont les résultats ont été présentés dans le bilan 2016. Les résultats étant en dessous des limites de quantification, le suivi complémentaire n'a pas été reconduit.

Les éléments de qualité physicochimiques analysés lors des surveillances semestrielles par le CSM sont :

- les paramètres du cycle de l'oxygène (carbone organique, oxygène dissous...);
- les nutriments (azote et phosphore);
- la température;
- le pH.

Le Tableau 7-1 présente les valeurs limites des éléments de qualité physicochimiques, de l'arrêté modifié du 25 janvier 2010 [32], permettant le classement de l'état des cours d'eau de très bon à mauvais.

Tableau 7-1 Valeur limite de classement d'état des cours d'eau par éléments de qualité

Eléments de qualité	Limite des classes d'état			
	Très bon / Bon	Bon / Moyen	Moyen / Médiocre	Médiocre / Mauvais
Bilan oxygène				
Oxygène dissous (mg O ₂ /L)	8	6	4	3
DBO5 (mg O ₂ /L)	3	6	10	25
COD (mg C/L)	5	7	10	15
Nutriments				
Phosphates (mg/PO ₄ ³⁻ /L)	0,1	0,5	1	2
NO ₃ ⁻ (mg NO ₃ ⁻ /L) (nitrates)	10	50	*	*
NO ₂ ⁻ (mg NO ₂ ⁻ /L) (nitrites)	0,1	0,3	0,5	1
Acidification				
pH minimum	6,5	6	5,5	4,5
pH maximum	8,2	9	9,5	10
* les connaissances actuelles ne permettent pas de fixer des seuils fiables pour cette limite				

Parmi les substances, identifiées pour les polluants spécifiques ou pour l'état chimique, disposant d'une NQE à respecter, le cadmium, le plomb, le mercure et le nickel font l'objet d'une surveillance semestrielle par le CSM dans les eaux des ruisseaux du fait de la présence de ces éléments dans le stockage.

Les NQE à respecter, définies dans l'arrêté modifié du 25 janvier 2010 [32], sont indiquées dans le Tableau 7-2 ci-après :

Tableau 7-2 Normes de qualité environnementale selon l'annexe 3 de l'arrêté modifié du 25 janvier 2010 [32]

Substances	Unités	NQE_MA*	NQE_CMA**
Arsenic dissous	µg/L	0,83	/
Cadmium dissous	µg/L	0,15	0,9
Chrome dissous	µg/L	3,4	/
Cuivre dissous	µg/L	1	/
Mercure dissous	µg/L	/	0,07
Nickel dissous	µg/L	4	34
Plomb dissous	µg/L	1,2	14
Zinc dissous	µg/L	7,8	/
* Moyenne annuelle			
**Concentration maximale admissible			

L'état chimique d'une masse d'eau est qualifié de bon quand les concentrations en polluants ne dépassent pas les NQE

Les paragraphes suivants présentent les résultats de la surveillance des ruisseaux.

La qualité physicochimique et l'état chimique partiel sont présentés dans les paragraphes 7.2.2, 7.2.3 et 7.2.4.

Le suivi de l'état biologique et écologique des ruisseaux est abordé dans le chapitre 7.3.

La surveillance de l'environnement de l'Andra n'a pas vocation à présenter et qualifier l'état global des ruisseaux aux abords du site.

7.2.2 Résultats de la surveillance de la qualité des eaux du ruisseau Sainte-Hélène

La qualité physicochimique :

Le Tableau 7-3 synthétise les résultats des paramètres physico-chimiques contribuant à l'état chimique des eaux de la rivière Sainte-Hélène.

Tableau 7-3 Classe de l'état par éléments de qualité pour la Sainte-Hélène

Suivi de la qualité physico-chimique des eaux de la Sainte-Hélène				
	Points de prélèvements			
	R6 (La Sainte-Hélène)		R6-10 (La Sainte-Hélène)	
	11/02/2020	07/10/2020	11/02/2020	07/10/2020
Bilan de l'oxygène				
Carbone organique				
DBO5				
Oxygène dissous				
Nutriments				
Phosphates		0,17 mg/L	0,15 mg/L	0,18 mg/L
Nitrates			28 mg/L	
Nitrites				
Acidification				
pH min				
pH max		8,3		

Le Tableau 7-4 synthétise les résultats des paramètres chimiques contribuant à l'état chimique des eaux du ruisseau de la Sainte-Hélène.

Tableau 7-4 Classe de l'état par substances chimiques ayant une NQE pour la Sainte-Hélène

Suivi de la qualité chimique des eaux de la Sainte-Hélène				
	Points de prélèvements			
	R6 (La Sainte-Hélène)		R6-10 (La Sainte-Hélène)	
	11/02/2020	07/10/2020	11/02/2020	07/10/2020
Arsenic dissous				
Cadmium dissous	SD = 0,5 µg/l	SD = 0,5 µg/l	SD = 0,5 µg/l	SD = 0,5 µg/l
Chrome dissous				
Cuivre dissous	2,3 µg/l	2,4 µg/l	1,3 µg/l	2,1 µg/l
Mercuré dissous				
Nickel dissous				
Plomb dissous				
Zinc dissous	26 µg/l	8,2 µg/l	7 µg/l	9,4 µg/l

Bon	Mauvais
-----	---------

Notons que, pour le cadmium, la limite de quantification actuellement utilisée (0,5 µg/L) ne permet pas de vérifier la conformité aux NQE.

L'état chimique :

L'ensemble des valeurs mesurées est inférieur aux NQE hormis pour les éléments et substances chimiques mentionnés ci-après.

Selon les critères de classement de qualité physico-chimique, le ruisseau de la Sainte Hélène est marqué chimiquement par la présence de phosphates et de nitrates au point aval pour la campagne des hautes eaux, et toujours marqué par la présence de phosphates lors de la campagne de prélèvement des basses eaux. L'ensemble des paramètres classe l'état du ruisseau de « moyen/bon à bon/très bon ».

Selon les substances chimiques retenues pour classer l'état chimique des ruisseaux, les teneurs en cuivre et en zinc classent le ruisseau en état « mauvais ». Le cuivre et le zinc sont présents dans la pluie, la valeur moyenne est respectivement de 1,65 µg/l et de 19 µg/l.

7.2.3 Résultats de la surveillance de la qualité des eaux du ruisseau Le Grand Bel

La qualité physicochimique :

Le Tableau 7-5 synthétise les résultats des paramètres physico-chimiques contribuant à l'état chimique des eaux du ruisseau Le Grand Bel.

Tableau 7-5 Classe de l'état par élément de qualité pour le Grand Bel

Suivi de la qualité physico-chimique des eaux du Grand Bel		
	Points de prélèvements	
	R3	
	11/02/2020	07/10/2020
Bilan de l'oxygène		
Carbone organique		
DBO5		
Oxygène dissous		
Nutriments		
Phosphates	0,16 mg/l	0,14 mg/l
Nitrates	21 mg/l	25 mg/l
Nitrites		
Acidification		
pH min		
pH max		

Le Tableau 7-6 synthétise les résultats des paramètres chimiques contribuant à l'état chimique des eaux du ruisseau Le Grand Bel

Tableau 7-6 Classe de l'état par substances chimiques ayant une NQE pour Le Grand Bel

Suivi de la qualité chimique des eaux du Grand Bel		
	Points de prélèvements	
	R3	
	11/02/2020	07/10/2020
Substances spécifiques non synthétiques		
Arsenic dissous		
Cadmium dissous	SD = 0,5 µg/l	SD = 0,5 µg/l
Chrome dissous		
Cuivre dissous		
Mercure dissous		
Nickel dissous		
Plomb dissous		
Zinc dissous	10 µg/l	

Bon	Mauvais
-----	---------

Notons que pour le cadmium, la limite de quantification actuellement utilisée (0,5 µg/L) ne permet pas de vérifier la conformité aux NQE.

L'état chimique :

L'ensemble des valeurs mesurées est inférieur aux NQE hormis pour les éléments et substances chimiques mentionnés ci-après.

Selon les critères de classement de qualité physico-chimique, le ruisseau Le Grand Bel est marqué chimiquement par la présence de phosphates et de nitrates lors des campagnes de prélèvement des hautes eaux et basses eaux. Ces concentrations classent l'état du ruisseau sur ces paramètres « moyen/bon », alors que l'ensemble des autres éléments classe le ruisseau « bon/très bon ».

Selon les substances chimiques retenues pour classer l'état chimique des ruisseaux, les teneurs en zinc classent le ruisseau en état « mauvais ». Notons que le zinc est présent dans la pluie, la valeur moyenne est 19 µg/l.

7.2.4 Résultats de la surveillance de la qualité des eaux du ruisseau Les Roteures

La qualité physicochimique :

Le Tableau 7-7 synthétise les résultats des paramètres physico-chimiques contribuant à l'état chimique des eaux du ruisseau Les Roteures.

Tableau 7-7 Classe de l'état par éléments de qualité pour Les Roteures

Suivi de la qualité physico-chimique des eaux du Grand Bel		
	Points de prélèvements	
	R1-10	
	11/02/2020	07/10/2020
Bilan de l'oxygène		
Carbone organique		
DBO5		
Oxygène dissous		
Nutriments		
Phosphates	0,13 mg/l	0,62 mg/l
Nitrates	15 mg/l	11 mg/l
Nitrites		160 µg/l
Acidification		
pH min		
pH max		

Le Tableau 7-8 synthétise les résultats des paramètres chimiques contribuant à l'état chimique des eaux de la rivière Les Roteures.

Tableau 7-8 Classe de l'état par substances chimiques ayant une NQE pour Les Roteures

Suivi de la qualité chimique des eaux Les Roteures		
	Points de prélèvements	
	R1-10	
	11/02/2020	07/10/2020
Substances spécifiques non synthétiques		
Arsenic dissous		
Cadmium dissous	SD = 0,5 µg/l	SD = 0,5 µg/l
Chrome dissous		
Cuivre dissous	3,0 µg/l	1,5 µg/l
Mercure dissous		
Nickel dissous		
Plomb dissous		
Zinc dissous	8,0 µg/l	

Bon	Mauvais
-----	---------

Notons que pour le cadmium, la limite de quantification actuellement utilisée (0,5 µg/L) ne permet pas de vérifier la conformité aux NQE.

L'état chimique :

L'ensemble des valeurs mesurées est inférieur aux NQE hormis pour les éléments et substances chimiques mentionnés ci-après.

Selon les critères de classement de qualité physico-chimique, le ruisseau Les Roteures est marqué chimiquement par la présence de phosphates, de nitrates et de nitrites lors des campagnes de prélèvement des hautes eaux et basses eaux. Les teneurs sont plus importantes en basses eaux. Ces concentrations classent l'état du ruisseau sur ces paramètres « mauvais/ médiocre à moyen/bon », alors que l'ensemble des autres éléments classe le ruisseau « bon/très bon ».

Selon les substances chimiques retenues pour classer l'état chimique des ruisseaux, les teneurs en cuivre et en zinc classent le ruisseau en état « mauvais ». Notons que le cuivre et le zinc sont présents dans la pluie ; la valeur moyenne est respectivement 1,65 µg/l et 19 µg/l.

Conclusion de l'état chimique des ruisseaux :

Nous constatons que l'état chimique des 3 ruisseaux est impacté par les mêmes éléments et paramètres chimiques : les phosphates, les nitrates, les nitrites, le cuivre et le zinc.

Il est à noter que les teneurs en cuivre et en zinc dans la pluie ont une valeur moyenne qui est au-dessus de la NQE. En l'absence de rejets gazeux sur le CSM et les activités du CSM n'utilisant pas et ne produisant pas de zinc et cuivre, le site ne peut être à l'origine de ces résultats.

L'origine peut provenir des concentrations de rejets gazeux en cuivre et en zinc par l'établissement d'Orano Recyclage La Hague dont les limites sont respectivement de 0,5 mg/l et 2 mg/l, fixées par l'arrêté rejet du 11 janvier 2016 [23].

Les valeurs mesurées dans les eaux souterraines, dont les lignes d'écoulement se dirigent vers le ruisseau la Sainte Hélène, au nord du site, sont équivalentes à celles de la pluie.

Les effluents de la CMG sont marqués par une concentration en cuivre et en zinc dont les valeurs moyennes sont respectivement de 9 µg/l et 47,5 µg/l. Cependant, pour l'année 2020, la quantité en kg de cuivre et de zinc apportée par la pluie est de 0,4 kg de cuivre et 3,8 kg de zinc. La quantité en kg déversée par les eaux pluviales transitant par la CMG est de 0,322 kg de cuivre et 1,6 kg de zinc.

Nous constatons que les eaux pluviales restituent presque la totalité du cuivre reçu par la pluie. En ce qui concerne le zinc, il est difficile de déterminer si les eaux provenant de la CMG constituent un apport en zinc à la Sainte Hélène.

Enfin, les ruisseaux traversent des zones rurales (champs, prairies, potagers) dont les pratiques agricoles (utilisation d'engrais, épandage) peuvent expliquer la présence de nitrates, nitrites, phosphates et de sulfates de cuivre.

Le CSM n'est pas à l'origine de la présence de cuivre et de zinc dans les Roteures, le Grand Bel et la Sainte Hélène.

7.3 Suivi hydrobiologique

Le dernier « suivi hydrobiologique » a été effectué en 2019. Le prochain est prévu en 2021.

7.4 Suivi floristique

Le dernier inventaire floristique hors site a été présenté dans le bilan annuel 2018. Le prochain inventaire floristique à l'extérieur de l'établissement est prévu en 2023.

7.4.1 Evolution de la végétation sur la couverture

L'observation des espèces floristiques est réalisée annuellement. Seul le nombre de nouvelles espèces est évoqué dans ce paragraphe et le cas échéant leur impact sur la couverture.

Le suivi de l'évolution du cortège des espèces floristiques de la couverture du CSM s'est poursuivi en 2020. Trois campagnes d'observations ont été menées en juin, juillet et août. Les résultats de ces campagnes sont présentés ci-dessous.

Treize nouveaux taxons ont été inventoriés sur la couverture du CSM en juin 2020. Sur ces nouveaux taxons, une espèce pourrait endommager la couverture : c'est l'Aulne glutineux qui possède un système racinaire important. Par exemple, il est planté le long des berges des rivières pour limiter l'érosion de celles-ci.

Un jeune arbre a été localisé au sud-est, à proximité immédiate de la clôture sécurisant le site de l'ANDRA. Le déracinement de cet individu sera réalisé pendant la campagne de taille des ronces en juillet ou la taille des arbres au 4^{ème} trimestre de l'année 2021.

7.4.2 Evolution de la végétation au sein des placettes de suivi

Le bilan des inventaires floristiques au sein des placettes est réalisé à une fréquence bisannuelle. Le dernier a été réalisé en 2019 et le prochain sera réalisé en 2021.

7.5 Inventaire faunistique

Le dernier inventaire a été présenté dans le bilan annuel 2018. Le prochain inventaire est prévu en 2023.

Conclusion



Le bilan de la surveillance du CSM et de son environnement pour l'année 2020 fait ressortir les éléments suivants :

- L'impact du Centre sur son environnement reste très faible et ne présente pas d'impact sanitaire. L'impact sur l'environnement et les populations des groupes de référence considérés est estimé, pour un adulte, à :
 - ✓ $4,3 \cdot 10^{-5}$ $\mu\text{Sv}/\text{an}$ pour les rejets en mer, il est non significatif ;
 - ✓ $0,17$ $\mu\text{Sv}/\text{an}$ pour celui dû au marquage de la rivière Sainte-Hélène ; ce résultat demeure très inférieur à la limite réglementaire d'exposition du public (1 mSv/an).
- Les seuils radiologiques et physico-chimiques prescrits aux exutoires des eaux pluviales (CMG) et des effluents à risque (BDS) de l'arrêté d'autorisation de rejets du 10 janvier 2003 [1] ont été respectés.
- La contamination en tritium de la nappe sous-jacente au Centre est en diminution en 2020 ($1\ 606$ Bq/L pour $2\ 253$ Bq/L en 2019). L'indicateur de suivi du tritium dans la nappe phréatique traduit les inflexions de tendance observées par secteur. Il est à noter que certains piézomètres de la zone 4 (secteur nord-ouest) présentent des augmentations sensibles.
- L'évolution de l'activité tritium des ruisseaux se traduit ainsi :
 - ✓ La concentration volumique du tritium sur la Sainte-Hélène est sur un niveau palier à une vingtaine de Bq/L, comme en 2019. Cette activité tritium moyenne, cohérente avec les rejets d'eau pluviale au point de contrôle GPNE, l'est également avec le marquage tritium provenant de l'exhaure des eaux souterraines.
 - ✓ Tel qu'en 2019 et en cohérence avec la tendance observée dans les eaux souterraines au droit du Centre, l'activité radiologique du tritium au Grand Bel continue à s'inscrire dans une tendance à la baisse (221 Bq/L en 2020 pour 250 Bq/L en 2019).
- D'un point de vue hydraulique, le bon comportement de la couverture se confirme et se traduit par un taux d'infiltration de :
 - ✓ $0,10$ $\text{L}/\text{m}^2/\text{an}$ drainés par les 107 BRS raccordés à l'exutoire BRS0,
 - ✓ $0,25$ $\text{L}/\text{m}^2/\text{an}$ drainés par l'ensemble des drains sous membrane, y compris les drains sous membrane des chambres de drainage CD11 et CD14, comptabilisant la part majoritaire du volume total des drains sous membrane.

A ces volumes s'ajoutent $0,84$ $\text{L}/\text{m}^2/\text{an}$ atteignant la nappe, évalués à partir de l'activité collectée au pompage EEV-SE et empreint d'une forte incertitude.

Au final, la performance calculée de la couverture atteint $1,20$ $\text{L}/\text{m}^2/\text{an}$, provenant majoritairement de l'estimation de l'infiltration vers le massif géologique.

- Les suivis radiologique, physico-chimique, hydrologique et écologique menés sur les ruisseaux et leurs écosystèmes aquatiques montrent que les rejets liquides du Centre n'ont pas d'impact notable sur l'environnement aquatique.
- Concernant l'évolution de la couverture, les tassements observés sur la partie sommitale de la couverture restent compatibles avec les critères retenus vis-à-vis des propriétés d'étanchéité de la membrane sous extension. L'interprétation des mesures topographiques effectuées sur les profils en piquets et cibles et observations de terrain montrent un ralentissement progressif des déplacements confirmant la consolidation lente des talus après les travaux de confortement.

Annexes

<i>9.1 Annexe 1 : Nombre de prélèvements et d'analyses réalisés en 2020</i>	<i>204</i>
<i>9.2 Annexe 2 : Tableaux des résultats détaillés de la surveillance 2020</i>	<i>205</i>
<i>9.3 Annexe 3 : Méthodologie des prélèvements</i>	<i>264</i>
<i>9.4 Annexe 4 : Les laboratoires d'analyses</i>	<i>268</i>
<i>9.5 Annexe 5 : Préparation des échantillons</i>	<i>269</i>
<i>9.6 Annexe 6 : Les techniques des laboratoires</i>	<i>270</i>
<i>9.7 Annexe 7 : Rendus des résultats et interprétation</i>	<i>274</i>
<i>9.8 Annexe 8 : Protocole d'échange de données</i>	<i>276</i>
<i>9.9 Annexe 9 : Méthodologie d'estimation du calcul d'infiltrations vers le massif géologique à travers la couverture en exploitant les mesures faites dans la nappe</i>	<i>277</i>
<i>9.10 Annexe 10 : Erratum bilan 2019</i>	<i>279</i>

9.1 Annexe 1 : Nombre de prélèvements et d'analyses réalisés en 2020

Pour réaliser l'ensemble des analyses décrites dans le PRS [9], les opérateurs en charge des prélèvements ont réalisé 2 170 échantillonnages au cours de l'année 2020. Ces échantillonnages tiennent compte également des contrôles croisés et des résultats fournis par Orano Recyclage dans le cadre du protocole d'échanges de données [37].

Sur ces échantillons ont été réalisées plus de 12 000 analyses dont 80% sont des analyses radiologiques et 20% sont des analyses physico-chimiques.

Les analyses radiologiques sont dans la majorité des cas des analyses dites courantes ou de routine (92%) :

- mesure des indices alpha et bêta globaux (eau et air) ;
- mesure du tritium (eau) ;
- détermination du potassium (eau) ;
- mesure par spectrométrie gamma (végétaux) ;
- détermination du débit de dose ambiant (air).

9.2 Annexe 2 : Tableaux des résultats détaillés de la surveillance 2020

9.2.1 Résultats du point de contrôle PH1

Tableau 9-1 Résultats des analyses radiologiques hebdomadaires des eaux de pluie collectées à la station atmosphérique du Centre

Point de prélèvement	Date de prélèvement	Indice alpha global	Indice bêta global	Bêta global hors ⁴⁰ K	Tritium	Potassium	pH	Hauteur mm	
		Bq/L	Bq/L	Bq/L	Bq/L	mg/L			
PH1	06/01/20	≤ 1,4E-02	4,8E-02	≤ 3,6E-02	3,1E+01	0,64	4,2	5,2	
	13/01/20	≤ 1,4E-02	≤ 3,6E-02	≤ 3,6E-02	≤ 2,1E+00	0,27	4,3	34,0	
	20/01/20	≤ 1,4E-02	5,1E-02	4,1E-02	7,6E+00	0,36	4,6	52,0	
	27/01/20	≤ 1,5E-02	1,1E-01	8,8E-02	≤ 2,1E+00	0,60	4,5	7,1	
	03/02/20	≤ 1,5E-02	1,0E-01	9,2E-02	8,7E+00	0,43	4,6	42,0	
	10/02/20	≤ 1,5E-02	5,5E-02	≤ 3,6E-02	1,4E+01	1,1	4,7	27,0	
	17/02/20	≤ 1,5E-02	4,0E-02	≤ 3,6E-02	≤ 2,3E+00	0,93	5,0	56,0	
	24/02/20	≤ 1,5E-02	4,1E-02	≤ 3,6E-02	2,0E+01	0,84	4,8	21,0	
	02/03/20	≤ 1,5E-02	4,9E-02	≤ 3,6E-02	7,3E+00	0,56	5,4	57,0	
	09/03/20	≤ 1,5E-02	4,1E-02	≤ 3,6E-02	3,5E+00	0,26	4,7	38,0	
	16/03/20	≤ 1,5E-02	6,4E-02	5,2E-02	1,0E+01	0,44	4,5	32,0	
	23/03/20	≤ 1,5E-02	7,4E-02	5,0E-02	≤ 2,1E+00	0,85	4,3	10,0	
	30/03/20	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,0
	06/04/20	7,7E-02	1,1E+00	8,6E-01	≤ 2,3E+00	10	3,9	1,2	
	13/04/20	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,0
	20/04/20	≤ 1,6E-02	1,8E-01	1,3E-01	≤ 2,1E+00	1,7	4,5	11,0	
	27/04/20	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,0
	04/05/20	≤ 1,5E-02	1,2E-01	9,6E-02	2,8E+00	0,69	4,3	20,0	
	11/05/20	≤ 1,5E-02	9,8E-02	9,1E-02	≤ 2,1E+00	0,26	4,5	25,3	
	18/05/20	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,0
	25/05/20	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,0
	01/06/20	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,0
	08/06/20	≤ 1,5E-02	1,4E-01	7,8E-02	8,4E+00	2,1	5,0	12,0	
	15/06/20	≤ 1,4E-02	4,8E-02	4,0E-02	4,5E+00	0,28	5,2	46,0	
	22/06/20	≤ 1,4E-02	5,4E-02	4,7E-02	1,2E+01	< 0,25	4,5	11,5	
	29/06/20	1,7E-02	1,4E-01	1,3E-01	2,0E+00	0,52	4,6	9,0	
	06/07/20	≤ 1,4E-02	≤ 3,6E-02	≤ 3,6E-02	1,3E+01	0,25	4,7	35,0	
	13/07/20	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,0
	20/07/20	4,1E-02	3,0E-01	2,1E-01	1,8E+01	3,24	5,2	3,6	
	27/07/20	2,6E-02	1,4E-01	1,2E-01	3,5E+00	0,66	5,9	22,0	
	03/08/20	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,0
	10/08/20	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,0
	17/08/20	3,2E-02	1,3E-01	1,2E-01	1,4E+01	0,45	6,3	52,0	
	24/08/20	3,8E-02	1,2E-01	1,0E-01	6,6E+00	0,55	4,6	12,0	
	31/08/20	2,6E-02	7,7E-02	5,6E-02	7,4E+00	0,74	4,3	23,0	
	07/09/20	≤ 1,4E-02	1,6E-01	1,2E-01	3,2E+01	1,3	4,1	7,7	
	14/09/20	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,0
	21/09/20	4,2E-02	4,2E-01	3,1E-01	3,8E+00	3,9	4,3	3,9	
	28/09/20	≤ 1,4E-02	1,0E-01	7,2E-02	1,2E+01	1,0	4,2	19,0	
	05/10/20	≤ 1,4E-02	≤ 3,6E-02	≤ 3,6E-02	8,1E+00	0,35	5,0	130,0	
	12/10/20	≤ 1,4E-02	7,9E-02	≤ 7,9E-02	1,8E+01	1,5	4,5	27,0	
	19/10/20	1,8E-02	5,3E-02	≤ 3,7E-02	≤ 2,0E+00	0,77	4,4	42,0	
26/10/20	≤ 1,4E-02	6,9E-02	5,9E-02	6,4E+00	0,35	4,7	63,0		
02/11/20	1,8E-02	8,5E-02	≤ 8,0E-02	4,6E+00	1,7	4,9	55,0		
09/11/20	3,0E-02	4,1E-02	≤ 3,7E-02	4,8E+00	0,74	4,8	14,0		
16/11/20	≤ 1,4E-02	5,5E-02	≤ 3,6E-02	6,8E+00	1,4	4,9	65,0		
23/11/20	2,5E-02	1,4E-01	8,7E-02	2,1E+01	1,9	4,3	19,0		
30/11/20	≤ 1,4E-02	1,6E-01	1,4E-01	2,3E+00	0,61	3,9	11,0		
07/12/20	≤ 1,4E-02	5,5E-02	≤ 3,6E-02	3,7E+00	1,5	4,6	55,0		
14/12/20	≤ 1,4E-02	4,1E-02	≤ 3,6E-02	3,2E+00	0,63	4,8	41,0		
21/12/20	≤ 1,4E-02	1,3E-01	6,9E-02	4,8E+00	2,1	5,0	42,0		
28/12/20	≤ 1,4E-02	7,9E-02	≤ 3,6E-02	7,8E+00	2,9	4,9	60,0		
04/01/21	≤ 1,4E-02	6,6E-02	≤ 3,6E-02	≤ 2,0E+00	1,2	4,6	43,0		
Somme								1362,5	

NR : pas de pluie sur la période, analyses non réalisées

Tableau 9-2 Résultats des analyses radiologiques mensuelles des eaux de pluie collectées à la station atmosphérique du Centre

Point de prélèvement	Période	Date de prélèvement	Analyses					Hauteur	
			Indice alpha global Bq/L	Indice bêta global Bq/L	Tritium Bq/L	Potassium mg/L	pH	Pluviométrie mm	
PH1	Janvier	03/02/2020	≤1,5E-02	4,5E-02	7,8E+00	0,43	4,6	140,3	
	Février	02/03/2020	≤1,5E-02	5,0E-02	9,0E+00	0,73	5,0	161,0	
	Mars	30/03/2020	≤1,7E-02	5,7E-02	3,2E+00	0,59	4,6	80,0	
	Avril	04/05/2020	4,1E-02	3,6E-01	2,7E+00	3,1	4,3	32,2	
	Mai	01/06/2020	≤1,5E-02	9,7E-02	≤1,9E+00	0,27	4,6	25,3	
	Juin	29/06/2020	≤1,4E-02	6,5E-02	6,4E+00	0,52	5,0	78,5	
	Juillet	03/08/2020	5,7E-02	1,1E-01	6,1E+00	0,75	6,2	60,6	
	Août	31/08/2020	4,8E-02	7,9E-02	1,2E+01	0,56	5,7	87,0	
	Septembre	28/09/2020	1,8E-02	1,1E-01	1,5E+01	1,4	4,2	30,6	
	Octobre	02/11/2020	≤1,4E-02	7,6E-02	8,1E+00	1,2	4,8	317,0	
	Novembre	30/11/2020	≤1,4E-02	1,1E-01	1,1E+01	2,5	4,5	109,0	
	Décembre	04/01/2021	≤1,4E-02	4,2E-02	3,1E+00	1,6	4,7	241,0	
Somme								1362,5	

Tableau 9-3 Résultats des analyses physico-chimiques des eaux de pluie collectées à la station atmosphérique du Centre

	Paramètres	Unités	Concentration du première semestre	Concentration du second semestre	Flux annuel en kg
Paramètres physico-chimiques	pH	UpH	8,1 +/- 0,1	7,7 +/- 0,1	-
	Conductivité	µS/cm	212 +/- 6	42 +/- 1	-
	Oxygène dissous	mgO2/L	9,2 +/- 0,1	10,4 +/- 0,1	-
	Température	°C	7,0 +/- 0,5	10 +/- 1	-
	Potentiel redox	mV/ENH	480 +/- 19	586 +/- 23	-
	COT	mg/L	0,60 +/- 0,11	0,30 +/- 0,06	-
	DCO	mg/L	<5	<5	-
	MES	mg/L	<2	<2	-
Elements majeurs	Calcium	mg/L	0,50 +/- 0,12	0,40 +/- 0,10	90
	Chlorures	mg/L	23 +/- 1	14 +/- 1	3560
	Potassium	mg/L	0,30 +/- 0,10	0,70 +/- 0,04	112
	Sulfates	mg/L	12 +/- 1	1,9 +/- 0,1	1172
Substances indésirables	Aluminium	µg/L	11 +/- 1	7,0 +/- 0,4	1,74
	Baryum	µg/L	<2	<5	0,20
	Bore	µg/L	10 +/- 2	7,0 +/- 1,1	1,7
	Cuivre	µg/L	1,3 +/- 0,2	2,0 +/- 0,3	0,4
	Fer	µg/L	5,8 +/- 0,3	26 +/- 1	3,7
	Manganèse	µg/L	1,2 +/- 0,2	1,0 +/- 0,2	0,2
Substances toxiques	Arsenic	µg/L	<0,2	<0,2	0,020
	Cadmium	µg/L	<0,5	<0,5	0,051
	Chrome	µg/L	<1	<1	0,102
	Cyanures	µg/L	<5	<5	0,12
	Etain	µg/L	<5	<5	0,51
	Mercuré	µg/L	<0,01	<0,01	0,0010
	Nickel	µg/L	1,9 +/- 0,2	1,4 +/- 0,1	0,32
	Plomb	µg/L	<0,4	<0,4	0,041
	Zinc	µg/L	20 +/- 1	18 +/- 1	3,8
	Hydrocarbures	µg/L	≤100	≤100	10,2

9.2.2 Résultats du point de contrôle CMG

Tableau 9-4 Résultats des analyses radiologiques des eaux pluviales à leur exutoire (CMG)

Pas de temps des prélèvements : 3 jours

Point de prélèvement	Date de Prélèvement	Durée	Indice alpha global Bq/L	Indice bêta global Bq/L	bêta hors ⁴⁰ K Bq/L	Tritium Bq/L	Potassium mg/L	pH -	Volume rejeté m ³
CMG	04/01/20	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
	07/01/20	72	≤ 1,6E-02	8,4E-02	4,5E-02	1,4E+01	1,39	7,6	29,91
	10/01/20	72	≤ 1,5E-02	6,8E-02	≤ 3,6E-02	9,6E+00	1,20	7,5	504,73
	13/01/20	72	3,2E-02	1,3E-01	8,0E-02	1,3E+01	1,95	7,6	147,42
	16/01/20	72	2,2E-02	7,9E-02	≤ 3,6E-02	9,5E+00	1,58	7,5	1976,29
	19/01/20	72	2,1E-02	8,8E-02	4,1E-02	1,2E+01	1,67	7,5	145,13
	22/01/20	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
	25/01/20	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
	28/01/20	72	3,7E-02	8,2E-02	3,7E-02	9,7E+00	1,60	7,8	52,27
	01/02/20	96	≤ 1,5E-02	4,9E-02	≤ 3,6E-02	1,2E+01	1,26	7,7	236,35
	04/02/20	72	≤ 1,6E-02	7,4E-02	3,7E-02	1,0E+01	1,31	7,7	1192,88
	07/02/20	72	≤ 1,6E-02	1,3E-01	7,3E-02	9,7E+00	1,86	7,7	155,03
	10/02/20	72	≤ 1,6E-02	1,2E-01	7,6E-02	1,2E+01	1,49	7,7	49,03
	13/02/20	72	≤ 1,6E-02	7,8E-02	≤ 3,6E-02	7,5E+00	2,11	7,7	29,66
	16/02/20	72	≤ 1,6E-02	7,9E-02	≤ 3,6E-02	1,5E+01	1,83	7,7	237,19
	19/02/20	72	≤ 1,6E-02	1,1E-01	6,5E-02	9,3E+00	1,74	7,6	1832,39
	22/02/20	72	≤ 1,6E-02	6,6E-02	≤ 3,6E-02	1,3E+01	1,47	7,8	85,43
	25/02/20	72	≤ 1,6E-02	1,2E-01	7,0E-02	1,6E+01	1,63	7,8	73,12
	28/02/20	72	≤ 1,6E-02	9,2E-02	4,9E-02	1,2E+01	1,54	7,7	661,31
	01/03/20	48	≤ 1,6E-02	5,5E-02	≤ 3,6E-02	1,1E+01	1,63	7,7	817,61
	04/03/20	72	≤ 1,6E-02	1,1E-01	7,1E-02	1,3E+01	1,33	7,6	116,45
	07/03/20	72	≤ 1,6E-02	1,1E-01	6,9E-02	8,6E+00	1,33	7,5	1797,30
	10/03/20	72	≤ 1,6E-02	1,1E-01	6,4E-02	9,5E+00	1,46	7,7	99,59
	13/03/20	72	≤ 1,6E-02	1,2E-01	8,3E-02	7,3E+00	1,20	7,7	485,41
	16/03/20	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
	19/03/20	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
	22/03/20	72	≤ 1,6E-02	1,3E-01	8,5E-02	9,2E+00	1,64	7,7	58,78
	25/03/20	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
	28/03/20	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
	01/04/20	96	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
	04/04/20	72	≤ 1,6E-02	7,5E-02	≤ 3,6E-02	6,8E+00	1,65	7,6	6,91
	07/04/20	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
	10/04/20	72	≤ 1,6E-02	9,9E-02	4,6E-02	≤ 2,2E+00	1,90	7,6	10,86
	13/04/20	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
	16/04/20	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
	19/04/20	72	≤ 1,6E-02	1,2E-01	6,4E-02	3,2E+00	2,16	7,4	43,77
	22/04/20	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
	25/04/20	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
	28/04/20	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
	01/05/20	72	≤ 1,6E-02	1,2E-01	4,0E-02	≤ 2,2E+00	2,72	7,3	40,82
	04/05/20	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
	07/05/20	72	≤ 1,5E-02	6,6E-02	≤ 3,6E-02	≤ 2,2E+00	1,69	7,1	192,56
	10/05/20	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
	13/05/20	72	≤ 1,5E-02	≤ 3,6E-02	≤ 3,6E-02	≤ 2,3E+00	1,26	7,1	12,30
	16/05/20	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
	19/05/20	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
	22/05/20	72	≤ 1,6E-02	9,3E-02	3,8E-02	≤ 2,0E+00	1,96	7,2	7,12
25/05/20	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00	
28/05/20	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00	
01/06/20	96	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00	
04/06/20	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00	
07/06/20	72	≤ 1,5E-02	1,0E-01	≤ 3,6E-02	≤ 2,4E+00	2,46	6,8	49,70	
10/06/20	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00	
13/06/20	72	≤ 1,5E-02	9,6E-02	3,8E-02	3,3E+00	2,08	6,9	325,37	
16/06/20	72	2,2E-02	1,0E-01	7,5E-02	2,9E+00	0,97	6,9	86,72	
19/06/20	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00	
22/06/20	72	≤ 1,4E-02	3,9E-02	≤ 3,6E-02	7,1E+00	1,43	7,4	17,38	
25/06/20	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00	
28/06/20	72	≤ 1,5E-02	7,6E-02	4,1E-02	6,1E+00	1,24	7,2	6,66	
01/07/20	72	≤ 1,4E-02	7,2E-02	≤ 3,6E-02	4,1E+00	1,33	7,4	80,90	

NR : pas d'écoulement sur la période, analyses non réalisées

Point de prélèvement	Date de Prélèvement	Durée	Indice alpha global Bq/L	Indice bêta global Bq/L	bêta hors ⁴⁰ K Bq/L	Tritium Bq/L	Potassium mg/L	pH -	Volume rejeté m ³
CMG	04/07/20	72	≤ 1,4E-02	4,8E-02	≤ 3,6E-02	8,9E+00	1,21	7,3	177,51
	07/07/20	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
	10/07/20	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
	13/07/20	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
	16/07/20	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
	19/07/20	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
	22/07/20	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
	25/07/20	72	≤ 1,5E-02	7,4E-02	≤ 3,6E-02	1,3E+01	2,08	7,6	8,58
	28/07/20	72	≤ 1,4E-02	1,1E-01	7,7E-02	6,4E+00	1,03	7,3	134,79
	01/08/20	96	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
	04/08/20	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
	07/08/20	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
	10/08/20	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
	13/08/20	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
	16/08/20	72	≤ 1,4E-02	6,8E-02	≤ 3,6E-02	1,0E+01	1,39	7,2	269,31
	19/08/20	72	≤ 1,4E-02	8,9E-02	5,3E-02	≤ 2,0E+00	1,29	7,3	178,09
	22/08/20	72	≤ 1,4E-02	1,2E-01	7,4E-02	2,4E+00	1,48	7,4	36,33
	25/08/20	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
	28/08/20	72	8,0E-02	1,1E-01	7,4E-02	≤ 2,0E+00	1,45	7,3	40,61
	01/09/20	96	5,1E-02	9,0E-02	5,0E-02	3,9E+00	1,45	7,3	8,21
	04/09/20	72	≤ 1,4E-02	1,1E-01	6,4E-02	≤ 2,3E+00	1,51	7,2	7,89
	07/09/20	72	≤ 1,4E-02	4,5E-02	≤ 3,6E-02	2,0E+01	1,60	7,2	6,45
	10/09/20	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
	13/09/20	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
	16/09/20	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
	19/09/20	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
	22/09/20	72	2,4E-02	7,7E-02	≤ 3,6E-02	9,8E+00	1,93	7,2	24,55
	25/09/20	72	1,8E-02	9,2E-02	4,0E-02	9,5E+00	1,85	7,2	98,72
	28/09/20	72	≤ 1,4E-02	9,7E-02	5,5E-02	6,5E+00	1,51	7,2	18,17
	01/10/20	72	≤ 1,4E-02	6,6E-02	≤ 3,6E-02	7,4E+00	1,59	7,2	87,96
	04/10/20	72	≤ 1,5E-02	6,3E-02	≤ 3,6E-02	3,3E+00	1,55	7,2	2457,11
	07/10/20	72	≤ 1,5E-02	9,4E-02	4,6E-02	8,8E+00	1,73	7,6	1235,70
	10/10/20	72	≤ 1,5E-02	1,1E-01	5,7E-02	1,0E+01	1,90	7,8	262,96
	13/10/20	72	≤ 1,5E-02	1,8E-01	1,2E-01	9,7E+00	2,17	7,8	21,95
	16/10/20	72	2,8E-02	1,4E-01	1,0E-01	6,3E+00	1,46	7,6	859,46
	19/10/20	72	≤ 1,5E-02	1,1E-01	6,0E-02	7,0E+00	1,73	7,8	25,49
	22/10/20	72	4,9E-02	1,8E-01	1,3E-01	4,8E+00	1,90	7,6	1001,81
	25/10/20	72	2,6E-02	1,3E-01	7,8E-02	3,7E+00	1,81	7,8	138,10
	28/10/20	72	3,3E-02	9,5E-02	4,9E-02	6,3E+00	1,65	7,8	1705,62
	01/11/20	96	2,1E-02	1,5E-01	1,0E-01	7,1E+00	1,65	7,9	1128,67
	04/11/20	72	1,9E-02	7,5E-02	≤ 3,6E-02	9,0E+00	1,80	7,6	236,49
	07/11/20	72	≤ 1,5E-02	8,5E-02	3,8E-02	7,3E+00	1,70	7,7	34,41
	10/11/20	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
	13/11/20	72	3,4E-02	8,4E-02	4,2E-02	7,6E+00	1,51	7,4	105,95
	16/11/20	72	2,4E-02	6,6E-02	≤ 3,6E-02	5,8E+00	1,41	7,4	2596,17
	19/11/20	72	≤ 1,5E-02	1,4E-01	8,5E-02	8,8E+00	1,99	7,6	211,72
	22/11/20	72	1,9E-02	1,2E-01	7,0E-02	1,1E+01	1,89	7,7	5,98
	25/11/20	72	2,1E-02	1,1E-01	6,4E-02	1,7E+01	1,80	7,7	94,12
	28/11/20	72	≤ 1,5E-02	1,2E-01	6,3E-02	7,7E+00	1,99	7,8	85,15
	01/12/20	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
04/12/20	72	≤ 1,5E-02	7,7E-02	≤ 3,6E-02	1,2E+01	1,67	7,5	1205,85	
07/12/20	72	2,2E-02	8,4E-02	≤ 3,6E-02	9,9E+00	1,76	7,6	1183,05	
10/12/20	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00	
13/12/20	72	2,8E-02	6,3E-02	≤ 3,6E-02	4,5E+00	1,41	7,6	1190,42	
16/12/20	72	≤ 1,5E-02	9,3E-02	8,0E-02	6,1E+00	0,47	7,7	179,67	
19/12/20	72	2,8E-02	1,2E-01	7,4E-02	8,0E+00	1,62	7,8	5,19	
22/12/20	72	2,7E-02	1,3E-01	9,2E-02	5,9E+00	1,17	7,7	1141,42	
25/12/20	72	2,0E-02	1,0E-01	9,1E-02	5,6E+00	0,47	7,7	1019,05	
28/12/20	72	2,0E-02	9,5E-02	4,8E-02	5,9E+00	1,70	7,7	1736,52	
01/01/21	96	2,9E-02	1,1E-01	7,1E-02	8,2E+00	1,31	7,8	877,29	

NR : pas d'écoulement sur la période, analyses non réalisées

Tableau 9-5 Résultats des analyses radiologiques mensuelles des eaux pluviales à leur exutoire (CMG)

Point de prélèvement	Période	Prélèvement		Analyses							Volumes		Relâchements et flux				
		Date	Durée h	Indice alpha global Bq/L	Indice bêta global Bq/L	Tritium Bq/L	Potassium mg/L	pH -	Bêta MES* Bq/L	MES* mg/L	Volume rejeté m ³	Débit moyen m ³ /h	Alpha MBq	Bêta MBq	Tritium MBq	Potassium kg	MES kg
CMG	Janvier	01/02/2020	744	≤1,50E-02	1,0E-01	1,2E+01	1,60	7,6	≤1,60E-02	3,6	3092	4,16	4,6E-02	3,2E-01	3,6E+01	4,9E+00	1,1E+01
	Février	01/03/2020	696	≤1,60E-02	8,1E-02	1,0E+01	1,81	7,6	≤1,60E-02	4,2	5134	7,38	8,2E-02	4,2E-01	5,1E+01	9,3E+00	2,2E+01
	Mars	01/04/2020	744	≤1,60E-02	8,0E-02	9,6E+00	1,73	7,6	≤1,60E-02	2,6	2558	3,44	4,1E-02	2,0E-01	2,5E+01	4,4E+00	7,0E+00
	Avril	01/05/2020	720	≤1,60E-02	1,0E-01	4,8E+00	2,45	7,5	≤1,60E-02	1,4	102	0,14	1,6E-03	1,1E-02	4,9E-01	2,5E-01	1,4E-01
	Mai	01/06/2020	744	≤1,50E-02	1,1E-01	≤1,90E+00	1,91	7,2	≤1,60E-02	2,8	212	0,29	3,2E-03	2,3E-02	4,0E-01	4,0E-01	6,0E-01
	Juin	01/07/2020	720	≤1,40E-02	1,0E-01	4,7E+00	1,79	7,5	≤1,60E-02	1,8	567	0,79	7,9E-03	5,7E-02	2,7E+00	1,0E+00	1,0E+00
	Juillet	01/08/2020	744	≤1,40E-02	5,6E-02	1,3E+01	1,30	7,8	≤1,60E-02	2,0	321	0,43	4,5E-03	1,8E-02	4,3E+00	4,2E-01	6,0E-01
	Août	01/09/2020	744	≤1,40E-02	8,2E-02	6,5E+00	1,36	7,2	≤1,58E-02	1,8	533	0,72	7,5E-03	4,4E-02	3,5E+00	7,2E-01	1,0E+00
	Septembre	01/10/2020	720	2,0E-02	9,2E-02	7,7E+00	1,85	7,2	≤1,68E-02	1,0	244	0,34	4,9E-03	2,2E-02	1,9E+00	4,5E-01	2,0E-01
	Octobre	01/11/2020	744	3,0E-02	8,5E-02	4,9E+00	1,82	7,6	≤1,68E-02	1,4	8837	11,88	2,7E-01	7,5E-01	4,3E+01	1,6E+01	1,2E+01
	Novembre	01/12/2020	720	2,1E-02	1,1E-01	7,7E+00	1,80	7,7	≤1,68E-02	2,8	3370	4,68	7,0E-02	3,6E-01	2,6E+01	6,1E+00	9,0E+00
Décembre	01/01/2021	744	≤1,50E-02	7,9E-02	4,4E+00	1,31	7,7	≤1,68E-02	4,2	8538	11,48	1,3E-01	6,7E-01	3,8E+01	1,1E+01	3,6E+01	
Somme										33507		6,7E-01	2,9E+00	2,3E+02	5,5E+01	1,0E+02	

Tableau 9-6 Résultats des analyses radiologiques à bas seuil des eaux pluviales à leur exutoire (CMG)

	CMG 1 ^{er} semestre V1 = 11664 m ³		CMG 2 nd semestre V2 = 21842 m ³		Cumul annuel Vtotal = 33507 m ³
	Activité volumique (Bq/L)	Activité relâchée (MBq)	Activité volumique (Bq/L)	Activité relâchée (MBq)	Activité relâchée (MBq)
Spectrométrie gamma					
⁴⁰ K	≤1,5E-01	1,7E+00	≤1,5E-01	3,3E+00	5,0E+00
⁶⁰ Co	≤8,4E-03	9,8E-02	≤8,4E-03	1,8E-01	2,8E-01
⁹⁴ Nb	≤8,8E-03	1,0E-01	≤9,0E-03	2,0E-01	3,0E-01
^{108m} Ag	≤9,6E-03	1,1E-01	≤9,8E-03	2,1E-01	3,3E-01
^{110m} Ag	≤1,1E-02	1,3E-01	≤1,2E-02	2,6E-01	3,9E-01
¹³⁴ Cs	≤1,0E-02	1,2E-01	≤1,1E-02	2,4E-01	3,6E-01
¹³⁷ Cs	≤9,3E-03	1,1E-01	≤9,6E-03	2,1E-01	3,2E-01
²¹⁰ Pb	≤1,1E-01	1,3E+00	≤1,1E-01	2,4E+00	3,7E+00
²¹² Pb	≤1,5E-02	1,7E-01	≤1,5E-02	3,3E-01	5,0E-01
²¹⁴ Pb	≤2,1E-02	2,4E-01	≤2,1E-02	4,6E-01	7,0E-01
²²⁶ Ra	≤1,7E-01	2,0E+00	≤1,7E-01	3,7E+00	5,7E+00
²²⁸ Ra	≤3,4E-02	4,0E-01	≤3,3E-02	7,2E-01	1,1E+00
²³⁴ Th	≤9,5E-02	1,1E+00	≤9,4E-02	2,1E+00	3,2E+00
²³⁵ U	≤4,3E-02	5,0E-01	≤4,8E-02	1,0E+00	1,6E+00
²⁴¹ Am	≤1,2E-02	1,4E-01	≤1,2E-02	2,6E-01	4,0E-01
Spectrométrie alpha					
²²⁶ Ra	8,0E-03 +/- 7,0E-03	9,3E-02	4,6E-03 +/- 4,5E-03	1,0E-01	1,9E-01
²³⁴ U	5,5E-03 +/- 1,2E-03	6,4E-02	5,5E-03 +/- 1,7E-03	1,2E-01	1,8E-01
²³⁵ U	≤1,4E-04	1,6E-03	≤2,0E-04	4,4E-03	6,0E-03
²³⁸ U	4,9E-03 +/- 1,1E-03	5,7E-02	6,8E-03 +/- 1,9E-03	1,5E-01	2,1E-01
²³⁸ Pu	≤8,5E-05	9,9E-04	≤7,7E-04	1,7E-02	1,8E-02
²³⁹ Pu+ ²⁴⁰ Pu	≤8,5E-05	9,9E-04	≤7,7E-04	1,7E-02	1,8E-02
²⁴¹ Am	≤1,4E-04	1,6E-03	≤7,7E-05	1,7E-03	3,3E-03
²⁴⁴ Cm	≤1,4E-04	1,6E-03	≤7,7E-05	1,7E-03	3,3E-03
Scintillation liquide					
³ H	9,3E+00 +/- 3,4E+00	1,1E+02	6,1E+00 +/- 3,6E+00	1,3E+02	2,4E+02
¹⁴ C	≤1,4E+00	1,6E+01	≤6,7E+00	1,5E+02	1,6E+02
³⁶ Cl	≤2,1E-01	2,4E+00	≤1,7E-01	3,7E+00	6,2E+00
⁶³ Ni	≤3,9E-02	4,5E-01	≤3,6E-02	7,9E-01	1,2E+00
⁹⁰ Sr	≤1,5E-02	1,7E-01	≤1,3E-02	2,8E-01	4,6E-01
⁹⁹ Tc	≤2,4E-02	2,8E-01	≤3,2E-02	7,0E-01	9,8E-01
¹⁵¹ Sm	≤6,3E-02	7,3E-01	≤5,0E-02	1,1E+00	1,8E+00
²⁴¹ Pu	≤3,6E-02	4,2E-01	≤9,4E-02	2,1E+00	2,5E+00
Spectrométrie X					
⁵⁹ Ni	≤1,1E-01	1,3E+00	≤4,1E-01	9,0E+00	1,0E+01
ICP-MS					
²³² Th	≤2,6E-03	3,0E-02	≤1,1E-03	2,4E-02	5,4E-02

Tableau 9-7 Suivi mensuel de la qualité chimiques des eaux pluviales à leur exutoire (CMG)

	Concentrations mensuelles			Volume (m ³)	Flux mensuel		
	DCO mg O ₂ /L	MES mg/L	Hydrocarbures µg/L		DCO kg O ₂	MES kg	Hydrocarbures kg
Janvier	13	7	<100	3 092	40,0	21,6	0,155
Février	8	7	<100	5 134	41,0	35,9	0,257
Mars	10	<2	<100	2 558	25,6	2,6	0,128
Avril	8	17	<100	102	0,8	1,7	0,005
Mai	9	5	<100	212	1,9	1,1	0,011
Juin	9	11	<100	567	5,1	6,2	0,028
Juillet	8	2	<100	321	2,6	0,6	0,016
Août	5	<3	<100	533	2,7	0,8	0,027
Septembre	17	3	<100	244	4,1	0,7	0,012
Octobre	17	5	<100	8 837	150,0	44,0	0,442
Novembre	10	9	<100	3 370	33,7	30,3	0,168
Décembre	13	<2	<100	8 538	111,0	8,5	0,427
totaux				33 507	418	154	1,68

Tableau 9-8 Résultats des analyses physico-chimiques des eaux pluviales à leur exutoire (CMG)

	Paramètres	Unités	Résultats du premier semestre	Résultats du second semestre	Flux annuel en kg
Paramètres physico-chimiques	pH	UpH	7,9 +/- 0,1	7,6 +/- 0,1	-
	Conductivité	µS/cm	423 +/- 13	301 +/- 9	-
	Oxygène dissous	mgO ₂ /L	8,9 +/- 0,1	9,3 +/- 0,1	-
	Température	°C	9,0 +/- 0,5	14 +/- 1	-
	Potentiel redox	mV/ENH	447 +/- 18	562 +/- 22	-
	COT	mg/L	3,5 +/- 0,3	5,6 +/- 0,5	-
	DCO	mg/L	14 +/- 1	24 +/- 2	-
	MES	mg/L	<2	<2	-
Éléments majeurs	Calcium	mg/L	35 +/- 1,8	30 +/- 1,5	1064
	Potassium	mg/L	1,3 +/- 0,07	1,7 +/- 0,1	52
	Chlorures	mg/L	18 +/- 0,9	24 +/- 1,2	734
	Sulfates	mg/L	4,2 +/- 0,21	18 +/- 1	442
	Nitrates	mg/L	1,6 +/- 0,1	2,8 +/- 0,1	80
Substances indésirables	Nitrites	µg/L	16 +/- 1	6,0 +/- 0,3	0,3
	Azote NTK	mg/L	<0,5	<0,5	8,4
	Azote global	mg/L	<0,87	<1,1	17,1
	Phosphates	mg/l	<0,01	0,027 +/- 0,001	0,6
	Aluminium	µg/L	230 +/- 12	790 +/- 40	19,9
	Baryum	µg/L	17 +/- 0,9	23 +/- 1,2	0,70
	Bore	µg/L	13 +/- 1	13 +/- 1	0,44
	Cuivre	µg/L	7,0 +/- 0,9	11 +/- 1	0,322
	Fer	µg/L	110 +/- 6	210 +/- 11	5,9
Manganèse	µg/L	12 +/- 1	210 +/- 11	2,36	
Substances toxiques	Arsenic	µg/L	<1	0,60 +/- 0,06	0,019
	Cadmium	µg/L	<0,5	<0,5	0,0084
	Chrome	µg/L	<5	<5	0,084
	Étain	µg/L	<5	<5	0,084
	Mercure	µg/L	<0,05	<0,05	0,00084
	Nickel	µg/L	<5	6,0 +/- 0,5	0,16
	Plomb	µg/L	<1	5,0 +/- 0,3	0,115
	Uranium	µg/L	<4	<4	0,067
	Zinc	µg/L	45 +/- 2	50 +/- 3	1,6
	Hydrocarbures	µg/L	<100	300 +/- 60	3,9

Tableau 9-9 Résultats des analyses radiochimiques des sédiments de la fosse de tranquillisation de la CMG

Echantillon annuel prélevé le 9 juillet 2020

Spectrométrie gamma	Activité en Bq/kg sec	Spectrométrie alpha	Activité en Bq/kg sec
⁴⁰ K	5,1E+02 +/- 7,0E+01	²³⁴ U	7,7E+00 +/- 1,0E+00
⁶⁰ Co	≤2,6E-01	²³⁵ U	3,5E-01 +/- 1,3E-01
⁹⁴ Nb	≤2,6E-01	²³⁸ U	7,3E+00 +/- 1,0E+00
^{108m} Ag	≤2,7E-01	²³⁸ Pu	≤2,2E-02
^{110m} Ag	≤3,3E-01	²³⁹ Pu+ ²⁴⁰ Pu	1,1E-01 +/- 6,0E-02
¹³⁴ Cs	≤2,8E-01	²⁴¹ Am	≤1,5E-02
¹³⁷ Cs	3,5E+00 +/- 4,0E-01	²⁴⁴ Cm	≤1,5E-02
²¹⁰ Pb	1,6E+03 +/- 2,0E+02	Scintillation liquide	Activité en Bq/kg sec
²¹² Pb	4,8E+01 +/- 6,0E+00	¹⁴ C	≤4,7E+01
²¹⁴ Pb	2,9E+01 +/- 3,0E-00	³⁶ Cl	≤3,8E+00
²²⁶ Ra	2,2E+01 +/- 1,1E+01	⁶³ Ni	≤5,4E+00
²²⁸ Ra	4,8E+01 +/- 6,0E+00	⁹⁰ Sr	3,9E+00 +/- 2,4E+00
²³⁴ Th	5,3E+01 +/- 8,0E-00	⁹⁹ Tc	≤3,2E+00
²³⁵ U	2,0E+00 +/- 7,0E-01	¹⁵¹ Sm	≤1,3E+01
²⁴¹ Am	≤5,7E-01	²⁴¹ Pu	≤4,5E+00
Spectrométrie X	Activité en Bq/kg sec	ICP-MS	Activité en Bq/kg sec
⁵⁹ Ni	≤3,3E+01	²³² Th	5,0E+00 +/- 5,0E-01

Tableau 9-10 Résultats des analyses physico-chimiques des sédiments de la fosse de tranquillisation de la CMG

Echantillon annuel prélevé le 9 juillet 2020

Paramètres	Unités	Concentration
Paramètres physico-chimiques classiques		
Granulométrie < 2 mm	% MS	77 +/- 23
Granulométrie <63 µm	% MS	20 +/- 6
Substances indésirables		
Bore	mg/kg MS	9,1 +/- 2,7
Substances toxiques		
Cadmium	mg/kg MS	1,7 +/- 0,5
Chrome	mg/kg MS	25 +/- 7
Cyanures	mg/kg MS	0,50 +/- 0,15
Mercuré	mg/kg MS	0,07 +/- 0,02
Nickel	mg/kg MS	107 +/- 32
Plomb	mg/kg MS	43 +/- 13
Uranium	mg/kg MS	0,6 +/- 0,2
Somme des HAP	mg/kg MS	0,70 +/- 0,21

9.2.3 Résultats du point de contrôle BDS

Tableau 9-11 Résultats des analyses radiologiques des effluents à risque à leur exutoire (BDS)

Point de prélèvement	Date de Prélèvement	Indice alpha global Bq/L	Indice bêta global Bq/L	Tritium Bq/L	Potassium mg/L	pH	Volume rejeté m ³
BDS	06/01/20	2,4E-02	1,6E-01	1,4E+01	1,95	7,9	811
	13/01/20	2,0E-02	2,6E-01	1,6E+01	1,67	7,6	1 791
	20/01/20	2,3E-02	2,2E-01	2,2E+01	1,67	7,9	2 698
	27/01/20	3,3E-02	1,6E-01	2,1E+01	1,95	8,0	891
	03/02/20	2,2E-02	2,2E-01	3,2E+01	1,60	8,0	1 801
	10/02/20	2,5E-02	1,6E-01	1,9E+01	1,58	8,0	2 097
	17/02/20	2,5E-02	1,8E-01	4,0E+01	1,83	7,9	1 791
	24/02/20	3,7E-02	1,6E-01	2,0E+01	1,83	8,0	2 360
	02/03/20	2,5E-02	2,0E-01	2,8E+01	1,81	8,0	2 559
	09/03/20	3,0E-02	3,1E-01	2,9E+01	1,51	7,9	2 533
	16/03/20	5,8E-02	2,1E-01	3,3E+01	1,46	8,0	2 260
	23/03/20	≤ 1,7E-02	2,0E-01	2,4E+01	2,18	8,0	934
	30/03/20	3,6E-02	2,2E-01	1,2E+01	2,27	8,0	463
	06/04/20	4,9E-02	1,8E-01	1,3E+01	2,43	7,8	244
	13/04/20	6,8E-02	2,3E-01	1,5E+01	2,60	7,8	187
	20/04/20	7,8E-02	3,0E-01	1,6E+01	2,51	7,8	141
	27/04/20	4,9E-02	1,9E-01	2,0E+01	3,17	7,9	126
	04/05/20	6,3E-02	2,0E-01	1,7E+01	3,26	7,9	118
	11/05/20	3,8E-02	1,6E-01	2,1E+01	2,86	7,8	140
	18/05/20	2,9E-02	2,6E-01	1,8E+01	3,05	7,8	106
	25/05/20	3,1E-02	8,2E-01	2,8E+01	2,92	8,0	114
	01/06/20	6,6E-02	3,2E-01	2,8E+01	3,39	7,9	91
	08/06/20	4,9E-02	2,7E-01	2,3E+01	3,98	7,8	92
	15/06/20	≤ 1,7E-02	3,2E-01	2,3E+01	3,79	7,8	121
	22/06/20	5,1E-02	1,9E+00	3,7E+01	2,83	8,0	122
	29/06/20	1,3E-01	2,5E+00	4,8E+03	137,00	8,0	104
	06/07/20	4,2E-02	3,0E-01	4,9E+01	3,90	7,9	124
	13/07/20	5,3E-02	2,9E-01	3,7E+01	4,10	7,9	87
	20/07/20	8,0E-02	1,1E+00	3,2E+01	3,14	8,3	89
	27/07/20	5,3E-02	2,7E-01	3,1E+01	4,12	7,9	84
	03/08/20	5,3E-02	2,5E-01	3,3E+01	4,28	7,9	76
	10/08/20	5,2E-02	2,4E-01	4,3E+01	1,99	6,4	68
	17/08/20	7,2E-02	2,7E-01	3,4E+01	4,58	7,9	94
	24/08/20	4,1E-02	9,4E-01	4,0E+01	4,28	8,0	97
	31/08/20	3,4E-02	2,6E-01	1,8E+01	3,59	7,9	123
	07/09/20	4,8E-02	3,2E-01	2,3E+01	4,14	7,9	73
	14/09/20	4,9E-02	3,0E-01	3,8E+01	4,43	7,7	61
	21/09/20	4,9E-02	1,3E+00	4,1E+01	3,66	8,1	69
	28/09/20	6,1E-02	4,0E-01	4,3E+01	3,75	7,9	61
	05/10/20	3,6E-02	2,1E-01	1,6E+01	2,72	7,8	1 025
	12/10/20	2,7E-02	2,2E-01	1,3E+01	1,73	7,8	2 563
	19/10/20	1,3E-02	3,3E-01	8,4E+00	1,73	7,9	1 920
26/10/20	≤ 1,5E-02	1,9E-01	8,1E+00	1,64	7,8	1 866	
02/11/20	2,7E-02	2,2E-01	1,0E+01	1,57	8,0	3 633	
09/11/20	3,1E-02	2,2E-01	1,1E+01	1,61	7,8	1 976	
16/11/20	3,1E-02	1,7E-01	1,1E+01	1,70	7,8	1 526	
23/11/20	2,9E-02	2,4E-01	1,1E+01	1,80	7,9	1 813	
30/11/20	≤ 1,5E-02	2,8E-01	1,3E+01	1,89	8,0	1 510	
07/12/20	3,1E-02	2,0E-01	1,5E+01	1,76	7,8	2 289	
14/12/20	2,4E-02	1,8E-01	1,6E+01	1,85	7,9	2 452	
21/12/20	2,1E-02	2,3E-01	1,4E+01	1,54	8,0	1 760	
28/12/20	≤ 1,5E-02	1,7E-01	1,7E+01	1,47	8,1	3 232	
04/01/21	3,1E-02	8,9E-02	1,8E+01	1,47	8,1	2 904	
Volume total							56272

Tableau 9-12 Résultats des analyses radiologiques mensuelles des effluents à risques à leur exutoire (BDS)

Point de prélèvement	Période	Prélèvement		Analyses							Volumes		Relâchements et flux				
		Date	Durée h	Indice alpha global Bq/L	Indice bêta global Bq/L	Tritium Bq/L	Potassium mg/L	pH UpH	Bêta MES* Bq/L	MES* mg/L	Volumes m ³	Débit moyen m ³ /h	Alpha MBq	Bêta MBq	Tritium MBq	Potassium kg	MES kg
BDS	Janvier	03/02/2020	840	3,5E-02	1,7E-01	2,1E+01	1,78	7,9	≤1,60E-02	1,2	7992	9,51	2,8E-01	1,4E+00	1,7E+02	1,4E+01	1,0E+01
	Février	02/03/2020	672	2,90E-02	1,3E-01	2,6E+01	1,90	7,9	NR	<1,0	8807	13,11	2,6E-01	1,2E+00	2,3E+02	1,7E+01	-
	Mars	30/03/2020	672	4,9E-02	3,7E-01	2,6E+01	2,09	7,9	NR	<1,0	6190	9,21	3,0E-01	2,3E+00	1,6E+02	1,3E+01	-
	Avril	04/05/2020	840	6,6E-02	2,0E-01	1,6E+01	2,81	7,9	≤1,60E-02	1,6	817	0,97	5,4E-02	1,6E-01	1,3E+01	2,3E+00	1,3E+00
	Mai	01/06/2020	672	5,8E-02	4,0E-01	2,2E+01	3,29	7,9	≤1,60E-02	1,40	452	0,67	2,6E-02	1,8E-01	9,8E+00	1,5E+00	6,0E-01
	Juin	29/06/2020	672	1,1E-01	1,2E+00	1,3E+03	13,30	7,9	≤1,60E-02	2,4	440	0,65	4,8E-02	5,1E-01	5,9E+02	5,9E+00	1,1E+00
	Juillet	03/08/2020	840	4,0E-02	3,9E-01	4,2E+01	4,28	7,9	1,80E-02	2,4	460	0,55	1,8E-02	1,8E-01	1,9E+01	2,0E+00	1,1E+00
	Août	31/08/2020	672	5,6E-02	4,4E-01	3,3E+01	4,07	7,9	≤1,58E-02	3,4	382	0,57	2,1E-02	1,7E-01	1,3E+01	1,6E+00	1,3E+00
	Septembre	28/09/2020	672	4,4E-02	5,7E-01	3,4E+01	4,04	7,9	≤1,68E-02	1,6	264	0,39	1,2E-02	1,5E-01	8,9E+00	1,1E+00	4,0E-01
	Octobre	02/11/2020	840	1,9E-02	2,0E-01	9,3E+00	1,74	7,9	≤1,68E-02	1,0	11007	13,1	2,1E-01	2,2E+00	1,0E+02	1,9E+01	1,1E+01
	Novembre	30/11/2020	672	2,3E-02	2,4E-01	1,4E+01	1,89	8,0	≤1,68E-02	1,8	6825	10,2	1,6E-01	1,6E+00	9,2E+01	1,3E+01	1,2E+01
	Décembre	04/01/2021	840	4,6E-02	1,5E-01	1,6E+01	1,47	8,0	≤1,68E-02	1,4	12637	15,04	5,8E-01	1,9E+00	2,1E+02	1,9E+01	1,8E+01
Somme										56272		2,0E+00	1,2E+01	1,6E+03	1,1E+02	5,6E+01	

Tableau 9-13 Résultats des analyses radiologiques à bas seuil des effluents à risques à leur exutoire (BDS)

	BDS 1 ^{er} semestre V ₁ = 24698 m ³		BDS 2 nd semestre V ₂ = 31574 m ³		Cumul annuel V _{total} = 56273 m ³
	Activité volumique (Bq/L)	Activité relâchée (MBq)	Activité volumique (Bq/L)	Activité relâchée (MBq)	Activité relâchée (MBq)
Compteur proportionnel					
Indice alpha global	4,1E-02 +/- 1,8E-02	1,0E+00	2,1E-02 +/- 1,3E-02	6,6E-01	1,7E+00
Indice alpha sur MES	≤2,1E-03	5,2E-02	3,3E-03 +/- 1,9E-03	1,0E-01	1,6E-01
Indice bêta global	2,5E-01 +/- 5,0E-02	6,2E+00	2,5E-01 +/- 5,0E-02	7,9E+00	1,4E+01
Indice beta sur MES	≤7,6E-03	1,9E-01	1,8E-02 +/- 7,0E-03	5,7E-01	7,6E-01
Spectrométrie gamma					
⁴⁰ K	≤1,5E-01	3,7E+00	≤1,2E-01	3,8E+00	7,5E+00
⁶⁰ Co	≤6,2E-03	1,5E-01	≤8,3E-03	2,6E-01	4,2E-01
⁹⁴ Nb	≤8,6E-03	2,1E-01	≤8,2E-03	2,6E-01	4,7E-01
^{108m} Ag	≤9,2E-03	2,3E-01	≤8,5E-03	2,7E-01	5,0E-01
^{110m} Ag	≤1,1E-02	2,7E-01	≤1,1E-02	3,5E-01	6,2E-01
¹²⁹ I	≤5,7E-02	1,4E+00	≤5,4E-02	1,7E+00	3,1E+00
¹³⁴ Cs	≤1,0E-02	2,5E-01	≤9,5E-03	3,0E-01	5,5E-01
¹³⁷ Cs	≤9,7E-03	2,4E-01	≤8,4E-03	2,7E-01	5,0E-01
²¹⁰ Pb	≤1,0E-01	2,5E+00	≤9,7E-02	3,1E+00	5,5E+00
²¹⁰ Pb	≤1,4E-02	3,5E-01	≤1,3E-02	4,1E-01	7,6E-01
²¹⁴ Pb	≤2,1E-02	5,2E-01	≤2,2E-02	6,9E-01	1,2E+00
²²⁶ Ra	≤1,5E-01	3,7E+00	≤1,5E-01	4,7E+00	8,4E+00
²²⁸ Ra	≤3,3E-02	8,2E-01	≤3,0E-02	9,5E-01	1,8E+00
²³⁴ Th	≤9,1E-02	2,2E+00	≤9,2E-02	2,9E+00	5,2E+00
²³⁵ U	≤4,8E-02	1,2E+00	≤4,0E-02	1,3E+00	2,4E+00
²⁴¹ Am	≤1,1E-02	2,7E-01	≤1,1E-02	3,5E-01	6,2E-01
Spectrométrie alpha					
²²⁶ Ra	≤7,0E-03	1,7E-01	≤4,1E-03	1,3E-01	3,0E-01
²³⁴ U	1,7E-02 +/- 2,0E-03	4,2E-01	1,7E-02 +/- 4,0E-03	5,4E-01	9,6E-01
²³⁵ U	1,1E-03 +/- 4,0E-04	2,7E-02	≤5,4E-04	1,7E-02	4,4E-02
²³⁸ U	1,5E-02 +/- 2,0E-03	3,7E-01	1,6E-02 +/- 4,0E-03	5,1E-01	8,8E-01
²³⁸ Pu	≤6,8E-05	1,7E-03	≤1,7E-04	5,4E-03	7,0E-03
²³⁹ Pu+ ²⁴⁰ Pu	≤9,6E-05	2,4E-03	≤2,4E-04	7,6E-03	9,9E-03
²⁴¹ Am	≤2,3E-04	5,7E-03	≤1,3E-04	4,1E-03	9,8E-03
²⁴⁴ Cm	≤1,9E-05	4,7E-04	≤9,1E-05	2,9E-03	3,3E-03
Scintillation liquide					
³ H	6,6E+01 +/- 1,2E+01	1,6E+03	1,2E+01 +/- 4,0E+00	3,8E+02	2,0E+03
¹⁴ C	≤1,4E+00	3,5E+01	≤6,7E+00	2,1E+02	2,5E+02
³⁶ Cl	≤2,0E-01	4,9E+00	≤1,5E-01	4,7E+00	9,7E+00
⁶³ Ni	≤3,8E-02	9,4E-01	≤3,4E-02	1,1E+00	2,0E+00
⁹⁰ Sr	≤1,3E-02	3,2E-01	≤1,3E-02	4,1E-01	7,3E-01
⁹⁹ Tc	≤2,7E-02	6,7E-01	≤3,3E-02	1,0E+00	1,7E+00
¹⁵¹ Sm	≤4,9E-02	1,2E+00	≤5,9E-02	1,9E+00	3,1E+00
²⁴¹ Pu	≤2,8E-02	6,9E-01	≤1,8E-02	5,7E-01	1,3E+00
Spectrométrie X					
⁵⁹ Ni	≤6,9E-02	1,7E+00	≤4,4E-01	1,4E+01	1,6E+01
ICP-MS					
²³² Th	≤2,6E-03	6,4E-02	≤1,1E-03	3,5E-02	9,9E-02

Tableau 9-14 Répartition mensuelle des volumes et des relâchements d'activités aux points de contrôles CMG, BDS, RD12 et RP300 (rejets en continu) ainsi que BRSO et BRSObis (rejets concertés)

		Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	totaux
CMG	Volume (m ³)	3092	5134	2558	102	212	567	321	533	244	8837	3370	8538	33507
Activité (MBq)	Alpha	0,046	0,082	0,041	0,002	0,003	0,008	0,004	0,007	0,005	0,270	0,070	0,128	0,67
	Bêta	0,320	0,420	0,200	0,011	0,023	0,057	0,018	0,044	0,022	0,750	0,360	0,670	2,9
	Tritium	36	51	25	0,5	0,4	2,7	4,3	3,5	1,9	43	26,0	38	232
Flux en kg	Potassium	4,90	9,3	4,40	0,25	0,40	1,01	0,42	0,72	0,5	16,1	6,1	11,2	55
BRSO	Volume (m ³)	1,35	1,75	1,20	0,85	0,40	0,40	0,65	0,60	0,50	0,85	1,25	2,30	12,1
Activité (MBq)	Alpha	0,0014	0,0011	0,0011	0,0011	0,0007	0,0005	0,0012	0,0009	0,0009	0,0012	0,0015	0,0022	0,014
	Bêta	0,05	0,05	0,04	0,04	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,06	0,45
	Tritium	90	98	82	73	43	38	50	50	40	76	78	83	801
Flux en kg	Potassium	0,82	0,76	1,33	0,65	0,40	0,38	0,73	0,69	0,59	0,88	1,00	1,08	9,31
BRSOBIS	Volume (m ³)	64,9	65,0	55,7	16,8	9,8	10,0	13,9	10,4	7,6	79,3	58,1	92,0	483
Activité (MBq)	Alpha	0,0026	0,0025	0,0029	0,0008	0,0004	0,0007	0,0006	0,0009	0,0006	0,0042	0,0026	0,0044	0,023
	Bêta	0,33	0,26	0,27	0,10	0,07	0,10	0,13	0,11	0,09	0,49	0,31	0,45	2,70
	Tritium	3,5	13,6	3,2	1,0	0,9	0,4	0,9	0,5	0,6	4,2	11,3	19,1	59,1
Flux en kg	Potassium	0,15	0,14	0,12	0,05	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,19	0,15	0,23	1,15
RD12	Volume (m ³)	528	765	554	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	986	433	1423	4 690
Activité (MBq)	Alpha	0,011	0,022	0,020	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,026	0,007	0,031	0,117
	Bêta	0,31	0,38	0,30	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,940	0,30	0,81	3,04
	Tritium	110,0	165,0	130,0	NR	NR	NR	NR	NR	NR	23	20	149	597
Flux en kg	Potassium	1,70	2,89	2,36	NR	NR	NR	NR	NR	NR	2,93	1,56	4,10	15,5
RP300	Volume (m ³)	7948	8962	6100	626	300	273	279	217	154	11466	7010	13406	56 743
Activité (MBq)	Alpha	0,180	0,190	0,120	0,024	0,013	0,009	0,015	0,011	0,006	0,360	0,220	0,250	1,40
	Bêta	1,06	1,20	1,16	0,06	0,07	0,06	0,07	0,05	0,04	1,11	0,98	1,10	6,96
	Tritium	105	107	67	9,4	6,3	6,1	8,5	4,8	5,6	131	64	80	595
Flux en kg	Potassium	12,7	14,6	11,7	1,8	0,9	0,9	1,0	0,9	0,6	18,0	13,2	18,6	94,9
BDS	Volume (m ³)	7992	8807	6190	817	452	440	460	382	264	11007	6825	12637	56 272
Activité (MBq)	Alpha	0,280	0,260	0,300	0,054	0,026	0,048	0,018	0,021	0,012	0,210	0,160	0,580	1,97
	Bêta	1,38	1,17	2,29	0,16	0,18	0,51	0,18	0,17	0,15	2,20	1,64	1,90	11,93
	Tritium	170	233	163	13	9,8	590	19	13	8,9	102	92	205	1 619
Flux en kg	Potassium	14,2	16,7	12,9	2,3	1,5	5,9	2,0	1,6	1,1	19	13	19	109

Tableau 9-15 Résultats des analyses physico-chimiques des effluents à risque à leur exutoire (BDS)

	Paramètres	Unités	Concentration du première semestre	Concentration du second semestre	Flux annuel en kg
Paramètres physico-chimiques	pH	UpH	8,2 +/- 0,1	9,3 +/- 0,1	-
	Conductivité	µS/cm	427 +/- 13	401 +/- 12	-
	Oxygène dissous	mgO2/L	8,9 +/- 0,1	9,6 +/- 0,1	-
	Température	°C	10 +/- 1	14 +/- 1	-
	Potentiel redox	mV/ENH	479 +/- 19	532 +/- 21	-
	COT	mg/L	4,8 +/- 0,4	5,2 +/- 0,5	-
	DCO	mg/L	13 +/- 1	11 +/- 1	-
	MES	mg/L	<2	3,0 +/- 0,2	-
Éléments majeurs	Calcium	mg/L	58 +/- 3	44 +/- 2	2822
	Chlorures	mg/L	28 +/- 1	34 +/- 2	1765
	Potassium	mg/L	1,8 +/- 0,1	1,6 +/- 0,1	95
	Sulfates	mg/L	61 +/- 3	47 +/- 2	2991
	Nitrates	mg/L	1,6 +/- 0,1	1,6 +/- 0,1	90
Substances indésirables	Nitrites	µg/L	2,0 +/- 0,1	<1	0,065
	Azote NTK	mg/L	<0,5	<0,5	14
	Azote global	mg/L	<0,9	<0,9	25
	Phosphore	mg/L	<0,01	<0,01	0,28
	Aluminium	µg/L	210 +/- 11	1100 +/- 60	40
	Baryum	µg/L	24 +/- 1	25 +/- 1	1,4
	Bore	µg/L	23 +/- 1	25 +/- 1	1,4
	Cuivre	µg/L	10 +/- 1	45 +/- 2	1,7
	Fer	µg/L	22 +/- 1	120 +/- 6	4,3
Substances toxiques	Arsenic	µg/L	<0,5	<0,5	0,014
	Cadmium	µg/L	0,20 +/- 0,07	<0,5	0,013
	Chrome	µg/L	<5	<5	0,14
	Cyanures totaux	µg/L	<5	<5	0,14
	Étain	µg/L	<5	<5	0,14
	Mercure	µg/L	<0,05	<0,05	0,0014
	Nickel	µg/L	25 +/- 2	37 +/- 3	1,8
	Plomb	µg/L	<1	<1	0,028
	Uranium	µg/L	<4	<4	0,11
	Zinc	µg/L	46 +/- 2	180 +/- 9	6,8
	Hydrocarbures	µg/L	<100	<100	2,8
	Manganèse	µg/L	41 +/- 2	120 +/- 6	4,8
	HAP Benzo(a)pyrène	µg/L	<0,005	<0,005	-
	HAP Benzo(b)fluoranthène	µg/L	<0,005	<0,01	-
	HAP Benzo(ghi)pérylène	µg/L	<0,005	<0,01	-
	HAP Benzo(k)fluoranthène	µg/L	<0,005	<0,01	-
	HAP Fluoranthène	µg/L	<0,005	<0,01	-
	HAP Indéno(1,2,3-cd)pyrène	µg/L	<0,005	<0,01	-
	Somme des HAP	µg/L	<0,012	<0,023	-

Tableau 9-16 Résultats des analyses du nickel au BDS

	BDS (µg/L)		
	Concentration (µg/L)	Volume (m ³)	Flux (kg)
Janvier	22	7 992	0,18
Février	25	8 807	0,22
Mars	31	6 190	0,19
Avril	58	817	0,05
Mai	67	452	0,03
Juin	59	440	0,03
Juillet	43	460	0,02
Août	35	382	0,01
Septembre	24	264	0,01
Octobre	25	11 007	0,28
Novembre	19	6 825	0,13
Décembre	20	12 637	0,25
MOYENNE	36	-	-
TOTAL	-	56 272	1,40

9.2.4 Résultats du point de contrôle RP300

Tableau 9-17 Résultats des analyses radiologiques des eaux de drainage de la couverture à l'exutoire RP300 (CMED)

Point de pélévement	Période	Date de prélèvement	Indice alpha global Bq/L	Indice bêta global Bq/L	Bêta hors ⁴⁰ K Bq/L	Tritium Bq/L	Potassium mg/L	Volume m ³
RP300	Janvier	03/02/2020	2,3E-02	1,3E-01	8,8E-02	1,3E+01	1,60	7948
	Février	02/03/2020	2,1E-02	1,3E-01	8,9E-02	1,2E+01	1,63	8962
	Mars	30/03/2020	1,9E-02	1,9E-01	1,4E-01	1,1E+01	1,91	6100
	Avril	04/05/2020	3,8E-02	9,0E-02	≤3,7E-02	1,5E+01	2,90	626
	Mai	01/06/2020	4,3E-02	2,2E-01	1,3E-01	2,1E+01	3,11	300
	Juin	29/06/2020	3,4E-02	2,3E-01	1,4E-01	2,2E+01	3,31	273
	Juillet	03/08/2020	5,3E-02	2,6E-01	1,6E-01	3,0E+01	3,50	279
	Août	31/08/2020	5,2E-02	2,4E-01	1,3E-01	2,2E+01	3,97	217
	Septembre	28/09/2020	4,0E-02	2,6E-01	1,5E-01	3,6E+01	3,94	154
	Octobre	02/11/2020	3,1E-02	9,7E-02	5,3E-02	1,1E+01	1,57	11466
	Novembre	30/11/2020	3,1E-02	1,4E-01	8,7E-02	9,1E+00	1,89	7010
	Décembre	04/01/2021	1,9E-02	8,1E-02	4,2E-02	6,0E+00	1,39	13406
Volume total								56743

Tableau 9-18 Résultats des analyses physico-chimiques des eaux de drainage de la couverture à l'exutoire RP300 (CMED)

	Paramètres	Unités	Concentration du première semestre	Concentration du second semestre	Flux annuel en kg
Paramètres physico-chimiques	pH	UpH	7,5 +/- 0,1	9,2 +/- 0,1	-
	Conductivité	µS/cm	426 +/- 13	400 +/- 12	-
	Oxygène dissous	mgO2/L	9,2 +/- 0,1	9,6 +/- 0,1	-
	Température	°C	10 +/- 1	14 +/- 1	-
	Potentiel redox	mV	440 +/- 18	531 +/- 21	-
	MES	mg/L	<2	3,0 +/- 0,2	-
Eléments majeurs	Calcium	mg/L	58 +/- 3	42 +/- 2	2771
	Chlorures	mg/L	29 +/- 2	32 +/- 2	1743
	Potassium	mg/L	1,6 +/- 0,1	1,5 +/- 0,1	88
	Sulfates	mg/L	62 +/- 3	46 +/- 2	2998
Substances indésirables	Baryum	µg/L	25 +/- 1	27 +/- 1	1,5
	Bore	µg/L	25 +/- 1	25 +/- 1	1,4
Substances toxiques	Cadmium	µg/L	<0,5	1,3 +/- 0,5	0,048
	Chrome	µg/L	<5	<5	0,14
	Mercure	µg/L	<0,05	<0,05	0,0014
	Nickel	µg/L	40 +/- 4	61 +/- 3	3,0
	Plomb	µg/L	<1	4,0 +/- 0,2	0,14
	Uranium	µg/L	<4	<4	0,11

9.2.5 Résultats du point de contrôle RD12

Tableau 9-19 Résultats des analyses radiologiques mensuelles des effluents à l'exutoire du réseau de drainage profond (RD012)

Point de prélèvement	Période de prélèvement	Analyses							Volumes		Relâchements et flux				
		Indice alpha global Bq/L	Indice bêta global Bq/L	Tritium Bq/L	Potassium mg/L	pH UpH	Bêta MES Bq/L	MES mg/L	Volumes m ³	Débit moyen m ³ /h	Alpha MBq	Bêta MBq	Tritium MBq	Potassium kg	MES kg
RD012	Janvier	2,1E-02	5,9E-01	2,2E+02	3,31	7,9	≤1,60E-02	2,40	528	0,63	1,1E-02	3,1E-01	1,1E+02	1,7E+00	1,3E+00
	Février	2,9E-02	5,0E-01	2,2E+02	3,78	8,0	≤1,60E-02	2,40	765	1,14	2,2E-02	3,8E-01	1,7E+02	2,9E+00	1,8E+00
	Mars	3,6E-02	5,4E-01	2,3E+02	4,26	8,0	≤1,60E-02	1,60	554	0,82	2,0E-02	3,0E-01	1,3E+02	2,4E+00	9,0E-01
	Avril	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,0	0,00	NR	NR	NR	NR	NR
	Mai	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,0	0,00	NR	NR	NR	NR	NR
	Juin	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,0	0,00	NR	NR	NR	NR	NR
	Juillet	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,0	0,00	NR	NR	NR	NR	NR
	Août	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,0	0,00	NR	NR	NR	NR	NR
	Septembre	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,0	0,00	NR	NR	NR	NR	NR
	Octobre	2,6E-02	9,5E-01	2,3E+01	2,97	8,0	≤1,68E-02	2,40	986	1,17	2,6E-02	9,4E-01	2,3E+01	2,9E+00	2,4E+00
	Novembre	≤1,50E-02	7,0E-01	4,5E+01	3,61	8,1	≤1,68E-02	3,00	433	0,64	6,5E-03	3,0E-01	2,0E+01	1,6E+00	1,3E+00
	Décembre	2,2E-02	5,7E-01	1,1E+02	2,87	7,9	≤1,68E-02	2,40	1423	1,69	3,1E-02	8,1E-01	1,5E+02	4,1E+00	3,4E+00
								Somme	4690		1,2E-01	3,0E+00	6,0E+02	1,6E+01	1,1E+01

NR : pas d'écoulement sur la période, analyses non réalisées

Tableau 9-20 Résultats des analyses radiologiques hebdomadaires des effluents à l'exutoire du réseau de drainage profond (RD12)

Point de prélèvement	Date de prélèvement	Tritium Bq/l	pH	Vol. rejeté m ³	Relâchement tritium MBq
RD12	06/01/20	6,5E+02	7,9	13,9	9,0E+00
	13/01/20	2,5E+02	8,1	108,6	2,7E+01
	20/01/20	1,5E+02	7,9	267,9	3,9E+01
	27/01/20	4,5E+02	8,0	14,3	6,4E+00
	03/02/20	2,5E+02	8,0	123,0	3,1E+01
	10/02/20	1,9E+02	7,9	139,0	2,7E+01
	17/02/20	3,1E+02	8,0	139,8	4,4E+01
	24/02/20	1,9E+02	8,0	203,4	3,8E+01
	02/03/20	2,0E+02	8,0	283,0	5,6E+01
	09/03/20	1,7E+02	7,9	294,5	4,9E+01
	16/03/20	2,1E+02	8,0	225,0	4,8E+01
	23/03/20	7,1E+02	8,0	30,7	2,2E+01
	30/03/20	7,1E+02	8,0	3,5	2,5E+00
	06/04/20	NR	NR	0,0	NR
	13/04/20	NR	NR	0,0	NR
	20/04/20	NR	NR	0,0	NR
	27/04/20	NR	NR	0,0	NR
	04/05/20	NR	NR	0,0	NR
	11/05/20	NR	NR	0,0	NR
	18/05/20	NR	NR	0,0	NR
	25/05/20	NR	NR	0,0	NR
	01/06/20	NR	NR	0,0	NR
	08/06/20	NR	NR	0,0	NR
	15/06/20	NR	NR	0,0	NR
	22/06/20	NR	NR	0,0	NR
	29/06/20	NR	NR	0,0	NR
	06/07/20	NR	NR	0,0	NR
	13/07/20	NR	NR	0,0	NR
	20/07/20	NR	NR	0,0	NR
	27/07/20	NR	NR	0,0	NR
	03/08/20	NR	NR	0,0	NR
	10/08/20	NR	NR	0,0	NR
	17/08/20	NR	NR	0,0	NR
	24/08/20	NR	NR	0,0	NR
	31/08/20	NR	NR	0,0	NR
	07/09/20	NR	NR	0,0	NR
	14/09/20	NR	NR	0,0	NR
	21/09/20	NR	NR	0,0	NR
	28/09/20	NR	NR	0,0	NR
	05/10/20	NR	NR	0,0	NR
	12/10/20	2,9E+01	8,0	334,5	9,6E+00
	19/10/20	2,6E+01	8,0	113,8	3,0E+00
26/10/20	2,0E+01	7,9	115,4	2,3E+00	
02/11/20	1,9E+01	8,0	422,8	7,9E+00	
09/11/20	2,9E+01	7,9	96,1	2,8E+00	
16/11/20	4,5E+01	7,8	146,9	6,6E+00	
23/11/20	5,1E+01	7,9	126,2	6,4E+00	
30/11/20	5,1E+01	8,1	64,2	3,3E+00	
07/12/20	9,6E+01	7,5	285,7	2,7E+01	
14/12/20	1,0E+02	7,6	219,9	2,2E+01	
21/12/20	1,9E+02	7,9	94,2	1,8E+01	
28/12/20	9,4E+01	8,0	447,3	4,2E+01	
04/01/21	1,2E+02	8,0	376,2	4,7E+01	
Somme				4689,53	597

NR : pas d'écoulement sur la période, analyses non réalisées

Tableau 9-21 Résultats des analyses physico-chimiques des effluents à l'exutoire du réseau de drainage profond (RD12)

	Paramètres	Unités	Concentration du première semestre	Concentration du second semestre	Flux annuel en kg
Structure naturelle des eaux	pH	UpH	7,9 +/- 0,1	9,6 +/- 0,1	-
	Conductivité	µS/cm	353 +/- 11	338 +/- 10	-
	Oxygène dissous	mgO2/L	8,6 +/- 0,1	9,6 +/- 0,1	-
	Température	°C	11 +/- 1	14 +/- 1	-
	Potentiel redox	mV	450 +/- 18	546 +/- 22	-
	MES	mg/L	≤2	2,0 +/- 0,2	-
Eléments majeurs	Calcium	mg/L	43 +/- 2	44 +/- 2	204
	Chlorures	mg/L	31 +/- 2	30 +/- 2	143
	Potassium	mg/L	3,5 +/- 0,2	2,8 +/- 0,1	14
	Sulfates	mg/L	16 +/- 1	18 +/- 1	81
Substances indésirables	Bore	µg/L	21 +/- 1	20 +/- 1	0,096
Substances toxiques	Cadmium	µg/L	≤0,5	≤0,5	0,0012
	Chrome	µg/L	≤5	≤5	0,012
	Mercurure	µg/L	≤0,05	≤0,05	0,00012
	Nickel	µg/L	≤5	≤5	0,012
	Plomb	µg/L	≤1	3,0 +/- 0,2	0,0095
	Uranium	µg/L	≤4	≤4	0,0094

Tableau 9-22 Résultats des analyses radiologiques semestrielles des effluents du réseau de drainage profond aux 10 points de contrôle

Point de prélèvement	Date de prélèvement	Alpha Bq/L	Bêta Bq/L	Bêta hors 40K Bq/L	Tritium Bq/L	Potassium mg/L	pH
RD003	03/03/2020	2,7E-02	4,1E-01	3,4E-01	9,0E+00	2,6E+00	8,1
	15/10/2020	2,6E-02	3,5E-01	2,4E-01	1,2E+01	3,8E+00	8,1
RD013	03/03/2020	3,1E-02	1,1E+00	1,0E+00	1,3E+01	1,3E+00	7,9
	15/10/2020	5,4E-02	9,3E-01	8,4E-01	9,1E+00	3,1E+00	8,0
RD017	04/03/2020	≤ 1,6E-02	3,4E-01	2,3E-01	6,8E+02	4,1E+00	7,9
	13/10/2020	NR	NR	NR	NR	NR	NR
RD018	04/03/2020	5,8E-01	1,7E+00	1,6E+00	2,5E+03	5,7E+00	8,1
	13/10/2020	NR	NR	NR	NR	NR	NR
RD019	03/03/2020	≤ 1,6E-02	3,8E-01	2,7E-01	7,6E+02	3,8E+00	7,9
	13/10/2020	3,3E-02	1,1E+00	1,0E+00	4,1E+01	2,3E+00	8,1
RD020	03/03/2020	≤ 1,6E-02	4,1E-01	3,0E-01	7,5E+02	3,8E+00	7,9
	13/10/2020	2,3E-02	8,1E-01	7,3E-01	4,7E+01	2,8E+00	8,1
RD021	03/03/2020	≤ 1,6E-02	2,7E-01	1,3E-01	1,3E+01	4,9E+00	8,0
	13/10/2020	5,0E-02	1,1E+00	9,6E-01	3,7E+01	4,3E+00	8,1
RD022	03/03/2020	2,3E-02	2,9E-01	1,7E-01	9,0E+00	4,5E+00	8,0
	13/10/2020	3,7E-02	8,2E-01	7,0E-01	3,4E+01	4,4E+00	8,2
RD023	03/03/2020	3,3E-02	2,8E-01	1,5E-01	1,3E+01	4,7E+00	8,1
	13/10/2020	3,9E-02	5,4E-01	4,1E-01	2,3E+01	4,8E+00	8,2
RD024	03/03/2020	4,7E-02	7,6E-01	6,7E-01	4,9E+01	3,1E+00	8,1
	13/10/2020	2,8E-02	1,6E+00	1,4E+00	2,3E+01	5,9E+00	8,2

9.2.6 Résultats du point de contrôle BRS0

Tableau 9-23 Résultats des analyses radiologiques des effluents à l'exutoire du RSGE (BRS0)

Point de prélèvement	Prélèvement			Analyses								Volumes et débits		Relâchements et flux						Rapport des relâchement des bêta insolubles sur les bêta totaux
	Période	Date	Durée h	Indice alpha global Bq/L	Indice bêta global soluble Bq/L	Tritium Bq/L	Potassium mg/L	pH	Bêta insoluble*		MES* mg/L	Volumes m ³	Débit moyen m ³ /h	Alpha MBq	Bêta soluble MBq	Bêta insoluble MBq	Tritium MBq	Potassium kg	MES kg	
									Bq/L	Bq/g										
BRS000	Janvier	03/02/2020	840	1,0E+00	3,5E+01	6,7E+04	610	8,6	4,4E-02	1,5E+01	3,0E+00	1,35	0,0016	1,4E-03	4,7E-02	6,2E-05	9,0E+01	8,2E-01	4,1E-03	0,13%
	Février	02/03/2020	672	6,1E-01	3,0E+01	5,6E+04	436	8,5	2,4E-02	1,2E+01	2,0E+00	1,75	0,0026	1,1E-03	5,2E-02	4,2E-05	9,8E+01	7,6E-01	3,5E-03	0,08%
	Mars	30/03/2020	672	9,2E-01	3,2E+01	6,8E+04	1110	8,4	3,6E-02	1,1E+01	3,2E+00	1,20	0,0018	1,1E-03	3,9E-02	4,2E-05	8,2E+01	1,3E+00	3,8E-03	0,11%
	Avril	04/05/2020	840	1,3E+00	4,4E+01	8,6E+04	760	8,7	3,2E-02	7,0E+00	4,6E+00	0,85	0,0010	1,1E-03	3,7E-02	2,7E-05	7,3E+01	6,5E-01	3,9E-03	0,07%
	Mai	01/06/2020	672	1,7E+00	5,1E+01	1,1E+05	1000	8,6	1,4E-01	2,1E+01	7,0E+00	0,40	0,00060	6,8E-04	2,0E-02	5,9E-05	4,3E+01	4,0E-01	2,8E-03	0,29%
	Juin	29/06/2020	672	1,2E+00	5,1E+01	9,6E+04	960	8,7	8,6E-02	6,9E+00	1,2E+01	0,40	0,00060	4,8E-04	2,0E-02	3,5E-05	3,8E+01	3,8E-01	5,0E-03	0,17%
	Juillet	03/08/2020	840	1,8E+00	5,3E+01	7,7E+04	1130	8,9	7,8E-02	6,8E+00	1,1E+01	0,65	0,00077	1,2E-03	3,5E-02	5,0E-05	5,0E+01	7,3E-01	7,4E-03	0,15%
	Août	31/08/2020	672	1,5E+00	5,2E+01	8,4E+04	1150	8,8	7,6E-02	1,2E+01	6,6E+00	0,60	0,00089	9,0E-04	3,1E-02	4,8E-05	5,0E+01	6,9E-01	4,0E-03	0,15%
	Septembre	28/09/2020	672	1,8E+00	5,4E+01	8,0E+04	1180	8,9	3,2E-02	1,1E+01	2,8E+00	0,50	0,00074	9,0E-04	2,7E-02	1,5E-05	4,0E+01	5,9E-01	1,4E-03	0,06%
	Octobre	02/11/2020	840	1,4E+00	4,5E+01	8,9E+04	1040	8,8	3,2E-02	2,0E+01	1,6E+00	0,85	0,0010	1,2E-03	3,8E-02	2,8E-05	7,6E+01	8,8E-01	1,4E-03	0,07%
	Novembre	30/11/2020	672	1,2E+00	3,4E+01	6,2E+04	800	8,7	4,2E-02	4,0E+01	1,2E+00	1,25	0,0019	1,5E-03	4,2E-02	6,0E-05	7,8E+01	1,0E+00	1,5E-03	0,14%
	Décembre	04/01/2021	840	9,4E-01	2,7E+01	3,6E+04	470	8,7	5,4E-02	2,7E+01	2,0E+00	2,30	0,0027	2,2E-03	6,3E-02	1,4E-04	8,3E+01	1,1E+00	5,0E-03	0,21%
Somme											12,10		1,37E-02	4,52E-01	6,03E-04	8,01E+02	9,31E+00	4,38E-02		

*Les MES et le bêta insoluble sont mesurés après filtration de 500 mL d'échantillon sur un filtre de porosité 0,45µm.

Tableau 9-24 Résultats des analyses radiologiques à bas seuil des effluents à l'exutoire du RSGE (BRSO)

	BRSO 1 ^{er} semestre V1 = 5,95 m ³			BRSO 2 nd semestre V2 = 6,15 m ³			Cumul annuel Total = 12,10 m ³
	Activité volumique de la fraction soluble (Bq/L)	Activité relâchée (MBq)	Activité volumique de la fraction insoluble (Bq/L)	Activité volumique de la fraction soluble (Bq/L)	Activité relâchée (MBq)	Activité volumique de la fraction insoluble (Bq/L)	Activité relâchée (MBq)
Compteur proportionnel							
Alpha global	1,0E+00 +/- 3,0E-01	6,0E-03	≤9,2E-03	1,2E+00 +/- 3,0E-01	7,4E-03	1,3E-02 +/- 4,0E-03	1,3E-02
Bêta global	3,4E+01 +/- 3,0E+00	2,0E-01	6,3E-02 +/- 3,1E-02	2,7E+01 +/- 4,0E+00	1,7E-01	7,9E-02 +/- 1,3E-02	3,7E-01
Spectrométrie gamma							
⁴⁰ K	1,70E+01 +/- 3,00E+00	1,0E-01	≤3,7E-02	2,0E+01 +/- 3,0E+00	1,2E-01	≤3,5E-02	2,2E-01
⁶⁰ Co	≤1,0E-02	6,0E-05	≤2,1E-03	≤1,0E-02	6,2E-05	≤2,1E-03	1,2E-04
⁹⁴ Nb	≤1,0E-02	6,0E-05	≤2,2E-03	≤1,0E-02	6,2E-05	≤2,3E-03	1,2E-04
^{108m} Ag	≤1,2E-02	7,1E-05	≤2,3E-03	≤1,2E-02	7,4E-05	≤2,5E-03	1,5E-04
^{110m} Ag	≤1,2E-02	7,1E-05	≤2,9E-03	≤1,8E-02	1,1E-04	≤3,3E-03	1,8E-04
¹²³ I	≤1,0E-01	6,0E-05	≤6,6E-03	≤1,1E-01	6,8E-05	≤6,7E-03	1,3E-04
¹³⁴ Cs	≤1,2E-02	7,1E-05	≤2,7E-03	≤1,2E-02	7,4E-05	≤2,7E-03	1,5E-04
¹³⁷ Cs	7,0E+00 +/- 8,0E-01	4,2E-02	≤2,1E-03	8,0E+00 +/- 9,0E-01	4,9E-02	2,3E-03 +/- 9,0E-04	9,1E-02
²¹⁰ Pb	≤1,6E-01	9,5E-04	≤1,3E-02	≤1,6E-01	9,8E-04	≤1,4E-02	1,9E-03
²¹⁰ Pb	≤2,1E-02	1,2E-04	≤2,5E-03	≤2,2E-02	1,4E-04	≤2,8E-03	2,6E-04
²¹⁰ Pb	≤2,9E-02	1,7E-04	≤4,3E-03	≤3,0E-02	1,8E-04	≤4,4E-03	3,6E-04
²²⁶ Ra	≤2,4E-01	1,4E-03	≤2,5E-01	1,5E-01 +/- 7,0E-02	9,2E-04	≤2,9E-02	2,4E-03
²²⁸ Ra	≤3,9E-02	2,3E-04	≤7,7E-03	≤3,9E-02	2,4E-04	≤7,3E-03	4,7E-04
²³⁰ Th	5,5E-01 +/- 1,8E-01	3,3E-03	2,2E-02 +/- 9,0E-03	5,8E-01 +/- 1,2E-01	3,6E-03	≤1,5E-02	6,8E-03
²³⁵ U	≤6,5E-02	3,9E-04	≤6,8E-03	≤6,8E-02	4,2E-04	≤8,0E-03	8,0E-04
²⁴¹ Am	≤1,70E-02	1,0E-04	≤1,5E-03	≤1,70E-02	1,0E-04	≤1,6E-03	2,1E-04
Spectrométrie alpha							
²²⁶ Ra	1,2E-02 +/- 8,0E-03	7,1E-05	≤2,0E-04	9,0E-03 +/- 9,0E-03	5,5E-05	≤3,9E-04	1,3E-04
²³⁵ U	6,6E-01 +/- 7,0E-02	3,9E-03	≤2,0E-04	1,0E+00 +/- 2,0E-01	6,2E-03	≤3,9E-04	1,0E-02
²³⁵ U	2,4E-02 +/- 4,0E-03	1,4E-04	≤2,0E-04	3,2E-02 +/- 1,4E-02	2,0E-04	≤3,9E-04	3,4E-04
²³⁸ U	5,0E-01 +/- 5,0E-02	3,0E-03	≤2,0E-04	9,8E-01 +/- 1,7E-01	6,0E-03	≤5,5E-04	9,0E-03
²³⁸ Pu	5,6E-04 +/- 2,8E-04	3,3E-06	≤1,2E-04	≤3,6E-04	2,2E-06	≤7,8E-04	5,5E-06
²³⁹ Pu+ ²⁴⁰ Pu	4,7E-04 +/- 2,6E-04	2,8E-06	≤1,2E-04	8,0E-04 +/- 7,0E-04	4,9E-06	≤6,3E-04	7,7E-06
²⁴¹ Am	≤1,3E-04	7,7E-07	≤8,9E-05	≤2,7E-04	1,7E-06	≤1,2E-04	2,4E-06
²⁴⁴ Cm	≤1,3E-04	7,7E-07	≤8,9E-05	≤1,1E-04	6,8E-07	≤6,9E-05	1,5E-06
Scintillation liquide							
³ H	8,1E+04 +/- 1,2E+04	4,8E+02	≤2,6E+00	7,1E+04 +/- 1,2E+04	4,4E+02	≤3,1E+00	9,2E+02
¹⁴ C	7,9E+01 +/- 1,6E+01	4,7E-01	≤1,6E+00	6,4E+01 +/- 1,3E+01	3,9E-01	≤1,3E+00	8,6E-01
³⁶ Cl	≤2,0E-01	1,2E-03	≤1,5E-01	≤1,5E-01	9,2E-04	≤1,5E-01	2,1E-03
⁶³ Ni	4,9E-01 +/- 1,2E-01	2,9E-03	≤4,3E-02	5,0E-01 +/- 1,2E-01	3,1E-03	≤3,3E-02	6,0E-03
⁹⁰ Sr	1,3E-01 +/- 4,0E-02	7,7E-04	≤1,6E-02	9,6E-02 +/- 2,6E-02	5,9E-04	≤1,3E-02	1,4E-03
⁹⁹ Tc	≤2,6E-02	1,5E-04	≤7,4E-02	6,0E-02 +/- 5,0E-02	3,7E-04	≤4,2E-02	1,9E-02
¹⁵¹ Sm	≤5,3E-02	3,2E-04	≤7,0E-02	≤6,4E-02	3,9E-04	≤6,4E-02	7,1E-04
²⁴¹ Pu	≤3,4E-02	2,0E-04	≤4,4E-02	≤4,1E-02	2,5E-04	≤4,8E-02	4,5E-04
Spectrométrie X							
⁵⁹ Ni	≤7,5E-02	4,5E-04	≤7,9E-02	≤5,8E-01	3,6E-03	≤4,0E-01	4,0E-03
ICP-MS							
²³² Th	≤2,6E-03	1,5E-05	≤2,6E-03	≤1,1E-03	6,8E-06	≤1,1E-03	2,2E-05

Tableau 9-25 Résultats des analyses physico-chimiques des effluents à l'exutoire du RSGE (BR50)

	Paramètres	Unités	Concentration du première semestre	Concentration du second semestre	Flux annuel en kg
Paramètres physico-chimiques	pH	UpH	8,3 +/- 0,1	8,8 +/- 0,4	-
	Conductivité	µS/cm	3250 +/- 100	3660 +/- 110	-
	Oxygène dissous	mg/L	9,2 +/- 0,1	9,8 +/- 0,1	-
	Température	°C	23 +/- 1	7,0 +/- 0,5	-
	Potentiel redox	mV	154 +/- 6	522 +/- 26	-
	MES	mg/L	4,0 +/- 0,4	<2	-
Éléments majeurs	Calcium	mg/L	41 +/- 2	28 +/- 1	0,42
	Chlorures	mg/L	68 +/- 3	72 +/- 4	0,85
	Potassium	mg/L	490 +/- 25	530 +/- 27	6,2
	Sulfates	mg/L	440 +/- 35	460 +/- 23	5,4
Substances indésirables	Baryum	µg/L	23 +/- 1	17 +/- 1	0,00024
	Bore	µg/L	250 +/- 13	240 +/- 12	0,0030
Substances toxiques	Cadmium	µg/L	<0,2	0,50 +/- 0,01	0,0000037
	Chrome	µg/L	37 +/- 2	39 +/- 2	0,00046
	Cyanures	µg/L	6,0 +/- 0,3	<5	0,000051
	Mercurure	µg/L	0,030 +/- 0,002	<0,1	0,00000049
	Nickel	µg/L	4,5 +/- 0,4	<5	0,000042
	Plomb	µg/L	<1	<1	0,0000061
	Uranium	µg/L	41 +/- 2	38 +/- 2	0,00048
	Zinc	µg/L	17 +/- 1	13 +/- 1	0,000181
	HAP indéno pyrène	µg/L	<0,01	<0,01	-
	HAP benzo (a) pyrène	µg/L	<0,01	<0,01	-
	fluoranthène	µg/L	<0,01	<0,01	-
	HAP benzo fluoranthène	µg/L	<0,01	<0,01	-
	HAP benzo pérylène	µg/L	<0,01	<0,01	-
	HAP fluoranthène	µg/L	<0,01	<0,01	-
	Somme des HAP (6)	µg/L	<0,03	<0,03	-

9.2.7 Résultats du point de contrôle BRS0bis

Tableau 9-26 Résultats des analyses radiologiques des effluents à l'exutoire du RSGEbis (BRS0bis)

Point de prélèvement	Date de prélèvement	Analyses								Relâchements et flux			Rapport des relâchements des bêta insolubles sur les bêta totaux	
		Indice alpha global Bq/L	Indice bêta global soluble Bq/L	Tritium Bq/L	Potassium mg/L	pH	BETA insoluble*		MES* mg/L	Vol. rejeté m³	Bêta soluble MBq	flux MES kg		Bêta insoluble MBq
							Bq/L	Bq/g						
BRS0bis	06/01/20	5,1E-02	5,4E+00	1,7E+01	2,62	8,0	6,9E-01	9,0E+01	7,6	9,10	4,9E-02	6,9E-02	6,2E-03	11,2%
	13/01/20	≤ 3,8E-02	5,7E+00	1,8E+01	2,43	8,2	3,4E+00	9,3E+01	37,0	13,55	7,7E-02	5,0E-01	4,7E-02	37,7%
	20/01/20	≤ 3,8E-02	4,7E+00	1,3E+02	2,24	8,2	9,1E+00	1,4E+02	64,0	18,10	8,5E-02	1,2E+00	1,6E-01	65,9%
	27/01/20	≤ 3,8E-02	5,4E+00	6,1E+01	2,30	8,0	1,7E-01	5,0E+01	3,4	9,85	5,3E-02	3,3E-02	1,7E-03	3,0%
	03/02/20	≤ 3,8E-02	4,6E+00	1,2E+01	2,04	7,2	8,6E-01	9,3E+01	9,2	14,30	6,6E-02	1,3E-01	1,2E-02	15,7%
	10/02/20	≤ 3,9E-02	4,8E+00	1,4E+02	2,20	8,2	7,2E-01	1,4E+02	5,2	15,10	7,2E-02	7,9E-02	1,1E-02	13,4%
	17/02/20	≤ 3,9E-02	3,8E+00	4,9E+02	2,20	7,5	7,0E-01	7,3E+01	9,6	14,40	5,4E-02	1,4E-01	1,0E-02	15,8%
	24/02/20	≤ 3,9E-02	3,9E+00	3,8E+01	2,11	7,7	6,4E-02	2,5E+01	2,6	16,30	6,3E-02	4,2E-02	1,1E-03	1,6%
	02/03/20	≤ 3,9E-02	3,6E+00	1,9E+02	2,18	7,1	1,5E-01	5,2E+01	2,8	19,20	6,9E-02	5,4E-02	2,8E-03	3,9%
	09/03/20	≤ 3,9E-02	5,0E+00	1,2E+02	1,94	7,2	5,1E-01	6,7E+01	7,6	19,60	9,8E-02	1,5E-01	1,0E-02	9,3%
	16/03/20	7,0E-02	4,1E+00	2,8E+01	1,90	7,4	3,5E+00	1,4E+02	26,0	17,80	7,3E-02	4,6E-01	6,3E-02	46,2%
	23/03/20	≤ 3,9E-02	4,8E+00	2,2E+01	2,37	7,4	2,0E-01	4,8E+01	4,2	10,70	5,1E-02	4,5E-02	2,2E-03	4,1%
	30/03/20	7,0E-02	5,7E+00	2,5E+01	2,64	7,1	3,0E+00	7,7E+01	38,6	7,60	4,3E-02	2,9E-01	2,3E-02	34,5%
	06/04/20	≤ 3,9E-02	5,4E+00	4,1E+01	2,34	7,7	1,9E-01	7,0E+01	2,8	4,75	2,6E-02	1,3E-02	9,1E-04	3,4%
	13/04/20	≤ 3,9E-02	5,6E+00	5,1E+01	4,59	7,2	1,0E+00	1,1E+02	8,8	3,40	1,9E-02	3,0E-02	3,4E-03	15,3%
	20/04/20	7,0E-02	6,6E+00	6,6E+01	2,25	7,9	2,9E-01	5,8E+01	5,0	3,10	2,1E-02	1,6E-02	9,3E-04	4,3%
	27/04/20	≤ 3,9E-02	6,4E+00	9,3E+01	2,45	8,0	2,6E-01	4,1E+01	6,4	2,80	1,8E-02	1,8E-02	7,4E-04	4,0%
	04/05/20	≤ 3,9E-02	6,8E+00	5,8E+01	2,36	7,7	1,0E+00	3,9E+01	26,4	2,75	1,9E-02	7,3E-02	2,9E-03	13,2%
	11/05/20	4,9E-02	4,7E+00	5,7E+01	2,31	7,8	2,5E-01	4,3E+01	5,8	4,10	1,9E-02	2,4E-02	1,0E-03	5,1%
	18/05/20	≤ 3,9E-02	8,5E+00	9,9E+01	2,13	7,3	6,3E-01	2,1E+01	30,2	2,65	2,3E-02	8,0E-02	1,7E-03	6,9%
	25/05/20	≤ 3,9E-02	8,9E+00	1,5E+02	2,18	7,4	7,8E-02	4,0E+01	1,8	1,50	1,3E-02	2,7E-03	1,1E-04	0,8%
	01/06/20	≤ 3,9E-02	1,1E+01	1,3E+02	2,18	7,4	7,2E-01	4,4E+01	16,4	1,50	1,6E-02	2,5E-02	1,1E-03	6,3%
	08/06/20	9,0E-02	9,7E+00	9,2E+01	2,36	7,3	7,7E-01	4,6E+01	16,8	1,70	1,7E-02	2,9E-02	1,3E-03	7,4%
	15/06/20	8,0E-02	9,7E+00	3,7E+01	2,36	7,1	1,1E+00	8,6E+01	13,2	2,60	2,5E-02	3,4E-02	2,9E-03	10,4%
	22/06/20	6,0E-02	9,5E+00	3,0E+01	2,64	7,2	6,7E-01	6,2E+01	10,8	3,15	3,0E-02	3,4E-02	2,1E-03	6,6%
	29/06/20	8,0E-02	9,5E+00	3,7E+01	2,17	7,3	1,7E-01	5,0E+01	3,4	2,50	2,4E-02	9,0E-03	4,5E-04	1,9%
	06/07/20	≤ 3,7E-02	9,1E+00	4,7E+01	2,21	7,4	1,2E+00	5,5E+01	21,0	4,25	3,9E-02	8,9E-02	4,9E-03	11,2%
	13/07/20	5,0E-02	8,4E+00	6,6E+01	2,30	7,3	6,1E-01	6,1E+01	10,0	2,85	2,4E-02	2,9E-02	1,8E-03	6,9%
	20/07/20	≤ 3,7E-02	9,3E+00	8,3E+01	2,08	7,5	1,4E-01	6,0E+01	2,4	1,95	1,8E-02	5,0E-03	3,0E-04	1,6%
	27/07/20	≤ 3,7E-02	8,7E+00	5,6E+01	2,37	7,4	4,5E-01	5,7E+01	7,8	2,15	1,9E-02	1,7E-02	9,7E-04	4,9%
	03/08/20	7,0E-02	9,5E+00	9,7E+01	2,72	7,5	3,8E-01	6,7E+01	5,6	2,65	2,5E-02	1,5E-02	1,0E-03	3,8%
	10/08/20	5,1E-02	1,0E+01	6,2E+01	4,52	7,5	2,9E-01	5,1E+01	5,6	1,70	1,7E-02	1,0E-03	5,0E-04	2,8%
	17/08/20	8,0E-02	9,5E+00	4,0E+01	2,43	7,4	8,2E-01	7,9E+01	10,4	2,30	2,2E-02	2,4E-02	1,9E-03	8,0%
	24/08/20	≤ 3,7E-02	1,1E+01	4,5E+01	2,53	7,4	1,2E+00	5,3E+01	22,6	3,00	3,2E-02	6,8E-02	3,6E-03	10,3%
	31/08/20	1,4E-01	1,2E+01	4,2E+01	2,74	7,4	3,1E+00	8,0E+01	38,4	3,40	4,0E-02	1,3E-01	1,1E-02	20,8%
	07/09/20	1,4E-01	1,1E+01	5,5E+01	2,80	7,4	2,1E+00	9,0E+01	22,8	2,55	2,8E-02	5,8E-02	5,2E-03	16,0%
	14/09/20	7,0E-02	1,2E+01	6,4E+01	2,61	7,6	1,3E+00	7,4E+01	17,0	1,55	1,8E-02	2,6E-02	2,0E-03	9,6%
	21/09/20	6,0E-02	1,2E+01	9,4E+01	2,46	7,7	1,7E+00	6,2E+01	28,0	1,35	1,6E-02	3,8E-02	2,3E-03	13,1%
	28/09/20	≤ 3,7E-02	1,2E+01	8,6E+01	2,37	7,4	1,0E+01	3,9E+01	270,0	2,15	2,6E-02	5,8E-01	2,2E-02	45,9%
	05/10/20	≤ 3,7E-02	6,2E+00	5,9E+01	2,17	7,1	1,6E+01	8,9E+01	175,4	10,50	6,5E-02	1,8E+00	1,6E-01	71,6%
12/10/20	6,0E-02	7,6E+00	7,6E+01	2,35	7,6	1,3E+00	9,3E+01	13,8	16,70	1,3E-01	2,3E-01	2,1E-02	14,4%	
19/10/20	≤ 3,6E-02	6,9E+00	5,8E+01	2,72	7,2	6,2E-01	8,1E+01	7,6	14,00	9,7E-02	1,1E-01	8,6E-03	8,1%	
26/10/20	1,0E-01	6,2E+00	5,0E+01	2,53	7,1	5,9E-01	8,4E+01	7,0	15,05	9,3E-02	1,1E-01	8,8E-03	8,7%	
02/11/20	≤ 3,7E-02	4,8E+00	3,4E+01	2,34	7,1	9,8E-01	7,8E+01	12,6	23,05	1,1E-01	2,9E-01	2,3E-02	16,9%	
09/11/20	≤ 3,7E-02	5,3E+00	4,3E+01	2,66	7,3	2,2E+00	9,0E+01	24,0	14,65	7,8E-02	3,5E-01	3,2E-02	28,9%	
16/11/20	6,0E-02	5,2E+00	5,7E+02	2,57	7,0	5,3E-01	9,4E+01	5,6	15,20	7,9E-02	8,5E-02	8,0E-03	9,2%	
23/11/20	5,0E-02	5,0E+00	8,4E+01	2,38	7,1	4,0E+00	9,1E+01	43,4	14,75	7,4E-02	6,4E-01	5,8E-02	44,0%	
30/11/20	≤ 3,7E-02	5,9E+00	5,1E+01	2,74	7,1	8,6E-01	7,2E+01	12,0	13,50	8,0E-02	1,6E-01	1,2E-02	12,8%	
07/12/20	≤ 3,7E-02	6,0E+00	3,6E+02	4,67	7,2	7,7E-01	6,5E+01	11,8	16,90	1,0E-01	2,0E-01	1,3E-02	11,3%	
14/12/20	≤ 3,7E-02	4,9E+00	1,8E+02	2,40	6,9	3,7E-01	5,8E+01	6,4	17,60	8,6E-02	1,1E-01	6,6E-03	7,1%	
21/12/20	≤ 3,7E-02	5,1E+00	5,4E+01	1,86	7,2	1,9E+00	8,2E+01	23,0	14,60	7,4E-02	3,4E-01	2,8E-02	27,2%	
28/12/20	8,0E-02	4,7E+00	3,4E+02	1,94	7,0	7,1E-01	7,0E+01	10,2	22,75	1,1E-01	2,3E-01	1,6E-02	13,1%	
04/01/21	≤ 3,7E-02	4,2E+00	6,6E+01	1,70	7,0	3,1E+00	7,9E+01	39,0	20,10	8,4E-02	7,8E-01	6,2E-02	42,3%	
Somme										483,30	2,70E+00	1,01E+01	8,90E-01	

Tableau 9-27 Résultats des analyses physico-chimiques des vidanges de cuves des «effluents à risque» au BRS0bis

Paramètres	Unités	03/02/20	11/03/20	18/06/20	27/10/20	07/12/20	Limites réglementaires au BDS
METAUX LOURDS							
Bore	µg/L	25 +/- 1	12 +/- 1	14 +/- 1	14 +/- 1	100 +/- 5	5000
Cadmium	µg/L	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	20
Chrome	µg/L	1,4 +/- 0,7	<1	<1	<1	10	50
Mercure	µg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	1
Nickel	µg/L	1,3 +/- 0,1	3,0 +/- 0,3	<1	<1	2	500
Plomb	µg/L	<1	<1	<1	<1	2	50
Uranium	µg/L	<4	<4	<4	<4	<4	50
MICROPOLLUANTS							
Cyanures	µg/L	<5	<5	<5	<5	<5	100
HAP							
Benzo(a)pyrène	µg/L	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	50
Benzo(k)fluoranthène	µg/L	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	
Fluoranthène	µg/L	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	
Benzo(ghi)pérylène	µg/L	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	
Benzo(b)fluoranthène	µg/L	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	µg/L	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	
Somme des HAP	µg/L	<0,012	<0,012	<0,025	<0,025	<0,025	

9.2.8 Résultats du point de contrôle BRS-OU

Tableau 9-28 Résultats des mesures de débits et des analyses radiologiques des effluents du RSGE au point exutoire de la branche ouest

Point de prélèvement	Date de prélèvement	Indice alpha global Bq/L	Indice bêta global Bq/L	Tritium Bq/L	potassium mg/L	pH	Débit mL/min
BRS-OU	02/01/20	1,3E+00	4,0E+01	8,9E+04	460	8,2	31
	08/01/20	1,3E+00	4,6E+01	1,4E+05	1180	7,7	22
	15/01/20	1,4E+00	3,6E+01	9,0E+04	1000	8,3	30
	22/01/20	1,0E+00	4,5E+01	7,3E+04	496	7,7	28
	29/01/20	1,1E+00	3,5E+01	1,0E+05	514	8,2	30
	05/02/20	8,0E-01	2,3E+01	8,7E+04	366	8,2	35
	12/02/20	8,8E-01	3,6E+01	8,8E+04	404	7,5	28
	19/02/20	5,7E-01	3,5E+01	8,0E+04	496	8,1	34
	26/02/20	7,4E-01	4,0E+01	8,9E+04	510	7,5	25
	04/03/20	7,9E-01	4,1E+01	8,6E+04	580	7,7	29
	11/03/20	1,2E+00	3,5E+01	8,1E+04	434	7,6	34
	18/03/20	1,1E+00	3,3E+01	7,8E+04	380	8,1	28
	25/03/20	1,1E+00	3,8E+01	7,8E+04	850	8,2	34
	01/04/20	9,6E-01	4,4E+01	1,2E+05	522	8,3	25
	08/04/20	1,4E+00	5,9E+01	1,2E+05	710	8,3	22
	15/04/20	1,5E+00	6,1E+01	1,4E+05	780	8,2	16
	22/04/20	1,3E+00	6,4E+01	1,6E+05	840	8,2	17
	29/04/20	1,4E+00	6,9E+01	1,6E+05	880	8,2	15
	06/05/20	1,3E+00	6,3E+01	1,6E+05	840	8,3	17
	13/05/20	1,5E+00	6,0E+01	1,8E+05	820	7,5	16
	20/05/20	1,2E+00	5,3E+01	1,6E+05	790	8,2	17
	27/05/20	1,8E+00	5,7E+01	1,4E+05	830	8,2	14
	03/06/20	8,3E-01	5,3E+01	1,5E+05	860	8,0	14
	10/06/20	1,7E+00	7,4E+01	2,0E+05	1370	7,5	18
	17/06/20	1,0E+00	6,0E+01	1,3E+05	820	8,2	14
	24/06/20	1,2E+00	6,2E+01	1,1E+05	860	7,8	17
	01/07/20	1,1E+00	5,2E+01	1,3E+05	900	8,4	14
	08/07/20	1,6E+00	5,6E+01	1,2E+05	840	8,3	20
	15/07/20	1,3E+00	5,8E+01	1,3E+05	800	8,3	19
	22/07/20	1,4E+00	5,3E+01	1,4E+05	920	8,4	15
	29/07/20	1,2E+00	5,0E+01	1,4E+05	880	8,3	15
	05/08/20	1,2E+00	4,8E+01	1,3E+05	880	8,4	16
	12/08/20	1,1E+00	5,1E+01	1,4E+05	468	8,4	15
	19/08/20	8,4E-01	5,1E+01	1,4E+05	940	8,3	17
	26/08/20	1,6E+00	4,5E+01	1,3E+05	930	8,2	17
	02/09/20	1,4E+00	4,6E+01	1,3E+05	870	8,4	18
	09/09/20	1,0E+00	4,7E+01	1,1E+05	910	8,2	17
	16/09/20	1,6E+00	4,9E+01	1,2E+05	870	8,3	19
	23/09/20	1,7E+00	5,4E+01	1,3E+05	860	7,8	38
	30/09/20	1,6E+00	5,6E+01	1,3E+05	820	8,4	15
07/10/20	1,5E+00	4,5E+01	9,3E+04	878	8,1	21	
14/10/20	1,0E+00	5,2E+01	1,5E+05	1130	8,0	20	
21/10/20	5,9E-01	3,7E+01	1,2E+05	552	8,0	24	
28/10/20	1,5E+00	3,9E+01	9,2E+04	628	7,8	26	
04/11/20	1,2E+00	3,1E+01	7,9E+04	494	7,8	30	
12/11/20	7,8E-01	3,1E+01	8,8E+04	516	7,8	30	
18/11/20	7,4E-01	3,0E+01	7,9E+04	516	7,7	36	
25/11/20	9,6E-01	2,9E+01	1,1E+05	480	8,2	34	
02/12/20	6,3E-01	3,6E+01	8,1E+04	534	8,1	30	
09/12/20	7,1E-01	3,3E+01	7,5E+04	572	7,8	25	
16/12/20	8,5E-01	3,2E+01	8,2E+04	460	7,7	35	
23/12/20	8,6E-01	3,8E+01	6,5E+04	540	8,2	30	
30/12/20	5,9E-01	2,5E+01	5,9E+04	430	8,3	32	
					Débit moyen		23

Tableau 9-29 Résultats des analyses radiologiques annuelles aux BRS situés dans la galerie ouest

Point de prélèvement	Date de prélèvement	Indice alpha global Bq/L	Indice bêta global Bq/L	Tritium Bq/L	Potassium mg/L	pH	Débit mL/min
BRS022	15/10/2020	5,30E+00	8,60E+00	2,95E+05	29	8,1	0,92
BRS136	15/10/2020	3,80E+00	1,22E+02	3,30E+05	646	8,7	0,49
BRS027	15/10/2020	9,00E-01	9,70E+01	3,50E+04	910	8,7	0,98
BRS034	15/10/2020	6,00E-01	2,30E+01	1,71E+04	295	8,4	0,87
BRS041	15/10/2020	3,90E-01	1,28E+01	8,00E+03	101	8,3	8,50
BRS139	15/10/2020	1,00E+00	6,30E+01	8,30E+04	1090	8,8	0,38
BRS144	15/10/2020	8,00E-01	2,61E+01	7,20E+03	576	8,3	0,79
BRS108	15/10/2020	2,90E-01	6,00E+00	1,72E+04	134	8,2	0,96

Tableau 9-30 Résultats des analyses radiologiques annuelles aux BRS situés dans la galerie centrale

Point de prélèvement	Date de prélèvement	Indice alpha global Bq/L	Indice bêta global Bq/L	Tritium Bq/L	Potassium mg/L	pH	Débit mL/min
BRS038	13/10/2020	4,60E-01	5,30E+00	3,29E+03	313	8,1	0,50
BRS048	13/10/2020	1,70E+01	1,17E+02	7,70E+04	3520	6,4	0,48
BRS081	13/10/2020	1,50E+00	9,20E+01	7,00E+04	2730	9,0	0,78
BRS082	13/10/2020	3,90E+00	1,29E+02	7,80E+04	3840	9,5	0,76
BRS087	13/10/2020	1,60E+00	1,80E+01	7,20E+05	2910	7,8	0,46
BRS088	13/10/2020	2,00E+01	6,80E+01	1,29E+06	2050	7,4	0,50

Tableau 9-32 Résultats des analyses radiologiques annuelles aux BRS situés dans la galerie est

	Point de prélèvement	Date de prélèvement	Indice alpha global Bq/L	Indice bêta global Bq/L	Tritium Bq/L	Potassium mg/L	pH	Débit mL/min
Galerie centrale	BRS102	13/10/2020	1,30E+01	4,30E+00	1,12E+02	11	8,2	0,09
	BRS123	13/10/2020	2,50E+00	9,40E+00	8,40E+03	238	8,3	0,70
	BRS126	13/10/2020	4,30E+00	1,12E+02	4,35E+03	2250	9,2	0,39

9.2.10 Résultats des eaux souterraines

Tableau 9-33 Résultats des analyses radiologiques courantes des eaux souterraines sous-jacentes au Centre (1/4)

Point de prélèvement	Date de prélèvement	Fréquence	Indice alpha global Bq/L	Indice bêta global Bq/L	Tritium Bq/L	Potassium mg/L	pH	Hauteur de nappe d'eau m	Moyenne annuelle tritium en Bq/L
PO001	02/01/2020	Mensuelle	7,4E-02	1,1E-01	3,2E+00	1,01	5,2	166,69	5,0E+00
	04/02/2020	Mensuelle	8,4E-02	1,4E-01	3,9E+00	1,13	5,5	166,73	
	03/03/2020	Mensuelle	1,3E-01	1,7E-01	4,2E+00	0,91	5,2	167,47	
	01/04/2020	Mensuelle	1,4E-01	1,7E-01	4,3E+00	0,98	4,9	167,09	
	04/05/2020	Mensuelle	1,2E-01	1,2E-01	7,8E+00	0,96	5,2	165,23	
	03/06/2020	Mensuelle	9,0E-02	1,4E-01	5,1E+00	1,17	5,2	164,23	
	01/07/2020	Mensuelle	6,3E-02	1,4E-01	4,8E+00	1,04	5,0	163,62	
	06/08/2020	Mensuelle	1,2E-01	1,8E-01	6,4E+00	0,88	5,3	162,96	
	02/09/2020	Mensuelle	2,0E-01	2,3E-01	4,4E+00	1,18	5,2	162,77	
	06/10/2020	Mensuelle	2,8E-01	3,2E-01	6,0E+00	1,13	5,2	162,76	
	04/11/2020	Mensuelle	1,2E-01	2,7E-01	4,8E+00	1,13	5,5	164,91	
02/12/2020	Mensuelle	1,4E-01	1,7E-01	5,2E+00	1,23	5,0	165,71		
PO031	04/02/2020	Semestrielle	4,2E-02	1,2E-01	≤ 2,2E+00	2,41	6,0	166,65	≤ 2,2E+00
	06/08/2020	Semestrielle	5,0E-02	1,8E-01	2,1E+00	2,09	5,5	162,88	
PO120	02/01/2020	Mensuelle	2,5E-01	4,9E-01	8,8E+03	1,20	5,9	148,76	1,0E+04
	04/02/2020	Mensuelle	2,3E-01	3,8E-01	6,9E+03	1,04	5,8	148,77	
	03/03/2020	Mensuelle	2,0E-01	3,6E-01	3,3E+03	1,16	5,6	149,21	
	01/04/2020	Mensuelle	2,2E-01	3,0E-01	4,0E+03	1,23	5,7	148,82	
	06/05/2020	Mensuelle	2,3E-01	3,7E-01	1,2E+04	0,88	5,2	147,35	
	03/06/2020	Mensuelle	2,6E-01	3,6E-01	1,1E+04	0,81	5,3	146,79	
	02/07/2020	Mensuelle	1,7E-01	3,9E-01	1,4E+04	0,68	5,3	146,44	
	05/08/2020	Mensuelle	1,8E-01	3,4E-01	1,4E+04	0,79	5,3	146,15	
	02/09/2020	Mensuelle	2,3E-01	4,0E-01	1,4E+04	0,83	5,5	146,09	
	07/10/2020	Mensuelle	2,7E-01	4,3E-01	1,4E+04	0,79	5,4	146,16	
04/11/2020	Mensuelle	1,7E-01	4,0E-01	1,5E+04	0,84	5,5	147,49		
02/12/2020	Mensuelle	2,4E-01	4,0E-01	8,9E+03	1,15	5,2	148,31		
PO131	04/02/2020	Bimestrielle	1,5E-01	3,9E-01	4,8E+04	0,94	6,1	151,74	4,0E+04
	06/04/2020	Bimestrielle	8,6E-02	2,3E-01	3,7E+04	1,65	6,2	151,58	
	03/06/2020	Bimestrielle	1,7E-01	3,2E-01	4,0E+04	2,36	6,3	150,64	
	05/08/2020	Bimestrielle	1,0E-01	3,0E-01	3,7E+04	2,47	6,2	150,33	
	07/10/2020	Bimestrielle	1,8E-01	3,6E-01	4,1E+04	2,55	6,5	150,47	
PO132	02/12/2020	Bimestrielle	1,3E-01	2,7E-01	3,4E+04	3,04	6,1	151,66	1,7E+03
	04/02/2020	Bimestrielle	8,5E-02	1,6E-01	1,4E+03	0,77	5,2	147,66	
	06/04/2020	Bimestrielle	8,8E-02	2,1E-01	1,5E+03	0,66	5,4	147,07	
	03/06/2020	Bimestrielle	8,6E-02	1,4E-01	1,6E+03	0,81	5,2	145,27	
	05/08/2020	Bimestrielle	8,1E-02	1,1E-01	1,6E+03	0,51	5,3	144,61	
PO133	07/10/2020	Bimestrielle	1,0E-01	1,7E-01	2,1E+03	0,71	5,3	145,23	4,4E+02
	02/12/2020	Bimestrielle	9,2E-02	2,1E-01	1,9E+03	0,88	5,0	147,00	
	06/02/2020	Bimestrielle	2,9E-02	9,9E-02	2,6E+02	1,31	5,5	147,72	
	03/04/2020	Bimestrielle	5,1E-02	1,4E-01	4,0E+02	1,73	5,1	147,16	
	04/06/2020	Bimestrielle	4,0E-02	1,6E-01	2,4E+02	2,18	4,9	145,14	
PO134	06/08/2020	Bimestrielle	5,7E-02	1,3E-01	1,0E+03	1,86	5,6	144,47	2,5E+02
	06/10/2020	Bimestrielle	2,6E-02	1,3E-01	5,5E+02	1,92	5,3	145,12	
	02/12/2020	Bimestrielle	6,2E-02	1,3E-01	2,0E+02	1,85	5,1	146,93	
	02/01/2020	Mensuelle	≤ 1,9E-02	9,3E-02	1,7E+02	2,24	6,4	146,24	
	04/02/2020	Mensuelle	≤ 1,8E-02	9,3E-02	3,7E+02	2,23	6,1	146,67	
PO135	03/03/2020	Mensuelle	2,2E-02	1,1E-01	3,7E+02	1,94	6,0	146,87	3,4E+02
	01/04/2020	Mensuelle	≤ 1,8E-02	1,3E-01	1,5E+02	2,16	6,0	145,86	
	04/05/2020	Mensuelle	≤ 1,8E-02	8,1E-02	3,1E+02	2,17	6,1	144,74	
	03/06/2020	Mensuelle	2,5E-02	9,1E-02	1,8E+02	2,46	6,0	144,26	
	02/07/2020	Mensuelle	2,5E-02	1,1E-01	1,7E+02	2,11	5,7	144,56	
	05/08/2020	Mensuelle	≤ 1,8E-02	9,6E-02	3,6E+02	2,47	5,7	143,85	
	02/09/2020	Mensuelle	≤ 1,8E-02	8,9E-02	5,7E+02	2,36	5,8	143,98	
	07/10/2020	Mensuelle	≤ 1,8E-02	1,2E-01	2,0E+02	2,55	6,2	145,23	
	04/11/2020	Mensuelle	3,2E-02	1,1E-01	8,6E+01	2,38	6,3	145,77	
	02/12/2020	Mensuelle	1,8E-02	9,7E-02	1,1E+02	2,40	5,7	145,85	
	06/02/2020	Bimestrielle	≤ 1,8E-02	8,4E-02	2,5E+02	0,59	6,0	154,35	
03/04/2020	Bimestrielle	≤ 1,8E-02	8,2E-02	2,7E+02	0,51	5,6	153,56		
04/06/2020	Bimestrielle	3,0E-02	1,8E-01	4,3E+02	0,70	5,9	152,05		
06/08/2020	Bimestrielle	4,3E-02	1,1E-01	3,3E+02	0,60	5,8	151,86		
06/10/2020	Bimestrielle	≤ 1,8E-02	1,3E-01	4,8E+02	0,62	6,4	152,38		
02/12/2020	Bimestrielle	5,0E-02	1,9E-01	2,8E+02	0,63	5,7	154,02		

Tableau 9-33 Résultats des analyses radiologiques courantes des eaux souterraines sous-jacentes au Centre (2/4)

Point de prélèvement	Date de prélèvement	Fréquence	Ice alpha glo	Ice bêta glo	Tritium	Potassium	pH	Hauteur de nappe d'eau m	Moyenne annuelle tritium en Bq/L
			Bq/L	Bq/L	Bq/L	mg/L			
PO136	07/01/20	Mensuelle	7,9E-02	3,5E-01	2,2E+03	6,42	5,3	146,10	3,3E+03
	06/02/20	Mensuelle	8,5E-02	3,3E-01	2,5E+03	6,64	5,4	146,67	
	03/03/20	Mensuelle	6,6E-02	3,7E-01	3,1E+03	5,77	5,1	146,87	
	01/04/20	Mensuelle	3,8E-02	3,3E-01	4,1E+03	4,79	5,5	146,02	
	06/05/20	Mensuelle	5,8E-02	2,7E-01	4,5E+03	2,34	5,5	144,78	
	03/06/20	Mensuelle	3,3E-02	2,1E-01	3,9E+03	3,12	5,4	144,09	
	07/07/20	Mensuelle	5,9E-02	2,4E-01	4,6E+03	2,11	5,2	144,04	
	07/08/20	Mensuelle	2,7E-02	2,5E-01	5,1E+03	1,99	5,3	143,50	
	03/09/20	Mensuelle	4,3E-02	2,1E-01	4,0E+03	2,33	5,5	143,62	
	07/10/20	Mensuelle	4,3E-02	2,4E-01	3,6E+03	2,46	5,6	144,57	
PO137	04/11/20	Mensuelle	4,2E-02	2,6E-01	9,0E+02	4,20	5,3	145,45	5,1E+03
	02/12/20	Mensuelle	2,9E-02	2,3E-01	1,5E+03	4,57	5,4	145,81	
	07/01/20	Mensuelle	≤ 1,9E-02	1,8E-01	5,7E+03	2,05	6,5	147,25	
	06/02/20	Mensuelle	≤ 1,9E-02	1,4E-01	5,3E+03	2,13	6,2	147,64	
	03/03/20	Mensuelle	≤ 1,8E-02	1,6E-01	5,4E+03	1,77	6,2	148,02	
	01/04/20	Mensuelle	2,8E-02	1,7E-01	5,2E+03	1,90	6,0	147,21	
	06/05/20	Mensuelle	≤ 1,8E-02	2,1E-01	5,1E+03	1,90	6,0	145,35	
	03/06/20	Mensuelle	≤ 1,8E-02	2,1E-01	5,1E+03	2,27	5,8	144,43	
	07/07/20	Mensuelle	≤ 1,8E-02	1,6E-01	4,9E+03	1,93	5,7	143,97	
	07/08/20	Mensuelle	≤ 1,8E-02	1,8E-01	5,0E+03	2,18	6,0	143,30	
PO138	03/09/20	Mensuelle	3,2E-02	1,7E-01	5,1E+03	2,15	5,9	143,29	7,9E+02
	07/10/20	Mensuelle	≤ 1,8E-02	1,8E-01	5,1E+03	2,28	5,9	143,82	
	04/11/20	Mensuelle	1,9E-02	1,5E-01	4,9E+03	2,09	6,2	145,50	
	02/12/20	Mensuelle	≤ 1,5E-02	1,9E-01	4,8E+03	2,30	5,7	146,53	
	07/01/20	Mensuelle	≤ 1,9E-02	1,5E-01	1,1E+03	2,82	5,5	147,68	
	06/02/20	Mensuelle	≤ 1,9E-02	1,1E-01	4,2E+02	2,60	5,9	148,02	
	03/03/20	Mensuelle	3,0E-02	9,9E-02	4,1E+02	2,21	5,2	148,47	
	01/04/20	Mensuelle	≤ 1,8E-02	1,5E-01	8,2E+02	2,51	5,6	147,63	
	06/05/20	Mensuelle	≤ 1,8E-02	1,7E-01	7,6E+02	2,52	5,4	145,38	
	03/06/20	Mensuelle	≤ 1,8E-02	1,5E-01	8,7E+02	3,12	5,2	144,22	
PO139	07/07/20	Mensuelle	2,5E-02	1,7E-01	8,9E+02	2,76	5,2	143,56	7,8E+02
	07/08/20	Mensuelle	≤ 1,8E-02	1,9E-01	8,4E+02	2,85	5,3	142,88	
	03/09/20	Mensuelle	≤ 1,9E-02	1,6E-01	8,1E+02	2,99	5,5	142,71	
	07/10/20	Mensuelle	≤ 1,8E-02	1,8E-01	8,5E+02	3,11	5,2	143,07	
	04/11/20	Mensuelle	2,4E-02	1,5E-01	8,1E+02	2,95	5,6	145,22	
	02/12/20	Mensuelle	≤ 1,5E-02	2,0E-01	9,2E+02	3,23	5,3	146,69	
	07/01/20	Mensuelle	1,3E-01	3,9E-01	1,2E+03	3,11	6,1	147,67	
	06/02/20	Mensuelle	8,6E-02	3,8E-01	9,8E+02	2,98	6,3	148,03	
	03/03/20	Mensuelle	9,8E-02	3,5E-01	6,4E+02	2,84	6,1	148,47	
	01/04/20	Mensuelle	6,1E-02	2,6E-01	8,3E+02	2,60	6,0	147,62	
PO140	06/05/20	Mensuelle	6,3E-02	2,2E-01	9,8E+02	2,17	5,8	145,35	2,1E+03
	03/06/20	Mensuelle	5,8E-02	2,3E-01	9,6E+02	2,55	5,6	144,20	
	07/07/20	Mensuelle	6,8E-02	2,4E-01	8,6E+02	2,39	5,4	144,12	
	07/08/20	Mensuelle	6,2E-02	3,9E-01	3,8E+02	2,47	5,7	142,84	
	03/09/20	Mensuelle	8,1E-02	3,3E-01	4,0E+02	2,99	5,8	142,68	
	07/10/20	Mensuelle	1,3E-01	4,1E-01	6,1E+02	4,06	5,6	143,02	
	04/11/20	Mensuelle	1,6E-01	4,1E-01	5,6E+02	3,62	6,5	145,20	
	02/12/20	Mensuelle	7,5E-02	3,3E-01	9,9E+02	3,23	5,9	146,68	
	07/01/20	Mensuelle	3,3E-02	2,9E-01	3,0E+03	2,43	5,7	147,76	
	06/02/20	Mensuelle	2,4E-02	4,7E-01	1,6E+03	2,60	5,5	148,10	
PO142	03/03/20	Mensuelle	4,0E-02	4,1E-01	9,0E+02	2,30	5,5	148,55	1,3E+02
	01/04/20	Mensuelle	3,1E-02	4,6E-01	1,8E+03	2,34	5,3	147,76	
	06/05/20	Mensuelle	4,2E-02	5,4E-01	1,3E+03	2,61	5,5	145,58	
	03/06/20	Mensuelle	3,1E-02	4,8E-01	9,2E+02	3,02	5,4	144,47	
	02/07/20	Mensuelle	5,9E-02	4,1E-01	1,6E+03	2,57	5,2	143,83	
	07/08/20	Mensuelle	3,6E-02	2,6E-01	1,9E+03	2,47	5,8	143,18	
	03/09/20	Mensuelle	3,2E-02	2,3E-01	3,0E+03	2,42	5,9	143,05	
	07/10/20	Mensuelle	3,2E-02	2,0E-01	3,4E+03	2,46	5,8	143,40	
	04/11/20	Mensuelle	3,7E-02	2,3E-01	3,1E+03	2,38	6,5	145,43	
	02/12/20	Mensuelle	4,3E-02	3,4E-01	2,6E+03	2,49	5,6	146,83	
PO142	06/02/20	Bimestrielle	3,8E-02	2,4E-01	2,0E+02	2,32	5,9	153,89	1,3E+02
	03/04/20	Bimestrielle	5,6E-02	2,7E-01	1,2E+02	2,34	5,1	153,96	
	03/06/20	Bimestrielle	5,7E-02	1,4E-01	4,7E+01	2,36	5,2	149,39	
	07/08/20	Bimestrielle	4,6E-02	1,5E-01	7,5E+01	2,28	5,4	147,24	
	06/10/20	Bimestrielle	5,7E-02	1,7E-01	1,3E+02	2,37	5,5	146,62	
	02/12/20	Bimestrielle	5,7E-02	1,3E-01	2,0E+02	1,85	5,2	152,04	

Tableau 9-33 Résultats des analyses radiologiques courantes des eaux souterraines sous-jacentes au Centre (3/4)

Point de prélèvement	Date de prélèvement	Fréquence	Indice alpha global Bq/L	Indice bêta global Bq/L	Tritium Bq/L	Potassium mg/L	pH	Hauteur de nappe d'eau m	Moyenne annuelle tritium en Bq/L
PO143	05/02/20	Bimestrielle	1,2E-01	1,9E-01	3,0E+02	1,04	5,7	155,43	9,3E+02
	03/04/20	Bimestrielle	9,2E-02	1,6E-01	2,1E+02	0,90	5,2	155,32	
	03/06/20	Bimestrielle	1,9E-01	2,0E-01	1,7E+03	1,17	5,6	151,62	
	04/08/20	Bimestrielle	1,7E-01	2,2E-01	1,7E+03	0,97	5,3	150,06	
	06/10/20	Bimestrielle	1,8E-01	1,6E-01	1,3E+03	0,96	5,7	149,39	
PO150	02/12/20	Bimestrielle	1,0E-01	2,0E-01	3,5E+02	1,06	5,5	154,64	1,9E+01
	04/02/20	Bimestrielle	1,0E-01	1,6E-01	1,4E+01	1,76	7,0	157,51	
	06/04/20	Bimestrielle	1,3E-01	2,3E-01	2,3E+01	2,07	6,6	156,73	
	03/06/20	Bimestrielle	3,1E-02	9,4E-02	1,7E+01	1,72	6,3	155,30	
	05/08/20	Bimestrielle	1,0E-01	2,4E-01	2,7E+01	1,90	6,2	154,90	
PO151	06/10/20	Bimestrielle	2,1E-01	3,7E-01	2,4E+01	1,83	6,6	155,93	7,6E+00
	02/12/20	Bimestrielle	8,0E-02	1,7E-01	9,0E+00	1,94	6,7	157,00	
	04/02/20	Bimestrielle	3,6E-02	6,3E-02	3,7E+00	0,77	6,0	157,14	
	06/04/20	Bimestrielle	3,8E-02	9,8E-02	1,0E+01	0,82	6,1	156,39	
	03/06/20	Bimestrielle	4,0E-02	9,5E-02	1,1E+01	0,99	6,4	155,19	
PO152	05/08/20	Bimestrielle	4,4E-02	7,2E-02	8,1E+00	0,97	6,1	154,75	4,7E+01
	06/10/20	Bimestrielle	3,2E-02	8,3E-02	5,8E+00	0,96	6,1	154,28	
	02/12/20	Bimestrielle	3,0E-02	8,6E-02	7,1E+00	0,97	5,8	156,83	
	04/02/20	Bimestrielle	≤ 1,9E-02	8,8E-02	3,5E+01	0,50	6,5	157,15	
	06/04/20	Bimestrielle	2,1E-02	9,1E-02	4,3E+01	1,06	6,5	156,40	
PO153	03/06/20	Bimestrielle	≤ 1,8E-02	7,2E-02	6,1E+01	1,08	6,0	155,19	1,8E+03
	05/08/20	Bimestrielle	≤ 1,8E-02	9,8E-02	4,6E+01	1,11	6,4	154,85	
	06/10/20	Bimestrielle	≤ 1,8E-02	6,0E-02	4,2E+01	1,13	6,5	155,27	
	02/12/20	Bimestrielle	2,5E-02	6,3E-02	5,2E+01	1,23	6,1	156,83	
	04/02/20	Bimestrielle	2,7E-02	1,0E-01	3,5E+02	2,60	7,1	156,79	
PO154	06/04/20	Bimestrielle	3,3E-02	1,3E-01	9,4E+02	2,25	6,5	155,39	7,7E+00
	03/06/20	Bimestrielle	3,1E-02	1,0E-01	3,4E+03	2,74	6,9	153,74	
	05/08/20	Bimestrielle	9,0E-02	1,3E-01	4,6E+03	2,66	6,4	153,51	
	06/10/20	Bimestrielle	6,0E-02	1,6E-01	5,8E+02	3,20	6,8	155,71	
	02/12/20	Bimestrielle	5,0E-02	2,1E-01	1,1E+03	2,95	6,5	156,05	
PO155	05/02/20	Bimestrielle	1,8E-01	4,7E-01	7,7E+00	6,85	7,7	159,29	1,8E+01
	03/04/20	Bimestrielle	1,5E-01	3,3E-01	4,3E+00	5,30	7,3	157,74	
	03/06/20	Bimestrielle	2,9E-01	4,1E-01	1,1E+01	3,50	6,7	154,56	
	04/08/20	Bimestrielle	1,2E-01	2,2E-01	1,2E+01	2,95	6,6	153,84	
	06/10/20	Bimestrielle	3,6E-01	6,2E-01	5,9E+00	6,79	7,4	156,32	
PO156	02/12/20	Bimestrielle	2,2E-01	4,4E-01	5,3E+00	6,37	7,4	158,55	2,7E+02
	05/02/20	Bimestrielle	1,7E-01	2,4E-01	1,1E+01	0,94	6,2	158,99	
	06/04/20	Bimestrielle	3,5E-02	1,1E-01	2,0E+01	0,74	6,1	157,98	
	04/06/20	Bimestrielle	1,0E-01	1,3E-01	1,8E+01	0,80	5,7	155,32	
	06/08/20	Bimestrielle	1,0E-01	1,6E-01	2,1E+01	0,69	5,9	154,50	
PO157	07/10/20	Bimestrielle	9,0E-02	1,2E-01	3,7E+01	0,79	6,0	154,67	3,6E+01
	03/12/20	Bimestrielle	2,1E-02	8,1E-02	3,4E+00	0,88	5,7	158,90	
	05/02/20	Bimestrielle	1,8E-01	2,6E-01	6,0E+01	1,31	6,6	159,16	
	06/04/20	Bimestrielle	1,2E-01	2,1E-01	3,4E+02	0,82	6,0	158,21	
	04/06/20	Bimestrielle	1,6E-01	1,6E-01	3,4E+02	0,90	5,7	155,53	
PO158	06/08/20	Bimestrielle	1,0E-01	1,3E-01	2,8E+02	0,79	6,0	154,70	1,0E+01
	07/10/20	Bimestrielle	2,1E-01	3,5E-01	5,4E+02	0,88	6,2	154,84	
	03/12/20	Bimestrielle	8,8E-02	1,6E-01	4,5E+01	1,76	5,9	159,07	
	05/02/20	Bimestrielle	7,2E-02	1,6E-01	1,6E+01	1,67	6,9	160,74	
	06/04/20	Bimestrielle	7,3E-02	1,5E-01	1,1E+01	1,90	6,6	159,73	
PO159	04/06/20	Bimestrielle	7,6E-02	1,5E-01	6,7E+01	1,63	7,4	157,11	4,4E+00
	06/08/20	Bimestrielle	3,7E-02	1,1E-01	9,3E+01	1,34	6,6	156,12	
	07/10/20	Bimestrielle	1,2E-01	1,6E-01	1,1E+01	1,74	6,7	157,18	
	03/12/20	Bimestrielle	9,0E-02	1,1E-01	1,7E+01	1,76	6,6	160,36	
	05/02/20	Bimestrielle	7,3E-02	9,6E-02	4,1E+00	0,94	6,9	161,21	
PO160	06/04/20	Bimestrielle	4,9E-02	8,9E-02	4,9E+00	0,82	6,6	160,07	3,5E+00
	04/06/20	Bimestrielle	6,6E-02	1,4E-01	8,3E+00	0,99	6,6	157,23	
	06/08/20	Bimestrielle	5,1E-02	9,8E-02	8,7E+00	0,79	6,6	156,37	
	07/10/20	Bimestrielle	1,7E-01	1,9E-01	1,9E+01	1,05	6,6	157,86	
	03/12/20	Bimestrielle	2,3E-02	4,2E-02	1,7E+01	1,06	6,4	160,85	
PO160	05/02/20	Bimestrielle	3,2E-02	9,1E-02	3,5E+00	1,22	6,5	161,40	4,4E+00
	06/04/20	Bimestrielle	5,1E-02	1,2E-01	3,6E+00	1,06	6,2	160,09	
	04/06/20	Bimestrielle	5,4E-02	1,0E-01	7,1E+00	1,35	6,2	157,15	
	06/08/20	Bimestrielle	2,4E-02	9,1E-02	2,9E+00	1,15	6,3	156,24	
	07/10/20	Bimestrielle	5,3E-02	9,7E-02	7,2E+00	1,31	6,4	159,31	
PO160	03/12/20	Bimestrielle	4,4E-02	6,3E-02	≤ 2,0E+00	1,06	6,2	161,00	3,5E+00
	05/02/20	Semestrielle	3,3E-01	2,7E-01	3,1E+00	1,04	6,1	161,48	
	06/08/20	Semestrielle	2,0E-01	1,4E-01	3,8E+00	0,92	6,1	156,73	

Tableau 9-33 Résultats des analyses radiologiques courantes des eaux souterraines sous-jacentes au Centre (4/4)

Point de prélèvement	Date de prélèvement	Fréquence	Indice alpha global Bq/L	Indice bêta global Bq/L	Tritium Bq/L	Potassium mg/L	pH	Hauteur de nappe d'eau m	Moyenne annuelle tritium en Bq/L
PO161	05/02/20	Semestrielle	2,0E-01	1,9E-01	≤ 2,2E+00	0,50	6,3	161,46	≤ 3,6E+00
	06/08/20	Semestrielle	1,4E-01	1,2E-01	4,9E+00	0,51	6,2	156,72	
PO162	04/02/20	Semestrielle	1,1E-01	1,7E-01	≤ 2,2E+00	1,04	6,6	161,10	≤ 2,1E+00
	04/08/20	Semestrielle	4,6E-02	9,6E-02	≤ 2,0E+00	1,06	6,2	156,66	
PO170	04/02/20	Semestrielle	1,2E-01	2,5E-01	2,6E+00	1,95	5,4	166,55	≤ 2,3E+00
	06/08/20	Semestrielle	2,5E-01	2,7E-01	≤ 2,0E+00	1,71	5,1	162,81	
PO171	04/02/20	Bimestrielle	6,1E-02	8,6E-02	9,4E+01	1,95	6,5	152,37	1,1E+02
	03/04/20	Bimestrielle	2,3E-02	1,1E-01	7,4E+01	1,73	6,1	152,36	
	03/06/20	Bimestrielle	5,7E-02	1,2E-01	1,3E+02	2,08	5,9	152,07	
	06/08/20	Bimestrielle	4,2E-02	1,3E-01	1,9E+02	1,90	6,0	152,03	
	07/10/20	Bimestrielle	7,6E-02	1,3E-01	8,6E+01	2,01	5,9	152,08	
PO172	02/12/20	Bimestrielle	5,6E-02	1,0E-01	7,1E+01	2,03	5,8	152,35	9,7E+01
	02/01/20	Mensuelle	1,1E-01	1,4E-01	1,2E+02	1,76	6,1	152,14	
	04/02/20	Mensuelle	3,9E-02	1,2E-01	9,8E+01	1,67	6,6	152,14	
	03/03/20	Mensuelle	2,8E-02	6,8E-02	8,5E+01	1,42	6,5	152,22	
	01/04/20	Mensuelle	3,3E-02	1,1E-01	6,6E+01	1,48	6,2	152,10	
	04/05/20	Mensuelle	3,3E-02	1,0E-01	1,3E+02	1,64	6,2	151,94	
	03/06/20	Mensuelle	4,7E-02	1,2E-01	7,3E+01	1,81	6,4	151,89	
	01/07/20	Mensuelle	3,1E-02	1,2E-01	1,0E+02	1,66	5,8	151,92	
	06/08/20	Mensuelle	7,8E-02	9,8E-02	9,5E+01	1,52	6,3	151,88	
	02/09/20	Mensuelle	3,4E-02	7,5E-02	1,0E+02	1,81	6,1	151,83	
	07/10/20	Mensuelle	5,8E-02	1,2E-01	1,1E+02	1,92	6,2	151,93	
	04/11/20	Mensuelle	7,5E-02	1,3E-01	9,0E+01	1,89	6,6	152,10	
	02/12/20	Mensuelle	4,7E-02	1,1E-01	1,1E+02	1,67	6,0	152,15	
PO173	02/01/20	Mensuelle	1,0E-01	1,6E-01	≤ 2,1E+00	1,86	6,7	152,20	≤ 2,4E+00
	04/02/20	Mensuelle	3,0E-02	1,8E-01	≤ 2,3E+00	1,86	6,9	152,21	
	03/03/20	Mensuelle	2,8E-02	1,0E-01	≤ 2,3E+00	1,51	6,3	152,31	
	01/04/20	Mensuelle	3,1E-02	1,7E-01	≤ 2,1E+00	1,56	6,1	152,15	
	04/05/20	Mensuelle	4,0E-02	8,2E-02	2,3E+00	1,64	6,2	151,95	
	03/06/20	Mensuelle	4,0E-02	1,4E-01	4,8E+00	1,90	6,3	151,90	
	01/07/20	Mensuelle	5,2E-02	1,3E-01	2,7E+00	1,66	6,5	151,91	
	06/08/20	Mensuelle	5,3E-02	1,5E-01	≤ 2,0E+00	1,81	6,2	151,84	
	02/09/20	Mensuelle	9,0E-02	1,6E-01	≤ 2,0E+00	1,91	6,3	151,82	
	06/10/20	Mensuelle	9,0E-02	1,4E-01	≤ 2,0E+00	2,01	6,7	152,03	
	04/11/20	Mensuelle	9,0E-02	1,4E-01	≤ 2,0E+00	1,99	6,7	152,17	
PO174	02/12/20	Mensuelle	1,3E-01	2,3E-01	≤ 2,0E+00	2,03	6,1	152,15	1,2E+01
	02/01/20	Mensuelle	1,7E-01	3,3E-01	1,4E+01	1,58	6,3	157,01	
	04/02/20	Mensuelle	2,5E-01	5,4E-01	1,1E+01	2,13	6,4	156,90	
	03/03/20	Mensuelle	1,9E-01	3,7E-01	1,3E+01	1,25	5,9	157,35	
	01/04/20	Mensuelle	2,3E-01	3,2E-01	8,8E+00	1,99	5,8	156,65	
	04/05/20	Mensuelle	1,4E-01	1,8E-01	1,9E+01	1,73	6,3	156,56	
	03/06/20	Mensuelle	6,2E-02	1,9E-01	1,1E+01	1,53	6,2	155,09	
	01/07/20	Mensuelle	5,7E-02	1,1E-01	1,2E+01	1,30	6,1	154,89	
	06/08/20	Mensuelle	3,0E-02	1,5E-01	1,1E+01	1,43	6,0	154,70	
	02/09/20	Mensuelle	7,7E-02	1,2E-01	8,1E+00	1,45	6,1	154,72	
	06/10/20	Mensuelle	8,0E-02	1,9E-01	9,3E+00	1,57	6,1	154,94	
PO175	04/02/20	Semestrielle	2,5E-01	3,2E-01	2,6E+00	1,40	6,2	160,35	2,5E+00
	04/08/20	Semestrielle	2,5E-01	3,3E-01	2,4E+00	1,43	6,0	156,52	
PO176	04/02/20	Semestrielle	3,5E-02	6,5E-02	≤ 2,4E+00	1,31	6,8	163,42	≤ 2,3E+00
	04/08/20	Semestrielle	3,5E-02	1,2E-01	2,1E+00	1,43	6,1	160,42	
PO177	04/02/20	Semestrielle	4,9E-02	7,7E-02	≤ 2,2E+00	1,76	6,8	166,57	≤ 2,7E+00
	04/08/20	Semestrielle	5,2E-02	1,4E-01	3,1E+00	1,99	5,3	162,82	
PO178	04/02/20	Semestrielle	6,6E-02	1,3E-01	4,7E+00	1,95	5,9	166,76	5,7E+00
	06/08/20	Semestrielle	7,1E-02	1,1E-01	6,6E+00	0,97	5,5	162,98	
PO179	04/02/20	Semestrielle	7,4E-02	1,3E-01	≤ 2,2E+00	1,58	5,7	166,71	≤ 2,5E+00
	06/08/20	Semestrielle	9,0E-02	1,7E-01	2,7E+00	2,18	5,1	162,94	
PO180	02/01/20	Mensuelle	1,1E-01	2,2E-01	1,0E+03	2,53	6,1	146,08	9,3E+02
	04/02/20	Mensuelle	4,1E-02	1,5E-01	9,1E+02	2,70	6,1	146,51	
	03/03/20	Mensuelle	4,4E-02	1,8E-01	1,2E+03	2,39	6,3	146,69	
	01/04/20	Mensuelle	8,2E-02	2,0E-01	8,7E+02	2,51	6,5	145,74	
	04/05/20	Mensuelle	9,3E-02	2,1E-01	6,0E+02	2,43	6,5	144,67	
	03/06/20	Mensuelle	2,5E-02	9,8E-02	8,0E+02	3,02	6,4	144,18	
	02/07/20	Mensuelle	6,4E-02	1,8E-01	1,1E+03	2,39	6,1	144,40	
	04/08/20	Mensuelle	7,0E-02	2,0E-01	1,1E+03	2,18	6,2	143,76	
	02/09/20	Mensuelle	1,0E-01	2,3E-01	1,0E+03	2,64	6,1	143,86	
	02/10/20	Mensuelle	2,4E-01	4,3E-01	9,7E+02	2,37	6,2	143,97	
PO180	04/11/20	Mensuelle	1,2E-01	3,3E-01	7,6E+02	2,66	6,2	145,63	9,3E+02
	02/12/20	Mensuelle	7,4E-02	1,7E-01	7,8E+02	2,40	5,9	145,72	

Tableau 9-34 Résultats des analyses radiologiques courantes des eaux souterraines extérieures au Centre (1/5)

Point de prélèvement	Date de prélèvement	Fréquence	Indice alpha global Bq/L	Indice bêta global Bq/L	Tritium Bq/L	Potassium mg/L	pH	Hauteur de nappe d'eau m	Moyenne annuelle tritium en Bq/L
PO113	07/01/20	Mensuelle	≤ 1,9E-02	1,1E-01	2,9E+01	2,24	6,2	146,62	5,8E+01
	05/02/20	Mensuelle	≤ 1,8E-02	8,2E-02	4,2E+01	2,23	6,2	147,85	
	05/03/20	Mensuelle	≤ 1,8E-02	1,1E-01	2,9E+01	2,12	6,1	148,50	
	03/04/20	Mensuelle	≤ 1,8E-02	1,2E-01	2,8E+01	2,25	5,9	147,41	
	05/05/20	Mensuelle	≤ 1,8E-02	1,3E-01	9,1E+01	2,17	6,3	145,36	
	02/06/20	Mensuelle	≤ 3,1E-02	1,2E-01	6,2E+01	2,46	5,9	144,15	
	06/07/20	Mensuelle	≤ 1,8E-02	1,3E-01	8,1E+01	2,02	5,7	143,46	
	06/08/20	Mensuelle	≤ 3,9E-02	1,0E-01	7,0E+01	1,81	6,0	142,80	
	02/09/20	Mensuelle	≤ 1,8E-02	1,2E-01	8,4E+01	2,09	5,8	142,65	
	02/10/20	Mensuelle	≤ 4,3E-02	1,3E-01	8,8E+01	2,28	5,9	142,25	
	04/11/20	Mensuelle	≤ 1,8E-02	1,1E-01	4,9E+01	1,99	6,6	145,17	
01/12/20	Mensuelle	≤ 1,8E-02	1,1E-01	3,7E+01	2,30	5,8	146,61		
PO114	07/01/20	Mensuelle	2,5E-01	4,3E-01	4,8E+02	3,01	6,0	151,93	4,4E+02
	05/02/20	Mensuelle	1,3E-01	3,1E-01	1,4E+03	2,89	6,1	151,99	
	05/03/20	Mensuelle	1,1E-01	2,2E-01	4,8E+02	2,48	5,8	152,74	
	02/04/20	Mensuelle	1,0E-01	2,1E-01	4,9E+02	2,60	5,4	152,01	
	05/05/20	Mensuelle	2,1E-01	3,2E-01	5,4E+02	2,80	5,7	149,75	
	02/06/20	Mensuelle	1,4E-01	2,5E-01	4,1E+02	3,12	5,4	148,30	
	06/07/20	Mensuelle	1,6E-01	2,3E-01	3,5E+02	2,67	5,6	147,30	
	06/08/20	Mensuelle	1,3E-01	1,5E-01	3,1E+02	2,95	5,8	146,67	
	02/09/20	Mensuelle	1,2E-01	2,3E-01	2,9E+02	3,08	5,9	146,41	
	02/10/20	Mensuelle	1,6E-01	3,0E-01	1,3E+02	2,10	5,8	145,55	
	04/11/20	Mensuelle	1,7E-01	2,9E-01	2,8E+02	2,57	5,5	149,44	
07/12/20	Mensuelle	8,2E-02	1,6E-01	1,9E+02	2,76	5,6	151,43		
PO115	07/01/20	Mensuelle	3,8E-02	1,7E-01	3,2E+01	2,43	6,0	146,47	3,3E+01
	05/02/20	Mensuelle	2,4E-02	8,4E-02	3,3E+01	2,13	5,9	146,82	
	05/03/20	Mensuelle	2,6E-02	1,1E-01	3,1E+01	1,85	6,3	147,54	
	03/04/20	Mensuelle	≤ 1,8E-02	1,0E-01	3,2E+01	2,07	5,9	145,84	
	06/05/20	Mensuelle	4,0E-02	1,7E-01	3,5E+01	2,17	6,2	143,18	
	02/06/20	Mensuelle	2,5E-02	1,3E-01	2,6E+01	2,64	6,3	141,52	
	06/07/20	Mensuelle	2,3E-02	1,5E-01	3,2E+01	2,39	5,7	140,25	
	06/08/20	Mensuelle	2,4E-02	1,4E-01	3,5E+01	2,85	5,7	139,50	
	02/09/20	Mensuelle	≤ 1,8E-02	1,1E-01	3,7E+01	3,08	6,0	139,02	
	02/10/20	Mensuelle	5,2E-02	1,6E-01	3,7E+01	3,39	6,7	138,55	
	04/11/20	Mensuelle	≤ 1,8E-02	1,6E-01	3,6E+01	2,76	6,2	143,14	
03/12/20	Mensuelle	2,5E-02	8,8E-02	3,1E+01	2,49	5,7	145,12		
PO116	07/01/20	Mensuelle	≤ 1,9E-02	4,0E-02	≤ 2,3E+00	1,29	5,5	148,04	3,5E+00
	05/02/20	Mensuelle	≤ 1,8E-02	4,7E-02	5,2E+00	1,31	5,7	148,27	
	05/03/20	Mensuelle	≤ 1,8E-02	7,9E-02	≤ 2,4E+00	1,08	5,5	149,02	
	03/04/20	Mensuelle	≤ 1,8E-02	6,4E-02	3,5E+00	1,15	5,7	147,34	
	06/05/20	Mensuelle	≤ 1,8E-02	3,7E-02	≤ 2,2E+00	1,13	5,6	144,28	
	02/06/20	Mensuelle	≤ 1,8E-02	8,8E-02	5,9E+00	1,35	6,1	142,25	
	06/07/20	Mensuelle	≤ 1,8E-02	3,8E-02	5,4E+00	1,12	5,4	140,92	
	06/08/20	Mensuelle	≤ 1,8E-02	7,6E-02	≤ 2,3E+00	1,25	5,6	140,04	
	02/09/20	Mensuelle	≤ 1,8E-02	7,4E-02	2,7E+00	1,33	6,0	139,57	
	02/10/20	Mensuelle	≤ 1,8E-02	5,1E-02	4,0E+00	1,31	6,0	139,03	
	04/11/20	Mensuelle	≤ 1,8E-02	7,2E-02	3,0E+00	1,22	6,0	144,64	
03/12/20	Mensuelle	2,2E-02	5,3E-02	2,5E+00	1,32	5,5	146,68		
PO117	07/01/20	Mensuelle	4,8E-02	1,6E-01	2,8E+02	2,82	6,3	147,05	6,8E+02
	05/02/20	Mensuelle	3,0E-02	2,0E-01	3,7E+02	2,60	6,3	147,33	
	05/03/20	Mensuelle	≤ 1,8E-02	9,4E-02	5,3E+02	2,12	6,4	147,85	
	02/04/20	Mensuelle	≤ 1,8E-02	2,1E-01	7,0E+02	2,34	6,3	146,93	
	05/05/20	Mensuelle	≤ 1,8E-02	1,5E-01	8,6E+02	2,23	6,4	145,10	
	02/06/20	Mensuelle	≤ 1,8E-02	1,9E-01	7,9E+02	2,83	6,7	144,26	
	06/07/20	Mensuelle	≤ 1,8E-02	1,9E-01	8,3E+02	2,39	6,4	143,80	
	06/08/20	Mensuelle	≤ 1,8E-02	2,1E-01	8,2E+02	2,66	6,4	143,18	
	02/09/20	Mensuelle	≤ 1,9E-02	2,1E-01	8,2E+02	2,89	6,4	143,10	
	02/10/20	Mensuelle	≤ 1,8E-02	1,6E-01	7,5E+02	2,37	6,7	142,77	
	04/11/20	Mensuelle	3,7E-02	2,1E-01	7,9E+02	2,95	6,4	145,26	
01/12/20	Mensuelle	≤ 1,8E-02	1,5E-01	6,8E+02	3,04	6,3	146,24		
PO168	06/01/20	Mensuelle	9,0E-02	3,4E-01	3,1E+01	4,79	6,7	116,21	3,0E+01
	05/02/20	Mensuelle	≤ 1,9E-02	1,5E-01	3,2E+01	3,94	6,7	116,22	
	06/03/20	Mensuelle	≤ 1,9E-02	2,0E-01	2,8E+01	4,07	6,5	116,57	
	02/04/20	Mensuelle	3,2E-02	2,1E-01	2,8E+01	4,59	6,4	116,05	
	05/05/20	Mensuelle	3,4E-02	2,5E-01	2,9E+01	4,79	6,6	115,58	
	02/06/20	Mensuelle	2,4E-02	2,4E-01	3,1E+01	5,80	6,6	115,33	
	03/07/20	Mensuelle	4,2E-02	2,6E-01	2,6E+01	5,09	6,7	115,18	
	04/08/20	Mensuelle	≤ 1,9E-02	2,4E-01	3,2E+01	4,62	6,8	115,01	
	03/09/20	Mensuelle	≤ 1,9E-02	2,1E-01	3,2E+01	5,15	6,6	114,96	
	06/10/20	Mensuelle	7,6E-02	3,7E-01	2,5E+01	5,55	6,7	115,39	
	03/11/20	Mensuelle	5,3E-02	2,6E-01	3,1E+01	4,49	6,8	116,21	
01/12/20	Mensuelle	≤ 1,9E-02	1,8E-01	3,3E+01	4,86	6,6	116,03		

Tableau 9-34 Résultats des analyses radiologiques courantes des eaux souterraines extérieures au Centre (2/5)

Point de prélèvement	Date de prélèvement	Fréquence	Indice alpha global	Indice bêta global	Tritium	Potassium	pH	Hauteur de nappe d'eau m	Moyenne annuelle tritium en Bq/L
			Bq/L	Bq/L	Bq/L	mg/L			
PZ320	06/01/20	Mensuelle	≤ 4,3E-02	1,0E-01	2,0E+01	2,00	5,3	145,31	1,6E+01
	06/02/20	Mensuelle	≤ 3,2E-02	8,0E-02	1,6E+01	2,00	5,4	145,96	
	09/03/20	Mensuelle	≤ 3,2E-02	1,0E-01	1,4E+01	1,90	5,2	146,11	
	03/04/20	Mensuelle	≤ 3,2E-02	≤ 7,1E-02	1,3E+01	2,10	5,3	145,11	
	05/05/20	Mensuelle	≤ 3,2E-02	≤ 7,1E-02	2,0E+01	2,10	5,4	144,36	
	05/06/20	Mensuelle	≤ 3,3E-02	≤ 7,2E-02	1,6E+01	2,00	5,7	143,96	
	07/07/20	Mensuelle	≤ 3,5E-02	1,2E-01	1,7E+01	2,00	5,1	144,06	
	13/08/20	Mensuelle	≤ 3,3E-02	1,3E-01	1,7E+01	1,90	5,3	143,56	
	04/09/20	Mensuelle	≤ 3,2E-02	≤ 7,1E-02	1,3E+01	2,00	5,3	143,74	
	05/10/20	Mensuelle	≤ 3,2E-02	9,0E-02	1,7E+01	1,90	5,4	144,86	
	05/11/20	Mensuelle	≤ 3,2E-02	≤ 7,2E-02	1,4E+01	1,90	5,0	145,36	
01/12/20	Mensuelle	≤ 3,3E-02	1,0E-01	1,6E+01	1,90	5,1	145,30		
PZ321	06/01/20	Mensuelle	≤ 3,8E-02	1,8E-01	3,6E+01	3,50	6,0	145,26	1,1E+02
	06/02/20	Mensuelle	≤ 3,4E-02	1,7E-01	1,3E+02	3,80	6,2	146,01	
	09/03/20	Mensuelle	≤ 3,4E-02	1,1E-01	1,4E+02	2,70	6,2	146,11	
	03/04/20	Mensuelle	≤ 3,2E-02	1,3E-01	1,6E+02	2,60	6,0	145,06	
	05/05/20	Mensuelle	≤ 3,3E-02	≤ 7,2E-02	1,6E+02	2,50	5,9	144,31	
	05/06/20	Mensuelle	≤ 3,3E-02	1,1E-01	1,6E+02	2,60	6,2	143,86	
	07/07/20	Mensuelle	≤ 3,6E-02	1,2E-01	1,1E+02	2,70	5,9	144,01	
	13/08/20	Mensuelle	≤ 3,5E-02	≤ 7,2E-02	1,1E+02	2,70	5,9	143,33	
	04/09/20	Mensuelle	≤ 2,8E-02	1,5E-01	7,7E+01	2,90	6,0	143,66	
	05/10/20	Mensuelle	≤ 3,4E-02	8,0E-02	6,8E+01	2,90	5,9	145,66	
	05/11/20	Mensuelle	7,0E-02	1,4E-01	6,0E+01	3,00	6,0	145,41	
01/12/20	Mensuelle	≤ 3,4E-02	1,6E-01	8,2E+01	2,90	6,0	145,20		
PZ322	06/01/20	Mensuelle	≤ 3,2E-02	1,2E-01	6,0E+00	2,40	5,6	145,64	1,2E+01
	06/02/20	Mensuelle	≤ 3,1E-02	1,3E-01	1,1E+01	2,30	5,6	146,29	
	09/03/20	Mensuelle	≤ 4,6E-02	1,5E-01	1,8E+01	2,40	5,7	146,49	
	03/04/20	Mensuelle	≤ 3,0E-02	8,0E-02	1,0E+01	2,40	5,7	145,49	
	05/05/20	Mensuelle	≤ 3,1E-02	9,0E-02	1,5E+01	2,20	5,9	144,79	
	05/06/20	Mensuelle	≤ 2,8E-02	9,0E-02	8,0E+00	2,20	6,3	143,84	
	07/07/20	Mensuelle	≤ 3,5E-02	1,6E-01	1,6E+01	2,30	5,4	143,99	
	13/08/20	Mensuelle	≤ 3,3E-02	1,1E-01	1,2E+01	1,90	6,0	143,09	
	04/09/20	Mensuelle	≤ 3,0E-02	1,0E-01	1,0E+01	2,10	5,8	143,49	
	06/10/20	Mensuelle	6,0E-02	≤ 7,2E-02	6,0E+00	2,20	5,8	144,59	
	05/11/20	Mensuelle	≤ 3,3E-02	1,0E-01	8,0E+00	2,30	5,6	145,39	
01/12/20	Mensuelle	≤ 3,3E-02	1,0E-01	2,2E+01	2,20	5,6	145,52		
PZ324	06/01/20	Mensuelle	6,0E-02	1,1E-01	1,1E+01	1,80	5,8	156,01	1,3E+01
	06/02/20	Mensuelle	6,0E-02	1,1E-01	1,0E+01	1,80	5,9	156,56	
	09/03/20	Mensuelle	≤ 3,2E-02	≤ 7,2E-02	1,3E+01	1,50	5,6	156,56	
	03/04/20	Mensuelle	≤ 3,1E-02	≤ 7,2E-02	1,7E+01	1,70	6,0	155,31	
	05/05/20	Mensuelle	≤ 3,2E-02	≤ 7,1E-02	1,3E+01	1,70	6,2	154,34	
	05/06/20	Mensuelle	≤ 3,2E-02	≤ 7,1E-02	1,1E+01	1,70	6,4	153,21	
	07/07/20	Mensuelle	≤ 3,7E-02	1,0E-01	1,7E+01	2,00	6,0	153,76	
	11/08/20	Mensuelle	≤ 3,4E-02	≤ 7,1E-02	1,6E+01	2,00	5,9	152,81	
	04/09/20	Mensuelle	≤ 3,2E-02	≤ 7,2E-02	6,0E+00	2,20	6,2	153,36	
	05/10/20	Mensuelle	≤ 3,0E-02	8,0E-02	6,0E+00	2,40	6,3	155,56	
	05/11/20	Mensuelle	≤ 3,2E-02	1,9E-01	1,5E+01	1,70	5,6	156,51	
01/12/20	Mensuelle	≤ 3,3E-02	1,2E-01	1,5E+01	1,60	5,7	155,93		
PZ326	09/01/20	Mensuelle	≤ 3,3E-02	8,0E-02	2,6E+02	1,80	5,6	157,80	2,2E+02
	06/02/20	Mensuelle	≤ 3,3E-02	1,1E-01	1,7E+02	1,80	5,5	151,85	
	16/03/20	Mensuelle	≤ 3,3E-02	1,0E-01	2,6E+02	1,90	5,5	151,90	
	08/04/20	Mensuelle	≤ 3,3E-02	≤ 7,1E-02	2,7E+02	2,00	5,6	151,80	
	04/05/20	Mensuelle	≤ 4,0E-02	≤ 7,6E-02	2,4E+02	2,00	5,7	151,65	
	02/06/20	Mensuelle	≤ 3,5E-02	≤ 7,1E-02	2,0E+02	1,90	5,7	151,55	
	08/07/20	Mensuelle	≤ 3,8E-02	1,3E-01	2,5E+02	2,00	5,7	151,57	
	10/08/20	Mensuelle	7,0E-02	1,5E-01	1,8E+02	1,70	5,4	151,50	
	03/09/20	Mensuelle	≤ 3,5E-02	9,0E-02	1,9E+02	1,90	5,4	151,50	
	05/10/20	Mensuelle	9,0E-02	≤ 7,2E-02	2,1E+02	1,90	5,6	151,60	
	09/11/20	Mensuelle	≤ 3,8E-02	≤ 7,1E-02	2,3E+02	1,90	5,6	151,80	
04/12/20	Mensuelle	6,0E-02	≤ 7,2E-02	1,7E+02	1,90	5,7	151,80		
PZ340	07/01/20	Mensuelle	≤ 5,6E-02	≤ 7,2E-02	3,5E+01	1,30	6,1	153,59	4,2E+01
	06/02/20	Mensuelle	7,0E-02	≤ 7,2E-02	3,0E+01	1,20	6,0	153,84	
	09/03/20	Mensuelle	9,0E-02	≤ 7,2E-02	3,4E+01	0,80	5,9	153,99	
	07/04/20	Mensuelle	≤ 3,6E-02	≤ 7,2E-02	4,1E+01	0,60	5,7	152,89	
	07/05/20	Mensuelle	7,0E-02	≤ 7,2E-02	5,2E+01	0,60	6,1	152,39	
	09/06/20	Mensuelle	≤ 3,5E-02	≤ 7,2E-02	3,9E+01	< 0,50	6,1	151,89	
	07/07/20	Mensuelle	6,0E-02	≤ 7,2E-02	6,0E+01	0,70	6,0	152,19	
	14/08/20	Mensuelle	7,0E-02	≤ 7,2E-02	4,4E+01	0,70	5,8	151,94	
	07/09/20	Mensuelle	≤ 3,4E-02	≤ 7,2E-02	4,3E+01	0,60	5,9	151,99	
	06/10/20	Mensuelle	1,0E-01	1,1E-01	4,6E+01	1,50	6,0	152,64	
	05/11/20	Mensuelle	≤ 4,5E-02	1,0E-01	4,2E+01	0,70	5,9	153,54	
02/12/20	Mensuelle	9,0E-02	≤ 7,2E-02	4,3E+01	0,70	6,1	153,29		

Tableau 9-34 Résultats des analyses radiologiques courantes des eaux souterraines extérieures au Centre (3/5)

Point de prélèvement	Date de prélèvement	Fréquence	Indice alpha global	Indice bêta global	Tritium	Potassium	pH	Hauteur de nappe d'eau m	Moyenne annuelle tritium en Bq/L
			Bq/L	Bq/L	Bq/L	mg/L			
PZ371	07/01/20	Mensuelle	2,8E-01	2,5E-01	6,1E+02	2,10	6,3	149,74	5,5E+02
	06/02/20	Mensuelle	8,0E-02	1,9E-01	5,6E+02	1,90	6,3	149,74	
	09/03/20	Mensuelle	4,1E-01	4,5E-01	4,0E+02	1,70	6,0	149,79	
	06/04/20	Mensuelle	2,5E-01	2,6E-01	5,0E+02	1,70	6,4	149,74	
	06/05/20	Mensuelle	1,1E-01	3,0E-01	5,7E+02	1,90	6,3	149,64	
	09/06/20	Mensuelle	2,0E-01	2,1E-01	5,7E+02	1,30	6,4	149,59	
	07/07/20	Mensuelle	3,0E-01	2,7E-01	5,7E+02	2,10	6,3	149,59	
	11/08/20	Mensuelle	2,6E-01	2,3E-01	5,7E+02	2,90	6,3	149,44	
	07/09/20	Mensuelle	1,9E-01	2,4E-01	5,7E+02	3,00	6,2	149,59	
	05/10/20	Mensuelle	3,0E-01	2,6E-01	5,9E+02	3,40	6,4	149,74	
	05/11/20	Mensuelle	2,8E-01	2,3E-01	5,6E+02	2,60	6,5	149,74	
	02/12/20	Mensuelle	2,6E-01	1,5E-01	5,1E+02	2,50	6,5	149,74	
PZ379	07/01/20	Mensuelle	≤ 3,3E-02	9,0E-02	4,7E+01	1,80	5,6	151,37	4,8E+01
	06/02/20	Mensuelle	≤ 3,5E-02	9,0E-02	2,7E+01	1,80	5,6	156,37	
	09/03/20	Mensuelle	≤ 3,4E-02	≤ 7,1E-02	5,1E+01	1,80	5,7	151,52	
	06/04/20	Mensuelle	≤ 3,4E-02	1,1E-01	5,3E+01	1,80	5,6	151,37	
	06/05/20	Mensuelle	≤ 3,6E-02	≤ 7,1E-02	6,0E+01	1,80	5,6	151,22	
	09/06/20	Mensuelle	≤ 3,5E-02	≤ 7,1E-02	5,3E+01	1,80	5,8	151,27	
	07/07/20	Mensuelle	≤ 3,4E-02	1,0E-01	6,0E+01	2,10	5,7	151,22	
	13/08/20	Mensuelle	≤ 3,7E-02	≤ 7,2E-02	4,8E+01	1,80	5,4	151,22	
	07/09/20	Mensuelle	≤ 3,4E-02	9,0E-02	4,3E+01	1,80	5,6	151,12	
	05/10/20	Mensuelle	≤ 3,5E-02	≤ 7,2E-02	3,3E+01	1,70	5,6	151,32	
	05/11/20	Mensuelle	≤ 3,6E-02	≤ 7,1E-02	5,3E+01	1,80	5,5	151,42	
	02/12/20	Mensuelle	≤ 3,5E-02	9,0E-02	4,3E+01	1,80	5,5	151,37	
PZ700	10/01/20	Mensuelle	≤ 3,7E-02	1,9E-01	1,1E+02	2,60	6,4	122,80	2,2E+02
	06/02/20	Mensuelle	≤ 3,3E-02	≤ 7,1E-02	1,5E+02	2,60	6,5	123,12	
	10/03/20	Mensuelle	≤ 3,3E-02	≤ 7,1E-02	1,5E+02	2,60	6,7	123,45	
	08/04/20	Mensuelle	≤ 3,6E-02	≤ 7,1E-02	2,6E+02	2,90	6,2	122,71	
	07/05/20	Mensuelle	≤ 3,5E-02	1,4E-01	2,7E+02	3,00	6,4	122,25	
	04/06/20	Mensuelle	≤ 3,4E-02	1,4E-01	2,9E+02	2,80	6,8	122,00	
	07/07/20	Mensuelle	≤ 3,3E-02	9,0E-02	2,9E+02	3,30	6,7	121,76	
	07/08/20	Mensuelle	≤ 3,4E-02	1,2E-01	3,1E+02	3,90	6,5	121,56	
	04/09/20	Mensuelle	≤ 3,5E-02	1,8E-01	3,0E+02	6,70	6,1	121,41	
	09/10/20	Mensuelle	≤ 3,3E-02	1,3E-01	1,9E+02	2,70	6,4	121,68	
	05/11/20	Mensuelle	≤ 3,5E-02	1,7E-01	1,6E+02	6,60	6,4	122,57	
	09/12/20	Mensuelle	≤ 4,4E-02	2,5E-01	1,7E+02	8,80	6,8	122,89	
PZ705	09/01/20	Mensuelle	≤ 4,2E-02	1,5E-01	≤ 4,3E+00	2,70	6,0	153,77	≤ 5,3E+00
	05/02/20	Mensuelle	≤ 3,1E-02	1,6E-01	8,0E+00	2,50	6,2	153,97	
	06/03/20	Mensuelle	≤ 3,2E-02	1,1E-01	8,0E+00	2,90	6,7	154,92	
	08/04/20	Mensuelle	≤ 3,1E-02	1,0E-01	6,0E+00	2,60	6,0	153,19	
	05/05/20	Mensuelle	≤ 3,1E-02	9,0E-02	≤ 4,4E+00	2,40	5,3	150,72	
	02/06/20	Mensuelle	≤ 3,3E-02	≤ 7,2E-02	≤ 4,3E+00	2,50	6,0	148,87	
	08/07/20	Mensuelle	NR	NR	NR	NR	NR	NR	
	07/08/20	Mensuelle	NR	NR	NR	NR	NR	NR	
	15/09/20	Mensuelle	NR	NR	NR	NR	NR	NR	
	16/10/20	Mensuelle	8,0E-02	2,2E-01	≤ 4,4E+00	3,10	6,7	147,52	
	05/11/20	Mensuelle	≤ 3,3E-02	1,7E-01	≤ 4,3E+00	3,00	6,1	150,89	
	04/12/20	Mensuelle	≤ 3,3E-02	≤ 7,1E-02	≤ 4,4E+00	2,70	6,6	153,92	
PZ715	10/01/20	Mensuelle	≤ 3,4E-02	1,2E-01	6,3E+02	2,00	5,6	142,06	4,3E+02
	06/02/20	Mensuelle	≤ 3,4E-02	1,1E-01	1,7E+02	1,50	5,5	142,95	
	10/03/20	Mensuelle	≤ 3,4E-02	1,2E-01	6,2E+02	2,50	5,8	143,83	
	08/04/20	Mensuelle	≤ 3,4E-02	9,0E-02	4,1E+02	2,30	5,7	141,38	
	07/05/20	Mensuelle	≤ 3,6E-02	1,1E-01	1,9E+02	1,90	5,5	139,33	
	04/06/20	Mensuelle	≤ 3,5E-02	9,0E-02	7,2E+02	2,10	5,7	137,86	
	07/07/20	Mensuelle	≤ 3,5E-02	9,0E-02	3,3E+02	2,30	5,4	136,68	
	07/08/20	Mensuelle	≤ 3,7E-02	≤ 7,1E-02	2,5E+02	2,20	5,4	136,01	
	04/09/20	Mensuelle	≤ 3,5E-02	2,9E-01	5,9E+02	5,30	5,6	135,59	
	09/10/20	Mensuelle	≤ 3,6E-02	≤ 7,1E-02	3,4E+02	2,20	5,5	135,58	
	05/11/20	Mensuelle	1,3E-01	4,9E-01	6,4E+02	8,60	5,5	138,23	
	09/12/20	Mensuelle	8,0E-02	2,0E-01	2,3E+02	1,90	5,5	141,55	

Tableau 9-34

Résultats des analyses radiologiques courantes des eaux souterraines extérieures au Centre (4/5)

Point de prélèvement	Date de prélèvement	Fréquence	Indice alpha global Bq/L	Indice bêta global Bq/L	Tritium Bq/L	Potassium mg/L	pH	Hauteur de nappe d'eau m	Moyenne annuelle tritium en Bq/L
PZ711	10/01/20	Mensuelle	1,3E-01	2,1E-01	≤ 4,3E+00	2,1E+00	5,9	118,22	8,4E+00
	06/02/20	Mensuelle	1,5E-01	2,2E-01	≤ 4,3E+00	2,0E+00	5,8	118,65	
	10/03/20	Mensuelle	2,1E-01	3,5E-01	1,3E+01	2,6E+00	5,8	119,69	
	08/04/20	Mensuelle	1,0E-01	2,1E-01	1,1E+01	2,3E+00	5,8	118,07	
	20/05/20	Mensuelle	NR	NR	NR	NR	NR	NR	
	04/06/20	Mensuelle	1,9E-01	2,7E-01	1,3E+01	2,6E+00	6,1	117,02	
	07/07/20	Mensuelle	3,9E-01	3,8E-01	1,5E+01	2,9E+00	6,1	116,81	
	07/08/20	Mensuelle	2,5E-01	3,6E-01	6,0E+00	3,8E+00	5,8	116,64	
	04/09/20	Mensuelle	6,3E-01	8,6E-01	7,0E+00	6,1E+00	5,8	116,55	
	09/10/20	Mensuelle	4,2E-01	5,2E-01	8,0E+00	5,4E+00	5,9	116,61	
05/11/20	Mensuelle	1,5E-01	4,0E-01	≤ 4,3E+00	7,2E+00	5,9	117,08		
09/12/20	Mensuelle	3,2E-01	4,8E-01	6,0E+00	3,5E+00	5,7	117,80		
PZ712	09/01/20	Mensuelle	8,0E-02	1,2E-01	≤ 4,3E+00	5,0E-01	5,7	160,70	6,2E+00
	05/02/20	Mensuelle	7,0E-02	≤ 7,2E-02	8,0E+00	≤ 1,0E+00	5,5	161,03	
	06/03/20	Mensuelle	≤ 3,0E-02	≤ 7,1E-02	9,0E+00	5,0E-01	5,6	161,45	
	08/04/20	Mensuelle	≤ 3,1E-02	≤ 7,2E-02	1,3E+01	6,0E-01	5,7	159,98	
	04/05/20	Mensuelle	≤ 3,5E-02	≤ 7,6E-02	≤ 4,3E+00	6,0E-01	5,8	158,25	
	02/06/20	Mensuelle	≤ 3,0E-02	≤ 7,2E-02	≤ 4,3E+00	7,0E-01	5,9	157,20	
	07/07/20	Mensuelle	≤ 3,1E-02	≤ 7,1E-02	6,0E+00	9,0E-01	5,8	157,00	
	07/08/20	Mensuelle	≤ 3,2E-02	1,3E-01	6,0E+00	1,7E+00	5,7	156,32	
	07/09/20	Mensuelle	8,0E-02	2,2E-01	≤ 4,4E+00	1,4E+00	6,0	156,35	
	05/10/20	Mensuelle	7,0E-02	2,1E-01	≤ 4,3E+00	1,3E+00	5,7	156,55	
	05/11/20	Mensuelle	7,0E-02	1,0E-01	≤ 4,3E+00	6,0E-01	5,6	160,62	
	04/12/20	Mensuelle	≤ 3,1E-02	≤ 7,1E-02	6,0E+00	6,0E-01	5,6	160,70	
	PO165	06/01/20	Mensuelle	1,1E-01	1,5E-01	3,8E+00	1,8E+00	6,8	
05/02/20		Mensuelle	5,4E-02	1,2E-01	5,8E+00	1,6E+00	6,4	120,22	
05/03/20		Mensuelle	4,7E-02	1,0E-01	5,1E+00	1,3E+00	6,3	120,27	
02/04/20		Mensuelle	3,4E-02	1,1E-01	4,4E+00	1,7E+00	6,2	118,02	
05/05/20		Mensuelle	1,0E-01	1,9E-01	4,5E+00	1,8E+00	6,4	116,71	
02/06/20		Mensuelle	8,0E-02	1,6E-01	8,6E+00	2,1E+00	6,6	116,26	
06/07/20		Mensuelle	1,0E-01	1,9E-01	4,3E+00	1,9E+00	6,1	115,88	
04/08/20		Mensuelle	6,4E-02	1,2E-01	5,0E+00	2,1E+00	6,3	115,65	
01/09/20		Mensuelle	3,9E-02	1,2E-01	4,9E+00	2,1E+00	6,3	115,48	
02/10/20		Mensuelle	6,6E-02	1,6E-01	4,1E+00	2,3E+00	6,2	115,33	
03/11/20		Mensuelle	5,6E-02	1,3E-01	7,0E+00	1,6E+00	6,6	120,20	
01/12/20		Mensuelle	2,3E-02	7,8E-02	4,2E+00	2,0E+00	6,2	118,62	
06/01/20		Mensuelle	6,4E-02	2,2E-01	5,3E+00	2,1E+00	6,6	120,75	
05/02/20		Mensuelle	5,6E-02	1,3E-01	7,9E+00	2,0E+00	6,7	120,80	
PO166	06/03/20	Mensuelle	5,6E-02	1,4E-01	6,4E+00	1,8E+00	6,0	121,41	2,0E+01
	02/04/20	Mensuelle	5,4E-02	1,6E-01	8,1E+00	1,8E+00	6,3	120,55	
	05/05/20	Mensuelle	7,9E-02	1,4E-01	1,5E+01	2,1E+00	7,0	119,75	
	02/06/20	Mensuelle	2,7E-02	8,8E-02	1,2E+01	2,4E+00	6,4	119,42	
	06/07/20	Mensuelle	4,9E-02	1,1E-01	4,2E+01	2,2E+00	6,2	119,17	
	04/08/20	Mensuelle	5,5E-02	1,4E-01	4,5E+01	2,6E+00	6,4	119,00	
	01/09/20	Mensuelle	7,0E-02	1,5E-01	3,5E+01	2,6E+00	6,6	118,87	
	06/10/20	Mensuelle	6,3E-02	1,7E-01	3,7E+01	2,6E+00	6,5	118,91	
	03/11/20	Mensuelle	4,8E-02	1,6E-01	2,5E+01	2,5E+00	6,5	120,65	
	01/12/20	Mensuelle	5,1E-02	1,1E-01	5,1E+00	2,5E+00	6,0	120,40	
	06/01/20	Mensuelle	≤ 1,9E-02	8,4E-02	7,5E+01	2,3E+00	6,8	115,22	
	05/02/20	Mensuelle	≤ 1,9E-02	6,9E-02	7,0E+01	2,0E+00	6,4	115,40	
	05/03/20	Mensuelle	≤ 1,9E-02	9,9E-02	6,9E+01	1,9E+00	6,5	115,50	
	02/04/20	Mensuelle	≤ 1,9E-02	9,5E-02	7,4E+01	1,9E+00	6,1	115,16	
06/05/20	Mensuelle	≤ 1,8E-02	9,9E-02	6,5E+01	2,1E+00	6,6	115,00		
02/06/20	Mensuelle	≤ 1,8E-02	1,1E-01	7,4E+01	2,5E+00	6,2	114,94		
03/07/20	Mensuelle	≤ 1,8E-02	1,0E-01	7,7E+01	2,0E+00	5,9	114,92		
04/08/20	Mensuelle	≤ 1,9E-02	1,0E-01	7,3E+01	2,3E+00	6,3	114,88		
01/09/20	Mensuelle	≤ 1,9E-02	1,3E-01	6,5E+01	2,3E+00	6,3	114,85		
02/10/20	Mensuelle	≤ 1,9E-02	1,2E-01	7,0E+01	2,5E+00	6,5	114,77		
03/11/20	Mensuelle	5,8E-02	1,4E-01	6,7E+01	2,4E+00	6,7	115,25		
01/12/20	Mensuelle	2,6E-02	1,2E-01	6,6E+01	2,6E+00	6,2	115,16		

Tableau 9-34 Résultats des analyses radiologiques courantes des eaux souterraines extérieures au Centre (5/5)

Point de prélèvement	Date de prélèvement	Indice alpha global Bq/L	Indice bêta global Bq/L	Tritium Bq/L	Potassium mg/L	pH	Volume pompé m ³
EVT-7	07/01/2020	≤ 3,5E-01	≤ 7,3E-01	4,0E+01	3,5	6,2	1600
	14/01/2020	≤ 3,5E-01	≤ 7,3E-01	3,4E+01	7,3	6,3	1550
	21/01/2020	≤ 3,5E-01	≤ 7,3E-01	3,5E+01	3,7	6,1	2600
	28/01/2020	≤ 3,5E-01	≤ 7,3E-01	3,2E+01	4,8	6,3	1700
	04/02/2020	≤ 3,5E-01	≤ 7,3E-01	4,0E+01	5,5	6,4	1600
	10/02/2020	≤ 3,5E-01	≤ 7,3E-01	2,9E+01	3,7	6,3	1500
	19/02/2020	≤ 3,5E-01	≤ 7,3E-01	3,1E+01	4,8	6,2	2150
	27/02/2020	≤ 3,5E-01	≤ 7,3E-01	3,5E+01	7,4	6,3	1950
	05/03/2020	≤ 3,5E-01	≤ 7,1E-01	2,2E+01	14,3	6,5	1850
	11/03/2020	≤ 3,5E-01	≤ 7,3E-01	2,8E+01	4,6	6,3	1550
	18/03/2020	≤ 3,5E-01	≤ 7,3E-01	3,4E+01	2,4	6,2	1800
	24/03/2020	≤ 3,5E-01	≤ 7,3E-01	3,0E+01	3,4	6,0	1500
	03/04/2020	≤ 3,5E-01	≤ 7,3E-01	3,4E+01	3,3	6,1	2300
	05/05/2020	≤ 3,6E-01	≤ 7,8E-01	3,8E+01	3,2	6,2	6300
	02/06/2020	≤ 3,5E-01	≤ 7,2E-01	4,1E+01	3,1	6,3	4800
	02/07/2020	≤ 3,5E-01	≤ 7,3E-01	3,2E+01	5,2	6,3	4950
	06/08/2020	≤ 3,2E-01	≤ 7,2E-01	3,2E+01	2,2	6,1	5450
	01/09/2020	≤ 3,2E-01	≤ 7,3E-01	3,6E+01	3,1	6,0	3900
	05/10/2020	≤ 3,6E-01	≤ 7,8E-01	2,6E+01	8,5	6,3	5150
	04/11/2020	≤ 3,2E-01	≤ 7,3E-01	3,1E+01	4,3	6,3	6150
02/12/2020	≤ 3,2E-01	≤ 7,3E-01	2,9E+01	3,8	6,2	6750	
06/01/2021	≤ 3,2E-01	≤ 7,2E-01	2,3E+01	9,8	6,7	9250	
Somme							76350

La fréquence hebdomadaire au point de contrôle EVT-7 est passée en fréquence mensuelle à partir d'avril 2020.

Tableau 9-35 Calcul des ordres de grandeurs caractérisant les piézomètres du CSM

Piézomètre	Moy alpha Bq/L	Min alpha Bq/L	Max alpha Bq/L	Moy bêta Bq/L	Min bêta Bq/L	Max bêta Bq/L	Moy tritium Bq/L	Min tritium Bq/L	Max tritium Bq/L
PO001	0,13	0,06	0,28	0,18	0,11	0,32	5,0	3,2	7,8
PO031	0,05	0,04	0,05	0,15	0,12	0,18	2,2	2,1	2,2
PO113	0,02	0,02	0,04	0,11	0,08	0,13	58	28	91
PO114	0,15	0,08	0,25	0,26	0,15	0,43	443	128	1370
PO115	0,03	0,02	0,05	0,13	0,08	0,17	33	26	37
PO116	0,02	0,02	0,02	0,06	0,04	0,09	3,5	2,2	5,9
PO117	0,02	0,02	0,05	0,18	0,09	0,21	685	280	860
PO120	0,22	0,17	0,27	0,39	0,30	0,49	10491	3270	15400
PO131	0,14	0,09	0,18	0,31	0,23	0,39	39683	34400	48200
PO132	0,09	0,08	0,10	0,17	0,11	0,21	1668	1410	2070
PO133	0,04	0,03	0,06	0,13	0,10	0,16	441	202	1000
PO134	0,02	0,02	0,03	0,10	0,08	0,13	253	86	570
PO135	0,03	0,02	0,05	0,13	0,08	0,19	342	250	479
PO136	0,05	0,03	0,09	0,27	0,21	0,37	3321	900	5050
PO137	0,02	0,02	0,03	0,17	0,14	0,21	5129	4790	5700
PO138	0,02	0,02	0,03	0,16	0,10	0,20	791	409	1100
PO139	0,09	0,06	0,16	0,33	0,22	0,41	782	378	1200
PO140	0,04	0,02	0,06	0,36	0,20	0,54	2068	900	3370
PO142	0,05	0,04	0,06	0,19	0,13	0,27	128	47	200
PO143	0,14	0,09	0,19	0,19	0,16	0,22	926	210	1690
PO150	0,11	0,03	0,21	0,21	0,09	0,37	19	9,0	27
PO151	0,04	0,03	0,04	0,08	0,06	0,10	7,6	3,7	11
PO152	0,02	0,02	0,03	0,08	0,06	0,10	47	35	61
PO153	0,05	0,03	0,09	0,14	0,10	0,21	1822	351	4550
PO154	0,22	0,12	0,36	0,42	0,22	0,62	7,7	4,3	11,7
PO155	0,09	0,02	0,17	0,14	0,08	0,24	18	3,4	37
PO156	0,14	0,09	0,21	0,21	0,13	0,35	266	45	540
PO157	0,08	0,04	0,12	0,14	0,11	0,16	36	11	93
PO158	0,07	0,02	0,17	0,11	0,04	0,19	10	4,1	19
PO159	0,04	0,02	0,05	0,09	0,06	0,12	4,4	2,0	7,2
PO160	0,27	0,20	0,33	0,20	0,14	0,27	3,5	3,1	3,8
PO161	0,17	0,14	0,20	0,15	0,12	0,19	3,6	2,2	4,9
PO162	0,08	0,05	0,11	0,13	0,10	0,17	2,1	2,0	2,2
PO165	0,06	0,02	0,11	0,14	0,08	0,19	5,1	3,8	8,6
PO166	0,06	0,03	0,08	0,14	0,09	0,22	20	5	45
PO167	0,02	0,02	0,06	0,11	0,07	0,14	70	65	77
PO168	0,04	0,02	0,09	0,24	0,15	0,37	30	25	33
PO170	0,19	0,12	0,25	0,26	0,25	0,27	2,3	2,0	2,6
PO171	0,05	0,02	0,08	0,11	0,09	0,13	108	71	191
PO172	0,05	0,03	0,11	0,11	0,07	0,14	97	66	125
PO173	0,06	0,03	0,13	0,15	0,08	0,23	2,4	2,0	4,8
PO174	0,12	0,03	0,25	0,23	0,11	0,54	12	8,1	19
PO175	0,25	0,25	0,25	0,33	0,32	0,33	2,5	2,4	2,6
PO176	0,04	0,04	0,04	0,09	0,07	0,12	2,3	2,1	2,4
PO177	0,05	0,05	0,05	0,11	0,08	0,14	2,7	2,2	3,1
PO178	0,07	0,07	0,07	0,12	0,11	0,13	5,7	4,7	6,6
PO179	0,08	0,07	0,09	0,15	0,13	0,17	2,5	2,2	2,7
PO180	0,09	0,03	0,24	0,22	0,10	0,43	925	600	1230
PZ320	0,03	0,03	0,04	0,09	0,07	0,13	2,0	1,9	2,1
PZ321	0,04	0,03	0,07	0,12	0,07	0,18	108	36	160
PZ322	0,04	0,03	0,06	0,11	0,07	0,16	12	6,0	22
PZ324	0,04	0,03	0,06	0,09	0,07	0,19	13	6	17
PZ326	0,04	0,03	0,09	0,09	0,07	0,15	219	170	270
PZ340	0,06	0,03	0,10	0,08	0,07	0,11	42	30	60
PZ355	0,33	0,21	0,46	0,50	0,31	0,72	7,0	5,0	12
PZ358	0,14	0,07	0,26	0,14	0,07	0,24	3758	3400	4000
PZ359	0,13	0,03	0,28	0,25	0,10	0,53	9,8	6,0	17
PZ371	0,24	0,08	0,41	0,25	0,15	0,45	548	400	610
PZ379	0,03	0,03	0,04	0,08	0,07	0,11	48	27	60
PZ700	0,04	0,03	0,04	0,14	0,07	0,25	221	110	310
PZ705	0,04	0,03	0,08	0,13	0,07	0,22	5,3	4,3	8,0
PZ711	0,27	0,10	0,63	0,39	0,21	0,86	8	4,3	15
PZ712	0,05	0,03	0,08	0,11	0,07	0,22	6,2	4,3	13
PZ715	0,05	0,03	0,13	0,15	0,07	0,49	427	170	720
Moyenne	0,09			0,18			1191,0		
Min		0,02			0,04			1,9	
Max			0,63			0,86			48200

Tableau 9-36 Résultats des analyses radiologiques annuelles à bas seuils par spectrométrie gamma des eaux souterraines

	Piézomètres	Date de prélèvement	Specrométrie gamma							
			⁴⁰ K Bq/L	⁶⁰ Co Bq/L	⁹⁴ Nb Bq/L	^{108m} Ag Bq/L	^{110m} Ag Bq/L	¹²⁹ I Bq/L	¹³⁴ Cs Bq/L	¹³⁷ Cs Bq/L
Recharge (Zone 1)	PO159	14/05/2020	4,30E-01 +/- 1,00E-01	≤7,50E-03	≤7,20E-03	≤8,40E-03	≤8,80E-03	≤4,00E-03	≤8,30E-03	≤7,00E-03
	PO001	13/05/2020	≤1,50E-01	≤8,30E-03	≤9,10E-03	≤9,60E-03	≤1,10E-02	≤5,70E-02	≤1,00E-02	≤9,60E-03
Zone Sud-Ouest (zone 2)	PO173	13/05/2020	1,50E-01 +/- 1,20E-01	≤8,20E-03	≤7,10E-03	≤7,10E-03	≤9,00E-03	≤3,40E-02	≤8,10E-03	≤7,50E-03
	PO174	13/05/2020	≤1,50E-01	≤7,80E-03	≤8,40E-03	≤8,90E-03	≤9,90E-03	≤5,80E-02	≤1,00E-02	≤9,30E-03
Zone nord-est (zone 3)	PO140	15/05/2020	1,80E-01 +/- 1,70E-01	≤8,60E-03	≤8,70E-03	≤9,60E-03	≤1,20E-02	≤5,70E-02	≤1,00E-02	≤9,50E-03
	PO137	14/05/2020	≤1,00E-01	≤8,20E-03	≤7,20E-03	≤7,20E-03	≤1,00E-02	≤3,50E-02	≤7,80E-03	≤7,20E-03
	PO138	15/05/2020	≤1,50E-01	≤8,20E-03	≤8,60E-03	≤8,90E-03	≤1,10E-02	≤5,70E-02	≤1,00E-02	≤9,20E-03
	PO113	14/05/2020	≤1,20E-01	≤8,50E-03	≤8,40E-03	≤8,60E-03	≤1,00E-02	≤5,30E-02	≤9,40E-03	≤8,10E-03
	PZ700	14/05/2020	≤1,00E-01	≤8,30E-03	≤7,20E-03	≤6,90E-03	≤9,80E-03	≤3,30E-02	≤8,20E-03	≤7,10E-03
Zone nord-ouest (zone 4)	PO131	13/05/2020	≤9,60E-02	≤7,80E-03	≤7,20E-03	≤8,60E-03	≤9,90E-03	≤4,00E-02	≤8,50E-03	≤7,20E-03
	PO180	14/05/2020	2,00E-01 +/- 1,70E-01	≤8,40E-03	≤8,90E-03	≤9,80E-03	≤1,20E-02	≤5,80E-02	≤1,10E-02	≤9,80E-03
	PO168	14/05/2020	4,30E-01 +/- 2,80E-01	≤6,30E-03	≤7,40E-03	≤7,20E-03	≤9,20E-03	≤3,50E-02	≤7,70E-03	≤7,20E-03

	Piézomètres	Date de prélèvement	Specrométrie gamma							
			²¹⁰ Pb Bq/L	²¹² Pb Bq/L	²¹⁴ Pb Bq/L	²²⁶ Ra Bq/L	²²⁸ Ac Bq/L	²³⁴ Th Bq/L	²⁴¹ Am Bq/L	²³⁵ U Bq/L
Recharge (Zone 1)	PO159	14/05/2020	≤7,70E-02	≤1,40E-02	≤1,80E-02	≤1,50E-01	≤2,50E-02	≤8,10E-02	≤9,80E-03	≤4,40E-02
	PO001	13/05/2020	≤1,10E-01	4,00E-02 +/- 3,20E-02	5,10E-02 +/- 3,20E-02	2,30E-01 +/- 1,80E-01	≤3,50E-02	≤9,50E-02	≤1,20E-02	≤4,80E-02
Zone Sud-Ouest (zone 2)	PO173	13/05/2020	≤7,10E-02	≤9,70E-03	≤1,50E-02	≤1,60E-01	3,90E-02 +/- 2,80E-02	≤7,90E-02	≤6,90E-03	≤3,20E-02
	PO174	13/05/2020	≤1,00E-01	≤1,40E-02	≤2,20E-02	≤1,50E-01	≤3,30E-02	≤9,30E-02	≤1,10E-02	≤4,20E-02
Zone nord-est (zone 3)	PO140	15/05/2020	≤1,10E-01	≤1,50E-02	≤2,00E-02	≤1,70E-01	≤3,40E-02	≤9,40E-02	≤1,20E-02	≤4,90E-02
	PO137	14/05/2020	≤6,90E-02	≤9,70E-03	3,10E-02 +/- 1,80E-02	≤1,60E-01	≤2,80E-02	≤8,00E-02	≤6,90E-03	≤3,20E-02
	PO138	15/05/2020	≤1,00E-01	≤1,40E-02	≤2,10E-02	≤1,50E-01	≤3,30E-02	≤9,20E-02	≤1,10E-02	≤4,20E-02
	PO113	14/05/2020	≤9,70E-02	1,40E-02 +/- 5,00E-03	≤2,30E-02	≤1,50E-01	≤2,90E-02	≤9,20E-02	≤1,10E-02	≤4,00E-02
	PZ700	14/05/2020	≤6,90E-02	≤9,60E-03	≤1,50E-02	≤1,60E-01	≤2,90E-02	≤7,90E-02	≤6,80E-03	≤3,10E-02
Zone nord-ouest (zone 4)	PO131	13/05/2020	≤7,90E-02	≤1,40E-02	≤1,80E-02	≤1,50E-01	1,00E-01 +/- 3,00E-02	≤9,50E-02	≤9,70E-03	≤4,40E-02
	PO180	14/05/2020	≤1,10E-01	1,30E-02 +/- 6,00E-03	7,50E-02 +/- 3,30E-02	≤1,70E-01	≤3,80E-02	≤9,60E-02	≤1,20E-02	≤4,80E-02
	PO168	14/05/2020	≤6,90E-02	≤9,70E-03	≤1,50E-02	≤1,60E-01	6,80E-02 +/- 2,50E-02	≤8,00E-02	≤6,80E-03	≤3,20E-02

Tableau 9-37 Résultats des analyses radiologiques annuelles à bas seuils par scintillation liquide des eaux souterraines

	Piézomètres	Date de prélèvement	Scintillation liquide					
			³ H Bq/L	¹⁴ C Bq/L	³⁶ Cl Bq/L	⁶³ Ni Bq/L	⁹⁰ Sr Bq/L	⁹⁹ Tc Bq/L
Recharge (Zone 1)	PO159	14/05/2020	1,30E+01 +/- 4,00E+00	≤1,80E+00	≤2,90E-01	≤4,10E-02	≤2,90E-02	≤2,90E-02
	PO001	13/05/2020	7,50E+00 +/- 3,70E+00	≤2,00E+00	≤2,90E-01	≤4,20E-02	≤3,20E-02	≤3,00E-02
Zone Sud- Ouest (zone 2)	PO173	13/05/2020	≤2,50E+00	≤1,50E+00	≤3,10E-01	≤3,60E-02	≤3,10E-02	≤2,90E-02
	PO174	13/05/2020	1,80E+01 +/- 4,00E+00	≤1,50E+00	≤3,10E-01	≤4,10E-02	≤4,00E-02	≤2,80E-02
Zone nord-est (zone 3)	PO140	15/05/2020	2,70E+03 +/- 3,00E+02	≤2,00E+00	≤2,10E-01	≤3,90E-02	≤2,40E-02	≤2,80E-02
	PO137	14/05/2020	4,00E+03 +/- 4,00E+02	≤1,90E+00	≤2,10E-01	≤3,80E-02	≤2,60E-02	≤3,00E-02
	PO138	15/05/2020	4,20E+02 +/- 5,00E+01	3,30E+00 +/- 2,10E+00	≤2,10E-01	≤3,70E-02	≤2,40E-02	≤2,80E-02
	PO113	14/05/2020	6,60E+01 +/- 9,00E+00	≤1,90E+00	≤3,10E-01	≤4,10E-02	≤3,50E-02	≤3,10E-02
	PZ700	14/05/2020	3,20E+02 +/- 4,00E+01	≤2,10E+00	≤2,10E-01	≤3,60E-02	≤2,30E-02	≤2,90E-02
Zone nord- ouest (zone 4)	PO131	13/05/2020	5,10E+04 +/- 6,00E+03	3,70E+00 +/- 2,10E+00	≤2,10E-01	≤3,80E-02	≤2,20E-02	≤3,00E-02
	PO180	14/05/2020	6,00E+02 +/- 7,00E+01	≤1,70E+00	≤2,10E-01	≤3,90E-02	≤2,20E-02	≤2,90E-02
	PO168	14/05/2020	3,50E+01 +/- 7,00E+00	≤2,70E+00	≤3,00E-01	≤4,00E-02	≤2,60E-02	≤3,00E-02

Tableau 9-38 Résultats des analyses physico-chimiques semestrielles des eaux souterraines de la zone 1

Paramètres	Unités	Zone 1						
		Piezomètres intérieurs						
		PO001		PO160		PO175		
Date de prélèvement		11/02/2020	07/10/2020	11/02/2020	07/10/2020	11/02/2020	07/10/2020	
Paramètres physico-chimiques	pH	UpH	5,2 +/- 0,2	4,9 +/- 0,2	5,8 +/- 0,2	5,5 +/- 0,2	5,4 +/- 0,2	5,3 +/- 0,2
	Conductivité	µS/cm	351 +/- 11	345 +/- 10	193 +/- 6	174 +/- 5	242 +/- 7	179 +/- 5
	Oxygène dissous	mg/L	4,5 +/- 0,1	6,2 +/- 0,1	8,1 +/- 0,1	9,6 +/- 0,1	8,7 +/- 0,1	6,8 +/- 0,1
	Température	°C	11 +/- 1	13 +/- 1	11 +/- 1	13 +/- 1	11 +/- 1	12 +/- 1
	Potentiel redox	mV/ENH	522 +/- 21	627 +/- 25	502 +/- 20	543 +/- 22	555 +/- 22	612 +/- 24
	COD	mg/L	2,1 +/- 0,2	1,6 +/- 0,1	1,5 +/- 0,1	0,6 +/- 0,1	0,9 +/- 0,2	0,6 +/- 0,1
	DCO	mg/L	11 +/- 1	15 +/- 1	5,0 +/- 0,6	<5,0	<5,0	<5,0
	MES	mg/L	16 +/- 1	22 +/- 1	4,0 +/- 0,2	7,0 +/- 0,4	43 +/- 2	160 +/- 8
	Éléments majeurs	Calcium	mg/L	3,4 +/- 0,8	4,9 +/- 1,2	2,1 +/- 0,5	2,8 +/- 0,7	1,6 +/- 0,4
Chlorures		mg/L	70 +/- 4	70 +/- 4	40 +/- 2	37 +/- 2	41 +/- 2	33 +/- 2
Nitrates		mg/L	24 +/- 1	23 +/- 1,2	8,3 +/- 0,4	6,5 +/- 0,3	15 +/- 1	12 +/- 0,6
Potassium		mg/L	1,0 +/- 0,3	1,2 +/- 0,4	0,66 +/- 0,22	0,70 +/- 0,24	0,57 +/- 0,19	1,8 +/- 0,6
Sulfates		mg/L	25 +/- 1	24 +/- 1	11 +/- 1	8,3 +/- 0,4	27 +/- 1	9,2 +/- 0,5
Substances indésirables	Aluminium dissous	µg/L	110 +/- 6	130 +/- 7	15 +/- 1	8,0 +/- 0,4	14 +/- 1	12 +/- 1
	Azote NTK	mgN/L	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
	Azote global	mg/L	<5,9	<5,7	<2,4	<2,0	<3,9	<3,2
	Baryum dissous	µg/L	24 +/- 1	24 +/- 1	6,0 +/- 1,2	5,0 +/- 1,0	20 +/- 1	23 +/- 1
	Bore dissous	µg/L	19 +/- 1	23 +/- 1	20 +/- 1	20 +/- 1	17 +/- 1	15 +/- 1
	Cuivre dissous	µg/L	1,6 +/- 0,2	1,5 +/- 0,2	1,4 +/- 0,2	<1	<1	<1
	Fer dissous	µg/L	2,0 +/- 0,4	5,0 +/- 1,0	4,0 +/- 0,8	<2	<2	<2
	Manganese dissous	µg/L	38 +/- 1,9	44 +/- 2,2	10 +/- 1	6,0 +/- 0,3	5,0 +/- 0,3	6,0 +/- 0,3
	Nitrites	µg/L	4,0 +/- 0,2	3,0 +/- 0,2	3,0 +/- 0,2	<1	<1	<1
	Phosphore total	mg/L	0,048 +/- 0,002	0,074 +/- 0,004	0,048 +/- 0,002	0,023 +/- 0,001	<0,01	0,032 +/- 0,002
	Phosphates	mg/L	0,044 +/- 0,002	0,084 +/- 0,004	0,068 +/- 0,003	0,023 +/- 0,001	<0,01	0,039 +/- 0,002
Toxiques chimiques	Arsenic dissous	µg/L	1,6 +/- 0,2	2,0 +/- 0,2	<0,2	<0,8	<0,2	<0,8
	Cadmium dissous	µg/L	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
	Chrome dissous	µg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	Cyanures dissous	µg/L	<5	<5	<5	<5	<5	<5
	Etain dissous	µg/L	<5	<5	<5	<5	<5	<5
	Mercure dissous	µg/L	0,050 +/- 0,003	0,11 +/- 0,01	<0,01	<0,01	0,068 +/- 0,003	0,22 +/- 0,01
	Mercure total	µg/L	0,050 +/- 0,003	1,0 +/- 0,1	<0,01	<0,01	0,19 +/- 0,01	0,40 +/- 0,02
	Nickel dissous	µg/L	4,0 +/- 0,4	3,8 +/- 0,3	2,6 +/- 0,2	2,1 +/- 0,2	2,9 +/- 0,3	2,2 +/- 0,2
	Plomb dissous	µg/L	1,7 +/- 0,1	0,5 +/- 0,3	0,5 +/- 0,3	<0,4	<0,4	<0,4
	Uranium dissous	µg/L	<4	<4	<2	<4	<2	<4
	Zinc dissous	µg/L	57 +/- 3	86 +/- 4	8,0 +/- 0,4	<2	3,0 +/- 1,2	2,4 +/- 1,0
	Hydrocarbures totaux	µg/L	<10	10 +/- 2	<10	<10	<10	<10
	HAP Benzo(a)pyrène	µg/L	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
	HAP Benzo(b)fluoranthène	µg/L	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010
	HAP Benzo(ghi)pérylène	µg/L	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010
	HAP Benzo(k)fluoranthène	µg/L	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010
	HAP Fluoranthène	µg/L	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010
HAP Indéno(1,2,3-cd)pyrène	µg/L	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	
Somme des HAP(6)	µg/L	<0,012	<0,023	<0,012	<0,023	<0,012	<0,023	

valeurs inférieures aux valeurs seuils de l'arrêté modifié du 17/12/2008 [17]

Tableau 9-39 Résultats des analyses physico-chimiques semestrielles des eaux souterraines de la zone 2

Paramètres	Unités	Zone 2						
		Piezomètres intérieurs				Piézomètre extérieur		
		PO172		PO174		EVT-7	EVT-7	
Date de prélèvement		11/02/2020	07/10/2020	11/02/2020	07/10/2020	11/02/2020	07/10/2020	
Paramètres physico-chimiques	pH	UpH	5,6 +/- 0,2	5,5 +/- 0,2	5,7 +/- 0,2	5,5 +/- 0,2	6,1 +/- 0,2	6,7 +/- 0,3
	Conductivité	µS/cm	227 +/- 7	224 +/- 7	191 +/- 6	190 +/- 6	286 +/- 9	227 +/- 7
	Oxygène dissous	mg/L	7,1 +/- 0,1	7,7 +/- 0,1	7,1 +/- 0,1	7,2 +/- 0,1	9,2 +/- 0,1	8,3 +/- 0,1
	Température	°C	11 +/- 1	12 +/- 1	12 +/- 1	13 +/- 1	14 +/- 1	19 +/- 1
	Potentiel redox	mV/ENH	511 +/- 20	582 +/- 23	501 +/- 20	603 +/- 24	540 +/- 22	539 +/- 22
	COD	mg/L	1,7 +/- 0,2	0,5 +/- 0,1	1,1 +/- 0,1	0,5 +/- 0,1	0,60 +/- 0,11	0,80 +/- 0,15
	DCO	mg/L	<5	<5	<5	<5	<5	<5
	MES	mg/L	10 +/- 1	6,0 +/- 0,3	600 +/- 30	51 +/- 3	<2	4,0 +/- 0,2
Éléments majeurs	Calcium	mg/L	3,0 +/- 0,7	4,5 +/- 1,1	2,7 +/- 0,6	4,2 +/- 1,0	5,6 +/- 1,3	9,2 +/- 2,2
	Chlorures	mg/L	44 +/- 2	44,0 +/- 2,2	38 +/- 2	35,0 +/- 1,8	47 +/- 2	47 +/- 2
	Nitrates	mg/L	13 +/- 1	14 +/- 0,7	9,8 +/- 0,5	8,4 +/- 0,42	10 +/- 1	9,8 +/- 0,5
	Potassium	mg/L	1,1 +/- 0,4	1,6 +/- 0,5	2,8 +/- 1,0	1,3 +/- 0,4	2,4 +/- 0,8	5,5 +/- 1,9
	Sulfates	mg/L	13 +/- 1	11 +/- 1	12 +/- 1	11 +/- 1	23 +/- 1	21 +/- 1
Substances indésirables	Aluminium dissous	µg/L	7,0 +/- 0,4	6,5 +/- 0,3	8,0 +/- 0,4	7,5 +/- 0,4	14 +/- 1	10 +/- 1
	Azote NTK	mg/L	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
	Azote global	mg/L	<3,4	<3,7	<2,7	<2,4	<2,8	<2,7
	Baryum dissous	µg/L	22 +/- 1	24 +/- 1	19 +/- 1	21 +/- 1	30 +/- 2	31 +/- 2
	Bore dissous	µg/L	14 +/- 1	16 +/- 1	15 +/- 1	16 +/- 1	17 +/- 1	20 +/- 1
	Cuivre dissous	µg/L	<1	<1	<1	<1	1,2 +/- 0,2	<1
	Fer dissous	µg/L	<2	<2	<2	<2	<2	<2
	Manganese dissous	µg/L	1,0 +/- 0,2	1,9 +/- 0,38	1,0 +/- 0,2	1,8 +/- 0,36	3,0 +/- 0,2	2,4 +/- 0,1
	Nitrites	µg/L	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	6,0 +/- 0,3	1,0 +/- 0,1
	Phosphore total	mg/L	<0,01	0,027 +/- 0,001	0,16 +/- 0,01	0,034 +/- 0,002	0,050 +/- 0,003	0,040 +/- 0,002
	Phosphates	mg/L	<0,01	0,043 +/- 0,002	0,072 +/- 0,004	0,088 +/- 0,004	0,096 +/- 0,005	0,035 +/- 0,002
Toxiques chimiques	Arsenic dissous	µg/L	<0,2	<0,8	<0,2	<0,8	<0,2	<0,8
	Cadmium dissous	µg/L	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
	Chrome dissous	µg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	Cyanures dissous	µg/L	<5	<5	<5	<5	<5	<5
	Etain dissous	µg/L	<5	<5	<5	<5	<5	<5
	Mercure dissous	µg/L	0,010 +/- 0,001	<0,01	<0,01	<0,01	0,02 +/- 0,00	0,01 +/- 0,00
	Mercure total	µg/L	0,028 +/- 0,001	0,026 +/- 0,001	0,060 +/- 0,003	0,013 +/- 0,001	0,12 +/- 0,01	0,18 +/- 0,01
	Nickel dissous	µg/L	1,8 +/- 0,2	1,3 +/- 0,1	1,5 +/- 0,1	1,5 +/- 0,1	1,70 +/- 0,15	1,70 +/- 0,15
	Plomb dissous	µg/L	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
	Uranium dissous	µg/L	<4	<4	<4	<4	<4	<4
	Zinc dissous	µg/L	2,0 +/- 0,8	<2	3,0 +/- 1,2	<2	30 +/- 2	32 +/- 2
	Hydrocarbures totaux	µg/L	<10	<10	<10	<10	<10	<10
	HAP Benzo(a)pyrène	µg/L	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010
	HAP Benzo(b)fluoranthène	µg/L	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010
	HAP Benzo(ghi)pérylène	µg/L	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010
	HAP Benzo(k)fluoranthène	µg/L	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010
	HAP Fluoranthène	µg/L	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010
	HAP Indéno(1,2,3-cd)pyrène	µg/L	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010
Somme des HAP(6)	µg/L	<0,012	<0,021	<0,012	<0,021	<0,024	<0,024	

valeurs inférieures aux valeurs seuils de l'arrêté modifié du 17/12/2008 [17]

Tableau 9-40 Résultats des analyses physico-chimiques semestrielles des eaux souterraines de la zone 3

		Zone 3																			
Paramètres	Unités	Piezomètres intérieurs								Piezomètres extérieurs											
		PO139		PO142		PO156		PO158		PO113		PO114		PO115		PZ700		PZ715			
Date de prélèvement		11/02/2020	07/10/2020	11/02/2020	07/10/2020	11/02/2020	07/10/2020	11/02/2020	07/10/2020	11/02/2020	06/10/2020	11/02/2020	06/10/2020	11/02/2020	06/10/2020	11/02/2020	06/10/2020	11/02/2020	06/10/2020		
Paramètres physico-chimiques	pH	UpH	5,5 +/- 0,2	5,8 +/- 0,2	5,1 +/- 0,2	5,3 +/- 0,2	5,8 +/- 0,2	5,4 +/- 0,2	6,2 +/- 0,3	6,0 +/- 0,2	5,70 +/- 0,23	5,50 +/- 0,22	5,30 +/- 0,21	5,50 +/- 0,22	6,00 +/- 0,24	5,70 +/- 0,23	6,70 +/- 0,27	6,50 +/- 0,26	5,70 +/- 0,23	5,40 +/- 0,22	
	Conductivité	µS/cm	215 +/- 6	222 +/- 7	171 +/- 5	170 +/- 5	177 +/- 5	177 +/- 5	192 +/- 6	205 +/- 6	184 +/- 6	182 +/- 5	252 +/- 8	185 +/- 6	212 +/- 6	217 +/- 7	282 +/- 8	259 +/- 8	249 +/- 7	280 +/- 8	
	Oxygène dissous	mg/L	5,6 +/- 0,1	7,5 +/- 0,1	7,4 +/- 0,1	9,0 +/- 0,1	8,2 +/- 0,1	7,3 +/- 0,1	8,0 +/- 0,1	5,7 +/- 0,1	8,4 +/- 0,1	7,6 +/- 0,1	7,2 +/- 0,1	8,4 +/- 0,1	6,8 +/- 0,1	4,2 +/- 0,1	3,5 +/- 0,1	4,2 +/- 0,1	8,5 +/- 0,1	8,6 +/- 0,1	
	Température	°C	11 +/- 1	13 +/- 1	11 +/- 1	13 +/- 1	11 +/- 1	13 +/- 1	12 +/- 1	13 +/- 1	11 +/- 1	12 +/- 1	11 +/- 1	12 +/- 1	10 +/- 1	12 +/- 1	11 +/- 1	12 +/- 1	10 +/- 1	12 +/- 1	
	Potentiel redox	mV/ENH	506 +/- 20	621 +/- 25	511 +/- 20	587 +/- 23	571 +/- 23	574 +/- 23	529 +/- 21	470 +/- 19	502 +/- 20	560 +/- 22	537 +/- 21	473 +/- 19	516 +/- 21	498 +/- 20	302 +/- 12	359 +/- 14	483 +/- 19	592 +/- 24	
	COD	mg/L	2,3 +/- 0,2	2,0 +/- 0,2	1,8 +/- 0,2	1,0 +/- 0,2	1,2 +/- 0,1	0,5 +/- 0,1	1,8 +/- 0,2	0,5 +/- 0,1	1,3 +/- 0,1	1,1 +/- 0,1	1,3 +/- 0,1	0,9 +/- 0,2	1,0 +/- 0,2	1,3 +/- 0,1	0,7 +/- 0,1	0,8 +/- 0,1	0,9 +/- 0,2	0,7 +/- 0,1	
	DCO	mg/L	30,0 +/- 2,4	8,0 +/- 1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	5,0 +/- 0,6	<5,0	<5,0	8,0 +/- 1,0	<5,0	<5,0	5,0 +/- 0,6	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	
	MES	mg/L	17,0 +/- 0,9	8,0 +/- 0,4	3,0 +/- 0,2	3,0 +/- 0,2	8,0 +/- 0,4	8,0 +/- 0,4	5,0 +/- 0,3	7,0 +/- 0,4	22 +/- 1	3,0 +/- 0,2	49 +/- 3	51 +/- 3	6,0 +/- 0,3	4,0 +/- 0,2	14 +/- 1	39 +/- 2	4,0 +/- 0,2	6,0 +/- 0,3	
	Éléments majeurs	Calcium	mg/L	5,0 +/- 1,2	10,0 +/- 2,4	0,8 +/- 0,2	1,0 +/- 0,2	2,2 +/- 0,5	3,4 +/- 0,8	5,4 +/- 1,3	10,0 +/- 2,4	1,6 +/- 0,4	3,6 +/- 0,9	2,5 +/- 0,6	3,0 +/- 0,7	2,6 +/- 0,6	4,4 +/- 1,1	5,9 +/- 1,4	8,1 +/- 1,9	3,9 +/- 0,9	4,6 +/- 1,1
Chlorures		mg/L	33 +/- 2	35,0 +/- 1,8	31 +/- 2	29 +/- 2	41 +/- 2	35 +/- 2	34 +/- 2	35,0 +/- 1,8	34 +/- 2	35 +/- 2	51 +/- 3	39 +/- 2	42 +/- 2	40 +/- 2	48,0 +/- 2,4	45,0 +/- 2,3	38,0 +/- 1,9	48,0 +/- 2,4	
Nitrates		mg/L	16 +/- 1	18 +/- 1	8,5 +/- 0,4	10 +/- 1	9,0 +/- 0,5	10 +/- 1	6,4 +/- 0,3	2,9 +/- 0,2	8,7 +/- 0,4	12 +/- 1	25 +/- 1	18 +/- 1	22 +/- 1,1	22 +/- 1	<0,5	3,9 +/- 0,2	38 +/- 2	32 +/- 2	
Potassium		mg/L	2,1 +/- 0,7	3,6 +/- 1,2	1,4 +/- 0,5	2,0 +/- 0,7	1,0 +/- 0,3	0,70 +/- 0,24	0,45 +/- 0,15	0,80 +/- 0,27	1,6 +/- 0,5	1,9 +/- 0,6	1,9 +/- 0,6	2,0 +/- 0,7	1,5 +/- 0,5	3,1 +/- 1,1	1,7 +/- 0,6	2,3 +/- 0,8	1,0 +/- 0,3	1,9 +/- 0,6	
Sulfates		mg/L	17 +/- 1	20 +/- 1	16 +/- 1	15 +/- 1	2,9 +/- 0,2	5,7 +/- 0,3	11 +/- 1	12 +/- 1	16 +/- 1	5,9 +/- 0,3	5,8 +/- 0,3	5,0 +/- 0,3	5,7 +/- 0,3	5,5 +/- 0,3	8,5 +/- 0,4	9,1 +/- 0,5	13 +/- 1	15 +/- 1	
Substances indésirables	Aluminium dissous	µg/L	29 +/- 2	55 +/- 3	76 +/- 4	79 +/- 4	7,0 +/- 0,4	13 +/- 1	9,0 +/- 0,5	8,0 +/- 0,4	14 +/- 1	24 +/- 1	33 +/- 2	28 +/- 1	16 +/- 1	12 +/- 1	7,0 +/- 0,4	5,0 +/- 0,3	11 +/- 1	10 +/- 1	
	Azote NTK	mg/NL	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	
	Azote global	mg/L	<4,1	<4,6	<2,4	<2,8	<2,5	<2,8	<1,9	<1,2	<2,5	<3,2	<6,1	<4,6	<5,5	<5,5	<0,6	<1,4	<9,1	<7,7	
	Baryum dissous	µg/L	42 +/- 2	50 +/- 3	61 +/- 3	64 +/- 3	2,0 +/- 0,4	3,0 +/- 0,6	5,0 +/- 1,0	8,0 +/- 1,6	12 +/- 1	16 +/- 1	78 +/- 4	58 +/- 3	29 +/- 2	34 +/- 2	21 +/- 1	23 +/- 1	17 +/- 1	22 +/- 1	
	Bore dissous	µg/L	18 +/- 1	23 +/- 1	15 +/- 1	16 +/- 1	13 +/- 1	14 +/- 1	17 +/- 1	17 +/- 1	13 +/- 1	13 +/- 1	12 +/- 1	11 +/- 1	12 +/- 1	13 +/- 1	16 +/- 1	18 +/- 1	17 +/- 1	18 +/- 1	
	Cuivre dissous	µg/L	<1	<1	1,0 +/- 0,1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1,6 +/- 0,2	1,0 +/- 0,1	<1,0	1,6 +/- 0,2	<1	<1	1,1 +/- 0,1	<1	
	Fer dissous	µg/L	5,0 +/- 1,0	2,0 +/- 0,4	3,0 +/- 0,6	2,1 +/- 0,4	<2	<2	4,0 +/- 0,8	96 +/- 5	6,0 +/- 0,3	18 +/- 1	12 +/- 1	8,0 +/- 0,4	3,0 +/- 0,6	2,0 +/- 0,4	1600 +/- 80	500 +/- 25	4,0 +/- 0,8	2,7 +/- 0,5	
	Manganèse dissous	µg/L	26 +/- 1,3	70 +/- 3,5	8,0 +/- 0,4	8,8 +/- 0,4	4,0 +/- 0,2	6,0 +/- 0,3	2,0 +/- 0,4	110 +/- 6	4,0 +/- 0,2	26 +/- 1	37 +/- 1,9	28 +/- 1,4	6 +/- 0,3	29 +/- 1,5	130 +/- 7	150 +/- 8	12 +/- 1	4,9 +/- 0,3	
	Nitrites	µg/L	18 +/- 1	<1	<1	2,0 +/- 0,1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	3,0 +/- 0,2	6,0 +/- 0,3	6,0 +/- 0,3	24 +/- 1	2,0 +/- 0,1	<1	
	Phosphore total	mg/L	<0,01	<0,010	0,021 +/- 0,001	<0,01	<0,01	0,023 +/- 0,001	0,043 +/- 0,002	0,044 +/- 0,002	0,034 +/- 0,002	<0,010	0,045 +/- 0,002	0,025 +/- 0,001	0,050 +/- 0,003	0,11 +/- 0,01	<0,010	0,013 +/- 0,004	<0,010	0,025 +/- 0,001	
	Phosphates	mg/L	<0,01	<0,010	<0,01	<0,01	<0,01	0,015 +/- 0,001	0,028 +/- 0,001	<0,01	0,056 +/- 0,003	0,031 +/- 0,002	<0,01	0,035 +/- 0,002	0,068 +/- 0,003	0,26 +/- 0,01	0,016 +/- 0,001	0,023 +/- 0,001	<0,010	0,023 +/- 0,001	
	Toxiques chimiques	Arsenic dissous	µg/L	<0,2	<0,8	<0,2	<0,8	<0,2	<0,8	<0,2	<0,8	<0,2	<0,8	<0,2	<0,8	<0,2	<0,8	<0,2	<0,8	<0,2	<0,8
		Cadmium dissous	µg/L	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Chrome dissous		µg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	
Cyanures dissous		µg/L	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	
Etain dissous		µg/L	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	
Mercure dissous		µg/L	0,14 +/- 0,01	0,20 +/- 0,01	0,011 +/- 0,001	0,011 +/- 0,001	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,032 +/- 0,002	0,087 +/- 0,004	0,33 +/- 0,02	0,32 +/- 0,02	0,020 +/- 0,001	0,017 +/- 0,001	<0,01	0,013 +/- 0,001	0,011 +/- 0,001	0,028 +/- 0,001	
Mercure total		µg/L	1,0 +/- 0,1	0,41 +/- 0,02	0,048 +/- 0,002	0,036 +/- 0,002	0,012 +/- 0,001	0,012 +/- 0,001	<0,01	<0,01	0,10 +/- 0,01	0,14 +/- 0,01	1,1 +/- 0,1	0,96 +/- 0,05	0,23 +/- 0,01	0,25 +/- 0,01	0,013 +/- 0,001	0,032 +/- 0,002	0,033 +/- 0,002	0,12 +/- 0,01	
Nickel dissous		µg/L	1,3 +/- 0,1	<1,0	2,0 +/- 0,2	1,2 +/- 0,1	1,7 +/- 0,2	2,4 +/- 0,2	2,5 +/- 0,2	7,1 +/- 0,6	<1	<1	2,9 +/- 0,3	2,1 +/- 0,2	2,8 +/- 0,3	2,7 +/- 0,2	<1	<1	1,1 +/- 0,1	<1,0	
Plomb dissous		µg/L	<0,4	<0,4	4,4 +/- 0,2	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,5	<0,4	<0,4	0,60 +/- 0,35	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,400	<0,4	
Uranium dissous		µg/L	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	
Zinc dissous		µg/L	6,0 +/- 0,3	<2	13 +/- 1	<2	<2	<2	4,0 +/- 1,6	7,0 +/- 0,4	<2	<2	15 +/- 1	3,4 +/- 1,4	10,0 +/- 0,5	15,0 +/- 0,8	2,0 +/- 0,8	<2,0	9,0 +/- 0,5	<2	
Hydrocarbures totaux		µg/L	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	10 +/- 2	<10	<10	<10	<10	<10	<10	
HAP Benzo(a)pyrène		µg/L	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	
HAP Benzo(b)fluoranthène		µg/L	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010	
HAP Benzo(ghi)perylène		µg/L	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010	
HAP Benzo(k)fluoranthène		µg/L	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010	
HAP Fluoranthène		µg/L	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010	
HAP Indéno(1,2,3-cd)pyrène	µg/L	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005		
Somme des HAP(6)	µg/L	<0,012	<0,021	<0,012	<0,021	<0,012	<0,021	<0,012	<0,021	<0,012	<0,021	<0,012	<0,021	<0,012	<0,021	<0,012	<0,021	<0,012	<0,021		

valeurs inférieures aux valeurs seuils de l'arrêté modifié du 17/12/2008 [17]

Tableau 9-41 Résultats des analyses physico-chimiques semestrielles des eaux souterraines de la zone 4

Paramètres	Unités	Zone 4											
		Piezomètres intérieurs								Piezomètres extérieurs			
		PO131		PO136		PO153		PO180		PO168		PZ322	
Date de prélèvement	11/02/2020	07/10/2020	11/02/2020	07/10/2020	11/02/2020	07/10/2020	11/02/2020	07/10/2020	11/02/2020	06/10/2020	11/02/2020	07/10/2020	
pH	UpH	5,6 +/- 0,2	6,1 +/- 0,2	5,0 +/- 0,2	6,2 +/- 0,3	6,2 +/- 0,3	6,2 +/- 0,3	6,2 +/- 0,3	6,2 +/- 0,3	6,5 +/- 0,3	6,5 +/- 0,3	5,7 +/- 0,2	5,9 +/- 0,2
Conductivité	µS/cm	222 +/- 7	218 +/- 7	269 +/- 8	200 +/- 6	214 +/- 6	195 +/- 6	223 +/- 7	216 +/- 6	347 +/- 10	361 +/- 11	178 +/- 5	158 +/- 5
Oxygène dissous	mg/L	5,8 +/- 0,1	6,4 +/- 0,1	5,7 +/- 0,1	4,8 +/- 0,1	7,2 +/- 0,1	7,2 +/- 0,1	5,0 +/- 0,1	5,0 +/- 0,1	4,0 +/- 0,1	5,2 +/- 0,1	8,1 +/- 0,1	8,6 +/- 0,1
Température	°C	12 +/- 1	13 +/- 1	12 +/- 1	13 +/- 1	12 +/- 1	13 +/- 1	11 +/- 1	13 +/- 1	10 +/- 1	13 +/- 1	10 +/- 1	18 +/- 1
Potentiel redox	mV/ENH	484 +/- 19	300 +/- 12	532 +/- 21	409 +/- 16	409 +/- 16	581 +/- 23	446 +/- 18	265 +/- 11	409 +/- 16	431 +/- 17	532 +/- 21	591 +/- 24
COD	mg/L	0,9 +/- 0,2	0,9 +/- 0,2	2,1 +/- 0,2	1,2 +/- 0,1	1,5 +/- 0,1	1,1 +/- 0,1	1,1 +/- 0,1	1,1 +/- 0,1	1,4 +/- 0,1	1,6 +/- 0,1	1,0 +/- 0,2	1,2 +/- 0,1
DCO	mg/L	<5,0	<5,0	6,0 +/- 0,7	<5,0	<5,0	<5,0	5,0 +/- 0,6	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
MES	mg/L	3,0 +/- 0,2	3,0 +/- 0,2	4,0 +/- 0,2	<2,0	<2,0	4,0 +/- 0,2	7,0 +/- 0,4	11 +/- 1	19 +/- 1	17 +/- 1	<2,0	4,0 +/- 0,2
Calcium	mg/L	3,1 +/- 0,7	7,1 +/- 1,7	5,4 +/- 1,3	3,1 +/- 0,7	9,6 +/- 2,3	10,0 +/- 2,4	3,6 +/- 0,9	6,3 +/- 1,5	11,0 +/- 2,6	15,0 +/- 3,6	2,0 +/- 0,5	3,1 +/- 0,7
Chlorures	mg/L	46 +/- 2	41 +/- 2	34 +/- 2	36 +/- 2	30 +/- 2	25 +/- 1	34 +/- 2	35 +/- 2	61 +/- 3	59 +/- 3	32 +/- 2	27 +/- 1
Nitrates	mg/L	12 +/- 1	13 +/- 0,7	11 +/- 1	9,1 +/- 0,46	9,0 +/- 0,5	7,8 +/- 0,39	5,5 +/- 0,3	4,6 +/- 0,2	9,6 +/- 0,5	9,1 +/- 0,5	7,3 +/- 0,4	7,7 +/- 0,4
Potassium	mg/L	1,1 +/- 0,4	2,6 +/- 0,9	4,4 +/- 1,5	2,1 +/- 0,7	1,7 +/- 0,6	2,7 +/- 0,9	1,9 +/- 0,6	2,4 +/- 0,8	3,0 +/- 1,0	5,2 +/- 1,8	1,4 +/- 0,5	1,9 +/- 0,6
Sulfates	mg/L	6,6 +/- 0,3	6,5 +/- 0,3	50 +/- 3	15 +/- 1	14 +/- 1	15 +/- 1	16 +/- 1	10 +/- 1	21 +/- 1	17 +/- 1	17 +/- 1	14 +/- 1
Aluminium dissous	µg/L	27 +/- 1	19,0 +/- 1,0	500 +/- 25	93,0 +/- 4,7	12 +/- 1	18 +/- 1	6,0 +/- 0,3	6,0 +/- 0,3	6,0 +/- 0,3	10 +/- 1	29 +/- 2	15 +/- 1
Azote NTK	mgN/L	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Azote global	mg/L	<3,2	<3,4	<3,0	<2,6	<2,5	<2,3	<1,7	<1,5	<2,7	<2,6	<2,1	<2,2
Baryum dissous	µg/L	10 +/- 2	10 +/- 2	73 +/- 4	35 +/- 2	13 +/- 1	11 +/- 1	43 +/- 2	45 +/- 2	11 +/- 1	16 +/- 1	35 +/- 2	39 +/- 2
Bore dissous	µg/L	11 +/- 1	13 +/- 1	15 +/- 1	13 +/- 1	16 +/- 1	18 +/- 1	13 +/- 1	16 +/- 1	19 +/- 1	21 +/- 1	15 +/- 1	14 +/- 1
Cuivre dissous	µg/L	1,3 +/- 0,2	1,2 +/- 0,2	<1	<1,0	<1,0	1,2 +/- 0,2	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	1,1 +/- 0,1
Fer dissous	µg/L	<2	83 +/- 4	<2	<2,0	4,0 +/- 0,8	15 +/- 1	33 +/- 2	9,1 +/- 0,5	54 +/- 3	66 +/- 3	3,0 +/- 0,6	2,0 +/- 0,4
Manganèse dissous	µg/L	7 +/- 0,35	7 +/- 0,35	46 +/- 2,3	34 +/- 1,7	<1,000	<1,000	20 +/- 1	12 +/- 0,6	220 +/- 11	4300 +/- 220	18 +/- 1	10 +/- 1
Nitrites	µg/L	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	9,0 +/- 0,5	<1,0	<1,0
Phosphore total	mg/L	0,027 +/- 0,001	0,046 +/- 0,002	<0,01	<0,01	<0,01	0,120 +/- 0,006	<0,01	<0,01	0,035 +/- 0,002	<0,01	<0,01	<0,01
Phosphates	mg/L	0,080 +/- 0,004	0,120 +/- 0,006	0,056 +/- 0,003	<0,01	<0,01	<0,01	0,020 +/- 0,001	0,015 +/- 0,001	0,040 +/- 0,002	<0,01	<0,01	0,015 +/- 0,001
Arsenic dissous	µg/L	1,0 +/- 0,1	1,1 +/- 0,1	<0,2	<0,8	<0,2	<0,8	<0,2	<0,8	<0,2	<0,8	<0,2	<0,8
Cadmium dissous	µg/L	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Chrome dissous	µg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Cyanures dissous	µg/L	5 +/- 0	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Etain dissous	µg/L	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Mercure dissous	µg/L	0,025 +/- 0,001	0,014 +/- 0,001	0,30 +/- 0,02	3,200 +/- 0,160	0,016 +/- 0,001	0,013 +/- 0,001	0,097 +/- 0,005	0,074 +/- 0,004	<0,01	<0,01	0,028 +/- 0,001	0,018 +/- 0,001
Mercure total	µg/L	0,21 +/- 0,01	0,15 +/- 0,01	0,39 +/- 0,02	3,3 +/- 0,2	0,073 +/- 0,004	0,079 +/- 0,004	0,71 +/- 0,04	0,94 +/- 0,05	0,026 +/- 0,001	0,017 +/- 0,001	0,087 +/- 0,004	0,072 +/- 0,004
Nickel dissous	µg/L	2,3 +/- 0,2	2,1 +/- 0,2	1,8 +/- 0,2	1,2 +/- 0,1	1,2 +/- 0,1	<1,0	1,7 +/- 0,2	1,6 +/- 0,1	<1,0	1,2 +/- 0,1	<1,0	1,3 +/- 0,1
Plomb dissous	µg/L	<0,4	<0,4	0,40 +/- 0,24	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	0,50 +/- 0,30	<0,4	<0,4
Uranium dissous	µg/L	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4
Zinc dissous	µg/L	10 +/- 1	16 +/- 1	5,0 +/- 2,0	<2,0	4,0 +/- 1,6	2,5 +/- 1,0	6,0 +/- 0,3	11 +/- 1	3,0 +/- 1,2	3,3 +/- 1,3	3,0 +/- 1,2	9,9 +/- 0,5
Hydrocarbures totaux	µg/L	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	20 +/- 4	<10	<10	<10	<10
HAP Benzo(a)pyrène	µg/L	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
HAP Benzo(b)fluoranthène	µg/L	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010
HAP Benzo(ghi)perylène	µg/L	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010
HAP Benzo(k)fluoranthène	µg/L	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010
HAP Fluoranthène	µg/L	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010
HAP Indéno(1,2,3-cd)pyrène	µg/L	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Somme des HAP(6)	µg/L	<0,012	<0,023	<0,012	<0,023	<0,012	<0,023	<0,012	<0,023	<0,012	<0,023	<0,012	<0,023

valeurs inférieures aux valeurs seuils de l'arrêté modifié du 17/12/2008 [17]

9.2.11 Résultats des eaux de surfaces

Tableau 9-42 Résultats des analyses radiologiques courantes hebdomadaires des eaux de la Sainte-Hélène au point de contrôle R6

Point de prélèvement	Date de prélèvement	Indice alpha global Bq/L	Indice bêta global Bq/L	Tritium Bq/L	Potassium mg/L	pH
R6	07/01/2020	≤ 1,6E-02	9,1E-02	2,5E+01	2,6E+00	7,6
	14/01/2020	≤ 1,5E-02	9,5E-02	8,2E+01	2,4E+00	7,5
	21/01/2020	2,0E-02	1,4E-01	1,2E+01	3,0E+00	7,6
	28/01/2020	≤ 1,5E-02	1,1E-01	2,7E+01	2,4E+00	7,6
	04/02/2020	≤ 1,6E-02	7,0E-02	2,2E+01	2,6E+00	7,6
	11/02/2020	≤ 1,6E-02	9,4E-02	2,6E+01	2,4E+00	7,7
	18/02/2020	≤ 1,6E-02	8,8E-02	1,6E+01	2,5E+00	7,6
	25/02/2020	≤ 1,6E-02	7,7E-02	1,4E+01	2,7E+00	7,6
	03/03/2020	1,8E-02	9,9E-02	1,0E+01	2,1E+00	7,3
	10/03/2020	≤ 1,6E-02	1,1E-01	8,3E+01	2,3E+00	7,6
	17/03/2020	≤ 1,6E-02	1,1E-01	2,4E+01	2,1E+00	7,5
	24/03/2020	≤ 1,6E-02	1,4E-01	2,6E+01	2,9E+00	7,6
	31/03/2020	≤ 1,6E-02	1,1E-01	3,0E+01	2,9E+00	7,8
	07/04/2020	≤ 1,6E-02	9,3E-02	2,7E+01	2,5E+00	7,6
	14/04/2020	≤ 1,6E-02	1,7E-01	3,2E+01	2,6E+00	7,7
	21/04/2020	≤ 1,6E-02	1,7E-01	3,0E+01	2,7E+00	7,6
	28/04/2020	≤ 1,9E-02	1,4E-01	2,9E+01	2,7E+00	7,6
	05/05/2020	≤ 1,5E-02	1,1E-01	6,1E+00	1,6E+00	7,1
	12/05/2020	≤ 1,6E-02	1,5E-01	2,3E+01	2,4E+00	7,6
	19/05/2020	≤ 1,6E-02	1,2E-01	3,2E+01	2,5E+00	7,8
	26/05/2020	≤ 1,6E-02	1,7E-01	3,0E+01	2,4E+00	7,7
	02/06/2020	≤ 1,5E-02	1,5E-01	2,9E+01	2,9E+00	7,6
	09/06/2020	≤ 1,5E-02	1,3E-01	3,0E+01	2,6E+00	7,5
	16/06/2020	≤ 1,5E-02	1,1E-01	2,8E+01	2,0E+00	7,4
	23/06/2020	≤ 1,5E-02	1,2E-01	3,2E+01	2,3E+00	7,8
	30/06/2020	≤ 1,5E-02	1,3E-01	2,8E+01	2,3E+00	7,6
	07/07/2020	≤ 1,5E-02	1,2E-01	3,2E+01	2,1E+00	7,7
	13/07/2020	≤ 1,5E-02	1,2E-01	3,4E+01	2,6E+00	7,8
	21/07/2020	2,3E-02	1,4E-01	3,3E+01	2,8E+00	7,8
	28/07/2020	≤ 1,5E-02	1,1E-01	3,9E+01	2,7E+00	7,8
	04/08/2020	≤ 1,5E-02	1,3E-01	3,5E+01	2,9E+00	8,8
	11/08/2020	≤ 1,5E-02	1,3E-01	3,4E+01	3,4E+00	7,9
	18/08/2020	1,9E-02	1,6E-01	3,1E+01	4,0E+00	7,9
	25/08/2020	2,5E-02	1,3E-01	3,1E+01	3,3E+00	7,8
	01/09/2020	≤ 1,5E-02	1,3E-01	3,2E+01	3,7E+00	7,6
	08/09/2020	≤ 1,5E-02	1,6E-01	3,3E+01	3,7E+00	7,7
	15/09/2020	≤ 1,5E-02	1,1E-01	3,2E+01	2,9E+00	7,9
	22/09/2020	≤ 1,5E-02	1,6E-01	2,8E+01	3,1E+00	7,9
	29/09/2020	≤ 1,5E-02	1,4E-01	2,6E+01	3,0E+00	7,8
	06/10/2020	≤ 1,5E-02	1,5E-01	2,7E+01	2,4E+00	7,6
	13/10/2020	≤ 1,5E-02	1,3E-01	2,9E+01	2,3E+00	7,7
	20/10/2020	≤ 1,5E-02	1,2E-01	2,6E+01	2,6E+00	7,8
27/10/2020	3,6E-02	1,3E-01	1,3E+01	2,1E+00	7,8	
03/11/2020	≤ 1,5E-02	1,5E-01	6,2E+01	2,3E+00	7,5	
10/11/2020	≤ 1,5E-02	1,2E-01	2,3E+01	2,1E+00	7,5	
17/11/2020	≤ 1,5E-02	1,4E-01	2,7E+01	2,8E+00	7,5	
24/11/2020	≤ 1,5E-02	1,3E-01	2,7E+01	3,1E+00	7,8	
01/12/2020	≤ 1,5E-02	1,2E-01	2,8E+01	2,9E+00	7,6	
08/12/2020	≤ 1,5E-02	1,1E-01	2,8E+01	2,8E+00	7,6	
15/12/2020	≤ 1,5E-02	1,5E-01	2,4E+01	2,5E+00	7,7	
22/12/2020	≤ 1,5E-02	1,1E-01	1,3E+01	2,4E+00	7,7	
29/12/2020	≤ 1,5E-02	1,2E-01	4,8E+01	2,8E+00	7,7	
24/12/2019	< 1,8E-02	1,1E-01	3,6E+01	2,7E+00	7,6	
31/12/2019	< 1,9E-02	1,3E-01	2,4E+01	2,7E+00	7,7	

Tableau 9-43 Résultats des analyses radiologiques courantes hebdomadaires des eaux à la confluence du Grand-Bel et de la Sainte-Hélène au point de contrôle R6-10

Point de prélèvement	Date de prélèvement	Indice alpha global Bq/L	Indice bêta global Bq/L	Tritium Bq/L	Potassium mg/L	pH	Débit instantané m ³ /h	Volume écoulé m ³
R6-10	07/01/2020	3,3E-02	1,0E-01	2,1E+01	3,0E+00	7,3	206	54691
	14/01/2020	1,9E-02	1,3E-01	5,7E+01	3,0E+00	7,2	748	102130
	21/01/2020	3,0E-02	9,4E-02	1,8E+01	3,1E+00	7,3	296	34666
	28/01/2020	2,0E-02	9,9E-02	1,6E+01	2,4E+00	7,3	285	67457
	04/02/2020	≤ 1,6E-02	9,1E-02	1,6E+01	3,0E+00	7,4	278	69526
	11/02/2020	≤ 1,6E-02	8,0E-02	1,8E+01	3,1E+00	7,5	278	91425
	18/02/2020	≤ 1,6E-02	1,1E-01	1,9E+01	3,2E+00	7,4	342	62401
	25/02/2020	≤ 1,6E-02	1,1E-01	1,4E+01	2,9E+00	7,4	488	76002
	03/03/2020	≤ 1,6E-02	1,2E-01	1,3E+01	2,4E+00	7,2	466	93102
	10/03/2020	≤ 1,6E-02	1,1E-01	6,0E+01	2,4E+00	7,4	857	80521
	17/03/2020	2,5E-02	1,2E-01	1,8E+01	2,4E+00	7,4	295	49645
	24/03/2020	3,1E-02	1,4E-01	2,0E+01	3,0E+00	7,4	237	32528
	31/03/2020	2,4E-02	1,0E-01	1,9E+01	3,0E+00	7,5	187	28408
	07/04/2020	≤ 1,6E-02	1,2E-01	1,6E+01	2,3E+00	7,3	157	25099
	14/04/2020	≤ 1,6E-02	1,1E-01	2,0E+01	2,5E+00	7,3	126	20772
	21/04/2020	≤ 1,6E-02	1,2E-01	2,1E+01	2,5E+00	7,6	118	18676
	28/04/2020	≤ 1,9E-02	1,4E-01	2,0E+01	2,6E+00	7,4	124	20196
	05/05/2020	4,3E-02	3,2E-01	1,0E+01	6,0E+00	6,8	372	18849
	12/05/2020	≤ 1,6E-02	8,8E-02	1,8E+01	2,3E+00	7,5	100	15888
	19/05/2020	2,3E-02	9,4E-02	1,9E+01	2,2E+00	7,6	90	14359
	26/05/2020	2,3E-02	9,4E-02	2,0E+01	2,3E+00	7,5	83	13445
	02/06/2020	2,2E-02	1,0E-01	1,9E+01	2,8E+00	7,4	78	13698
	09/06/2020	≤ 1,5E-02	9,9E-02	2,0E+01	2,7E+00	7,4	76	14647
	16/06/2020	2,0E-02	9,3E-02	1,9E+01	3,9E+00	7,6	78	13114
	23/06/2020	≤ 1,5E-02	6,0E-02	1,9E+01	2,3E+00	7,5	71	12231
	30/06/2020	≤ 1,5E-02	8,0E-02	3,1E+01	2,6E+00	7,6	77	14359
	07/07/2020	3,4E-02	1,3E-01	1,8E+01	2,8E+00	7,5	87	11785
	13/07/2020	3,8E-02	1,2E-01	2,1E+01	2,5E+00	7,7	79	14889
	21/07/2020	5,6E-02	8,5E-02	2,0E+01	2,6E+00	7,7	81	8260
	28/07/2020	3,8E-02	9,7E-02	2,3E+01	2,7E+00	7,7	30	4517
	04/08/2020	2,5E-02	1,4E-01	2,0E+01	2,6E+00	8,6	26	4243
	11/08/2020	2,9E-02	1,3E-01	1,9E+01	2,9E+00	7,7	30	5588
	18/08/2020	2,5E-02	1,1E-01	2,2E+01	3,1E+00	7,8	26	4890
	25/08/2020	≤ 1,5E-02	1,9E-01	2,3E+01	4,7E+00	7,5	28	4407
	01/09/2020	2,1E-02	1,2E-01	2,1E+01	3,1E+00	7,6	28	4834
	08/09/2020	≤ 1,5E-02	1,2E-01	2,2E+01	3,0E+00	7,6	25	4021
	15/09/2020	2,1E-02	1,1E-01	2,1E+01	2,6E+00	7,7	23	3966
	22/09/2020	≤ 1,5E-02	1,3E-01	2,0E+01	2,6E+00	7,7	27	4135
	29/09/2020	2,6E-02	1,1E-01	1,8E+01	2,7E+00	7,7	25	37829
	06/10/2020	2,6E-02	9,8E-02	1,6E+01	2,7E+00	7,4	50	13627
13/10/2020	5,7E-02	2,5E-01	1,4E+01	5,5E+00	7,0	66	12456	
20/10/2020	2,3E-02	1,4E-01	1,7E+01	3,5E+00	7,5	51	25441	
27/10/2020	3,1E-02	1,8E-01	1,5E+01	5,2E+00	7,2	202	35089	
03/11/2020	4,6E-02	2,6E-01	2,1E+01	3,9E+00	7,1	171	22448	
10/11/2020	2,3E-02	2,1E-01	2,2E+01	4,2E+00	6,9	165	34454	
17/11/2020	3,3E-02	1,6E-01	1,9E+01	3,1E+00	7,3	197	27978	
24/11/2020	≤ 1,5E-02	1,3E-01	2,1E+01	3,4E+00	7,5	147	25547	
01/12/2020	≤ 1,5E-02	1,0E-01	2,0E+01	3,1E+00	7,3	112	46102	
08/12/2020	≤ 1,5E-02	9,0E-02	1,8E+01	3,5E+00	7,3	203	50780	
15/12/2020	≤ 1,5E-02	1,4E-01	2,0E+01	3,0E+00	7,5	206	49676	
22/12/2020	≤ 1,5E-02	9,4E-02	1,8E+01	3,3E+00	7,3	257	86288,8	
29/12/2020	≤ 1,5E-02	1,0E-01	4,1E+01	3,0E+00	7,5	483	76183,5	

Tableau 9-44 Résultats des analyses radiologiques à bas seuil des eaux et des sédiments de la Sainte-Hélène aux points R6, R6-10 et SR6-10

LES EAUX					LES SEDIMENTS
	R6		R6-10		SR6-10
	Fraction soluble	Fraction insoluble	Fraction soluble	Fraction insoluble	
	Activité en Bq/L	Activité en Bq/L	Activité en Bq/L	Activité en Bq/L	
Spectrométrie gamma					
⁴⁰ K	≤1,1E-01	≤3,1E-02	≤1,4E-01	≤3,1E-02	9,2E+02 +/- 1,3E+02
⁶⁰ Co	≤7,4E-03	≤2,3E-03	≤7,7E-03	≤2,3E-03	≤1,5E-01
⁹⁴ Nb	≤7,1E-03	≤2,3E-03	≤7,9E-03	≤2,2E-03	≤1,5E-01
^{108m} Ag	≤7,5E-03	≤2,3E-03	≤7,4E-03	≤2,3E-03	≤1,6E-01
^{110m} Ag	≤8,7E-03	≤2,8E-03	≤9,4E-03	≤2,8E-03	≤1,8E-01
¹³⁴ Cs	≤8,0E-03	≤2,5E-03	≤8,8E-03	≤2,4E-03	≤1,5E-01
¹³⁷ Cs	≤7,3E-03	≤2,0E-03	≤8,2E-03	≤1,9E-03	5,6E+00 +/- 6,0E-01
²¹⁰ Pb	≤8,4E-02	≤1,4E-02	≤9,6E-02	≤1,4E-02	5,0E+01 +/- 9,0E+00
²¹² Pb	≤1,1E-02	≤2,6E-03	≤1,3E-02	≤2,6E-03	3,2E+01 +/- 4,0E+00
²¹⁴ Pb	≤1,9E-02	≤6,0E-03	≤2,3E-02	2,4E-02 +/- 8,0E-03	3,1E+01 +/- 4,0E+00
²²⁶ Ra	≤1,2E-01	≤2,8E-02	≤1,5E-01	≤2,8E-02	2,9E+01 +/- 1,4E+01
²²⁸ Ra	≤2,6E-02	≤7,4E-03	≤2,9E-02	≤7,6E-03	3,7E+01 +/- 5,0E+00
²³⁴ Th	≤7,7E-02	≤1,5E-02	≤9,3E-02	≤1,5E-02	5,0E+01 +/- 8,0E+00
²³⁵ U	≤3,5E-02	≤7,1E-03	≤4,0E-02	≤7,1E-03	1,5E+00 +/- 8,0E-01
²⁴¹ Am	≤9,3E-03	≤1,6E-03	≤1,1E-02	≤1,6E-03	≤6,1E-01
Spectrométrie alpha					
²²⁶ Ra	≤8,0E-03		≤6,0E-03		
²³⁴ U	4,9E-04 +/- 3,5E-04	≤1,7E-04	5,8E-03 +/- 1,3E-03	2,1E-03 +/- 8,0E-04	2,2E+01 +/- 2,0E+00
²³⁵ U	≤1,4E-04	≤1,7E-04	≤1,7E-04	≤1,3E-04	8,3E-01 +/- 1,9E-01
²³⁸ U	8,4E-04 +/- 4,4E-04	≤1,7E-04	2,2E-03 +/- 8,0E-04	7,1E-04 +/- 4,7E-04	1,8E+01 +/- 2,0E+00
²³⁸ Pu	≤6,0E-05	≤9,0E-05	≤7,4E-05	≤6,3E-05	8,0E-02 +/- 5,0E-02
²³⁹ Pu+ ²⁴⁰ Pu	≤6,0E-05	≤9,0E-05	≤7,4E-05	≤6,3E-05	1,2E-01 +/- 7,0E-02
²⁴¹ Am	≤2,2E-04	≤9,1E-05	≤5,0E-04	≤1,0E-04	≤1,0E-02
²⁴⁴ Cm	≤2,2E-04	≤9,1E-05	≤6,3E-05	≤1,0E-04	≤1,1E-02
Scintillation liquide					
³ H	2,9E+01 +/- 6,0E+00		1,7E+01 +/- 4,0E+00		
¹⁴ C	≤1,4E+00	≤1,6E+00	≤1,4E+00	≤2,0E+00	≤5,3E+01
³⁶ Cl	≤7,9E-01	≤1,4E-01	≤3,0E-01	≤1,4E-01	≤4,1E+00
⁶³ Ni	≤4,1E-02	≤3,8E-02	≤3,9E-02	≤3,8E-02	≤4,0E+00
⁹⁰ Sr	≤1,7E-02	≤1,7E-02	≤1,7E-02	≤1,8E-02	≤9,2E-01
⁹⁹ Tc	≤2,7E-02	≤4,1E-02	≤2,8E-02	≤5,1E-02	≤3,3E+00
¹⁵¹ Sm	≤4,6E-02	≤6,8E-02	≤4,3E-02	≤4,9E-02	≤5,7E+00
²⁴¹ Pu	≤3,6E-02	≤2,4E-02	≤3,5E-02	≤3,8E-02	≤9,9E+00
Spectrométrie X					
⁵⁹ Ni	<9,0E-02	≤1,2E-01	≤8,3E-02	≤8,0E-02	≤2,8E+01
ICP-MS					
²³² Th	≤2,6E-03	≤2,6E-03	≤2,6E-03	≤2,6E-03	1,3E+01 +/- 1,4E+00

Tableau 9-45 Résultats des analyses radiologiques courantes bimensuelles au point de contrôle GPNE (source de la Sainte-Hélène)

Point de prélèvement	Date de prélèvement	Activités volumiques (Bq/L)									
		Indice alpha global Bq/L	Indice bêta global Bq/L	Tritium Bq/L	⁶⁰ Co Bq/L	¹⁰⁶ RuRh Bq/L	¹²⁵ Sb Bq/L	¹³⁴ Cs Bq/L	¹³⁷ Cs Bq/L	Potassium mg/L	Volumes rejetés m ³
GPNE	15/01/2020	≤ 3,4E-02	1,2E-01	1,6E+01	≤ 4,5E-02	≤ 8,8E-01	≤ 1,3E-01	≤ 4,4E-02	≤ 5,0E-02	2,6E+00	37027
	01/02/2020	≤ 3,3E-02	≤ 7,8E-02	1,7E+01	≤ 6,0E-02	≤ 8,8E-01	≤ 1,2E-01	≤ 4,3E-02	≤ 4,7E-02	2,6E+00	53641
	14/02/2020	≤ 3,3E-02	1,6E-01	1,7E+01	≤ 5,1E-02	≤ 9,0E-01	≤ 1,4E-01	≤ 4,0E-02	≤ 4,6E-02	2,5E+00	46491
	01/03/2020	≤ 3,4E-02	1,3E-01	2,1E+01	≤ 4,9E-02	≤ 8,8E-01	≤ 1,4E-01	≤ 4,7E-02	≤ 5,2E-02	2,7E+00	61009
	14/03/2020	≤ 3,3E-02	1,3E-01	1,8E+01	≤ 3,9E-02	≤ 8,9E-01	≤ 1,3E-01	≤ 4,3E-02	≤ 4,9E-02	2,5E+00	61095
	01/04/2020	≤ 3,4E-02	1,1E-01	1,3E+01	≤ 4,8E-02	≤ 8,8E-01	≤ 1,5E-01	≤ 4,4E-02	≤ 5,9E-02	2,9E+00	24309
	15/04/2020	≤ 2,9E-02	1,4E-01	1,8E+01	≤ 4,6E-02	≤ 8,8E-01	≤ 1,4E-01	≤ 4,7E-02	≤ 5,3E-02	4,2E+00	8504
	01/05/2020	≤ 4,0E-02	1,4E-01	2,0E+01	≤ 5,0E-02	≤ 8,9E-01	≤ 1,4E-01	≤ 4,2E-02	≤ 5,0E-02	2,9E+00	9219
	14/05/2020	≤ 3,7E-02	1,3E-01	1,6E+01	≤ 4,5E-02	≤ 8,9E-01	≤ 1,3E-01	≤ 4,4E-02	≤ 5,3E-02	3,0E+00	8076
	01/06/2020	≤ 3,6E-02	1,7E-01	1,3E+01	≤ 5,0E-02	≤ 8,8E-01	≤ 1,4E-01	≤ 4,6E-02	≤ 5,1E-02	2,8E+00	9414
	15/06/2020	≤ 3,6E-02	1,0E-01	2,1E+01	≤ 4,5E-02	≤ 9,0E-01	≤ 1,4E-01	≤ 3,9E-02	≤ 5,0E-02	2,8E+00	8830
	01/07/2020	≤ 3,3E-02	1,4E-01	1,5E+01	≤ 5,9E-02	≤ 8,8E-01	≤ 1,4E-01	≤ 4,8E-02	≤ 5,0E-02	2,6E+00	9941
	15/07/2020	≤ 3,7E-02	2,6E-01	1,2E+01	≤ 4,9E-02	≤ 8,8E-01	≤ 1,4E-01	≤ 4,8E-02	≤ 4,9E-02	2,6E+00	8522
	01/08/2020	≤ 3,4E-02	1,6E-01	1,8E+01	≤ 4,6E-02	≤ 8,6E-01	≤ 1,3E-01	≤ 4,8E-02	≤ 5,4E-02	1,9E+00	10061
	15/08/2020	≤ 3,6E-02	1,3E-01	1,9E+01	≤ 5,6E-02	≤ 8,8E-01	≤ 1,4E-01	≤ 4,5E-02	≤ 5,2E-02	3,1E+00	8258
	01/09/2020	≤ 4,0E-02	1,4E-01	2,4E+01	≤ 4,9E-02	≤ 9,1E-01	≤ 1,2E-01	≤ 4,2E-02	≤ 5,0E-02	3,7E+00	10117
	14/09/2020	≤ 3,7E-02	1,4E-01	1,4E+01	≤ 4,4E-02	≤ 8,9E-01	≤ 1,3E-01	≤ 4,3E-02	≤ 4,5E-02	3,7E+00	7965
	01/10/2020	≤ 3,3E-02	1,1E-01	1,1E+01	≤ 5,1E-02	≤ 8,8E-01	≤ 1,6E-01	≤ 5,0E-02	≤ 5,2E-02	3,7E+00	9247
	15/10/2020	≤ 3,2E-02	2,0E-01	1,2E+01	≤ 5,4E-02	≤ 8,9E-01	≤ 1,5E-01	≤ 4,1E-02	≤ 5,0E-02	2,6E+00	58809
	01/11/2020	≤ 3,2E-02	1,1E-01	7,1E+00	≤ 5,8E-02	≤ 8,5E-01	≤ 1,3E-01	≤ 4,6E-02	≤ 5,6E-02	2,5E+00	43693
15/11/2020	≤ 3,4E-02	8,5E-02	5,1E+00	≤ 4,3E-02	≤ 8,8E-01	≤ 1,4E-01	≤ 4,1E-02	≤ 5,0E-02	2,5E+00	19763	
01/12/2020	≤ 3,2E-02	1,4E-01	1,2E+01	≤ 4,9E-02	≤ 8,8E-01	≤ 1,4E-01	≤ 4,0E-02	≤ 4,9E-02	2,6E+00	33053	
15/12/2020	≤ 3,3E-02	1,4E-01	2,0E+01	≤ 5,0E-02	≤ 8,9E-01	≤ 1,4E-01	≤ 4,0E-02	≤ 5,0E-02	2,5E+00	58504	
01/01/2021	≤ 3,2E-02	1,7E-01	2,6E+01	≤ 6,9E-02	≤ 8,3E-01	≤ 1,9E-01	≤ 5,7E-02	≤ 5,8E-02	2,6E+00	76532	
Somme											682077

Tableau 9-46 Résultats des analyses physico-chimiques des eaux de la Sainte Hélène en R6 et R6-10

	Paramètres	Unités	R6		R6-10	
			11/02/2020	07/10/2020	11/02/2020	07/10/2020
Paramètres physico-chimiques	Date de prélèvement		11/02/2020	07/10/2020	11/02/2020	07/10/2020
	pH	UpH	7,80 +/- 0,05	8,30 +/- 0,05	7,30 +/- 0,05	8,00 +/- 0,05
	Conductivité	µS/cm	241 +/- 7	242 +/- 7	334 +/- 10	254 +/- 8
	Oxygène dissous	mgO2/L	9,9 +/- 0,1	9,9 +/- 0,1	9,1 +/- 0,1	10 +/- 1
	Température	°C	8,0 +/- 0,5	14 +/- 1	9,0 +/- 0,5	14 +/- 1
	Potentiel redox	mV/ENH	465 +/- 19	506 +/- 20	327 +/- 13	479 +/- 19
	DBO5	mg/L	<2	<2	3,0 +/- 0,2	<2
	DCO	mg/L	6,0 +/- 0,7	10 +/- 1	13 +/- 1	8,0 +/- 1,0
	COD	mg/L	2,2 +/- 0,2	3,2 +/- 0,3	4,7 +/- 0,4	3,2 +/- 0,3
	Biodégradabilité	-	<3	<5	4,3	<4
	MES	mg/L	3,0 +/- 0,2	83 +/- 4	30 +/- 2	60 +/- 3
	Potassium	mg/L	1,5 +/- 0,1	3,0 +/- 0,2	2,5 +/- 0,1	3,0 +/- 0,2
	Substances indésirables	Nitrates	mg/L	6,6 +/- 0,3	4,0 +/- 0,2	28 +/- 1
Nitrites		µg/L	5,0 +/- 0,3	34 +/- 2	45 +/- 2	28 +/- 1
Azote NTK		mg/L	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Azote global		mg/L	<2,0	<1,4	<6,8	<2,2
Phosphates		mg/L	0,04 +/- 0,002	0,17 +/- 0,01	0,18 +/- 0,009	0,15 +/- 0,01
Aluminium dissous		µg/L	25 +/- 1	86 +/- 4	42 +/- 2	120 +/- 6
Baryum dissous		µg/L	21 +/- 1	22 +/- 1	36 +/- 2	28 +/- 1
Bore dissous		µg/L	19 +/- 1	22 +/- 1	23 +/- 1	22 +/- 1
Cuivre dissous		µg/L	2,3 +/- 0,3	2,4 +/- 0,3	1,3 +/- 0,2	2,1 +/- 0,3
Fer dissous		µg/L	25 +/- 1	35 +/- 2	82 +/- 4	70 +/- 4
Manganèse dissous		µg/L	5,0 +/- 0,3	26 +/- 1	27 +/- 1	7,0 +/- 0,4
Substances toxiques	Arsenic dissous	µg/L	<0,2	0,50 +/- 0,05	<0,200	0,50 +/- 0,05
	Cadmium dissous	µg/L	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
	Chrome dissous	µg/L	<1	<1	<1	<1
	Etain dissous	µg/L	<5	<5	<5	<5
	Mercure dissous	µg/L	0,010 +/- 0,001	0,019 +/- 0,001	<0,01	0,018 +/- 0,001
	Mercure total	µg/L	0,011 +/- 0,001	0,041 +/- 0,002	0,010 +/- 0,001	0,029 +/- 0,002
	Nickel dissous	µg/L	1,3 +/- 0,1	2,4 +/- 0,2	1,0 +/- 0,1	1,9 +/- 0,2
	Plomb dissous	µg/L	0,60 +/- 0,35	<0,4	<0,4	<0,4
	Uranium dissous	µg/L	<4	<4	<4	<4
	Zinc dissous	µg/L	26 +/- 1	8,2 +/- 0,4	7,0 +/- 0,4	9,4 +/- 0,5
	Cyanures dissous	µg/L	<5	<5	<5	<5
	Hydrocarbures totaux	µg/L	<10	10 +/- 2	<10	<10

valeurs inférieures aux NQE de l'arrêté modifié du 25/01/2010 [18]

valeurs supérieures aux NQE de l'arrêté modifié du 25/01/2010 [18]

Tableau 9-47 Résultats des analyses radiologiques courantes hebdomadaires des eaux du Grand-Bel au point de contrôle R3

Point de prélèvement	Date de prélèvement	Indice alpha global Bq/L	Indice bêta global Bq/L	Tritium Bq/L	Potassium mg/L	pH
R 3	07/01/2020	≤ 1,60E-02	8,00E-02	2,45E+02	2,91E+00	7,0
	14/01/2020	≤ 1,50E-02	8,30E-02	2,50E+02	3,21E+00	6,9
	21/01/2020	≤ 1,50E-02	1,33E-01	2,34E+02	3,03E+00	7,1
	28/01/2020	≤ 1,50E-02	1,00E-01	2,30E+02	3,12E+00	6,9
	04/02/2020	≤ 1,60E-02	1,57E-01	2,42E+02	2,89E+00	7,2
	11/02/2020	≤ 1,60E-02	6,60E-02	2,36E+02	3,14E+00	7,1
	18/02/2020	≤ 1,60E-02	1,00E-01	2,27E+02	3,05E+00	6,9
	25/02/2020	≤ 1,60E-02	1,17E-01	2,15E+02	3,11E+00	6,9
	03/03/2020	≤ 1,60E-02	7,80E-02	2,26E+02	2,66E+00	6,8
	10/03/2020	≤ 1,60E-02	6,90E-02	2,24E+02	2,71E+00	6,9
	17/03/2020	≤ 1,60E-02	8,10E-02	2,21E+02	2,44E+00	6,7
	24/03/2020	≤ 1,60E-02	1,21E-01	2,28E+02	3,20E+00	6,7
	31/03/2020	2,20E-02	1,06E-01	2,27E+02	3,20E+00	7,1
	07/04/2020	≤ 1,60E-02	8,20E-02	2,20E+02	2,69E+00	6,9
	14/04/2020	2,00E-02	9,60E-02	2,24E+02	2,78E+00	6,9
	21/04/2020	≤ 1,60E-02	9,70E-02	2,30E+02	2,90E+00	7,2
	28/04/2020	≤ 1,90E-02	1,12E-01	2,24E+02	2,81E+00	7,1
	05/05/2020	≤ 1,60E-02	1,40E-01	1,44E+02	2,96E+00	7,1
	12/05/2020	≤ 1,60E-02	9,50E-02	2,31E+02	2,59E+00	7,2
	19/05/2020	≤ 1,60E-02	8,80E-02	2,43E+02	2,59E+00	7,4
	26/05/2020	2,90E-02	9,80E-02	2,34E+02	2,55E+00	7,0
	02/06/2020	≤ 1,50E-02	1,14E-01	2,33E+02	3,02E+00	7,1
	09/06/2020	≤ 1,50E-02	1,10E-01	2,51E+02	2,93E+00	7,1
	16/06/2020	≤ 1,50E-02	1,13E-01	2,22E+02	2,36E+00	7,3
	23/06/2020	≤ 1,50E-02	9,50E-02	2,33E+02	2,45E+00	7,3
	30/06/2020	≤ 1,50E-02	1,00E-01	2,27E+02	2,45E+00	7,3
	07/07/2020	≤ 1,50E-02	1,12E-01	2,30E+02	2,57E+00	7,4
	13/07/2020	≤ 1,50E-02	1,06E-01	2,35E+02	2,67E+00	7,5
	21/07/2020	2,90E-02	1,22E-01	2,34E+02	2,75E+00	7,4
	28/07/2020	≤ 1,50E-02	1,09E-01	2,30E+02	2,75E+00	7,5
	04/08/2020	≤ 1,50E-02	8,10E-02	2,34E+02	2,75E+00	8,2
	11/08/2020	2,70E-02	1,11E-01	2,37E+02	3,01E+00	7,4
	18/08/2020	1,90E-02	9,50E-02	2,24E+02	2,91E+00	7,5
	25/08/2020	≤ 1,50E-02	1,06E-01	2,14E+02	3,21E+00	7,3
	01/09/2020	≤ 1,50E-02	9,90E-02	2,28E+02	2,99E+00	7,3
	08/09/2020	≤ 1,50E-02	1,06E-01	2,18E+02	2,99E+00	7,1
	15/09/2020	2,10E-02	1,14E-01	2,34E+02	2,82E+00	7,3
	22/09/2020	≤ 1,50E-02	1,25E-01	2,33E+02	2,82E+00	7,3
	29/09/2020	1,90E-02	1,23E-01	2,23E+02	2,82E+00	7,2
	06/10/2020	≤ 1,50E-02	1,30E-01	2,08E+02	3,28E+00	7,3
13/10/2020	≤ 1,50E-02	1,44E-01	1,92E+02	3,46E+00	7,3	
20/10/2020	1,90E-02	8,00E-02	2,20E+02	3,28E+00	7,4	
27/10/2020	1,60E-02	1,21E-01	1,62E+02	3,62E+00	7,2	
03/11/2020	≤ 1,50E-02	1,30E-01	2,07E+02	2,95E+00	7,0	
10/11/2020	≤ 1,50E-02	9,80E-02	2,04E+02	3,05E+00	7,0	
17/11/2020	≤ 1,50E-02	1,12E-01	1,96E+02	2,95E+00	7,0	
24/11/2020	1,90E-02	1,01E-01	2,15E+02	3,51E+00	7,3	
01/12/2020	≤ 1,50E-02	1,35E-01	1,97E+02	3,70E+00	6,9	
08/12/2020	≤ 1,50E-02	1,00E-01	2,13E+02	3,23E+00	6,7	
15/12/2020	≤ 1,50E-02	8,90E-02	2,10E+02	3,04E+00	7,1	
22/12/2020	≤ 1,50E-02	1,13E-01	2,01E+02	3,23E+00	6,8	
29/12/2020	≤ 1,50E-02	1,08E-01	1,89E+02	3,04E+00	6,9	

Tableau 9-48 Résultats des analyses physico-chimiques des eaux du Grand Bel (R3) et des eaux des Roteures (R1-10)

	Paramètres	Unités	R1-10		R3	
			11/02/2020	07/10/2020	11/02/2020	07/10/2020
Paramètres physico-chimiques	Date de prélèvement					
	pH	UpH	7,30 +/- 0,05	7,80 +/- 0,05	7,20 +/- 0,05	7,90 +/- 0,05
	Conductivité	µS/cm	282 +/- 8	262 +/- 8	290 +/- 9	282 +/- 8
	Oxygène dissous	mgO2/L	9,7 +/- 0,1	8,1 +/- 0,1	9,9 +/- 0,1	10 +/- 1
	Température	°C	9,0 +/- 0,5	13 +/- 1	10 +/- 1	13 +/- 1
	Potentiel redox	mV/ENH	438 +/- 18	299 +/- 12	447 +/- 18	566 +/- 23
	DBO5	mg/L	<2	<2	<2	<2
	DCO	mg/L	19 +/- 2	12 +/- 1	<5	<5
	COD	mg/L	4,0 +/- 0,4	4,5 +/- 0,4	1,1 +/- 0,1	1,1 +/- 0,1
	Biodégradabilité	-	<9,5	<6,0	<2,5	<2,5
	MES	mg/L	23 +/- 1	5,0 +/- 0,3	4,0 +/- 0,2	15 +/- 1
	Potassium	mg/L	1,7 +/- 0,1	3,1 +/- 0,2	2,0 +/- 0,1	3,1 +/- 0,2
Substances indésirables	Nitrates	mg/L	15 +/- 1	11 +/- 1	21 +/- 1	25 +/- 1
	Nitrites	µg/L	27 +/- 1	160 +/- 8	4,0 +/- 0,2	5,0 +/- 0,3
	Azote NTK	mg/L	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
	Azote global	mg/L	<3,9	<3,0	<5,2	<6,1
	Phosphates	mg/L	0,13 +/- 0,01	0,62 +/- 0,03	0,16 +/- 0,01	0,14 +/- 0,01
	Aluminium dissous	µg/L	45 +/- 2	67 +/- 3	14 +/- 1	14 +/- 1
	Baryum dissous	µg/L	30 +/- 2	31 +/- 2	35 +/- 1,8	40 +/- 2
	Bore dissous	µg/L	160 +/- 8	19,0 +/- 1,0	28 +/- 1	20 +/- 1
	Cuivre dissous	µg/L	3,0 +/- 0,4	1,5 +/- 0,2	<1	<1
	Fer dissous	µg/L	95 +/- 5	160 +/- 8	9,0 +/- 0,5	4,0 +/- 0,8
Manganèse dissous	µg/L	13 +/- 1	10 +/- 1	9,0 +/- 0,5	2,0 +/- 0,4	
Substances toxiques	Arsenic dissous	µg/L	<0,2	0,40 +/- 0,04	<0,2	<0,2
	Cadmium dissous	µg/L	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
	Chrome dissous	µg/L	<1	<1	<1	<1
	Etain dissous	µg/L	<5	<5	<5	<5
	Mercure dissous	µg/L	0,025 +/- 0,001	<0,01	<0,01	<0,01
	Mercure total	µg/L	0,044 +/- 0,002	0,014 +/- 0,001	<0,01	<0,01
	Nickel dissous	µg/L	1,4 +/- 0,1	1,3 +/- 0,1	1,1 +/- 0,1	1,0 +/- 0,1
	Plomb dissous	µg/L	0,5 +/- 0,3	0,5 +/- 0,3	<0,4	<0,4
	Uranium dissous	µg/L	<4,000	<4	<4,000	<4
	Zinc dissous	µg/L	8,0 +/- 0,4	6,7 +/- 0,3	10 +/- 0,5	7,2 +/- 0,4
	Cyanures dissous	µg/L	<5	<5	<5	<5
Hydrocarbures totaux	µg/L	60 +/- 12	<10	<10	<10	

Tableau 9-49 Résultats des analyses radiologiques courantes hebdomadaires des eaux des Roteurs au point de contrôle R1

Point de prélèvement	Date de prélèvement	Indice alpha global Bq/L	Indice bêta global Bq/L	Tritium Bq/L	Potassium mg/L	pH
R1	07/01/2020	≤ 1,50E-02	6,50E-02	3,70E+00	2,14E+00	7,1
	14/01/2020	≤ 1,50E-02	1,06E-01	≤ 2,70E+00	2,62E+00	7,2
	21/01/2020	2,90E-02	9,90E-02	2,40E+00	2,22E+00	7,3
	28/01/2020	1,70E-02	1,06E-01	3,10E+00	2,39E+00	7,3
	04/02/2020	≤ 1,60E-02	9,30E-02	≤ 2,50E+00	2,32E+00	7,3
	11/02/2020	≤ 1,60E-02	7,30E-02	≤ 2,20E+00	2,48E+00	7,5
	18/02/2020	1,80E-02	5,80E-02	3,30E+00	2,58E+00	7,4
	25/02/2020	≤ 1,60E-02	7,20E-02	3,70E+00	2,46E+00	7,4
	03/03/2020	≤ 1,60E-02	4,70E-02	≤ 2,30E+00	1,94E+00	7,2
	10/03/2020	≤ 1,60E-02	6,90E-02	≤ 2,30E+00	2,08E+00	7,3
	17/03/2020	2,40E-02	8,70E-02	≤ 2,20E+00	1,72E+00	7,3
	24/03/2020	≤ 1,60E-02	≤ 3,60E-02	2,60E+00	2,18E+00	7,3
	31/03/2020	2,20E-02	7,80E-02	≤ 2,40E+00	1,82E+00	7,4
	07/04/2020	≤ 1,60E-02	6,80E-02	3,00E+00	1,73E+00	7,2
	14/04/2020	2,00E-02	5,50E-02	≤ 2,30E+00	1,73E+00	7,2
	21/04/2020	≤ 1,60E-02	7,90E-02	≤ 2,40E+00	1,59E+00	7,3
	28/04/2020	≤ 1,80E-02	5,70E-02	≤ 2,40E+00	1,51E+00	7,3
	05/05/2020	2,40E-01	4,10E-01	≤ 2,10E+00	3,81E+00	6,7
	12/05/2020	≤ 1,60E-02	6,00E-02	≤ 2,30E+00	1,34E+00	7,1
	19/05/2020	≤ 1,60E-02	7,80E-02	≤ 2,10E+00	1,34E+00	7,3
	26/05/2020	≤ 1,60E-02	7,10E-02	≤ 2,10E+00	1,47E+00	7,4
	02/06/2020	≤ 1,50E-02	5,20E-02	3,00E+00	1,53E+00	7,0
	09/06/2020	2,70E-02	1,70E-01	3,70E+00	1,81E+00	7,1
	16/06/2020	≤ 1,80E-02	4,80E-02	3,40E+00	1,24E+00	7,4
	23/06/2020	≤ 1,50E-02	3,90E-02	4,20E+00	1,33E+00	7,3
	30/06/2020	≤ 1,50E-02	3,80E-02	3,20E+00	1,52E+00	7,3
	07/07/2020	≤ 1,50E-02	9,90E-02	2,40E+00	1,48E+00	7,4
	13/07/2020	≤ 1,50E-02	5,20E-02	3,30E+00	1,30E+00	7,3
	21/07/2020	2,10E-02	5,20E-02	2,30E+00	1,51E+00	7,4
	28/07/2020	≤ 1,50E-02	5,40E-02	3,80E+00	1,60E+00	7,4
	04/08/2020	≤ 1,50E-02	6,00E-02	2,40E+00	1,62E+00	7,1
	11/08/2020	≤ 1,50E-02	5,30E-02	≤ 2,00E+00	1,77E+00	7,3
	18/08/2020	1,90E-02	9,10E-02	≤ 2,10E+00	1,96E+00	7,5
	25/08/2020	1,90E-02	1,19E-01	≤ 2,20E+00	2,64E+00	7,4
	01/09/2020	≤ 1,50E-02	7,50E-02	3,70E+00	1,96E+00	7,3
	08/09/2020	≤ 1,50E-02	9,40E-02	≤ 2,10E+00	2,24E+00	7,2
	15/09/2020	≤ 1,50E-02	7,30E-02	≤ 2,20E+00	1,85E+00	7,3
	22/09/2020	≤ 1,50E-02	7,20E-02	≤ 2,10E+00	1,76E+00	7,3
	29/09/2020	≤ 1,50E-02	7,60E-02	2,70E+00	2,02E+00	7,3
	06/10/2020	1,70E-02	1,07E-01	6,00E+00	3,18E+00	7,5
	13/10/2020	2,80E-02	1,90E-01	≤ 2,30E+00	4,23E+00	7,5
	20/10/2020	≤ 1,50E-02	1,01E-01	≤ 2,10E+00	2,81E+00	7,5
27/10/2020	1,90E-02	1,25E-01	2,50E+00	3,15E+00	7,5	
03/11/2020	2,40E-02	1,51E-01	≤ 2,30E+00	3,05E+00	7,2	
10/11/2020	2,40E-02	1,61E-01	3,40E+00	2,66E+00	7,2	
17/11/2020	2,80E-02	1,57E-01	3,40E+00	2,57E+00	7,2	
24/11/2020	2,70E-02	1,30E-01	2,90E+00	3,03E+00	7,7	
01/12/2020	≤ 1,50E-02	8,00E-02	2,30E+00	2,21E+00	7,4	
08/12/2020	≤ 1,50E-02	7,90E-02	2,30E+00	3,23E+00	7,3	
15/12/2020	≤ 1,50E-02	1,17E-01	3,10E+00	2,96E+00	7,6	
22/12/2020	≤ 1,50E-02	7,90E-02	≤ 2,20E+00	2,69E+00	7,4	
29/12/2020	1,70E-02	7,80E-02	≤ 2,10E+00	2,60E+00	7,3	

Tableau 9-50 Résultats des analyses radiologiques courantes hebdomadaires des eaux des Roteurs au point de contrôle R1-10

Point de prélèvement	Date de prélèvement	Indice alpha global Bq/L	Indice bêta global Bq/L	Tritium Bq/L	Potassium mg/L	pH
R1-10	07/01/2020	≤ 1,50E-02	7,80E-02	4,50E+00	2,24E+00	7,1
	14/01/2020	≤ 1,50E-02	1,11E-01	4,70E+00	2,72E+00	7,1
	21/01/2020	≤ 1,50E-02	6,60E-02	6,50E+00	2,39E+00	7,1
	28/01/2020	≤ 1,50E-02	7,90E-02	4,40E+00	2,30E+00	7,1
	04/02/2020	≤ 1,60E-02	7,50E-02	5,60E+00	2,23E+00	7,2
	11/02/2020	≤ 1,60E-02	7,50E-02	1,02E+01	2,58E+00	7,2
	18/02/2020	≤ 1,60E-02	8,40E-02	4,50E+00	2,58E+00	7,2
	25/02/2020	≤ 1,60E-02	6,20E-02	8,10E+00	2,46E+00	7,2
	03/03/2020	≤ 1,60E-02	5,40E-02	3,30E+00	1,94E+00	7,2
	10/03/2020	1,80E-02	5,90E-02	3,00E+00	2,08E+00	7,2
	17/03/2020	≤ 1,60E-02	6,40E-02	8,50E+00	1,81E+00	7,2
	24/03/2020	≤ 1,60E-02	1,03E-01	7,10E+00	2,37E+00	7,2
	31/03/2020	≤ 1,60E-02	5,50E-02	6,50E+00	2,18E+00	7,3
	07/04/2020	≤ 1,60E-02	8,90E-02	6,10E+00	1,90E+00	7,1
	14/04/2020	≤ 1,60E-02	9,50E-02	6,50E+00	1,99E+00	7,2
	21/04/2020	≤ 1,60E-02	6,70E-02	7,60E+00	1,93E+00	7,4
	28/04/2020	≤ 1,90E-02	1,02E-01	9,20E+00	1,93E+00	7,2
	05/05/2020	1,90E-01	4,20E-01	≤ 2,00E+00	4,20E+00	6,6
	12/05/2020	2,00E-02	7,70E-02	8,50E+00	1,78E+00	7,2
	19/05/2020	≤ 1,60E-02	4,90E-02	1,22E+01	1,87E+00	7,3
	26/05/2020	≤ 1,60E-02	6,60E-02	9,70E+00	1,83E+00	7,3
	02/06/2020	≤ 1,50E-02	8,80E-02	1,08E+01	2,08E+00	7,2
	09/06/2020	≤ 1,50E-02	9,20E-02	1,04E+01	2,18E+00	7,2
	16/06/2020	≤ 1,50E-02	8,40E-02	1,20E+01	1,61E+00	7,2
	23/06/2020	≤ 1,50E-02	1,14E-01	1,15E+01	1,70E+00	7,3
	30/06/2020	≤ 1,50E-02	1,09E-01	1,15E+01	1,79E+00	7,2
	07/07/2020	≤ 1,50E-02	4,50E-02	9,30E+00	1,84E+00	7,4
	13/07/2020	≤ 1,50E-02	5,60E-02	1,10E+01	2,02E+00	7,5
	21/07/2020	≤ 1,50E-02	5,20E-02	1,32E+01	2,37E+00	7,4
	28/07/2020	≤ 1,50E-02	5,20E-02	1,26E+01	2,17E+00	7,4
	04/08/2020	≤ 1,50E-02	5,80E-02	1,12E+01	2,09E+00	7,3
	11/08/2020	≤ 1,50E-02	6,10E-02	9,20E+00	1,39E+00	7,3
	18/08/2020	≤ 1,50E-02	8,90E-02	8,70E+00	2,53E+00	7,5
	25/08/2020	≤ 1,50E-02	8,20E-02	8,60E+00	2,83E+00	7,3
	01/09/2020	≤ 1,50E-02	7,30E-02	1,37E+01	2,33E+00	7,3
	08/09/2020	≤ 1,50E-02	8,20E-02	1,05E+01	2,33E+00	7,3
	15/09/2020	≤ 1,50E-02	1,04E-01	1,00E+01	2,11E+00	7,4
	22/09/2020	≤ 1,50E-02	9,80E-02	1,30E+01	2,02E+00	7,4
	29/09/2020	≤ 1,50E-02	7,90E-02	1,17E+01	2,28E+00	7,4
	06/10/2020	≤ 1,50E-02	1,22E-01	7,00E+00	3,75E+00	7,3
	13/10/2020	≤ 1,50E-02	1,72E-01	8,20E+00	4,04E+00	7,4
20/10/2020	≤ 1,50E-02	1,15E-01	3,80E+00	2,81E+00	7,3	
27/10/2020	2,40E-02	1,90E-01	2,70E+00	3,34E+00	7,3	
03/11/2020	1,20E-01	2,60E-01	≤ 2,60E+00	2,66E+00	6,9	
10/11/2020	2,40E-02	9,30E-02	6,50E+00	2,47E+00	7,1	
17/11/2020	2,40E-02	6,70E-02	6,40E+00	2,38E+00	7,1	
24/11/2020	≤ 1,50E-02	8,90E-02	6,50E+00	2,93E+00	7,5	
01/12/2020	≤ 1,50E-02	8,50E-02	7,10E+00	2,40E+00	7,2	
08/12/2020	≤ 1,50E-02	7,50E-02	7,10E+00	2,86E+00	7,1	
15/12/2020	≤ 1,50E-02	7,60E-02	4,70E+00	2,69E+00	7,4	
22/12/2020	≤ 1,50E-02	6,80E-02	≤ 2,20E+00	2,69E+00	7,3	
29/12/2020	≤ 1,50E-02	7,20E-02	6,50E+00	2,60E+00	7,2	

Tableau 9-51 Résultats des analyses radiologiques des sédiments aux points de contrôle SR3, SR6 et SR6-10

Points de prélèvement	Date de prélèvement	Co 60 Bq/kg sec	Ru-Rh 106 Bq/kg sec	Sb 125 Bq/kg sec	Cs 134 Bq/kg sec	Cs 137 Bq/kg sec	Pu 238 Bq/kg sec	Pu 239/240 Bq/kg sec	Am 241 Bq/kg sec
SR3	04/02/20	≤1,1E+00	≤8,2E+00	≤2,3E+00	≤1,1E+00	≤1,1E+00	≤3,8E-01	≤3,5E-01	≤1,1E+00
	05/05/20	≤1,0E+00	≤7,9E+00	≤2,2E+00	≤1,1E+00	≤9,9E-01	≤5,2E-01	≤5,6E-01	≤4,4E-01
	11/08/20	≤7,4E-01	≤4,9E+00	≤1,5E+00	≤6,5E-01	1,20E+00	≤1,0E+00	≤1,5E+00	≤5,1E-01
	03/11/20	≤9,9E-01	≤6,2E+00	≤1,7E+00	≤6,9E-01	9,00E-01	≤4,9E-01	≤4,7E-01	≤4,7E-01
SR6	13/02/20	≤2,4E-01	≤3,4E+00	≤4,6E-01	≤1,6E-01	8,8E+00	1,0E-01	1,3E-01	≤2,8E-01
	12/05/20	≤2,5E-01	≤3,4E+00	≤5,1E-01	≤1,7E-01	1,1E+01	≤8,7E-02	1,6E-01	≤3,7E-01
	19/08/20	≤3,8E-01	≤5,3E+00	≤8,4E-01	≤2,7E-01	3,7E+01	2,5E-01	1,4E-01	2,00E+00
	28/10/20	≤2,5E-01	≤3,5E+00	≤5,1E-01	≤1,8E-01	1,2E+01	≤6,6E-02	3,0E-01	≤3,4E-01
SR6-10	04/02/20	≤1,2E+00	≤9,4E+00	≤2,7E+00	≤1,3E+00	1,0E+01	≤1,0E+00	≤1,3E+00	≤7,0E-01
	05/05/20	≤1,1E+00	≤8,9E+00	≤2,5E+00	≤1,2E+00	6,7E+00	≤8,4E-01	≤1,0E+00	≤6,1E-01
	11/08/20	≤8,1E-01	≤5,4E+00	≤1,8E+00	≤8,1E-01	7,6E+00	≤3,9E-01	≤4,5E-01	≤6,2E-01
	03/11/20	≤9,7E-01	≤6,2E+00	≤1,8E+00	≤7,4E-01	8,5E+00	≤7,1E-01	≤7,6E-01	≤4,7E-01

Tableau 9-52 Résultats semestriels des analyses physico-chimiques des sédiments des ruisseaux

	Paramètre	Unités	SR1-10		SR3		SR6	
	Date de prélèvement		11/02/2020	07/10/2020	11/02/2020	07/10/2020	11/02/2020	07/10/2020
Caractérisation du sédiment	Fract<2mm	% MS	67 +/- 13	90 +/- 18	93 +/- 19	73 +/- 15	98 +/- 20	85 +/- 17
	Fract	% MS	1,0 +/- 0,2	22 +/- 4	4,8 +/- 1,0	30 +/- 6	9,5 +/- 1,9	18 +/- 4
	COT	gC/kg MS	5,0 +/- 1,0	24, +/- 5	6,0 +/- 1,2	8,0 +/- 1,6	21 +/- 4	23 +/- 5
Substances toxiques	Aluminium	mg/kg MS	8900 +/- 1800	4800 +/- 1000	5800 +/- 1200	2800 +/- 600	8300 +/- 1700	7300 +/- 1500
	Arsenic	mg/kg MS	4,5 +/- 0,9	3,6 +/- 0,7	1,6 +/- 0,3	2,5 +/- 0,5	3,7 +/- 0,7	6,4 +/- 1,3
	Bore	mg/kg MS	1,6 +/- 0,3	2,9 +/- 0,6	1,3 +/- 0,3	1,3 +/- 0,3	2,0 +/- 0,4	4,1 +/- 0,8
	Baryum	mg/kg MS	62 +/- 12	71 +/- 14	42 +/- 8	54 +/- 11	60 +/- 12	92 +/- 18
	Béryllium	mg/kg MS	0,40 +/- 0,08	<3	<0,3	<3	0,60 +/- 0,12	<3
	Cadmium	mg/kg MS	<0,3	0,17 +/- 0,03	<0,3	<0,1	<0,3	0,30 +/- 0,06
	Chrome	mg/kg MS	9,5 +/- 1,9	10 +/- 2	5,4 +/- 1,1	7,8 +/- 1,6	7,2 +/- 1,4	14 +/- 3
	Cuivre	mg/kg MS	6,7 +/- 1,3	8,1 +/- 1,6	13 +/- 3	11 +/- 2	8,7 +/- 1,7	14 +/- 3
	Etain	mg/kg MS	0,40 +/- 0,08	<3	14 +/- 3	<3	1,9 +/- 0,4	<3
	Fer	mg/kg MS	12000 +/- 2400	6400 +/- 1300	5200 +/- 1000	3000 +/- 600	7900 +/- 1600	9500 +/- 1900
	Manganèse	mg/kg MS	290 +/- 60	300 +/- 60	88 +/- 18	100 +/- 20	260 +/- 50	340 +/- 70
	Mercure	mg/kg MS	0,082 +/- 0,016	0,13 +/- 0,03	<0,05	0,034 +/- 0,007	0,054 +/- 0,011	0,066 +/- 0,013
	Nickel	mg/kg MS	7,5 +/- 1,5	9,4 +/- 1,9	3,9 +/- 0,8	4,8 +/- 1,0	9,7 +/- 1,9	16 +/- 3
	Plomb	mg/kg MS	12 +/- 2	13 +/- 3	35 +/- 7	14 +/- 3	12 +/- 2	14 +/- 3
	Uranium	mg/kg MS	0,46 +/- 0,09	0,70 +/- 0,14	0,40 +/- 0,08	0,58 +/- 0,12	0,88 +/- 0,18	0,90 +/- 0,18
	Zinc	mg/kg MS	62 +/- 12	66 +/- 13	45 +/- 9	61 +/- 12	120 +/- 24	202 +/- 40
	Hydrocarbures totaux	mg/kg MS	<50	220 +/- 44	<50	<50	<50	52 +/- 10
	HAP Benzo(a)pyrène	µg/kg MS	<50	<50	120 +/- 24	<50	<50	<50
	HAP Benzo(b)fluoranthène	µg/kg MS	<50	<50	180 +/- 36	85 +/- 17	<50	<50
	HAP Benzo(ghi)pérylène	µg/kg MS	<50	<50	84 +/- 17	<50	<50	<50
	HAP Benzo(k)fluoranthène	µg/kg MS	<50	<50	59 +/- 12	<50	<50	<50
HAP Fluoranthène	µg/kg MS	<50	<50	220 +/- 44	84 +/- 17	<50	<50	
HAP Indéno(1,2,3-cd)pyrène	µg/kg MS	<50	<50	74 +/- 15	<50	<50	<50	
Somme des HAP(6)	µg/kg MS	<300	<300	740 +/- 150	169 +/- 34	<300	<300	

9.2.12 Résultats de la surveillance atmosphérique

Tableau 9-53 Résultats des analyses radiologiques des poussières dans l'air atmosphérique (1/2)

Point de prélèvement	Date de prélèvement	Indice alpha global Bq/m ³	Indice bêta global Bq/m ³	Point de prélèvement	Date de prélèvement	Indice alpha global Bq/m ³	Indice bêta global Bq/m ³
AS1	02/01/2020	2,30E-05	6,30E-04	AS1	01/04/20	1,00E-04	1,80E-03
	03/01/2020	2,30E-05	7,00E-04		02/04/20	3,20E-05	5,70E-04
	06/01/2020	6,30E-06	1,60E-04		03/04/20	4,30E-05	5,60E-04
	07/01/2020	1,00E-05	2,90E-04		06/04/20	1,50E-05	1,20E-04
	08/01/2020	≤6,64E-06	6,20E-05		07/04/20	1,50E-05	3,20E-04
	09/01/2020	≤6,62E-06	5,70E-05		08/04/20	3,30E-05	5,40E-04
	10/01/2020	9,00E-06	1,50E-04		09/04/20	1,00E-04	1,40E-03
	13/01/2020	1,10E-05	1,60E-04		10/04/20	1,20E-04	1,60E-03
	14/01/2020	1,30E-05	2,30E-04		13/04/20	1,10E-04	1,50E-03
	15/01/2020	2,60E-05	3,50E-04		14/04/20	1,00E-04	7,10E-04
	16/01/2020	1,50E-05	2,10E-04		15/04/20	5,90E-05	6,70E-04
	17/01/2020	3,00E-05	5,30E-04		16/04/20	9,00E-05	1,10E-03
	20/01/2020	9,00E-06	1,60E-04		17/04/20	6,50E-05	8,00E-04
	21/01/2020	1,90E-05	1,60E-04		20/04/20	4,20E-05	3,90E-04
	22/01/2020	3,70E-05	2,60E-04		21/04/20	6,70E-05	6,00E-04
	23/01/2020	2,10E-05	3,50E-04		22/04/20	9,00E-05	6,70E-04
	24/01/2020	1,10E-05	3,10E-04		23/04/20	8,00E-05	8,10E-04
	27/01/2020	3,90E-05	5,90E-04		24/04/20	1,00E-04	1,00E-03
	28/01/2020	≤8,20E-06	1,38E-04		27/04/20	5,10E-05	6,10E-04
	29/01/2020	8,00E-06	1,60E-04		28/04/20	5,00E-05	6,60E-04
	30/01/2020	1,70E-05	2,40E-04		29/04/20	3,60E-05	4,40E-04
	31/01/2020	≤6,82E-06	1,91E-05		30/04/20	2,20E-05	3,00E-04
	03/02/2020	7,00E-06	1,20E-04		01/05/20	2,00E-05	2,80E-04
	04/02/2020	9,00E-06	1,90E-04		04/05/20	1,80E-05	2,00E-04
	05/02/2020	9,00E-06	1,10E-04		05/05/20	3,10E-05	3,40E-04
	06/02/2020	≤6,93E-06	1,67E-04		06/05/20	4,20E-05	4,30E-04
	07/02/2020	9,00E-06	3,00E-04		07/05/20	6,70E-05	6,70E-04
	10/02/2020	8,00E-06	3,00E-04		08/05/20	4,10E-05	9,00E-04
	11/02/2020	≤8,23E-06	1,32E-04		11/05/20	4,60E-05	5,80E-04
	12/02/2020	≤7,14E-06	1,59E-04		12/05/20	1,90E-05	2,20E-04
	13/02/2020	≤7,47E-06	2,02E-04		13/05/20	3,90E-05	4,90E-04
14/02/2020	≤8,17E-06	9,40E-05	14/05/20	2,60E-05	3,40E-04		
17/02/2020	1,00E-05	2,20E-04	15/05/20	2,70E-05	3,60E-04		
18/02/2020	≤7,44E-06	1,53E-04	18/05/20	3,40E-05	4,60E-04		
19/02/2020	≤7,24E-06	1,95E-04	19/05/20	4,70E-05	5,20E-04		
20/02/2020	1,50E-05	3,50E-04	20/05/20	5,10E-05	6,10E-04		
21/02/2020	1,00E-05	2,30E-04	22/05/20	5,90E-05	7,30E-04		
24/02/2020	1,00E-05	1,80E-04	25/05/20	2,70E-05	3,20E-04		
25/02/2020	1,00E-05	1,60E-04	26/05/20	4,10E-05	5,50E-04		
26/02/2020	1,00E-05	1,90E-04	27/05/20	4,90E-05	6,60E-04		
27/02/2020	7,00E-06	1,30E-04	28/05/20	3,10E-05	5,40E-04		
28/02/2020	7,00E-06	1,90E-04	29/05/20	2,80E-05	3,40E-04		
02/03/2020	3,10E-05	3,40E-04	01/06/20	3,60E-05	4,00E-04		
03/03/2020	1,20E-05	2,20E-04	02/06/20	3,70E-05	5,00E-04		
04/03/2020	1,60E-05	2,60E-04	03/06/20	4,30E-05	6,30E-04		
05/03/2020	≤6,80E-06	1,08E-04	04/06/20	3,70E-05	6,30E-04		
06/03/2020	1,60E-05	2,60E-04	05/06/20	1,70E-05	2,10E-04		
09/03/2020	1,90E-05	3,00E-04	08/06/20	1,50E-05	1,90E-04		
10/03/2020	≤6,78E-06	1,31E-04	09/06/20	2,20E-05	2,30E-04		
11/03/2020	1,00E-05	1,20E-04	10/06/20	3,80E-05	5,30E-04		
12/03/2020	9,00E-06	1,50E-04	11/06/20	5,80E-05	8,00E-04		
13/03/2020	≤8,03E-06	1,90E-04	12/06/20	4,20E-05	4,00E-04		
16/03/2020	8,00E-06	2,10E-04	15/06/20	2,00E-05	3,10E-04		
17/03/2020	2,60E-05	3,40E-04	16/06/20	1,80E-05	4,20E-04		
18/03/2020	8,00E-06	2,70E-04	17/06/20	1,90E-05	4,20E-04		
19/03/2020	1,70E-05	3,20E-04	18/06/20	2,30E-05	4,50E-04		
20/03/2020	1,70E-05	2,70E-04	19/06/20	2,20E-05	5,10E-04		
23/03/2020	1,80E-05	4,50E-04	22/06/20	1,30E-05	2,80E-04		
24/03/2020	6,50E-05	1,00E-03	23/06/20	3,20E-05	3,40E-04		
25/03/2020	7,40E-05	1,00E-03	24/06/20	3,40E-05	5,90E-04		
26/03/2020	1,00E-04	9,00E-04	25/06/20	6,50E-05	1,10E-03		
27/03/2020	1,10E-04	1,10E-03	26/06/20	5,90E-05	1,00E-03		
30/03/2020	7,80E-05	7,30E-04	29/06/20	1,40E-05	3,40E-04		
31/03/2020	2,30E-05	3,90E-04	30/06/20	1,30E-05	2,00E-04		

Tableau 9-53 Résultats des analyses radiologiques des poussières dans l'air atmosphérique

(2/2)

Point de prélèvement	Date de prélèvement	Indice alpha global Bq/m ³	Indice bêta global Bq/m ³	Point de prélèvement	Date de prélèvement	Indice alpha global Bq/m ³	Indice bêta global Bq/m ³
AS1	01/07/20	≤7,13E-06	8,10E-05	AS1	01/10/20	2,40E-05	4,00E-04
	02/07/20	1,40E-05	1,40E-04		02/10/20	1,20E-05	2,30E-04
	03/07/20	≤7,12E-06	1,10E-04		05/10/20	8,00E-06	1,90E-04
	06/07/20	1,50E-05	1,30E-04		06/10/20	≤7,24E-06	1,40E-04
	07/07/20	1,20E-05	1,40E-04		07/10/20	≤7,43E-06	8,50E-05
	08/07/20	≤6,91E-06	1,23E-04		08/10/20	4,10E-05	4,50E-04
	09/07/20	2,10E-05	1,60E-04		09/10/20	1,90E-05	1,70E-04
	10/07/20	2,10E-05	1,10E-04		12/10/20	1,10E-05	2,20E-04
	13/07/20	1,60E-05	2,60E-04		13/10/20	1,10E-05	2,30E-04
	15/07/20	2,00E-05	2,90E-04		14/10/20	≤6,85E-06	1,31E-04
	16/07/20	1,80E-05	2,60E-04		15/10/20	1,90E-05	3,50E-04
	17/07/20	1,70E-05	3,00E-04		16/10/20	1,30E-05	3,70E-04
	20/07/20	3,40E-05	3,90E-04		19/10/20	3,20E-05	6,30E-04
	21/07/20	2,30E-05	3,50E-04		20/10/20	6,60E-05	1,10E-03
	22/07/20	2,90E-05	3,80E-04		21/10/20	6,60E-05	9,00E-04
	23/07/20	3,20E-05	4,30E-04		22/10/20	≤7,36E-06	2,38E-04
	24/07/20	3,10E-05	5,10E-04		23/10/20	8,00E-06	2,20E-04
	27/07/20	1,50E-05	2,80E-04		26/10/20	1,10E-05	1,80E-04
	28/07/20	1,10E-05	2,20E-04		27/10/20	≤7,41E-06	6,20E-05
	29/07/20	1,40E-05	1,50E-04		28/10/20	≤4,84E-05	1,98E-04
	30/07/20	2,60E-05	2,60E-04		29/10/20	1,00E-05	1,70E-04
	31/07/20	4,80E-05	6,10E-04		30/10/20	1,50E-05	2,40E-04
	03/08/20	1,50E-05	2,50E-04		02/11/20	1,60E-05	2,50E-04
	04/08/20	1,90E-05	2,80E-04		03/11/20	2,60E-05	3,20E-04
	05/08/20	1,70E-05	3,00E-04		04/11/20	1,00E-05	2,30E-04
	06/08/20	2,40E-05	4,10E-04		05/11/20	9,00E-06	2,90E-04
	07/08/20	2,80E-05	6,50E-04		06/11/20	2,90E-05	2,90E-04
	10/08/20	5,90E-05	6,80E-04		09/11/20	6,50E-05	1,00E-03
	11/08/20	7,30E-05	1,20E-03		10/11/20	2,10E-05	4,00E-04
	12/08/20	1,20E-04	1,60E-03		12/11/20	2,20E-05	2,80E-04
	13/08/20	6,00E-05	1,10E-03		13/11/20	1,00E-05	1,90E-04
	14/08/20	3,80E-05	8,00E-04		16/11/20	1,80E-05	4,40E-04
	17/08/20	2,40E-05	4,40E-04		17/11/20	2,00E-05	2,90E-04
	18/08/20	2,40E-05	4,40E-04		18/11/20	3,40E-05	3,90E-04
	19/08/20	1,50E-05	3,10E-04		19/11/20	1,70E-05	2,30E-04
	20/08/20	2,30E-05	3,70E-04		20/11/20	≤6,68E-06	1,45E-04
	21/08/20	2,40E-05	4,20E-04		23/11/20	9,00E-06	2,20E-04
	24/08/20	1,60E-05	2,40E-04		24/11/20	1,70E-05	3,90E-04
	25/08/20	1,70E-05	3,10E-04		25/11/20	5,90E-05	1,40E-03
	26/08/20	1,40E-05	2,00E-04		26/11/20	2,30E-05	4,90E-04
	27/08/20	7,00E-06	1,80E-04		27/11/20	9,00E-05	1,80E-03
	28/08/20	≤7,03E-06	2,03E-04		30/11/20	7,40E-05	1,40E-03
31/08/20	1,50E-05	2,60E-04	01/12/20	3,30E-05	7,20E-04		
01/09/20	3,20E-05	3,90E-04	02/12/20	1,30E-05	1,30E-04		
02/09/20	2,10E-05	3,90E-04	03/12/20	1,00E-05	2,90E-04		
03/09/20	2,50E-05	5,60E-04	04/12/20	≤6,94E-06	5,00E-05		
04/09/20	2,00E-05	3,10E-04	07/12/20	5,40E-06	1,50E-04		
07/09/20	2,00E-05	2,80E-04	08/12/20	1,40E-05	3,10E-04		
08/09/20	2,70E-05	4,50E-04	09/12/20	1,20E-05	2,70E-04		
09/09/20	6,60E-05	8,00E-04	10/12/20	1,20E-05	3,30E-04		
10/09/20	3,40E-05	5,70E-04	11/12/20	≤6,82E-06	1,28E-04		
11/09/20	1,90E-05	4,20E-04	14/12/20	3,90E-06	1,00E-04		
14/09/20	3,10E-05	5,90E-04	15/12/20	8,00E-06	2,00E-04		
15/09/20	7,00E-05	1,50E-03	16/12/20	8,00E-06	1,60E-04		
16/09/20	1,40E-04	1,80E-03	17/12/20	9,00E-06	2,10E-04		
17/09/20	8,00E-05	1,40E-03	18/12/20	8,00E-06	1,90E-04		
18/09/20	2,70E-05	3,80E-04	21/12/20	8,00E-06	1,80E-04		
21/09/20	5,60E-05	8,50E-04	22/12/20	≤6,88E-06	2,81E-05		
22/09/20	4,00E-05	9,00E-04	23/12/20	≤6,71E-06	8,80E-05		
23/09/20	9,00E-05	1,30E-03	24/12/20	≤6,73E-06	4,56E-05		
24/09/20	1,90E-05	4,40E-04	25/12/20	≤6,68E-06	1,39E-04		
25/09/20	9,00E-06	2,30E-04	28/12/20	1,30E-05	2,10E-04		
28/09/20	1,30E-05	2,50E-04	29/12/20	NR	NR		
29/09/20	5,20E-05	5,80E-04	30/12/20	9,00E-06	1,60E-04		
30/09/20	2,90E-05	7,00E-04	31/12/20	1,10E-05	2,00E-04		

Tableau 9-54 Résultats des analyses de tritium global dans l'air et sous forme de vapeur d'eau (HTO) et gazeuse (HT)

Point de prélèvement	Date de prélèvement	HTO Bq/m ³	HT Bq/m ³	H3 global Bq/m ³	Point de prélèvement	Date de prélèvement	HTO Bq/m ³	HT Bq/m ³	H3 global Bq/m ³
AS1	06/01/2020	1,9E-01	3,9E-01	5,8E-01	AS1	06/07/2020	5,8E-01	1,9E-01	7,7E-01
	13/01/2020	2,3E-01	2,5E-01	4,8E-01		13/07/2020	1,5E-01	1,1E-01	2,6E-01
	20/01/2020	1,0E-01	1,3E-01	2,3E-01		20/07/2020	6,1E-01	8,3E-01	1,4E+00
	27/01/2020	≤8,2E-02	1,1E-01	≤1,9E-01		27/07/2020	3,7E-01	6,8E-01	1,1E+00
	03/02/2020	2,3E-01	≤8,6E-02	≤3,2E-01		03/08/2020	4,6E-01	6,8E-01	1,1E+00
	10/02/2020	1,7E-01	2,7E-01	4,4E-01		10/08/2020	≤7,9E-02	≤7,4E-02	≤1,5E-01
	17/02/2020	3,2E-01	2,9E-01	6,1E-01		17/08/2020	4,3E-01	4,8E-01	9,1E-01
	24/02/2020	2,6E-01	2,6E-01	5,2E-01		24/08/2020	5,5E-01	8,9E-01	1,4E+00
	02/03/2020	2,2E-01	4,9E-01	7,1E-01		31/08/2020	4,9E-01	3,1E-01	8,0E-01
	09/03/2020	1,7E-01	3,7E-01	5,4E-01		07/09/2020	8,0E-02	9,0E-02	1,7E-01
	16/03/2020	2,2E-01	4,7E-01	6,9E-01		14/09/2020	2,8E-01	5,9E-01	8,7E-01
	23/03/2020	≤7,9E-02	≤8,8E-02	≤1,7E-01		21/09/2020	≤8,6E-02	≤7,8E-02	≤1,6E-01
	30/03/2020	2,8E-01	4,2E-01	7,0E-01		28/09/2020	1,6E-01	2,9E-01	4,5E-01
	06/04/2020	≤7,8E-02	≤8,7E-02	≤1,6E-01		05/10/2020	3,2E-01	2,5E-01	5,7E-01
	13/04/2020	≤7,9E-02	≤8,3E-02	≤1,6E-01		12/10/2020	1,7E-01	≤8,8E-02	≤2,6E-01
	20/04/2020	≤7,6E-02	≤7,9E-02	≤1,6E-01		19/10/2020	9,0E-02	≤8,0E-02	≤1,7E-01
	27/04/2020	≤8,4E-02	≤8,4E-02	≤1,7E-01		26/10/2020	1,0E-01	≤7,9E-02	≤1,8E-01
	04/05/2020	3,7E-01	4,4E-01	8,1E-01		02/11/2020	2,7E-01	≤7,6E-02	≤3,5E-01
	11/05/2020	≤8,0E-02	≤8,4E-02	≤1,6E-01		09/11/2020	1,2E-01	≤7,6E-02	≤2,0E-01
	18/05/2020	≤7,6E-02	≤8,2E-02	≤1,6E-01		16/11/2020	2,0E-01	≤7,6E-02	≤2,8E-01
25/05/2020	3,6E-01	2,7E-01	6,3E-01	23/11/2020	2,1E-01	9,0E-02	3,0E-01		
01/06/2020	9,0E-02	≤7,5E-02	≤1,6E-01	30/11/2020	≤7,6E-02	≤7,9E-02	≤1,6E-01		
08/06/2020	1,8E-01	≤7,9E-02	≤2,6E-01	07/12/2020	≤7,3E-02	≤7,8E-02	≤1,5E-01		
15/06/2020	1,0E-01	9,0E-02	1,9E-01	14/12/2020	1,0E-01	1,7E-01	2,7E-01		
22/06/2020	2,6E-01	1,3E-01	3,9E-01	21/12/2020	≤9,1E-02	1,0E-01	≤1,9E-01		
29/06/2020	1,9E-01	1,4E-01	3,3E-01	28/12/2020	1,8E-01	2,6E-01	4,4E-01		
				04/01/2021	≤7,2E-02	≤7,8E-02	≤1,5E-01		

Tableau 9-55 Résultats des analyses par spectrométrie gamma des végétaux de la couverture du CSM

Points de prélèvement	Date de prélèvement	⁷ Be Bq/kg sec	⁴⁰ K Bq/kg sec	⁶⁰ Co Bq/kg sec	¹⁰⁶ RuRh Bq/kg sec	¹²⁵ Sb Bq/kg sec	¹³⁴ Cs Bq/kg sec	¹³⁷ Cs Bq/kg sec
V1	09/01/20	2,1E+03 +/- 3,1E+02	7,8E+02 +/- 7,0E+01	≤6,1E-01	≤2,8E+00	≤1,3E+00	≤5,3E-01	≤4,5E-01
	06/02/20	1,1E+03 +/- 1,5E+02	1,0E+03 +/- 8,0E+01	≤6,1E-01	≤2,9E+00	≤1,2E+00	≤5,4E-01	≤4,5E-01
	06/03/20	1,7E+03 +/- 2,5E+02	9,6E+02 +/- 8,0E+01	≤5,9E-01	≤3,6E+00	≤1,2E+00	≤4,9E-01	≤4,2E-01
	07/04/20	4,8E+02 +/- 7,0E+01	8,9E+02 +/- 7,0E+01	≤6,0E-01	≤3,7E+00	≤1,1E+00	≤5,3E-01	≤4,2E-01
	05/05/20	6,4E+02 +/- 9,0E+01	7,6E+02 +/- 6,0E+01	≤5,0E-01	≤3,9E+00	≤1,1E+00	≤5,4E-01	≤4,4E-01
	09/06/20	4,6E+02 +/- 7,0E+01	5,4E+02 +/- 5,0E+01	≤5,7E-01	≤3,6E+00	≤9,8E-01	≤5,2E-01	≤4,1E-01
	06/07/20	4,7E+02 +/- 7,0E+01	5,1E+02 +/- 5,0E+01	≤5,9E-01	≤3,9E+00	≤1,0E+00	≤5,8E-01	≤4,4E-01
	07/08/20	2,2E+02 +/- 3,6E+01	1,3E+03 +/- 1,2E+02	≤7,0E-01	≤4,1E+00	≤1,2E+00	≤5,7E-01	≤4,7E-01
	02/09/20	3,7E+02 +/- 6,0E+01	8,4E+02 +/- 8,0E+01	≤6,1E-01	≤3,8E+00	≤1,1E+00	≤5,3E-01	≤4,3E-01
	09/10/20	1,2E+03 +/- 1,7E+02	1,0E+03 +/- 9,0E+01	≤6,7E-01	≤4,2E+00	≤1,2E+00	≤5,9E-01	≤4,7E-01
	05/11/20	1,1E+03 +/- 1,6E+02	1,1E+03 +/- 9,0E+01	≤6,7E-01	≤4,4E+00	≤1,4E+00	≤6,0E-01	≤4,9E-01
07/12/20	1,2E+03 +/- 1,2E+02	1,1E+03 +/- 1,1E+02	≤5,7E-01	≤3,7E+00	≤1,2E+00	≤4,6E-01	≤4,3E-01	
V2	09/01/20	2,2E+03 +/- 3,1E+02	8,7E+02 +/- 7,0E+01	≤6,3E-01	≤3,0E+00	≤1,3E+00	≤5,6E-01	≤4,6E-01
	06/02/20	1,5E+03 +/- 2,1E+02	9,2E+02 +/- 8,0E+01	≤6,2E-01	≤2,8E+00	≤4,8E-01	≤5,4E-01	≤4,4E-01
	06/03/20	1,9E+03 +/- 2,8E+02	7,4E+02 +/- 6,0E+01	≤5,2E-01	≤3,3E+00	≤1,1E+00	≤4,6E-01	≤3,9E-01
	07/04/20	6,9E+02 +/- 1,0E+02	7,1E+02 +/- 6,0E+01	≤5,2E-01	≤3,3E+00	≤9,5E-01	≤4,6E-01	≤3,4E-01
	05/05/20	7,1E+02 +/- 1,0E+02	7,0E+02 +/- 6,0E+01	≤6,0E-01	≤3,7E+00	≤1,1E+00	≤5,4E-01	≤4,3E-01
	09/06/20	4,4E+02 +/- 7,0E+01	5,8E+02 +/- 6,0E+01	≤5,7E-01	≤3,8E+00	≤1,0E+00	≤5,3E-01	3,1E-01 +/- 1,4E-01
	06/07/20	4,6E+02 +/- 7,0E+01	5,4E+02 +/- 5,0E+01	≤6,2E-01	≤4,0E+00	≤1,1E+00	≤5,9E-01	≤4,6E-01
	07/08/20	1,4E+02 +/- 2,3E+01	1,2E+03 +/- 1,2E+02	≤6,4E-01	≤4,0E+00	≤1,2E+00	≤5,5E-01	≤4,5E-01
	02/09/20	4,0E+02 +/- 5,0E+01	8,2E+02 +/- 7,0E+01	≤6,0E-01	≤3,7E+00	≤7,0E-01	≤4,6E-01	≤4,1E-01
	09/10/20	1,2E+03 +/- 1,8E+02	1,1E+03 +/- 9,0E+01	≤7,0E-01	≤4,2E+00	≤1,3E+00	≤6,1E-01	≤5,0E-01
	05/11/20	1,3E+03 +/- 1,3E+02	9,8E+02 +/- 1,0E+02	≤6,0E-01	≤3,9E+00	≤1,2E+00	≤4,8E-01	≤4,4E-01
07/12/20	9,7E+02 +/- 1,0E+02	1,0E+03 +/- 1,1E+02	≤6,0E-01	≤3,8E+00	≤1,2E+00	≤4,8E-01	≤4,2E-01	

Tableau 9-56 Résultats des mesures du rayonnement ambiant

Point de prélèvement	Débits de dose moyens mensuels en nanoGy/h											
	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
"01"	97	89	94	83	97	115	81	81	111	97	81	94
"05"	83	74	81	83	83	101	81	81	83	97	81	94
"07"	97	89	94	97	111	115	94	94	111	97	94	108
"09"	97	89	94	97	97	115	81	94	97	97	94	108
"11"	97	89	81	83	97	101	81	94	97	97	81	94
"14"	97	89	81	97	97	115	94	94	97	83	81	94
"17"	97	89	81	97	97	115	81	94	97	83	81	94
"18"	83	74	94	97	97	115	94	94	97	97	94	94
"19"	83	89	81	97	83	115	81	81	97	83	81	94
"21"	97	89	81	83	97	101	81	94	97	83	94	94
"STATION"	83	89	94	83	97	115	94	94	97	97	94	94

Tableau 9-57 Résultats des mesures de radon atmosphériques

Point de prélèvement	Date de prélèvement	Radon Bq/m ³
Rn1n	31/01/2020	1,7E+00
	28/02/2020	1,7E+00
	03/04/2020	1,1E+00
	29/05/2020	5,0E+00
	30/06/2020	3,7E+00
	31/07/2020	8,0E+00
	31/08/2020	5,1E+00
	30/09/2020	4,3E+00
	30/10/2020	1,1E+00
	30/11/2020	2,5E+00
Rn2s	31/12/2020	1,7E+00
	31/01/2020	1,9E+00
	28/02/2020	6,8E-01
	03/04/2020	1,0E+00
	29/05/2020	2,1E+00
	30/06/2020	1,9E+00
	31/07/2020	8,4E-01
	31/08/2020	2,3E+00
	30/09/2020	2,1E+00
	30/10/2020	7,5E-01
30/11/2020	2,0E+00	
31/12/2020	7,3E-01	

9.3 Annexe 3 : Méthodologie des prélèvements

9.3.1 Référentiels

Les prélèvements sont réalisés conformément aux dispositions normatives. Chaque équipe de préleveurs dispose de ses propres modes opératoires qui s'appuient sur les guides et les normes établis par l'AFNOR et l'ISO. Les guides méthodologiques inter-exploitant [34], qui confrontent les pratiques de plusieurs exploitants, sont également une source de recommandations dans le domaine des prélèvements en lien avec la surveillance radiologique.

9.3.2 Stratégie et programme d'échantillonnage

La stratégie d'échantillonnage ainsi que les fréquences de prélèvements se conforment aux exigences réglementaires et sont définies dans le PRS [9]. Les quantités prélevées sont définies par les laboratoires conformément à leurs besoins.

En fonction des analyses à réaliser et des objectifs de la mesure, l'échantillonnage est ponctuel, par aliquote et/ou en continu. L'échantillon aliquote est constitué d'un ensemble d'échantillonnages ponctuels effectués à une fréquence asservie soit au temps écoulé soit au volume passé.

Les points de contrôle liés à la surveillance du CSM sont présentés dans le Tableau 9-58.

Tableau 9-58 Matrice et points de contrôle associés à la surveillance radiologique et chimique

Matrice surveillée	Référence du point de prélèvement	Localisation/caractéristique
Pluie ¹¹	PH1	Station météo
Eaux pluviales	CMG	Exutoire des eaux pluviales
Eaux de drainage couverture	RP300	Exutoire des eaux de drainage couverture
Effluents à risques	BDS	Exutoire des effluents à risque
	BRSO et BRS0bis	Exutoire des RSGE
	BRS-OU	Point de contrôle des effluents circulant dans le RSGE ouest et central
	BRS-ES	Point de contrôle des effluents circulant dans le RSGE est
	BRSXXX	Point de contrôle des drains sous ouvrages
	RD12	Exutoire des eaux du drainage profond
	RD24	Regard récupérant des eaux venant des drains de soubassement ou des ouvrages
	RD23, RD22, RD21, RD20, RD19, RD18, RD17, RD13, RD3	Point de contrôle du drainage profond
Eaux souterraines	POXXX, PZXXX	Piézomètres
Eaux de surface	R6, R6-10	Ruisseau de la Sainte-Hélène
	R3	Ruisseau du Grand-Bel
	R1, R1-10	Ruisseau des Roteures
Sédiment	SCMG	Sédiment de la fosse de tranquillisation de la CMG
	SR6, SR6-10	Sédiment du ruisseau de la Sainte-Hélène
	SR3	Sédiment du ruisseau du Grand-Bel
	SR1-10	Sédiment du ruisseau des Roteures
Végétaux	V1 et V2	Fraction aérienne des végétaux de la couverture
Poussières atmosphériques	AS1	Prélèvements sur filtres, à la station météo
Air		Barboteur tritium à la station météo
Rayonnement gamma ambiant	D1, D5, D7, D9, D11, D14, D17, D18, D19, D21, Dstation	Dosimètres en clôture et à la station météo
	Rn1N, Rn2S	Mesure du radon au nord et au sud du Centre

¹¹ Le prélèvement est effectué si la hauteur d'eau est supérieure à 1 mm ; dans le cas contraire le volume est conservé pour être analysé avec la période suivante.

9.3.3 Matériels de prélèvements et de mesure in situ

En plus du petit matériel (éprouvettes de classe A, flacons inertes chimiquement...), des équipements plus spécifiques sont utilisés selon la matrice prélevée ; ce matériel est détaillé dans le Tableau 9-59.

Tableau 9-59 Liste des matériels utilisés pour la réalisation des prélèvements et des mesures in situ

Matrice	Dispositifs de prélèvements et/ou de mesures
Pluie	Pluviomètre à lecture directe muni d'un entonnoir gradué en plastique transparent
	Collecteur en inox de 1 m ²
Eaux pluviales	Préleveur automatique réfrigéré
	Débitmètre électromagnétique
Eaux de drainage couverture	Préleveur automatique réfrigéré
	Débitmètres enregistreurs sur canal Venturi
	Débitmètres à augets basculeurs
Effluents à risques	Préleveur automatique réfrigéré
	Débitmètres électromagnétiques et à canal Venturi
	Pompe et vannes pointeaux
Eaux souterraines	Tube échantillonneur
	Sonde de mesure de hauteur de nappe
Eaux de surface	Flacon plastique avec perche télescopique
Sédiments	Seau, pelle
Végétaux	Ciseaux, tondeuse
Air	Préleveur atmosphérique EAS70K et filtres de cellulose
	Barboteur tritium Marc 7000
	Dosimètres passifs environnementaux

Le matériel utilisé pour les prélèvements est d'utilisation manuelle ou automatique (exemple Figure 9-1).



Figure 9-1 Exemples de matériels utilisés sur le CSM

Chaque matériel est dédié à un point de prélèvement. Chaque année est défini et appliqué un programme de maintenance, d'étalonnages et/ou de vérifications.

Une fois le prélèvement réalisé, il est rapidement conditionné afin de limiter toute dégradation.

9.3.4 Identification, conservation et transport

Chaque prélèvement est associé à une fiche de prélèvement qui permet de renseigner l'ensemble des informations exigées.

La nature des flacons (plastique, verre...) et le volume prélevé dépendent des analyses à réaliser ; ils sont choisis en accord avec les référentiels des laboratoires réalisant les analyses. Chaque flaconnage est identifié de façon unique. Dans certains cas, l'ajout d'un agent de conservation (acide, base...) est réalisé afin de stabiliser l'élément à analyser ; ces pratiques suivent les recommandations des laboratoires réalisant les analyses.

La manipulation, la conservation et le transport des échantillons respectent les exigences de la norme NF EN ISO 5667-3. Si besoin, les échantillons sont conservés à l'abri de la lumière et dans des enceintes réfrigérées (entre 1°C et 5°C).

Le transport est effectué en moins de 48h (J+1) dans des conditionnements permettant de conserver leur intégrité et le maintien des températures en dessous de 8°C.

9.4 Annexe 4 : Les laboratoires d'analyses

Les échantillons sont confiés à différents laboratoires d'analyses. Les laboratoires retenus pour réaliser les mesures sont présentés dans le Tableau 9-60.

Tableau 9-60 Liste des laboratoires participant à la surveillance du CSM

Laboratoire	Qualifications	Analyses réalisées
Algade - LED	Agréments ASN pour la mesure de radioactivité dans l'environnement Accréditation Cofrac n°1-1039	Mesure du radon
ASPECT	Agréments du ministère de l'environnement Accréditation Cofrac n°1-1080	Mesures physico-chimiques
EUROFINS (EICHROM)	Agréments ASN pour la mesure de radioactivité dans l'environnement Accréditation Cofrac n°1-6490	Participe aux contre-analyses radiologiques
LABEO	Agréments du ministère de l'environnement Accréditation Cofrac n°1-6186	Participe aux contre-analyses physico-chimiques
Laboratoire Andra du CSA	Agréments ASN pour la mesure de radioactivité dans l'environnement Conforme à la norme NF EN ISO/IEC 17025	Analyses courantes radiologiques : indices alpha et beta globaux, tritium, émetteurs alpha, spectrométrie gamma, potassium
Orano Recyclage La Hague : laboratoire de dosimétrie	Agréments ASN pour la mesure de radioactivité dans l'environnement Accréditation Cofrac n°1-1524	Mesure de la dosimétrie ambiante
Orano Recyclage La Hague : laboratoire FA_MA	Agréments ASN pour la mesure de radioactivité dans l'environnement Conforme à la norme NF EN ISO/IEC 17025	Analyses radiologiques des échantillons issus du protocole d'échange de données (Cf. §9.8)
SMART de SUBATECH/ARMINES	Agréments ASN pour la mesure de radioactivité dans l'environnement Accréditation Cofrac n°1-0910	Analyses radiologiques à bas seuils (fréquence annuelles et semestrielles) : toutes techniques
SYNLAB	Accrédité Cofrac	Sous-traitant d'Aspect pour la mesure des HAP

9.5 Annexe 5 : Préparation des échantillons

La plupart des analyses nécessitent une préparation physique : filtration, concentration, séchage, calcination, séparation chimique... Si une fraction de l'échantillon doit être prélevée, il faut s'assurer de la bonne homogénéisation de ce dernier.

9.5.1 Prétraitement sur les eaux

9.5.1.1 Filtration

Certaines mesures nécessitent une filtration (analyse de la fraction soluble et/ou de la fraction insoluble). Cette opération est faite *in situ* quand cela est possible, ou rapidement après réception au laboratoire des échantillons. Le seuil de coupure utilisé est de 0,45 µm.

9.5.1.2 Concentration

Pour atteindre des seuils de décision les plus bas possible en spectrométrie gamma, une concentration est nécessaire. L'échantillon d'eau (4 litres) est évaporé doucement (température inférieure à 85°C) sur des bacs à sable jusqu'à un volume de 500 ml. Cette phase de concentration ne peut être réalisée que sur des échantillons peu chargés. En cas de présence importante de sel, des précipités peuvent apparaître ; dans ce cas, la concentration doit se faire jusqu'à sec.

9.5.2 Prétraitement sur les solides

9.5.2.1 Séchage, broyage, calcination

Les sédiments subissent un prétraitement avant analyses selon la norme NF ISO 18589-2 : il s'agit d'un séchage à l'étuve ventilée, d'un broyage et d'un tamisage à 200µm.

Les végétaux sont également séchés à l'étuve, puis calcinés afin de concentrer la radioactivité contenue dans les échantillons.

9.5.2.2 Mise en solution

En dehors des mesures directes (spectrométrie gamma ou mesure par compteurs proportionnels), les échantillons solides doivent être solubilisés. Ils sont mis en solution par attaque acide.

9.6 Annexe 6 : Les techniques des laboratoires

9.6.1 Méthodes pour les mesures radiologiques

La liste des méthodes utilisées par les laboratoires de mesures radiologiques est donnée dans le Tableau 9-61.

Les analyses radiologiques courantes (indices alpha et bêta globaux, tritium et potassium) permettent d'avoir des résultats rapides et permettent de déceler une augmentation de l'ambiance radioactive d'un milieu.

L'activité alpha globale est représentative de l'activité de l'ensemble des radionucléides émetteurs de rayonnement alpha de même l'activité bêta globale est représentative de l'activité de l'ensemble des radionucléides émetteurs de rayonnements bêta. Toutefois, ces indices ne permettent pas de déterminer les radionucléides présents. Les radionucléides volatiles ne sont pas comptabilisés par cette technique.

Les résultats des indices alpha et bêta globaux sont donnés en équivalent ^{90}Sr pour la mesure bêta global et en équivalent ^{239}Pu pour la mesure alpha global.

La recherche des émetteurs alpha et des émetteurs bêta nécessite une séparation radiochimique avant comptage en spectrométrie alpha ou en scintillation liquide.

Tableau 9-61

Liste des méthodes utilisées pour les mesures radiologiques

Matrice	Paramètres	Normes	Méthode
Eaux	Indices alpha et bêta globaux	NF EN ISO 10704	Compteur proportionnel, dépôt sur coupelle
	Tritium	NF ISO 13168 NF EN ISO 9698	Scintillation liquide
	Carbone 14	NF M60 320 NF EN ISO 13162	Scintillation liquide
	Emetteurs gamma	NF EN ISO 10703	Spectrométrie gamma
	Strontium 90	NF EN ISO 13160	Scintillation liquide
	Chlore 36, nickel 63, technétium 99, samarium 151	Méthode interne	Scintillation liquide
	Isotopes de l'uranium	NF ISO 13166	Spectrométrie alpha
	Américium 241, isotopes du plutonium, isotopes du curium	NF ISO 13167	Spectrométrie alpha
	Radium 226	NF ISO 13165-2	Emanométrie
Nickel 59	Méthode interne	Spectrométrie X	
Sédiments	Emetteurs gamma	NF ISO 18589-3	Spectrométrie gamma
	Indices alpha et bêta globaux	Méthode interne	Compteur proportionnel, dépôt sur coupelle après calcination
	Strontium 90	NF ISO 18589-5	Scintillation liquide
	Carbone 14, chlore 36, nickel 63, technétium 99, samarium 151, plutonium 241	Méthode interne	Scintillation liquide
	Isotopes du plutonium	NF ISO 18589-4	Spectrométrie alpha
	Isotopes de l'uranium, américium 241 et isotopes du curium	Méthode interne	Spectrométrie alpha
	Nickel 59	Méthode interne	Spectrométrie X
Air/filtre	Indices alpha et bêta globaux	Méthode interne basée sur le norme NF EN ISO 10704	Compteur proportionnel
Végétaux	Emetteurs gamma	NF ISO 18589-3	Spectrométrie gamma

9.6.2 Méthodes pour les mesures physico-chimiques

Conformément aux dispositions de l'arrêté « RSDE » du 24 août 2017 [35], les teneurs en métaux des eaux de l'environnement sont mesurées, après filtration *in situ*, sur la partie soluble des échantillons.

La liste des méthodes utilisées par les laboratoires de mesures radiologiques est donnée dans le Tableau 9-62.

Tableau 9-62 Liste des méthodes utilisés pour les mesures physico-chimiques

Matrice	Paramètre	Norme	Méthode
Eaux	Potassium	NF T90-019	Spectrométrie d'émission de flamme
	Métaux	NF EN ISO 17294-2 NF EN ISO 11885	ICP-MS ICP-AES
	pH	NF EN ISO 10523	
	Potentiel d'oxydo-réduction	Méthode interne	Electrochimie
	Demande biochimique en oxygène (DBO5)	NF EN 1899-2	
	Demande chimique en oxygène (DCO)	ISO 15705	
	Carbone organique total (COT)	NF EN 1484	
	MES	NF EN 872	Filtration
	NTK	NF EN 25663	
	Nitrates	Méthode interne	
	Nitrites	NF EN 26777	Spectrométrie d'absorption moléculaire
	Chlorures	Méthode interne	
	Sulfates	Méthode interne	
	Phosphates	Méthode interne	
	Mercure	NF EN ISO 12846	Spectrométrie d'absorption atomique
	Hydrocarbures totaux (HCT)	NF M07-203 DIN EN ISO 9377-2	Spectrométrie infra-rouge Extraction au solvant et chromatographie
	Cyanures (CN)	T 90-107	
HAP	DIN ISO 28540	Chromatographie en phase gazeuse avec détection par spectrométrie de masse	
Sédiments	Granulométrie	DIN 18123	
	Carbone organique total (COT)	DIN ISO 10694	

Matrice	Paramètre	Norme	Méthode
	Métaux	NF EN ISO 17294	ICP-MS
	Mercure	DIN EN ISO 1483	
	Hydrocarbures totaux (HCT)	DIN ISO 16703	Chromatographie en phase gazeuse
	HAP	DIN ISO 18287	Chromatographie en phase gazeuse avec détection par spectrométrie de masse

9.7 Annexe 7 : Rendus des résultats et interprétation

L'ensemble des résultats est comparé aux seuils réglementaires quand ils existent et dans tous les cas aux valeurs des années précédentes.

Chaque résultat est donné avec son unité de mesure.

9.7.1 Mesures radiologiques

Les résultats des mesures non significatives sont exprimées en inférieur ou égal (« ≤ ») au seuil de décision (SD) conformément à la décision ASN n°2008-DC-0099 du 29 avril 2008 [36]. Le SD est défini comme la limite en deçà de laquelle l'incertitude est supérieure ou égale à 100%. Le calcul des relâchements en activités prend en compte les SD pour les activités volumiques non significatives.

A chaque résultat significatif est associée une incertitude. Cette incertitude est liée aux méthodes d'analyses du laboratoire (statistique de comptage, appareils de mesures ...) et ne tient pas compte de l'incertitude sur les prélèvements.

L'arrêté de rejet du 10 janvier 2003 [1] fixe, pour certains paramètres radiologiques, des valeurs limites que doivent respecter les effluents liquides avant rejet. Les résultats de la surveillance présentés dans ce bilan sont ainsi systématiquement comparés à ces valeurs.

Les résultats des mesures à bas seuils des isotopes de l'uranium sont interprétés en regard des rapports des activités, dont les deux principaux isotopes sont l'²³⁴U et l'²³⁸U. Le Tableau 9-63 donne les rapports naturels des différents isotopes (état d'équilibre naturel).

Tableau 9-63 Rapports naturels des activités des isotopes de l'uranium

	Rapport des activités
²³⁸ U/ ²³⁴ U	1
²³⁸ U/ ²³⁵ U	21

9.7.2 Mesures physico-chimiques

Les résultats des mesures non significatives sont exprimés en inférieur (« < ») à la limite de quantification.

A chaque résultat significatif est associée une incertitude.

Le flux annuel des éléments chimiques est calculé à partir de la concentration volumique et du volume associé. Quand le résultat est <LQ, la valeur de la LQ/2 est prise en compte dans l'estimation des flux conformément à l'article 3.2.7 de la décision environnement [3].

L'arrêté de rejet du 10 janvier 2003 [1] fixe, pour certains paramètres chimiques, des valeurs limites que doivent respecter les effluents liquides avant rejet. Les résultats de la surveillance présentés dans ce bilan sont ainsi systématiquement comparés à ces valeurs.

Les concentrations mesurées dans les différents compartiments aqueux sont comparées, à titre indicatif, aux valeurs fixées par l'arrêté du 11 janvier 2007 [28] relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine. Cependant, ces valeurs guides ne peuvent constituer que des valeurs repères, et en aucun cas un référentiel absolu ou une limite réglementaire pour les eaux du Centre ou de son environnement naturel.

Dans le cas des eaux de surface, les concentrations mesurées sont également comparées aux Normes de qualité environnementale (NQE) établies dans le cadre de l'application de la Directive cadre sur l'eau

(DCE) et définies dans l'arrêté du 25 janvier 2010 [32] relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des articles R.212-10, R.212-11 et R.212-18 du code de l'environnement.

Dans le cas des eaux souterraines, les concentrations mesurées sont comparées aux Normes de qualité environnementale (NQE) définies dans l'arrêté du 17 décembre 2008 [31] établissant les critères d'évaluation et les modalités de détermination de l'état des eaux souterraines et des tendances significatives et durables de dégradation de l'état chimique des eaux souterraines.

En ce qui concerne les sédiments, les résultats d'analyses sont comparés à titre indicatif aux critères définis dans le tableau 4 de l'arrêté du 09 août 2006 [29].

Le niveau S1 du tableau 4 de l'arrêté du 09 août 2006 [29] permet d'apprécier la qualité des sédiments extraits des cours d'eau ou canaux en regard de la rubrique 3.2.1.0 de la nomenclature annexée à l'article R214-1 du code de l'environnement. Les valeurs de référence de la qualité des sédiments sont données pour les paramètres suivis dans les sédiments sur le CSM dans le Tableau 9-64.

Tableau 9-64 Niveaux relatifs aux éléments et composés traces dans les sédiments

Groupes	Substances	Niveau S1 mg/kg sec
Métaux	Arsenic	30
	Cadmium	2
	Chrome	150
	Cuivre	100
	Mercure	1
	Plomb	100
	Zinc	300
Composés organiques	Somme des HAP	22,8

9.8 Annexe 8 : Protocole d'échange de données

Les résultats des mesures radiologiques dans l'environnement du CSM font l'objet, pour partie, d'un protocole d'échange de données avec Orano Recyclage La Hague [37]. Les points de prélèvement concernés sont :

- les eaux de drainage du bâtiment EEV-SE, le point EVT-7,
- les eaux souterraines, les piézomètres commençant par PZ,
- les sédiments du ruisseau de la Sainte-Hélène, le point SR6,
- les eaux pluviales à l'exutoire de l'établissement Orano Recyclage La Hague, point GPNE.

9.9 Annexe 9 : Méthodologie d'estimation du calcul d'infiltrations vers le massif géologique à travers la couverture en exploitant les mesures faites dans la nappe

L'Andra a effectué une estimation du débit de fuite à travers la couverture en se basant sur les mesures effectuées au point de pompage EEV-SE. L'Andra souligne que le calcul réalisé s'appuie sur de nombreuses hypothèses et que les résultats obtenus sont donc à considérer avec prudence, correspondant à une estimation à des fins de comparaisons d'une année sur l'autre.

La méthode de calcul vise à estimer le débit d'infiltration vers le milieu géologique des eaux météoriques, non restituées à l'atmosphère par évapotranspiration et non récupérées par :

- les caniveaux du réseau pluvial (exutoire CMG) ;
- les drains sur et sous membrane du réseau de drainage couverture (exutoire BDS via le point de contrôle RP300) ;
- les drains des radiers des ouvrages de stockage, (exutoire BDS via les cuves des RSGE et RSGEbis, points de contrôle BRSO et BRSObis) ;
- les drains dits profonds situés sous le niveau des ouvrages de stockage (exutoire BDS via le point de contrôle RD12).

La finalité est de quantifier à fréquence annuelle la performance d'étanchéité de la couverture en sommant les volumes d'eau mesurés dans les drains sous membrane, dans les cuves des RSGE, ainsi que l'estimation du volume s'infiltrant dans le massif géologique, en négligeant dans une approche pénalisante et faute de mesure précise, la capacité de récupération du drainage profond. Ce volume d'eau réparti sur les 12 ha de la surface du stockage recouvert par la couverture est ramené au mètre carré de stockage et comparé au critère de performance de 5 L/m² et par an (valeur retenue comme domaine d'exploitation dans les RGE [14]).

Principe et hypothèses de calcul

Le calcul permettant d'estimer le débit d'infiltration est basé sur :

- le REX de la surveillance de l'installation et de son environnement qui montre la présence de tritium dans les eaux souterraines, y compris en dehors de la zone influencée par l'incident tritium de 1976. L'hypothèse faite est que le tritium mesuré dans l'eau souterraine est a priori représentatif de la fraction de tritium potentiellement relâchée annuellement par les ouvrages de stockage. Notons toutefois que cette hypothèse est a priori conservatrice dans la mesure où (i) le REX de la surveillance (notamment en termes d'activité volumique à la source du Grand Bel) tend à montrer qu'une partie du tritium relâché par le stockage est restée piégée dans la zone non saturée de l'aquifère avant d'être relâchée dans l'aquifère au gré des battements de la nappe) et (ii) que les relâchements de tritium hors du stockage ont a priori diminué depuis la pose de la couverture définitive (par rapport à l'exploitation des ouvrages non protégés des eaux de pluie).
- la prise en compte de l'activité tritium à un point de contrôle récupérant des eaux issues notamment du dessous des radiers des ouvrages. Le drainage du bâtiment EEV-SE drainant la partie sud du stockage répond à cet objectif. Il est à noter que cette hypothèse prend aussi en compte les volumes et l'activité tritium pompés au droit de la propriété d'Orano Recyclage La Hague. Elle est donc a priori pénalisante vis-à-vis de la quantité de tritium en regard de la fraction issue du CSM.
- les différences de propriétés de confinement des radiers des ouvrages (entre ouvrages récents situés au droit des tranches 2 et 3 et ouvrages plus anciens situés au droit de la tranche 1) sont négligées. Cette hypothèse n'est pas pénalisante vis-à-vis des ouvrages de la tranche 3 concernés par le pompage EEV-SE.

- au droit du stockage, l'activité volumique moyenne tritium des eaux s'infiltrant vers le massif géologique est équivalente à celle des eaux récupérées au point de contrôle BRS0. Cette hypothèse est considérée comme réaliste.

Nota : il convient, pour estimer annuellement le débit d'infiltration dans le massif géologique, de s'affranchir de l'impact de l'incident tritium de 1976 dans la tranchée bétonnée TB2.

9.10 Annexe 10 : Erratum bilan 2019

Erratum n°1 : page 111 § 4.7.3, lire RD12 au lieu de BRSO

Les résultats des mesures physico-chimiques concernant le RD12, réalisées chaque semestre, sont présentés dans le Tableau 7.5-26.

Erratum n°2 : page 114, titre du tableau 4.8-2, lire BRSObis au lieu de BRSO

Tableau 4.8-2 Activités annuelles alpha, bêta et tritium au BRSObis depuis 2010

Erratum n°3 : page 153, inversion des deux dernières lignes du tableau 5.2-12 et erreur de la date

Tableau 5.2-12 Indicateurs radiologiques des piézomètres de la zone 5 pour 2019

Point de prélèvement	Moyenne alpha Bq/L	Max alpha Bq/L	Moyenne bêta Bq/L	Max bêta Bq/L	Moyenne tritium Bq/L	Max tritium Bq/L
PO113	<0,03	0,12	0,16	0,28	110	201
PO114	0,21	0,30	0,38	0,54	385	452
PO117	<0,03	0,11	0,18	0,31	444	590
PO133	0,06	0,07	0,13	0,15	875	1 690
PO134	<0,02	0,04	0,10	0,16	164	305
PO136	0,05	0,09	0,26	0,41	1 824	3 480
PO137	<0,02	0,04	0,19	0,24	5 508	6 000
PO138	<0,02	0,03	0,13	0,16	1 070	1 740
PO139	0,07	0,12	0,30	0,46	1 073	2 130
PO140	0,04	0,06	0,28	0,49	2 925	4 360
PO142	0,03	0,05	0,15	0,19	163	292
PO180	0,16	0,25	0,31	0,40	1 134	1 470

Erratum n°4 : page 168, §5.3.2.2, inversion dans la conclusion entre R6 et R6-10

La valeur de tritium est légèrement plus élevée au point R6 qu'en R6-10.

TABLES DES ILLUSTRATIONS

Figures

Figure 1-1	Représentation schématique de la couverture et des différents réseaux de gestion des effluents du CSM	16
Figure 1-2	Schéma de la configuration des réseaux de collecte des effluents du CSM	18
Figure 1-3	Représentation des réseaux de collecte de surfaces (pluviaux et réseau de drainage de la couverture) et réseaux profonds (RSGE et RD)	19
Figure 1-4	Localisation des BRS	20
Figure 1-5	Schéma du cheminement des « effluents à risque »	21
Figure 1-6	Localisation des points de contrôle du réseau de drainage profond et exutoires des branches est et ouest du RSGE	22
Figure 2-1	Localisation de la canalisation RS (réseau jaune)	28
Figure 3-1	Localisation des profils de piquets en talus et toit de la couverture	38
Figure 3-2	Localisation du linéaire des talus confortés (zone rose) à fin 2013	40
Figure 3-3	Zonéographie des déplacements altimétriques entre le 29/07/20 et la référence (1996 hors zones de confortement)	42
Figure 3-4	Zonéographie des déplacements planimétriques entre le 29/07/20 et la référence (1996 hors zones de confortement)	43
Figure 3-5	Zonéographie des déplacements altimétriques entre le 29/08/2019 et le 29/07/2020	44
Figure 3-6	Zonéographie des déplacements planimétriques entre le 29/08/2019 et le 29/07/2020	45
Figure 3-7	Cibles 2122 et 2221 - Evolution des mouvements altimétriques depuis l'origine	46
Figure 3-8	Déplacements altimétriques des cibles situées au voisinage du panneau 107 Ouest (TBH) - Ecart constatés entre le relevé du 29/07/20 et les altitudes de référence (extrait de la carte présentée en figure 3.3. sans échelle)	47
Figure 3-9	Tassement panneau 107W - Localisation des profils de piquets	48
Figure 3-10	Tassement panneau 107W - Profil de piquets Est-Ouest - Evolution altimétrique depuis 2018	48
Figure 3-11	Tassement panneau 107W - Profil de piquets Nord-Sud - Evolution altimétrique depuis 2018	49
Figure 3-12	Tassement 102 Est - Evolution altimétrique de l'ancien piquet 25 (point d'affaissement le plus important) correspondant au piquet 51 sur le profil actuel)	50
Figure 3-13	Tassement 102 Est - Vitesse moyenne de tassement (en mm/an) des anciens piquets 24 à 32, actuellement 45 à 52	51
Figure 3-14	Localisation du profil de piquets en croix 100-101E	52
Figure 3-15	Courbe de suivi des écarts altimétriques - profil quadrillé principal	53
Figure 3-16	Courbe de suivi des écarts altimétriques - profil quadrillé 1	53
Figure 3-17	Talus 115E- suivi altimétrique des piquets	54
Figure 3-18	Talus 117WE- suivi altimétrique des piquets	55
Figure 3-19	Talus 101/102W- suivi altimétrique des piquets	55
Figure 3-20	Talus 109/110Est - Suivi altimétrique des piquets	56
Figure 3-21	Talus 110/111Est - Suivi altimétrique des piquets	56
Figure 3-22	Talus Nord1 - Suivi altimétrique des piquets	56
Figure 3-23	Talus 112b (F/G) - Suivi altimétrique des piquets	57

Figure 3-24	Carte de localisation des désordres de surface constatés lors de l'inspection des crêtes de talus 2020	58
Figure 4-1	Station atmosphérique du CSM	62
Figure 4-2	Hauteurs moyennes mensuelles sur la période 1994-2020 comparées à la pluviométrie de 2020	63
Figure 4-3	Schéma des principaux point de surveillance des réseaux du CSM	65
Figure 4-4	Répartition des volumes des différents contributeurs au BDS et à la CMG	67
Figure 4-5	Corrélation entre les volumes mesurés au BRS0bis et la pluviométrie associée depuis 2012	70
Figure 4-6	Evolution des débits ponctuels hebdomadaires au BRS-OU en 2020	74
Figure 4-7	Evolution des débits ponctuels hebdomadaires et de la concentration tritium au BRS-OU en 2020	76
Figure 4-8	Comparaison des écoulements à la CMED et au BRS002 en 2020	77
Figure 4-9	Evolution des écoulements au cours de l'année 2020 des deux drains sous-membrane dont les débits sont les plus élevés : D11/P112b et D14/P110Ouest	81
Figure 4-10	Evolution des écoulements au cours de l'année 2020 des trois drains sous-membrane dont les débits sont de quelques centaines de litres : D11/P113Est, D10/P112Est, D9/P111E et D04/P101Est	81
Figure 4-11	Bassin d'orage du CSM	86
Figure 4-12	Comparaison de la concentration en tritium dans la pluie et dans les eaux pluviales	87
Figure 4-13	Schéma des rejets des effluents du CSM dans l'environnement	91
Figure 4-14	Evolution des relâchements α G et β G en fonction des volumes rejetés au BDS (2011-2020)	93
Figure 4-15	Evolution des relâchements en tritium en fonction des volumes rejetés au BDS (2011-2020)	93
Figure 4-16	Evolution de la concentration nickel au point de contrôle BDS (2011-2020)	96
Figure 4-17	Point de contrôle de la CMED : RP300	99
Figure 4-18	Evolution de la concentration mensuelle en tritium au point de contrôle RD12 (2012-2020) et des volumes collectés	102
Figure 4-19	Evolution des quantités rejetées en alpha, bêta et tritium au point BRS0 depuis 2012	105
Figure 4-20	Evolution de la concentration mensuelle en tritium au point BRS0bis depuis 2011	106
Figure 4-21	Evolution des quantités rejetées en alpha, bêta et tritium au point BRS0bis depuis 2011	107
Figure 4-22	Evolutions des concentrations des toxiques prioritaires au point de contrôle BRS0 depuis 2012	109
Figure 5-1	Localisation des piézomètres	115
Figure 5-2	Carte des directions d'écoulement en hautes eaux (mars 2020, sans PZ711 PO165 PO167)	119
Figure 5-3	Carte des directions d'écoulement en basses eaux (septembre 2020, sans PZ711 PO165 PO167)	119
Figure 5-4	Chronique des cumuls mensuels de recharge calculées en PO164	121
Figure 5-5	Fluctuations piézométriques du PO164	122
Figure 5-6	Carte piézométrique de hautes eaux (mars 2020)	124
Figure 5-7	Carte piézométrique de basses eaux (septembre 2020)	125
Figure 5-8	Evolution de la nappe au droit des sondes d'attention	127
Figure 5-9	Piézomètres de la zone 1	128
Figure 5-10	Piézomètres de la zone 2	130
Figure 5-11	Evolution depuis 2000 de la moyenne des activités tritium moyenne de chaque piézomètre de la zone 2 en comparaison à la décroissance radioactive naturelle du tritium	131
Figure 5-12	Evolution de l'activité en tritium dans les piézomètres de la zone Sud-Ouest (zone 2) depuis 1996	132

Figure 5-13	Piézomètres de la zone 3	133
Figure 5-14	Evolution depuis 2000 de la moyenne des activités tritium moyenne de chaque piézomètre de la zone 3 en comparaison à la décroissance radioactive naturelle du tritium	135
Figure 5-15	Evolution de l'activité moyenne en tritium dans les piézomètres de la zone nord-est amont (zone 3) depuis 1996	136
Figure 5-16	Evolution de l'activité moyenne en tritium dans les piézomètres de la zone Nord-Est aval (zone 3) depuis 1996	137
Figure 5-17	Piézomètres de la zone 4	138
Figure 5-18	Evolution des activités volumiques en tritium dans le PO131 depuis 2008	139
Figure 5-19	Evolution depuis 2000 de la moyenne des activités tritium moyenne de chaque piézomètre de la zone 4 en comparaison à la décroissance radioactive naturelle du tritium	140
Figure 5-20	Evolution de la concentration tritium en fonction du niveau de nappe au PO153	141
Figure 5-21	Evolution de l'activité moyenne en tritium dans les piézomètres intérieures de la zone nord-ouest (zone 4) depuis 1996	142
Figure 5-22	Evolution de l'activité moyenne en tritium dans les piézomètres extérieures de la zone nord-ouest (zone 4) depuis 1996	143
Figure 5-23	Evolution de la concentration de manganèse dissous dans le PO168 depuis 2012	144
Figure 5-24	Piézomètres de la zone 5	145
Figure 5-25	Evolution depuis 2000 de la moyenne des activités tritium moyenne de chaque piézomètre de la zone 5 en comparaison à la décroissance radioactive naturelle du tritium	146
Figure 5-26	Evolution de l'activité moyenne en tritium dans les piézomètres de la zone Nord (zone 5) depuis 1996	147
Figure 5-27	Indicateur de l'évolution de l'activité moyenne en tritium dans les piézomètres au droit du Centre depuis 1996	148
Figure 5-28	Localisation des points de contrôle de l'eau des ruisseaux	150
Figure 5-29	Evolution de la concentration moyenne en tritium dans le ruisseau de la Sainte-Hélène depuis 1991 aux point R6 et R6-10	152
Figure 5-30	Evolution de la concentration tritium au point de contrôle R3 depuis 2011	155
Figure 5-31	Évolution de l'activité 3H au point R3 avec et sans correction de la décroissance radioactive (année de référence 1996)	155
Figure 5-32	Evolution de la concentration massique de ¹³⁷ Cs en SR6 et SR6-10 depuis 2011	158
Figure 5-33	Localisation de la station de contrôle atmosphérique pluviomètre et points de prélèvements de végétaux	160
Figure 5-34	Activités en HTO mesurées dans l'air et tritium dans l'eau de pluie	162
Figure 5-35	Point de prélèvement des végétaux	162
Figure 5-36	Localisation des dosimètres, balises et préleveurs de site	164
Figure 5-37	Identification des périodes de prélèvements pour la mesure du ³⁶ Cl dans PO140	169
Figure 6-1	Principe du modèle de calcul d'impact radiologique des rejets en mer	172
Figure 6-2	Principe du modèle de calcul d'impact radiologique des eaux de la Sainte Hélène	178
Figure 6-3	Répartition des contributions des différentes voies d'atteinte à l'impact radiologique pour un adulte	179
Figure 9-1	Exemples de matériels utilisés sur le CSM	267

Tableaux

Tableau 2-1	Liste des principaux prestataires du CSM en 2020	31
Tableau 2-2	Tableau récapitulatif de la surveillance des prestataires du CSM pour 2020	34
Tableau 3-1	Suivi topographique des profils de piquets	39
Tableau 4-1	Moyennes, maximales et minimales des concentrations volumiques du suivi radiologique au point de contrôle PH1	63
Tableau 4-2	Bilan des volumes collectés aux deux exutoires du CSM et comparaison à la pluviométrie depuis 2011	66
Tableau 4-3	Répartition des volumes des différents réseaux alimentant la CMG et le BDS depuis 2011	67
Tableau 4-4	Comparaison des volumes du RD12 à la pluviométrie depuis 2011	68
Tableau 4-5	Comparaison des volumes du BRS0 et du BRS0bis à la pluviométrie depuis 2011	69
Tableau 4-6	Suivi des vidanges des cuves	70
Tableau 4-7	Résultats des mesures de débits ponctuels des BRS des galeries ouest et centrale	73
Tableau 4-8	Résultats des mesures de débits ponctuels des BRS des galeries est et sud	75
Tableau 4-9	Répartition des contributions du BRS-OU et du BRS-ES au BRS0	76
Tableau 4-10	Evolution des volumes d'eaux recueillis par les drains sous-membrane de 2011 à 2020	79
Tableau 4-11	Volumes d'eau recueillis par les drains sous membrane présentant des écoulements entre 2011 et en 2020	80
Tableau 4-12	Ratio des drainage sous membrane /drainage sur membrane de 2011 à 2020	82
Tableau 4-13	Périodes de SDI et valeur des coefficients de restitution de la pluie par le drainage sur membrane	83
Tableau 4-14	Contribution des différents apports aux infiltration sous-membrane : calcul de performance 2020	85
Tableau 4-15	Moyennes, maximales et minimales des concentrations volumiques du suivi radiologique au point de contrôle CMG	86
Tableau 4-16	Comparaison des limites réglementaires radiologiques et volumétriques aux résultats 2020 à la CMG	88
Tableau 4-17	Comparaison des limites réglementaires physico-chimiques aux résultats 2020 à la CMG	89
Tableau 4-18	Résultats des mesures de HAP sur les sédiments de la fosse de tranquillisation de la CMG	90
Tableau 4-19	Moyennes, maximales et minimales des concentrations volumiques du suivi radiologique au point de contrôle BDS	92
Tableau 4-20	Activités des différents réseaux contributeurs du BDS	94
Tableau 4-21	Comparaison des limites réglementaires radiologiques et volumétriques aux résultats 2020 au point de rejet BDS	95
Tableau 4-22	Evolution des flux de nickel à l'exutoire du BDS entre 2011 et 2020	97
Tableau 4-23	Comparaison des teneurs en éléments majeurs entre les BDS et les différents réseaux contributeurs	97
Tableau 4-24	Comparaison des limites réglementaires physico-chimiques aux résultats 2020 au BDS	98
Tableau 4-25	Moyennes, maximales et minimales des concentrations volumiques du suivi radiologique au point de contrôle RP300	99
Tableau 4-26	Moyennes, maximales et minimales des concentrations volumiques du suivi radiologique au point de contrôle RD12	101
Tableau 4-27	Moyennes, maximales et minimales des concentrations volumiques du suivi radiologique au point de contrôle BRS0	104

Tableau 4-28	Moyennes, maximales et minimales des concentrations volumiques du suivi radiologique au point de contrôle BRS0bis	106
Tableau 4-29	Résultats des mesures mensuelles du ¹⁴ C au point de contrôle BRS0bis	108
Tableau 4-30	Résultats des mesures des prélèvements ponctuels annuels au BRS002 et au BRS149	108
Tableau 4-31	Moyennes, maximales et minimales des concentrations volumiques du suivi radiologique au point de contrôle BRS-OU	110
Tableau 4-32	Principaux BRS contributeurs au rejet de tritium au point de contrôle BRS-OU	111
Tableau 4-33	Moyennes, maximales et minimales des concentrations volumiques du suivi radiologique au point de contrôle BRS-ES	112
Tableau 4-34	Principaux BRS contributeurs au rejet de tritium au point de contrôle BRS-ES	112
Tableau 5-1	Répartition des piézomètres par secteur et par type de surveillance	116
Tableau 5-2	Valeurs seuils des paramètres mesurés dans les eaux souterraines du CSM (selon arrêté 17 décembre 2008 [31])	118
Tableau 5-3	Suivi des déclenchements des sondes d'attention dans les piézomètres de suivi des eaux souterraines du CSM	128
Tableau 5-4	Indicateurs radiologiques des piézomètres de la zone 1	129
Tableau 5-5	Indicateurs radiologiques des piézomètres de la zone 2	130
Tableau 5-6	Présentation de la tendance tritium des piézomètres de la zone 2	132
Tableau 5-7	Indicateurs radiologiques des piézomètres de la zone 3	134
Tableau 5-8	Présentation de la tendance tritium des piézomètres de la zone 3	135
Tableau 5-9	Indicateurs radiologiques des piézomètres de la zone 3	138
Tableau 5-10	Présentation de la tendance tritium des piézomètres de la zone 4	140
Tableau 5-11	Indicateurs radiologiques des piézomètres de la zone 5	145
Tableau 5-12	Présentation de la tendance tritium des piézomètres de la zone 5	146
Tableau 5-13	Moyenne de l'activité volumique tritium dans les piézomètres depuis 2011	148
Tableau 5-14	Activités volumiques des eaux du ruisseau de la Sainte-Hélène	151
Tableau 5-15	Moyennes annuelles des activités tritium en Bq/L aux points GPNE et R6 depuis 2011	152
Tableau 5-16	Activités volumiques des eaux du ruisseau du Grand-Bel	154
Tableau 5-17	Activités volumiques des eaux du ruisseau des Roteurs	156
Tableau 5-18	Résultats des mesures radiologiques des poussières atmosphériques	161
Tableau 5-19	Résultats des mesures de tritium atmosphérique	161
Tableau 5-20	Résultats des contrôles croisés des analyses à bas seuils dans le ruisseau de la Sainte-Hélène	165
Tableau 5-21	Résultats des contrôles croisés des analyses physico-chimiques dans la pluie	166
Tableau 5-22	Résultats des contrôles croisés des analyses physico-chimiques à la CMG	167
Tableau 5-23	Résultats des contrôles croisés des analyses physico-chimiques des piézomètres PO001 et PO114	168
Tableau 5-24	Résultats des mesures du ³⁶ Cl dans le PO140	169
Tableau 5-25	Régime mensuel de ventilation des galeries du RSGE	170
Tableau 6-1	Impact radiologique des rejets en mer pour un adulte	174
Tableau 6-2	Impact radiologique des rejets en mer pour un enfant de 10 ans	176
Tableau 6-3	Evolution des facteurs de surestimation des relâchements entre le modèle et les mesures	181
Tableau 6-4	Facteur de surestimation des relâchements par le modèle	182
Tableau 6-5	Tableau de synthèse des facteurs concourant à l'estimation des doses pour l'année 2020	184
Tableau 6-6	Résultats détaillés - Tableaux analytiques des facteurs concourant à l'estimation des doses pour l'année 2020	185
Tableau 7-1	Valeur limite de classement d'état des cours d'eau par éléments de qualité	193

Tableau 7-2	Normes de qualité environnementale selon l'annexe 3 de l'arrêté modifié du 25 janvier 2010 [32]	194
Tableau 7-3	Classe de l'état par éléments de qualité pour la Sainte-Hélène	195
Tableau 7-4	Classe de l'état par substances chimiques ayant une NQE pour la Sainte-Hélène	195
Tableau 7-5	Classe de l'état par élément de qualité pour le Grand Bel	196
Tableau 7-6	Classe de l'état par substances chimiques ayant une NQE pour Le Grand Bel	197
Tableau 7-7	Classe de l'état par éléments de qualité pour Les Roteures	198
Tableau 7-8	Classe de l'état par substances chimiques ayant une NQE pour Les Roteures	198
Tableau 9-1	Résultats des analyses radiologiques hebdomadaires des eaux de pluie collectées à la station atmosphérique du Centre	205
Tableau 9-2	Résultats des analyses radiologiques mensuelles des eaux de pluie collectées à la station atmosphérique du Centre	206
Tableau 9-3	Résultats des analyses physico-chimiques des eaux de pluie collectées à la station atmosphérique du Centre	206
Tableau 9-4	Résultats des analyses radiologiques des eaux pluviales à leur exutoire (CMG)	207
Tableau 9-5	Résultats des analyses radiologiques mensuelles des eaux pluviales à leur exutoire (CMG)	209
Tableau 9-6	Résultats des analyses radiologiques à bas seuil des eaux pluviales à leur exutoire (CMG)	210
Tableau 9-7	Suivi mensuel de la qualité chimiques des eaux pluviales à leur exutoire (CMG)	211
Tableau 9-8	Résultats des analyses physico-chimiques des eaux pluviales à leur exutoire (CMG)	211
Tableau 9-9	Résultats des analyses radiochimiques des sédiments de la fosse de tranquillisation de la CMG	212
Tableau 9-10	Résultats des analyses physico-chimiques des sédiments de la fosse de tranquillisation de la CMG	212
Tableau 9-11	Résultats des analyses radiologiques des effluents à risque à leur exutoire (BDS)	213
Tableau 9-12	Résultats des analyses radiologiques mensuelles des effluents à risques à leur exutoire (BDS)	214
Tableau 9-13	Résultats des analyses radiologiques à bas seuil des effluents à risques à leur exutoire (BDS)	215
Tableau 9-14	Répartition mensuelle des volumes et des relâchements d'activités aux points de contrôles CMG, BDS, RD12 et RP300 (rejets en continu) ainsi que BRS0 et BRS0bis (rejets concertés)	216
Tableau 9-15	Résultats des analyses physico-chimiques des effluents à risque à leur exutoire (BDS)	217
Tableau 9-16	Résultats des analyses du nickel au BDS	218
Tableau 9-17	Résultats des analyses radiologiques des eaux de drainage de la couverture à l'exutoire RP300 (CMED)	218
Tableau 9-18	Résultats des analyses physico-chimiques des eaux de drainage de la couverture à l'exutoire RP300 (CMED)	219
Tableau 9-19	Résultats des analyses radiologiques mensuelles des effluents à l'exutoire du réseau de drainage profond (RD012)	220
Tableau 9-20	Résultats des analyses radiologiques hebdomadaires des effluents à l'exutoire du réseau de drainage profond (RD12)	221
Tableau 9-21	Résultats des analyses physico-chimiques des effluents à l'exutoire du réseau de drainage profond (RD12)	222
Tableau 9-22	Résultats des analyses radiologiques semestrielles des effluents du réseau de drainage profond aux 10 points de contrôle	222
Tableau 9-23	Résultats des analyses radiologiques des effluents à l'exutoire du RSGE (BRS0)	223

Tableau 9-24	Résultats des analyses radiologiques à bas seuil des effluents à l'exutoire du RSGE (BRS0)	224
Tableau 9-25	Résultats des analyses physico-chimiques des effluents à l'exutoire du RSGE (BRS0)	225
Tableau 9-26	Résultats des analyses radiologiques des effluents à l'exutoire du RSGEbis (BRS0bis)	226
Tableau 9-27	Résultats des analyses physico-chimiques des vidanges de cuves des «effluents à risque» au BRS0bis	227
Tableau 9-28	Résultats des mesures de débits et des analyses radiologiques des effluents du RSGE au point exutoire de la branche ouest	228
Tableau 9-29	Résultats des analyses radiologiques annuelles aux BRS situés dans la galerie ouest	229
Tableau 9-30	Résultats des analyses radiologiques annuelles aux BRS situés dans la galerie centrale	229
Tableau 9-31	Résultats des mesures de débits et des analyses radiologiques des effluents du RSGE au point exutoire de la branche est	230
Tableau 9-32	Résultats des analyses radiologiques annuelles aux BRS situés dans la galerie est	231
Tableau 9-33	Résultats des analyses radiologiques courantes des eaux souterraines sous-jacentes au Centre	232
Tableau 9-34	Résultats des analyses radiologiques courantes des eaux souterraines extérieures au Centre	236
Tableau 9-35	Calcul des ordres de grandeurs caractérisant les piézomètres du CSM	241
Tableau 9-36	Résultats des analyses radiologiques annuelles à bas seuils par spectrométrie gamma des eaux souterraines	242
Tableau 9-37	Résultats des analyses radiologiques annuelles à bas seuils par scintillation liquide des eaux souterraines	243
Tableau 9-38	Résultats des analyses physico-chimiques semestrielles des eaux souterraines de la zone 1	244
Tableau 9-39	Résultats des analyses physico-chimiques semestrielles des eaux souterraines de la zone 2	245
Tableau 9-40	Résultats des analyses physico-chimiques semestrielles des eaux souterraines de la zone 3	246
Tableau 9-41	Résultats des analyses physico-chimiques semestrielles des eaux souterraines de la zone 4	247
Tableau 9-42	Résultats des analyses radiologiques courantes hebdomadaires des eaux de la Sainte-Hélène au point de contrôle R6	248
Tableau 9-43	Résultats des analyses radiologiques courantes hebdomadaires des eaux à la confluence du Grand-Bel et de la Sainte-Hélène au point de contrôle R6-10	249
Tableau 9-44	Résultats des analyses radiologiques à bas seuil des eaux et des sédiments de la Sainte-Hélène aux points R6, R6-10 et SR6-10	250
Tableau 9-45	Résultats des analyses radiologiques courantes bimensuelles au point de contrôle GPNE (source de la Sainte-Hélène)	251
Tableau 9-46	Résultats des analyses physico-chimiques des eaux de la Sainte Hélène en R6 et R6-10	252
Tableau 9-47	Résultats des analyses radiologiques courantes hebdomadaires des eaux du Grand-Bel au point de contrôle R3	253
Tableau 9-48	Résultats des analyses physico-chimiques des eaux du Grand Bel (R3) et des eaux des Roteures (R1-10)	254
Tableau 9-49	Résultats des analyses radiologiques courantes hebdomadaires des eaux des Roteures au point de contrôle R1	255
Tableau 9-50	Résultats des analyses radiologiques courantes hebdomadaires des eaux des Roteures au point de contrôle R1-10	256
Tableau 9-51	Résultats des analyses radiologiques des sédiments aux points de contrôle SR3, SR6 et SR6-10	257

Tableau 9-52	Résultats semestriels des analyses physico-chimiques des sédiments des ruisseaux	258
Tableau 9-53	Résultats des analyses radiologiques des poussières dans l'air atmosphérique	259
Tableau 9-54	Résultats des analyses de tritium global dans l'air et sous forme de vapeur d'eau (HTO) et gazeuse (HT)	261
Tableau 9-55	Résultats des analyses par spectrométrie gamma des végétaux de la couverture du CSM	262
Tableau 9-56	Résultats des mesures du rayonnement ambiant	263
Tableau 9-57	Résultats des mesures de radon atmosphériques	263
Tableau 9-58	Matrice et points de contrôle associés à la surveillance radiologique et chimique	265
Tableau 9-59	Liste des matériels utilisés pour la réalisation des prélèvements et des mesures in situ	266
Tableau 9-60	Liste des laboratoires participant à la surveillance du CSM	268
Tableau 9-61	Liste des méthodes utilisées pour les mesures radiologiques	271
Tableau 9-62	Liste des méthodes utilisés pour les mesures physico-chimiques	272
Tableau 9-63	Rapports naturels des activités des isotopes de l'uranium	274
Tableau 9-64	Niveaux relatifs aux éléments et composés traces dans les sédiments	275

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Arrêté du 10 janvier 2003 autorisant l'Andra à poursuivre les rejets d'effluents liquides pour l'exploitation du Centre de stockage de déchets radioactifs de la Manche
- [2] Arrêté du 7 février 2012 fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base
- [3] Arrêté du 9 août 2013 portant homologation de la décision n°2013-DC-0360 de l'ASN du 16 juillet 2013 relative à la maîtrise des nuisances et de l'impact sur la santé et l'environnement des INB
- [4] Prescriptions techniques relatives à la phase de surveillance de l'installation de stockage de déchets radioactifs dénommée Centre de stockage de la Manche (INB 66) du 3 février 2003
- [5] Dossier de demande d'autorisation de passage en phase de surveillance (SUR.RP.ADCS.98.003) Dossier d'enquête publique 700DO05-03
- [6] Centre de stockage de la Manche (INB 66) - Année 2019 - Rapport environnemental et bilan annuel de la surveillance du Centre et de son environnement EXP.BI.ACSM.20.0004 - avril 2020
- [7] Décret n° 2003-30 du 10 janvier 2003 autorisant l'Andra à modifier, pour passage en phase de surveillance, le Centre de stockage de la Manche (INB 66)
- [8] Décret n°2016-846 du 28 juin 2016 relatif à la modification, à l'arrêt définitif et au démantèlement des installations nucléaires de base ainsi qu'à la sous-traitance
- [9] Plan réglementaire de la surveillance Centre de la Manche (INB 66) - Plan réglementaire de surveillance radiologique du Centre et de son environnement ENV.PR.ACSM.98.004 de mai 2014
- [10] Dossier de demande d'autorisation de rejets (SUR.RP.ADCS.97-006)
- [11] Lettre ASN n° CODEP-DCN-201 3-01 7854 - Refonte de la réglementation technique générale des installations nucléaires de base. Projets de décision de l'ASN relative au réexamen de sûreté des installations nucléaires de base. ASN. Direction des centrales nucléaires
- [12] Décret (décret n°2007-1557 du 2/11/07) modifié relatif aux installations nucléaires de base et au contrôle, en matière de sûreté nucléaire, du transport de substances radioactives
- [13] Décision n°2013-DC-0386 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 17 décembre 2013 prescrivant à l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra) de procéder à une évaluation complémentaire de sûreté de ses installations nucléaires de base (INB n°66 et 1 49) au regard de l'accident survenu à la centrale nucléaire de Fukushima Daiichi
- [14] Règles générales d'exploitation du Centre de stockage de la Manche (INB n°66) QUA.RGE.ACSM.17.0039
- [15] Plan d'urgence interne du CSM - SEC.PR.ACSM.98.0006
- [16] Décision n° 2017-DC-0616 de l'ASN du 30 novembre 2017 relative aux modifications notables des installations nucléaires de base
- [17] EXP.NT.ACSM.21.0006 - Demande de modification notable relative à la mise à jour de l'étude d'impact du Centre de stockage de la Manche
- [18] ENV.NT.ACSM.21.0005 - Etude d'Impact du Centre de Stockage de la Manche (INB n°66)

- [19] Arrêté du 11 janvier 2016 portant homologation de la décision n°2015-DC-0532 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 17 novembre 2015 relative au rapport de sûreté des installations nucléaires de base (2016). Journal officiel de la République française, No 12
- [20] Arrêté du 11 septembre 2003 portant application du décret n° 96-102 du 2 février 1996 et fixant les prescriptions générales applicables aux sondage, forage, création de puits ou d'ouvrage souterrain soumis à déclaration en application des articles L. 214-1 à L. 214-3 du code de l'environnement et relevant de la rubrique 1.1.1.0 de la nomenclature annexée au décret n° 93-743 du 29 mars 1993 modifié
- [21] Procédure de déclaration ou d'information d'évènement concernant un centre de stockage géré par la DOI – QUA.PR.ADCS.99.5034
- [22] Liste des éléments importants pour la protection (EIP) et des activités importantes pour la protection (AIP) ainsi que leurs exigences définies (ED) - Centre de stockage de la Manche (INB n°66) – EXP.LI.ACSM.13.0026
- [23] Arrêté du 11 janvier 2016 portant homologation de la décision n° 2015-DC-0536 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 22 décembre 2015 fixant les valeurs limites de rejet dans l'environnement des effluents liquides et gazeux des installations nucléaires de base nos 33 (UP-400), 38 (STE2 et AT1), 47 (ELAN II B), 80 (HAO), 116 (UP3-A), 117 (UP2-800) et 118 (station de traitement des effluents STE3) exploitées par AREVA NC sur le site de La Hague (département de la Manche)
- [24] Réflexions relatives au comportement hydraulique des BRS des galeries du CSM – SUR.NT.ACSM.20.0022
- [25] Rapport définitif de sûreté du Centre de stockage de la Manche en phase de surveillance SUR.RP.ACSM.08.0017
- [26] CSM (INB n°66) – Année 2017 – Rapport environnemental et bilan annuel de la surveillance du Centre et de son environnement – EXP.BI.ACSM.18.0001 – avril 2018
- [27] Protocole technique relatif à la gestion des eaux en provenance du Centre de stockage de la Manche et transférées à AREVA NC établissement de la Hague – EXP.CN.ACSM.12.0037
- [28] Arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine mentionnées aux articles R. 1321-2, R. 1321-3, R. 1321-7, et R. 1321-38 du code de la santé publique
- [29] Arrêté du 9 août 2006 relatif aux niveaux à prendre en compte lors d'une analyse de rejets dans les eaux de surface ou de sédiments marins, estuariens ou extraits de cours d'eau ou canaux relevant respectivement des rubriques 2.2.3.0, 4.1.3.0 et 3.2.1.0 de la nomenclature annexée à l'article R. 214-1 du code de l'environnement
- [30] Arrêté du 8 juillet 2010 établissant la liste des substances prioritaires et fixant les modalités et délais de réduction progressive et d'élimination des déversements, écoulements, rejets directs ou indirects respectivement des substances prioritaires et des substances dangereuses visées à l'article R. 212-9 du code de l'environnement
- [31] Arrêté du 17 décembre 2008 modifié établissant les critères d'évaluation et les modalités de détermination de l'état des eaux souterraines et des tendances significatives et durables de dégradation de l'état chimique des eaux souterraines
- [32] Arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des articles R. 212-10, R. 212-11 et R. 212-18 du code de l'environnement
- [33] Directive n° 2000/60/CE du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [34] Les prélèvements d'eau - Guide méthodologique inter-exploitants relatif à la qualité des prélèvements pour les mesures de radioactivité dans l'environnement, Andra, Areva, CEA, EDF, Marine Nationale, décembre 2009
- [35] Arrêté du 24 août 2017 modifiant dans une série d'arrêtés ministériels les dispositions relatives aux rejets de substances dangereuses dans l'eau en provenance des installations classées pour la protection de l'environnement
- [36] Décision n°2008-DC-0099 de l'ASN du 29 avril 2008 relative à l'organisation du réseau de mesures de la radioactivité de l'environnement et fixant les modalités d'agrément des laboratoires
- [37] Protocole d'échanges de données en matière de surveillance d'Orano Recyclage La Hague-Andra convention n° 2001-01 ENV.CN.ADAA.17.0033