Émetteur	Diffusion*
DIGE/CM	Limitée
Date d'origine	
AVRIL 2022	
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 2021

EXPBIACMC220001

*** 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	26/04/22	Cf. pages suivantes	Cf. pages suivantes	J. RECARTE Julien RECARTE 2022.04.28 14:12:17 +02'00'

AUTHENTIFICATION GED {D01F7080-0000-C9BE-B315-2846C093F5CC}

Rédacteurs

Chapitre(s) - Paragraphe(s)	Nom	Signature
§1, §2.3, §2.7 , §4 (hors §4.3.5 et §4.3.6), §5 (hors 5.2.2)	I. DENIAU	Signature numérique de I. DENIAU Date : 2022.04.26 08:48:03 +02'00'
§2.1.5.2, §3, §4.3.5,§4.3.6	A. MARCHIOL	Albert MARCHIOL 2022.04.26 09:58:22 +02'00'
§2.1, §2.2, §8	J. RECARTE	Julien RECARTE 2022.04.26 08:22:43 +02'00'
§2.4, §2.5, §2.6 , §7	I. GUITTONNEAU	Signature numérique de GUITTONNEAU-I Date : 2022.04.26 09:52:46 +02'00'
§5.2.2	V. SCHNEIDER	Vincent Schneider 08:40:16 2022.04.26 '00'02+
§6	A. ARDILLIER	

Vérificateurs

Chapitre(s) - Paragraphe(s)	Nom	Signature
§1, §2.3, §2.4, §2.5, §2.6, §4	J. RECARTE	Julien RECARTE 2022.04.26 08:23:25 + 02'00'
§2 ;1, §2.2	I. GUITTONNEAU	Signature numérique de GUITTONNEAU-I Date : 2022.04.26 09:53:24 +02'00'
§2.1.4.1, §8	I. DENIAU	Signature numérique de I. DENIAU Date : 2022.04.26 09:25:56 +02'00'
§2.7	GR. RAPAUMBYA	
§3	F. DURET	DURET Franck 2022.04.28 13:42:07 +02'00'
§4	F. ESPIET	Signature numérique de Florence ESPIET Date : 2022.04.28 09:56:52 +02'00'
§4.2	A. MARCHIOL	Albert MARCHIOL 2022.04.26 09:59:26 +02'00'
§5, §7	L. MAILLIER	Signature numérique de Lucie MAILLIER Date : 2022.04.26 08:55:26 +02'00'
§5.2, §5.3, §7	V. MAENHAUT	MAENHAUT-V 2022.04.27 10:36:48 +02'00'
§6	E. LECLERC	LECLERC Elisabeth 2022.04.25 19:03:49 +02'00'

Révisions

Ind.	Date	Modifications
A	Avril 2022	Création

Sommaire

1. Introduction 15

1.1 Objectifs 16

1.2 Les dispositions règlementaires régissant le contenu de ce rapport 17

1.3 Description de la couverture et des réseaux de gestion des effluents 18

2. Systèmes organisationnel et humain 25

2.1 Faits marquants 2021 26

2.1.1 Gestion de la pandémie de COVID-19 26

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

2.1.3 Faits marquants qui ont fait l'objet d'une déclaration à l'ASN (articles R. 593-59 à 61 du code de l'environnement) 29

2.1.4 Autres dossiers 2021 qui n'ont pas nécessité de demande d'autorisation ou de déclaration à l'ASN 30

2.1.5 Autres faits marquants 31

2.2 Perspectives pour 2022 et début 2023 34

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 34

2.2.2 Dossiers de déclaration à l'ASN au titre des articles R. 593-59 à 61 du code de l'environnement 35

2.2.3 Dossiers de modification qui ne nécessitent ni demande d'autorisation ni déclaration à l'ASN 35

2.2.4 Autres faits marquants 36

2.3 Anomalies et incidents 37

2.4 Inspections de l'autorité de sûreté nucléaire 38

2.4.1 Inspection du 27 mai 2021 38

2.4.2 Inspection des 15 et 16 novembre 2021 38

2.5 Audits internes 38

2.5.1 Audit de certification des systèmes de management qualité, environnement et santé sécurité 38

2.5.2 Audit interne relatif à la norme NF EN ISO/IEC 17025 39

2.6 Suivi des prestataires 39

2.6.1 Liste des principaux prestataires et cascade de sous-traitance 39

2.6.2 Suivi des prestataires 41

2.7 Maintenance et suivi des installations et ouvrages 44

2.7.1 Nettoyage et entretien du bassin d'orage 44

2.7.2 Entretien de la ventilation 44

2.7.3 Maintenance préventive des réseaux et matériels associés 44

2.7.4 Entretien des réseaux pluviaux et des réseaux de drainage couverture 45

2.7.5 Reprise de maçonnerie des éléments de galerie 45

2.7.6 Étalonnage, vérification de bon fonctionnement des débitmètres et des préleveurs automatiques 45

2.7.7 Systèmes informatiques 45

3. La surveillance de la couverture du Centre de stockage de la Manche 47

3.1 Comportement physique de la couverture 48
3.1.1 Suivi 48
3.1.2 Méthodes d'analyses des mouvements 51
3.1.3 Cibles : tassements et déplacements observés 52
3.1.4 Maintenance et contrôles : inspection visuelle de la couverture 68
3.2 Conclusion sur le comportement physique de la couverture 70

4. La surveillance des réseaux et des rejets du Centre de stockage de la Manche 71
4.1 Introduction 72
4.2 La pluviométrie 72
4.2.1 Suivi des précipitations 72
4.2.2 Suivi radiologique de eaux de pluie 73
4.2.3 Suivi physico-chimique des eaux de pluie 74
4.2.4 Conclusion 75
4.3 Bilan des volumes collectés aux exutoires et consommation d'eau 75
4.3.1 Généralités 75
4.3.2 Bilan des volumes écoulés à la CMG et au BDS : comparaison avec la pluviométrie 75
4.3.3 Bilan des volumes récupérés via les RSGE (BRS0 et BRS0bis) 79
4.3.4 Suivi des écoulements dans les BRS raccordés au RSGE 81
4.3.5 Suivi des écoulements des BRS parasités par des infiltrations en bordure et raccordés au BRS0bis 86
4.3.6 Suivi des écoulements dans les chambres de drainage – Comportement hydraulique de la couverture 88
4.3.7 Évaluation de la performance globale de la couverture 94
4.3.8 Conclusion 95
4.4 Suivi qualitatif du réseau pluvial (CMG) 96
4.4.1 Généralités 96
4.4.2 Suivi radiologique des eaux pluviales 96
4.4.3 Suivi physico-chimique des eaux pluviales 98
4.4.4 Suivi radiologique des sédiments de la fosse de tranquillisation de la CMG 99
4.4.5 Suivi physico-chimique des sédiments de la fosse de tranquillisation de la CMG 100
4.4.6 Conclusion 101
4.5 Suivi qualitatif du réseau des « effluents à risques » (BDS) 101
4.5.1 Généralités 101
4.5.2 Suivi radiologique des effluents du BDS 102
4.5.3 Suivi physico-chimique des effluents du BDS 107
4.5.4 Conclusion 109
4.6 Suivi qualitatif du réseau de drainage de la couverture (CMED) 110
4.6.1 Généralités 110
4.6.2 Suivi radiologique au point de contrôle RP300 (CMED) 110
4.6.3 Suivi physico-chimique au point de contrôle RP300 (CMED) 111
4.6.4 Conclusion 111
4.7 Suivi qualitatif du réseau de drainage profond (RD) et l'exutoire RD12 111
4.7.1 Généralités 111
4.7.2 Suivi radiologique des effluents du RD12 112
4.7.3 Contrôles physico-chimiques des effluents du RD12 113
4.7.4 Contrôle radiologique des RD en amont de l'exutoire RD12 113
4.7.5 Conclusion 113
4.8 Suivi qualitatif des réseaux séparatifs gravitaires enterrés (RSGE et RSGEbis) 114

4.8.1 Généralités 114
4.8.2 Suivi radiologique des effluents du BRS0 et du BRS0bis 114
4.8.3 Suivi physico-chimique des effluents du BRS0 et du BRS0bis 117
4.8.4 Conclusion 119
4.9 Suivi radiologique des BRS en amont des exutoires 119
4.9.1 BRS en galeries ouest et centrale – exutoire BRS-OU 119
4.9.2 BRS en galerie est et sud – exutoire BRS-ES 120
4.9.3 BRS en amont du BRS0bis 120
4.9.4 Conclusion 121

5. La surveillance de l'environnement du Centre de stockage de la Manche 123
5.1 Introduction 124
5.2 Surveillance des eaux souterraines 124
5.2.1 Présentation générale – principe de la surveillance 124
5.2.2 Suivi du niveau piézométrique 128
5.2.3 Surveillance radiologique et physico-chimique : piézomètres du secteur sud, sud-est (zone 1) 138
5.2.4 Surveillance radiologique et physico-chimique : piézomètres du secteur sud-ouest (zone 2) 140
5.2.5 Surveillance radiologique et physico-chimique : piézomètres du secteur nord-est (zone3) 144
5.2.6 Surveillance radiologique et physico-chimique : piézomètres du secteur nord-ouest (zone 4) 149
5.2.7 Surveillance radiologique et physico-chimique : piézomètres du secteur nord (zone 5) 154
5.2.8 Suivi de l'indicateur global du tritium au droit du Centre 157
5.2.9 Conclusion du suivi des eaux souterraines 159
5.3 Surveillance des eaux superficielles 159
5.3.1 Présentation générale – bassins versants sous l'influence du CSM 159
5.3.2 Surveillance des eaux des Roteures 161
5.3.3 Surveillance des eaux du ruisseau du Grand Bel 162
5.3.4 Surveillance des eaux du ruisseau de la Sainte-Hélène 164
5.3.5 Surveillance des sédiments des ruisseaux 168
5.3.6 Conclusion du suivi des ruisseaux 170
5.4 Surveillance radiologique atmosphérique 170
5.4.1 Présentation générale 170
5.4.2 Contrôles des poussières atmosphériques 172
5.4.3 Mesures du tritium atmosphérique 172
5.4.4 Contrôles des végétaux de la couverture 173
5.4.5 Conclusion 173
5.5 Surveillance complémentaire 174
5.5.1 Mesure du rayonnement gamma ambiant 174
5.5.2 Mesure des concentrations en radon 175
5.5.3 Contrôles croisés et analyses complémentaires 176
5.5.4 Ventilation des galeries du RSGE 179

6. Estimation des doses 181
6.1 Rayonnement gamma ambiant 182
6.2 Estimation de l'impact radiologique des rejets 182
6.2.1 Impact des rejets en mer 182
6.2.2 Cas du marquage du ruisseau de la Sainte-Hélène 188

6.3 Comparaison du suivi volumétrique et radiologique du BRS0 aux résultats de la modélisation présentée dans le RDS 2009 189
6.3.1 Volumes d'eau collectés par le RSGE et le RSGEbis 190
6.3.2 Relâchements collectés par le RSGE et le RSGEbis 190
6.3.3 Radionucléides recherchés au point BRS0 (hors BRS0bis) 191
6.3.4 Conclusion de la comparaison entre les valeurs modélisées et les mesures aux points BRS0 et BRS0bis 192
6.4 Synthèse de l'estimation des doses radiologiques reçues par les groupes de référence pour l'année 2021 193

7. Protection du milieu naturel 201
7.1 Généralités 202
7.2 Suivi de la qualité des eaux des ruisseaux 202
7.2.1 Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) 202
7.2.2 Résultats de la surveillance de la qualité des eaux du ruisseau Sainte-Hélène 204
7.2.3 Résultats de la surveillance de la qualité des eaux du ruisseau Le Grand Bel 206
7.2.4 Résultats de la surveillance de la qualité des eaux du ruisseau Les Roteures 207
7.2.5 Conclusion des états chimique et écologique partiels des ruisseaux 209
7.3 Suivi hydrobiologique 210
7.3.1 Contexte 210
7.3.2 Résultats de l' étude du peuplement de macro-invertébrés benthiques 213
7.3.3 Résultats de l'étude du peuplement de diatomées benthiques 214
7.3.4 Résultats de l'étude du peuplement de macrophytes 215
7.3.5 Conclusion 216
7.4 Suivi floristique 216
7.4.1 Evolution de la végétation sur la couverture 216
7.4.2 Evolution de la végétation au sein des placettes de suivi 217
7.5 Inventaire faunistique 217

8. Conclusion 219

9. Annexes 221
9.1 Annexe 1 : méthodologie des prélèvements 222
9.1.1 Référentiels 222
9.1.2 Stratégie et programme d'échantillonnage 222
9.1.3 Matériels de prélèvements et de mesures in situ 224
9.1.4 Identification, conservation et transport 225
9.2 Annexe 2 : les laboratoires d'analyses 226
9.3 Annexe 3 : la préparation des échantillons 226
9.3.1 Prétraitement sur les eaux 227
9.3.2 Prétraitement sur les solides 227
9.4 Annexe 4 : les techniques des laboratoires 227
9.4.1 Méthodes pour les mesures radiologiques 227
9.4.2 Méthodes pour les mesures physico-chimiques 228
9.5 Annexe 5 : rendu des résultats et interprétation 230
9.5.1 Mesures radiologiques 230
9.5.2 Mesures physico-chimiques 230
9.6 Annexe 6 : Protocole d'échange de données 231
9.7 Annexe 7 : Bilan des analyses 2021 232
9.7.1 Nombre de prélèvements et d'analyses réalisés 232

9.7.2 Intégration des résultats dans le RNM 232
9.8 Annexe 8 : tableaux des résultats détaillés de la surveillance 2021 234
9.8.1 Résultats du point de contrôle PH1 234
9.8.2 Résultats du point de contrôle CMG 236
9.8.3 Résultats du point de contrôle BDS 243
9.8.4 Résultats du point de contrôle RP300 248
9.8.5 Résultats du point de contrôle RD12 250
9.8.6 Résultats du point de contrôle BRS0 253
9.8.7 Résultats du point de contrôle BRS0bis 256
9.8.8 Résultats du point de contrôle BRS-OU 258
9.8.9 Résultats du point de contrôle BRS-ES 260
9.8.10 Résultats des eaux souterraines 262
9.8.11 Résultats des eaux de surface 278
9.8.12 Résultats de la surveillance atmosphérique 289
9.9 Annexe 9 : méthodologie d'estimation du calcul d'infiltration vers le massif géologique à travers la couverture en exploitant les mesures faites dans la nappe 295
9.10 Annexe 10 : erratum bilan 2020 296

Tables des illustrations 297

Références bibliographiques 305

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
BdB	Bâtiment des bassins
BDS	Bac du séparatif
BRS	Bac du réseau séparatif
CMHM	Centre Meuse Haute-Marne
Ci2A	Centres industriels de l'Andra dans l'Aube
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
CREP	Chambre de récupération des eaux pluviales
COD	Carbone organique dissous
COT	Carbone organique total
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
DBO	Demande biochimique en oxygène
DCE	Directive cadre sur l'eau

Acronyme	Signification
DCO	Demande chimique en oxygène
DDC	Dérivation drainage couverture
DSM	Dossier synthétique de mémoire
ECS	Evaluation complémentaire de sûreté
ED	Exigence définie
EI	Etude d'impact
EIP	Elément important pour la protection
En	Ecart normalisé
EQR	Ecological Quality Ratio
ETP	Evapotranspiration
ETR	Evapotranspiration réelle
FAP	Fiche d'actions et de progrès
GFI	Groupe Faunistique Indicateur
GPD	Groupe permanent déchets
HAP	Hydrocarbures aromatiques polycycliques
HCT	Hydrocarbures totaux
I2M2	Indice biologique invertébrés multi-métriques
IBD	Indice biologique diatomée
IBMR	Indice biologique macrophytique en rivière
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)
LAC	Laboratoire Andra du CSA
LQ	Limite de quantification
MES	Matière en suspension

Acronyme	Signification
MPCE	Macro-invertébrés en petit cours d'eau
NGF	Nivellement Général de la France
NQE	Normes de qualité environnementale
PSEE	
PRS	Plan réglementaire de surveillance
PSEE	Polluants spécifiques de l'état écologique
PUI	Plan d'Urgence Interne
RD	Réseau de drainage profond
RDS	Rapport de sûreté
RD12	Puits de collecte du réseau de drainage
REX	Retour d'expérience
RGE	Règles générales d'exploitation du CSM
RN	Radionucléide
RNM	Réseau national de mesures de la radioactivité de l'environnement
RSDE	Recherche et réduction des rejets de substances dangereuses dans l'eau
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

1.1 Objectifs *16*
1.2 Les dispositions règlementaires régissant le contenu de ce rapport *17*
1.3 Description de la couverture et des réseaux de gestion des effluents *18*

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'estimer 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 [4], 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 2021, de la surveillance du Centre et de son environnement conformément aux prescriptions techniques notifiées par l'ASN [5].

Le programme de surveillance détaillé dans ce bilan est établi conformément aux exigences réglementaires rappelées au § 1.2 du 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 [6]).

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 2021. 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 2021.

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 autres 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 2021 figurent dans le **chapitre 9**. Un erratum concernant le bilan de l'année 2020 [7] est également présenté dans ce chapitre.

1.2 Les dispositions règlementaires régissant le contenu de ce rapport

Ce bilan répond aux exigences du décret autorisant le passage du Centre en phase de surveillance [6] 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 [5].

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 [9], ce rapport annuel concerne l'application du PRS du CSM [10] 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 [11] ;
  - ✓ 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 [5], 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.

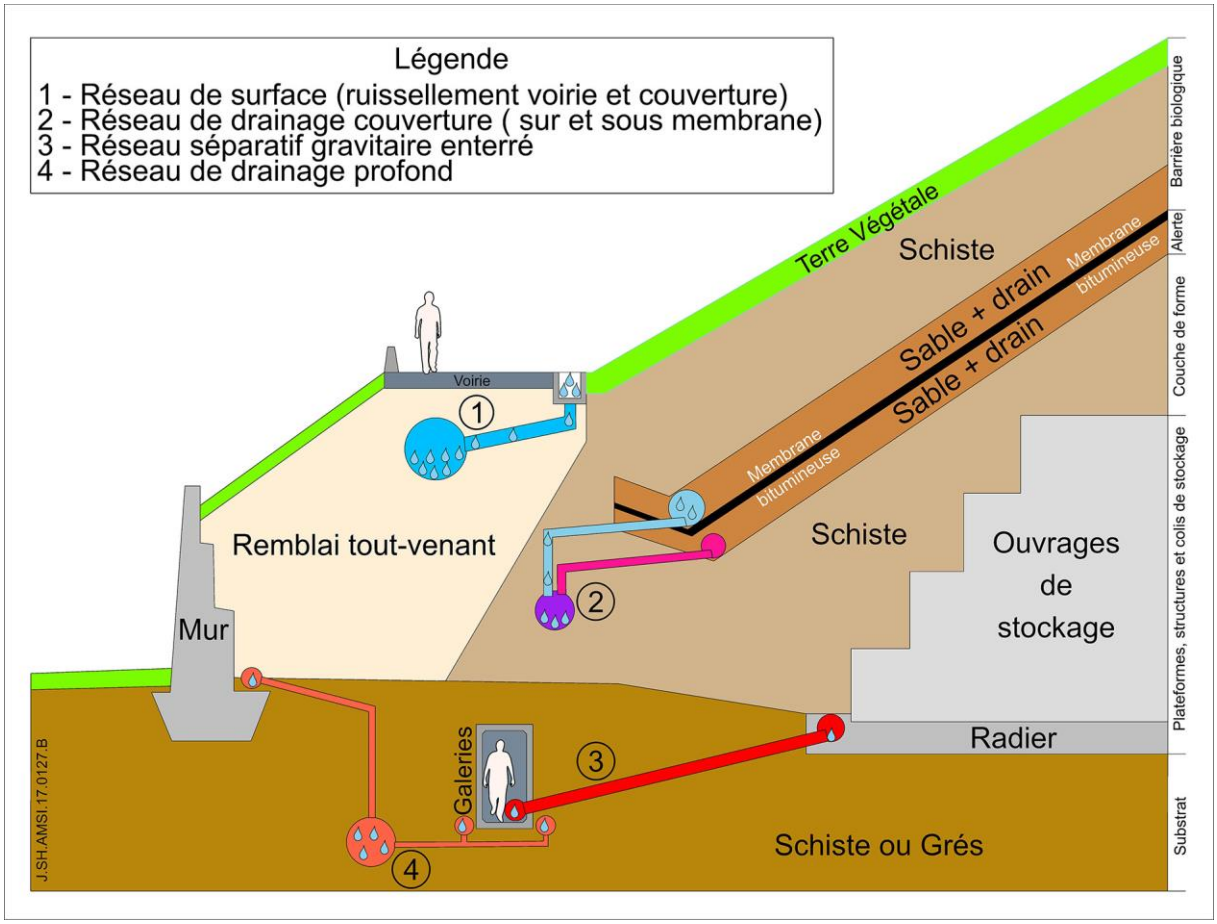


Figure 1-1 *Représentation schématique de la couverture et des différents réseaux de gestion des effluents du CSM*

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 (RP300), 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 m^3/h, les résultats des mesures sont inférieurs 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).
  - ✓ Lors de forts débits (>30 m^3/h) au niveau de la CMED, il y a débordement du bac inox dans la fosse de la CMG de l'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…).

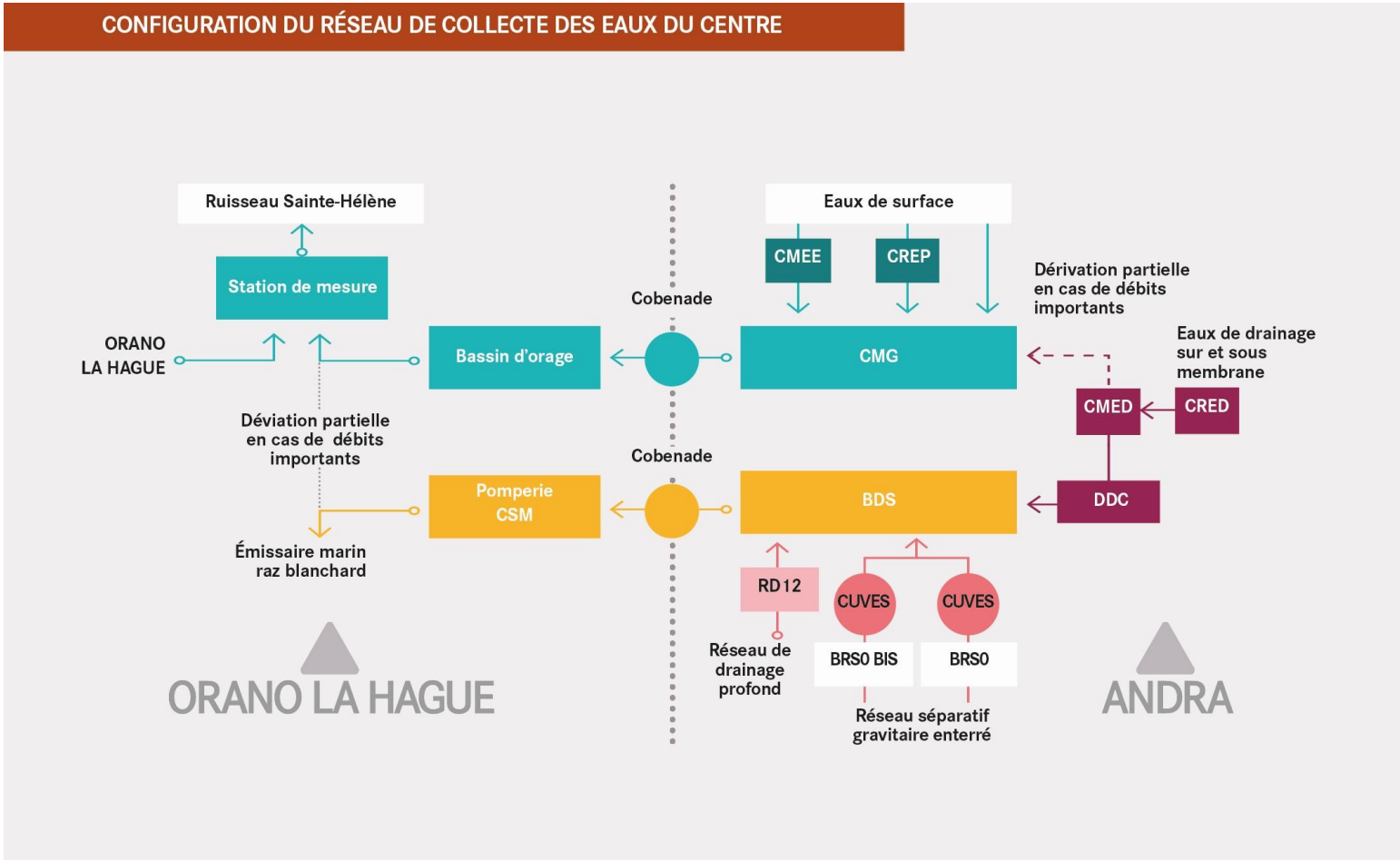


Figure 1-2 Schéma de la configuration des réseaux de collecte des effluents du CSM

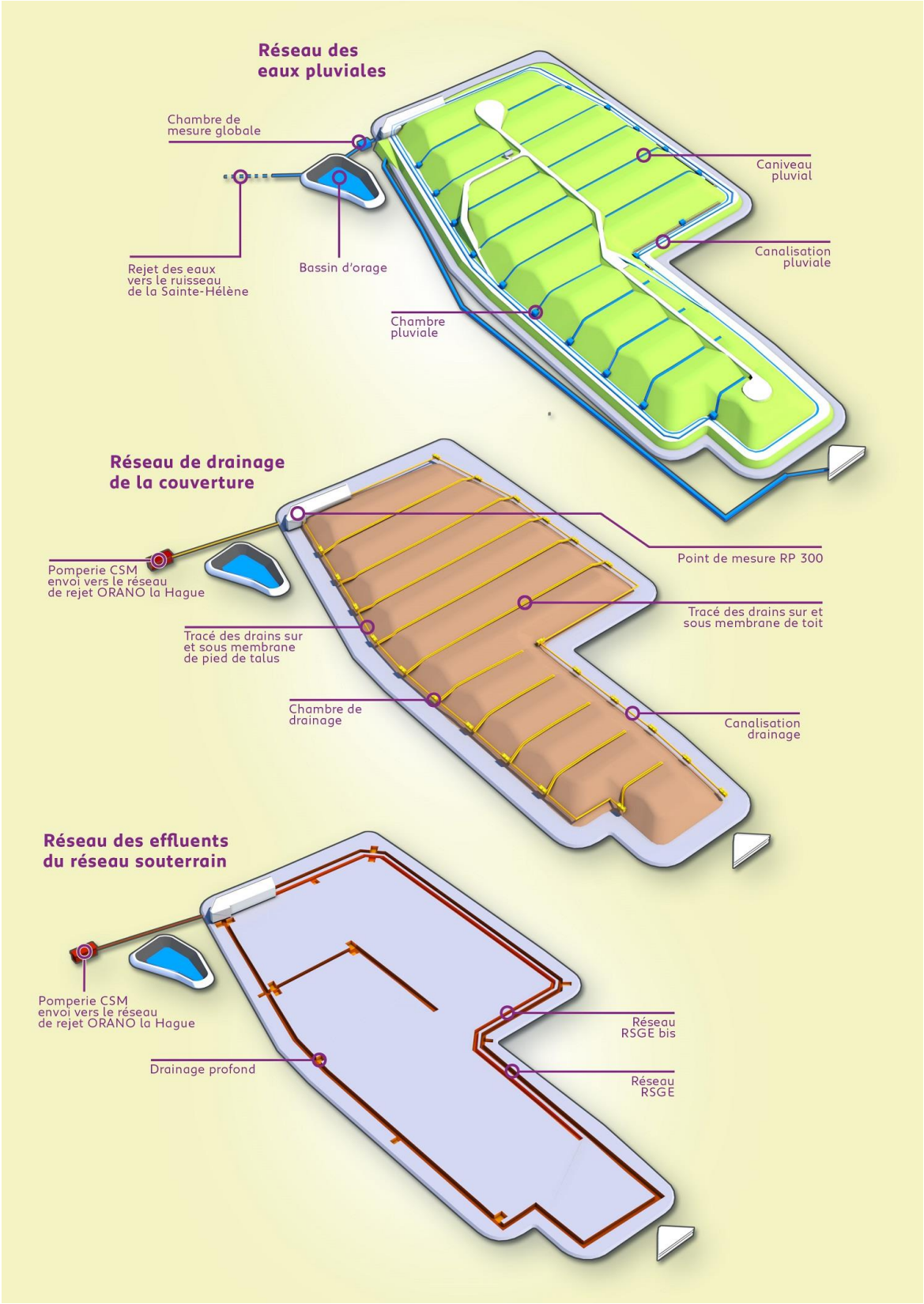


Figure 1-3 *Représentation des réseaux de collecte de surfaces (pluviaux et réseau de drainage de la couverture) et réseaux profonds (RSGE et RD)*

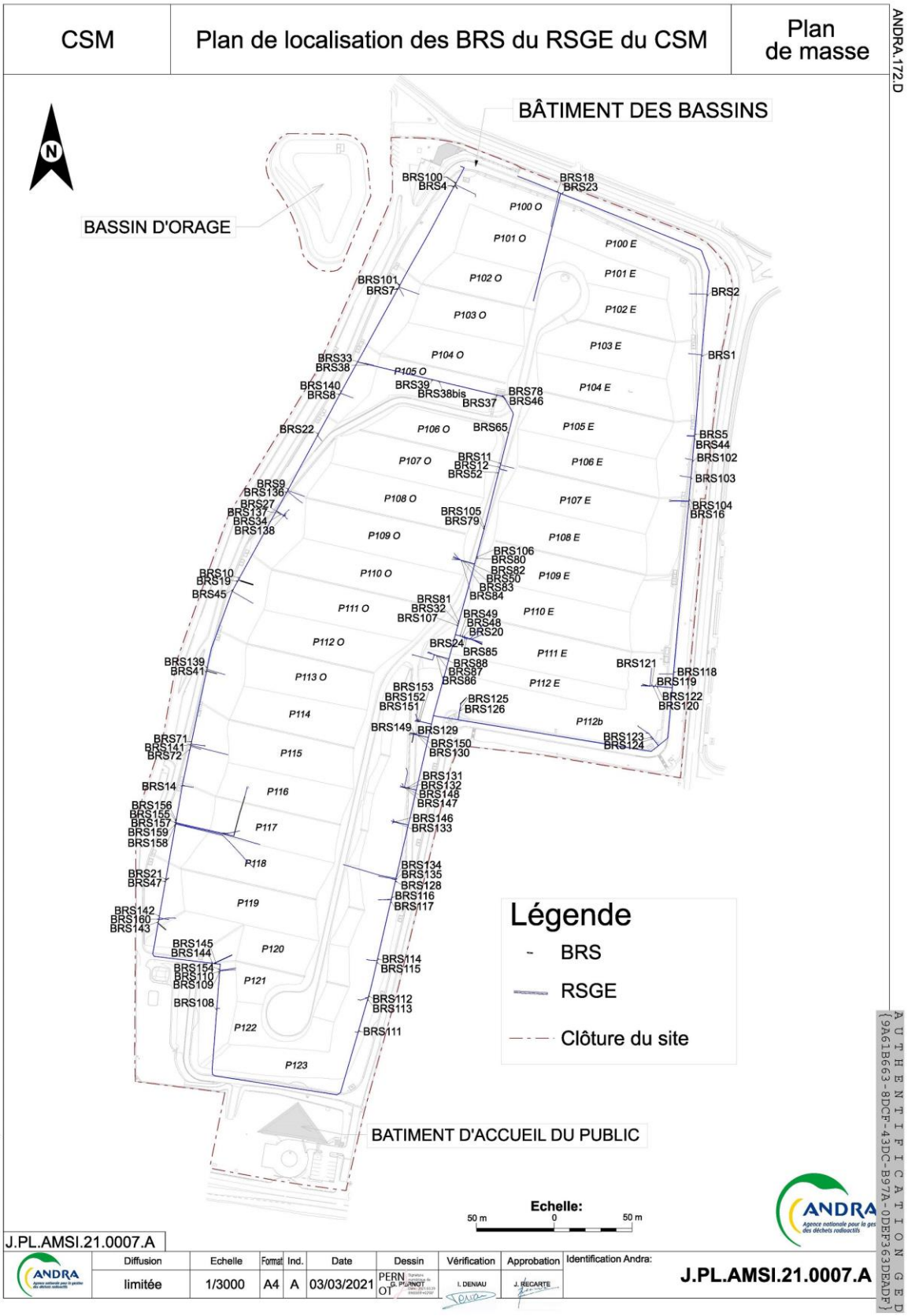


Figure 1-4 Localisation des BRS

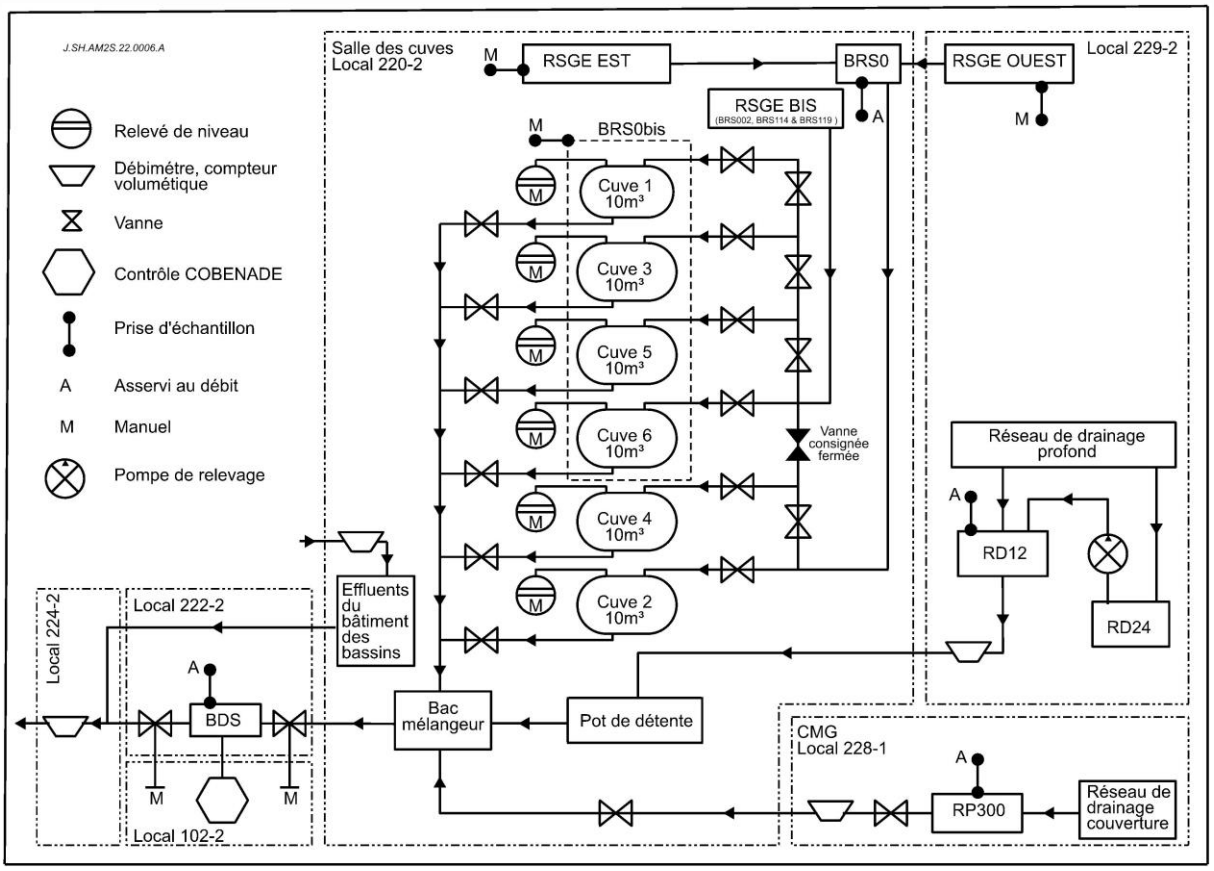


Figure 1-5 Schéma du cheminement des "effluents à risques"

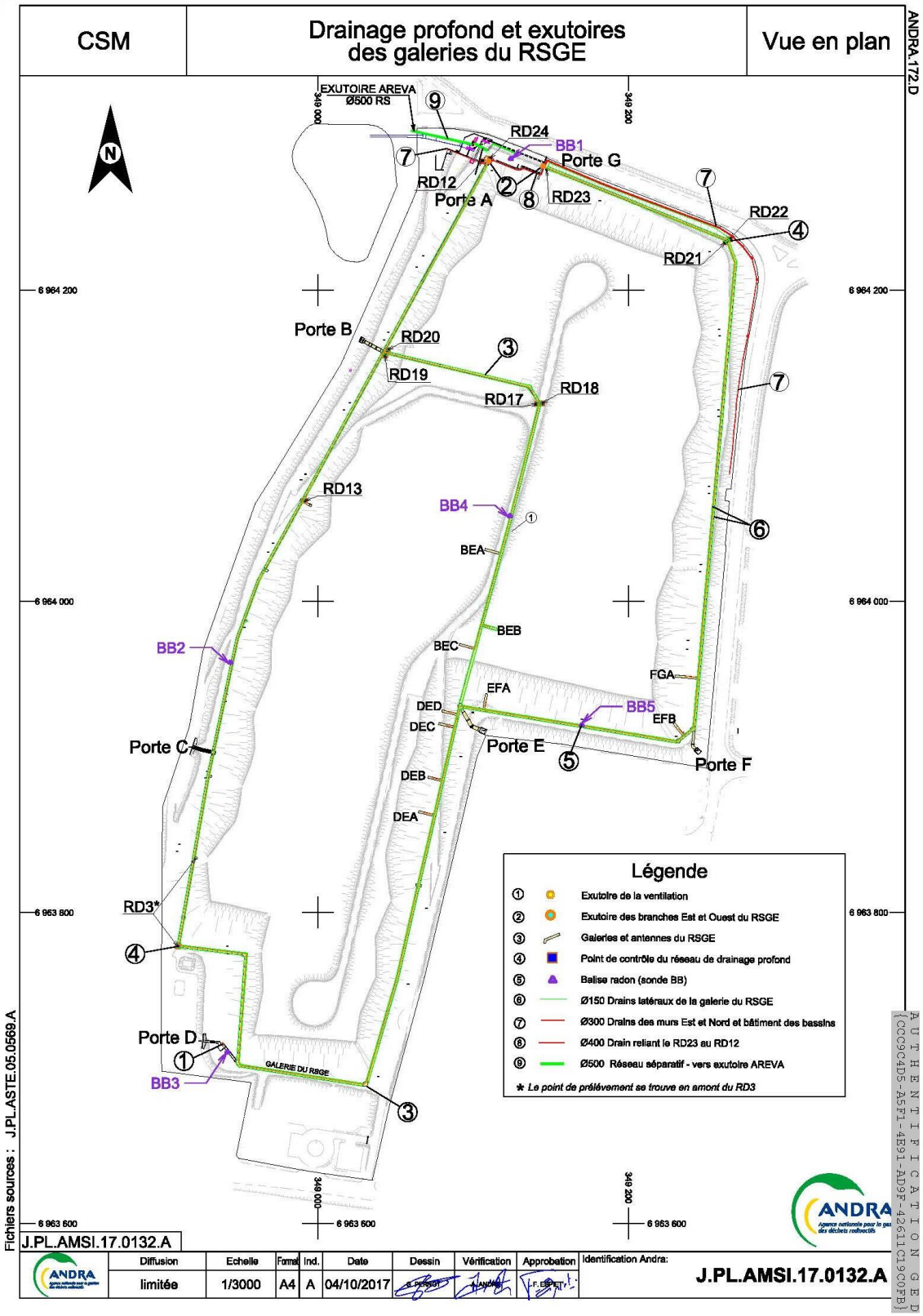


Figure 1-6 *Localisation des points de contrôle du réseau de drainage profond et exutoires des branches est et ouest du RSGE*

Systèmes organisationnel et humain

2.1 Faits marquants 2021 *26*
2.2 Perspectives pour 2022 et début 2023 *34*
2.3 Anomalies et incidents *37*
2.4 Inspections de l'autorité de sûreté nucléaire *38*
2.5 Audits internes *38*
2.6 Suivi des prestataires *39*
2.7 Maintenance et suivi des installations et ouvrages *44*

2.1 Faits marquants 2021

2.1.1 Gestion de la pandémie de COVID-19

Dans la continuité de l'année 2020 et considérant les restrictions de déplacement mises en place en France, visant à endiguer la pandémie liée à la Covid-19, notamment sur le premier trimestre de l'année 2021, l'Andra a maintenu les dispositions prises en 2020 pour la réalisation de ses activités en fonction de la priorité des travaux/actions, des disponibilités des personnels et de l'urgence des situations.

La présence d'au moins 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.

Cette année, les restrictions étant moins contraignantes qu'en début de pandémie sur le période mars-mai 2020, et considérant par ailleurs le REX acquis sur l'année passée, la réalisation des activités du Centre n'a pas été affectée.

Pour autant, une vigilance particulière a été maintenue sur le site (exigences d'isolement pour les cas contacts par exemple), ainsi qu'au sein de l'Andra au sens large, notamment lors de l'apparition de nouveaux variants pouvant présenter une contagiosité plus élevée et pour limiter les risques d'apparition de clusters, tant au sein de l'équipe Andra que pour nos prestataires.

Ainsi, la fiche d'action et de progrès (FAP) ouverte en 2020 pour tracer l'ensemble des actions associées à la gestion de la pandémie a été maintenue ouverte pour suivre le REX également sur 2021 et 2022.

2.1.2 Faits marquants qui ont fait l'objet d'une demande d'autorisation à l'ASN (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 [12].

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 en vigueur au 31 mars 2019 [13]. Ce livrable D comprend, conformément à l'article 42 du décret n°2007-1557 [13] en annexe, une version préliminaire du Dossier synthétique de mémoire (DSM) du CSM.

Conformément à la décision n°2013-DC-0386 de l'ASN [14], 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.

Pour finaliser l'instruction, l'IRSN a transmis à l'Andra le 21/09/2021 le rapport provisoire d'instruction du réexamen de sûreté 2019 du CSM. Ce rapport intègre l'ensemble des conclusions de l'IRSN en lien avec le réexamen 2019 et les échanges ayant eu lieu dans le cadre de l'instruction ; il présente également les « attendus, observations et recommandations » formulés auprès de l'Andra.

Pour donner suite à la transmission de ce rapport provisoire et dans le cadre de la préparation par l'Andra des éléments de réponse en vue de la prise en compte des engagements et observations formulés dans cette note, une réunion préparatoire s'est tenue le 13/10/2021 entre l'Andra, l'ASN et l'IRSN.

Le 17/12/2021, pour faire suite à la prise en compte du rapport provisoire du rapport de sûreté et en prévision de la tenue du groupe permanent déchets, l'Andra a transmis auprès de l'ASN les courriers :

- DISEF/DIR/21-0106 – Centre de stockage de la Manche (INB N°66) – Instruction du dossier de réexamen de sûreté 2019 – Engagements de l'Andra,
- DISEF/DIR/21-0119 – Centre de stockage de la Manche (INB N°66) – Instruction du réexamen de sûreté - Retour sur les observations formulées dans le rapport d'expertise IRSN en version provisoire.

<u>Perspectives 2022</u> :

Transmission le 14/01/2022 par l'IRSN du rapport final d'instruction du réexamen 2019 du CSM : rapport IRSN N° 2022-00030 par lettre LT/RGP/PSE/2022-00001 ; ce document servira de support à la réunion du groupe permanent déchets (GPD).

La réunion du GPD s'est déroulée le 01/02/2022 à l'ASN Montrouge ; suite à cette réunion, l'avis du groupe permanent déchets a été transmis à l'Andra le 03/03/2022 (courrier CODEP – MEA – 2022 – 007059).

L'Andra est aujourd'hui en attente de l'avis de l'ASN sur l'instruction du réexamen de sûreté du CSM.

Cette modification reste ouverte.

2.1.2.2 Etude d'Impact (EI) du Centre de stockage de la Manche

La modification de l'étude d'impact s'inscrit 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 et notamment aux articles R122-5, R593-17, R 593-67, R 593-75 du code de l'environnement.

La mise à jour de l'étude d'impact n'est pas liée à un changement de la nature de l'INB ou un accroissement de sa capacité maximale et 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, ne sont pas modifiés.

En application des articles 1.2.3 et 1.2.10 de la décision ASN [15], 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 [15], la demande de modification notable relative à la mise à jour de l'étude d'impact du Centre de stockage de la Manche [16] et un exemplaire de l'étude d'impact de l'INB n°66 [17] ont été transmis à l'ASN par courrier en date du 09/03/2021.

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

Cette modification est en cours.

2.1.2.3 Rapport de sûreté (RDS) du Centre de Stockage de la Manche

En application de l'arrêté du 11 janvier 2016 portant l'homologation de la décision ASN n°2015-DC-0532 [18], l'Andra a adressé à l'ASN, en 2021, la mise 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).

En application des articles 1.2.3 et 1.2.10 de la décision ASN [15], la mise à jour du rapport de sûreté 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, saisie en date du 01/06/2021, qui a formulé un avis favorable en date du 17/06/2021, 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.

L'Andra a transmis le 08/07/2021 la demande de modification notable soumise à autorisation au titre des articles L. 593-15 et R. 593-55 du code de l'environnement et de l'article 2.1.1 de la décision ASN [15], relative à la mise à jour du rapport de sûreté par courrier DG/21-0082. Cette demande était accompagnée du dossier de demande de modification SURNTACSM210027 ainsi que des pièces du rapport de sûreté.

Par courrier CODEP-DRC-2022-001151 du 07/01/2022 (référence Andra DG-CA-22-0006), l'ASN a accusé réception de la demande d'autorisation avec prorogation du délai d'instruction au 8 janvier 2023.

Cette modification est en cours.

2.1.2.4 Mise en place des pôles de compétences en radioprotection du Centre de stockage de la Manche

Pour répondre aux dispositions du code du travail (R. 4451-113) et du code de l'environnement (R. 593-112), précisées par l'arrêté [19], une organisation dédiée à cette thématique doit être mise en place. Les pôles de compétence en radioprotection ne constituent qu'une partie de l'organisation globale de l'INB mise en place par le chef de Centre et l'exploitant afin de l'exploiter de manière sûre (sécurité, radioprotection des travailleurs, maîtrise des impacts sur l'environnement) et ils s'intègrent à celle-ci pour les missions relevant de son périmètre.

En préalable à la demande d'autorisation associée, une réunion d'échange a eu lieu le 08/10/2021 entre l'ASN et l'Andra afin de partager les contours de la réflexion mise en œuvre par l'Andra.

Conformément à l'article R. 4451-120 du code du travail, le comité social et économique a été consulté sur l'organisation des pôles de compétences mis en place et a formulé un avis favorable. En application des articles 1.2.3 et 1.2.10 de la décision [15], la présente modification notable est identifiée comme 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 de l'Andra, qui a formulé un avis favorable en date du 30/11/2021,

autorisant la transmission de la présente demande à l'Autorité de sûreté nucléaire et 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, des articles 2.1.1 et 2.1.2 de la décision [15] et de l'article 16 de l'arrêté [19], l'Andra a transmis le 17/12/2021 à l'ASN la demande de modification notable soumise à autorisation, relative à la création des pôles de compétences en radioprotection du CSM (INB n°66), enregistrée sous la référence AUT26-CAE-2021-0368 (référence Andra DIGE/CM/21-0071).

Par courrier CODEP-CAE-2021-060029 du 17/12/2021, l'ASN a accusé réception de la demande d'autorisation de l'Andra.

Cette modification est en cours.

2.1.3 Faits marquants qui ont fait l'objet d'une déclaration à l'ASN (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 d'un poste 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 leurs postes.

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

- ses Règles générales d'exploitation [20], dans la description de son organisation et de ses missions ;
- son Plan d'urgence interne [21], 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 [15], 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 [15] 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 [15], 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 » a été mise en œuvre dans le courant de l'année 2021 par transmission des documents mis à jour dans le cadre du courrier DOI/CM/21-0229 CSM – Réorganisation du Centre de stockage de la Manche - Transmission des versions applicables des règles générales d'exploitation et du plan d'urgence interne.

Cette modification est close.

A noter qu'une nouvelle modification de l'organisation de la Direction des Opérations Industrielles de l'Andra a eu lieu au 01/10/2021 avec la création de la Direction Industrielle et Grand Est, DIGE (cf. courrier de déclaration DOI/CA/DIR/21/0207 du 01/10/2021). Cette modification d'organisation est notable pour les centres de l'Andra dans l'Aube et au CMHM mais reste non-notable pour le CSM (cf. analyse DOI/CM/21-0270), l'unique évolution consistant au rattachement du service Etudes, Travaux et Projets ETP directement aux Ci2A en lieu et place d'un rattachement au directeur de la DOI, sans modification des fonctions et activités.

Le CSM prévoit l'introduction de cette modification dans les référentiels RGE-PUI du site à la prochaine montée d'indice de ces derniers.

2.1.4 Autres dossiers 2021 qui n'ont pas nécessité de demande d'autorisation ou de déclaration à l'ASN

Ne sont présentées de manière détaillée que les modifications ayant un intérêt dans le cadre du bilan de la surveillance, les autres modifications sont identifiées et listées dans les comptes-rendus trimestriels.

2.1.4.1 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 QI10 sur le site d'Orano Recyclage La Hague, ont été entrepris. En effet, il a été constaté, lors d'inspections caméra, 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 a été 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).

Cette opération a eu lieu du 27 au 28 mai 2021.

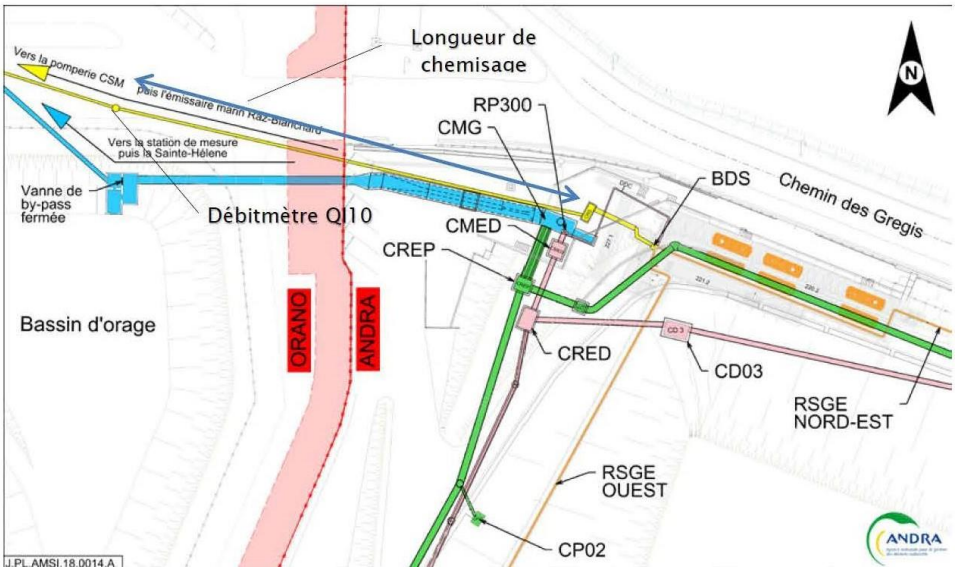


Figure 2-1 Localisation de la canalisation RS (réseau jaune)

Cette modification est close.

2.1.4.2 Cuvelage du bac du RD12

Des suintements ont été détectés en décembre 2020 au niveau de la réservation de la surverse, ainsi qu'en pied du bac du RD12 ; cela a entraîné :

- 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 ont été décidés. Les travaux prévus avaient 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 [15] 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.

Cette modification a été mise en œuvre durant l'été et les travaux réceptionnés en août 2021. La mise en place d'un bac INOX permet d'assurer la fonction d'étanchéité du bac du RD12 de manière pérenne, des réflexions sont en cours pour étendre cette forme de cuvelage au récepteur amont « bac du RD100 ».

Cette modification est close.

2.1.5 Autres faits marquants

2.1.5.1 Diagnostic des piézomètres

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 [22], un diagnostic de chaque piézomètre est en cours de réalisation. 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 du CSM (au nombre de 21). Les investigations pour les piézomètres situés à l'intérieur du périmètre de propriété du CSM seront réalisées en 2022 et 2023.

A l'issue du diagnostic des 21 premiers piézomètres, une campagne de nettoyage et d'aménagement de ces équipements est envisagée après le dépôt du dossier de déclaration auprès de la Direction départementale du territoires mer (DDTM) qui est prévu au cours de l'année 2022. Il est à noter que le piézomètre PO 168 sera remplacé.

La régularisation des dossiers de déclaration des piézomètres extérieurs a été retardée par le fait que nous avons intégré dans cette déclaration les piézomètres évoqués dans les échanges issus de l'instruction du réexamen. L'identification des propriétaires et exploitants est en cours de réalisation.

L'établissement du plan de maintenance et d'entretien est en cours de définition et sera finalisé sur le second semestre de l'année 2022 pour intégrer le diagnostic de 20 piézomètres à l'intérieur du CSM.

Les travaux de réparation, de fermeture ou de création de piézomètre envisagés dans la campagne d'entretien et dans le 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.

2.1.5.2 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. La majeure partie des essais s'est déroulée au printemps 2021 (février-mars).

Le principe de ces essais est d'injecter de l'eau dans les réseaux existants (collecteurs, drains), 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.

Les premiers essais réalisés en automne 2020 ont permis de tester les deux collecteurs du drainage de la couverture et du réseau pluvial (buses béton sous la route de diamètre 700mm et 1000mm) sur le linéaire depuis les chambres de drainage CD11 et pluviale CP12, au droit du panneau 112b Est. L'hypothèse d'une éventuelle fuite de l'un de ces collecteurs, même située très en amont du BRS002, a été testée en injectant des débits suffisamment élevés pour correspondre à l'impact de pluies notables (supérieures à 5mm/h). Les résultats montrent que ces deux collecteurs sont intègres et ne laissent pas d'eau rejoindre le BRS002.

Par la suite, des essais réalisés en février-mars 2021 dans les drains sur membrane et en surface ont permis de faire augmenter (pour certains essais) le débit du BRS002, mettant ainsi en évidence un lien entre les drains/zones injectées/arrosées et les flux d'eau du BRS002.

Sur le graphe ci-après (cf. Figure 2-2), on peut suivre l'évolution du débit du BRS002 en réaction à certains essais (quelques pluies ont également généré des augmentations ponctuelles du débit). Les essais qui n'ont pas fait réagir le BRS002 ne sont pas notés car cela rendrait la figure peu lisible.

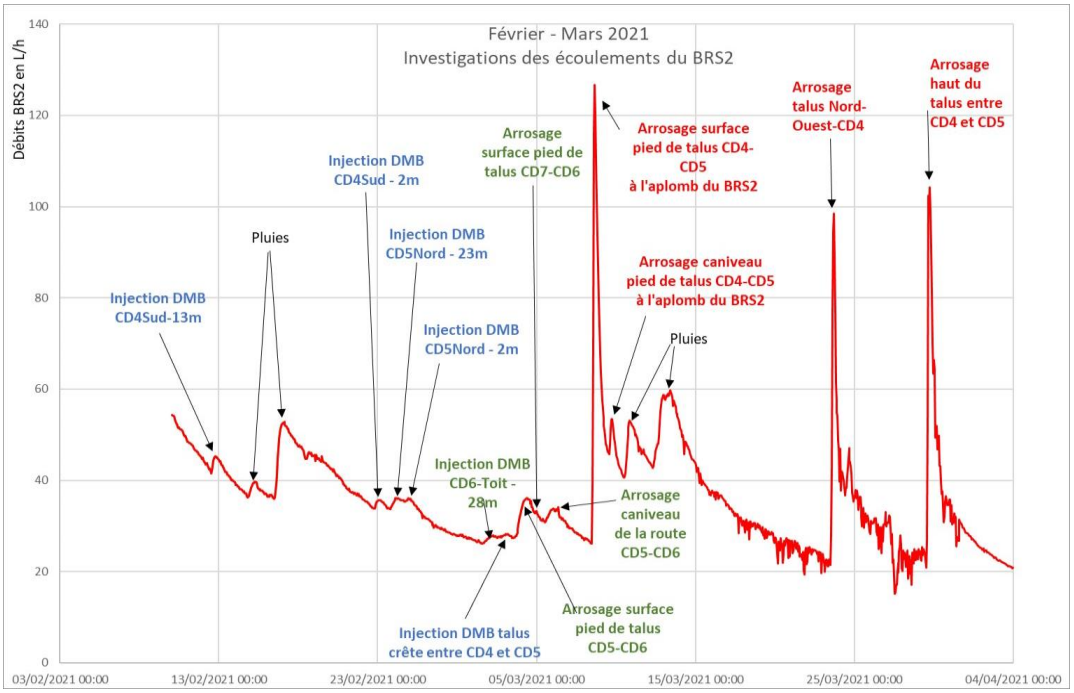


Figure 2-2 Evolutions des débits du BRS2 suites aux investigations (02-03/2021)

Deux types de dysfonctionnements sont à l'origine des écoulements parasites du BRS002 :

- défauts de raccordement de la membrane sur les chambres de drainage

  Les essais réalisés dans les chambres de drainage du Nord-Est du CSM ont montré des défauts d'étanchéité de la membrane à l'arrière des chambres (probablement aux niveaux des

raccordements des drains et de la membrane sur les voiles des chambres) et alimentant le BRS002 (points rouges sur la Figure 2-3 ci-après) :

- ✓ CD4 : défaut du raccordement côté Sud (le raccordement côté Nord ne génère pas de débits au BRS002) ;
- ✓ CD5 : défaut du raccordement côté Nord (le raccordement côté Sud et celui du drain de toit ne génèrent pas de débits au BRS002) ;
- ✓ CD6 : les drains sur membrane du toit et des talus sont raccordés tous les trois ensembles, dans la chambre de drainage ; ce raccordement est dégradé et laisse des eaux de drainage de la couverture s'infiltrer dans les remblais sous-jacents. Une partie de ces infiltrations rejoint le BRS002.

- Zones d'infiltrations en pied de talus de couverture

  Les pieds des talus de la couverture situés entre les CD4 et CD5, et entre les CD5 et CD6 laissent infiltrer des eaux météoriques qui sont collectées par le BRS002. Ces zones correspondent au bas de la couverture enherbée et également au caniveau de la route périphérique qui, même s'il a été rendu plus étanche par des bandes COMBIFLEX collées sur les joints entre les éléments de caniveau, laisse toujours passer un peu d'eau.

  Ces zones (en hachuré rouge sur la Figure 2-3) se trouvent juste en dehors de la couverture imperméabilisée par la géomembrane, et les eaux qui s'infiltrent dans les remblais périphériques rejoignent en partie le BRS002.

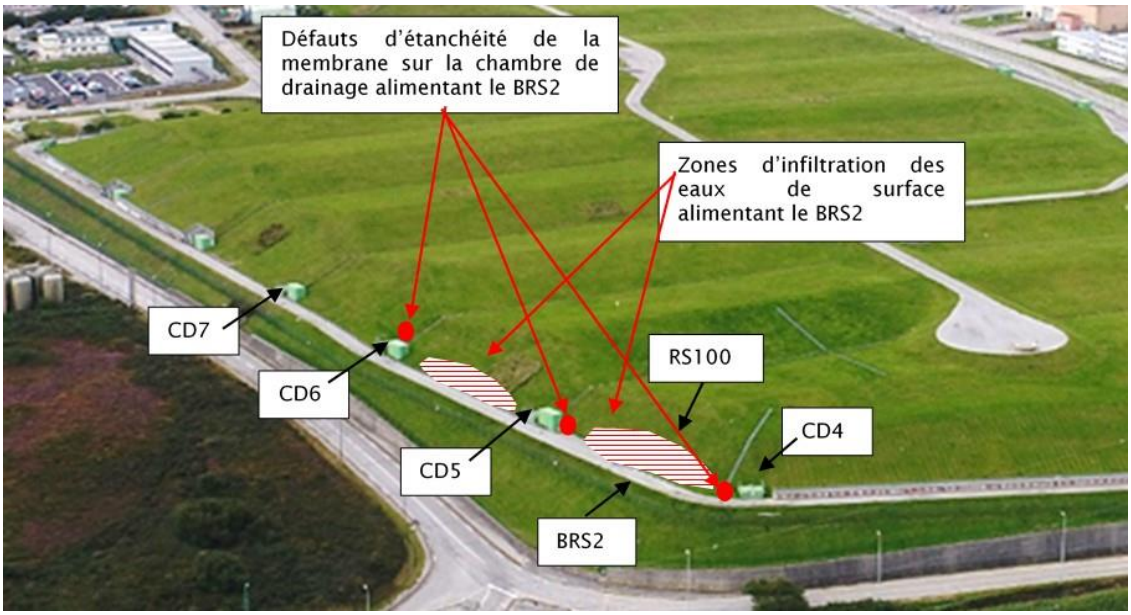


Figure 2-3 Localisation des points et zones d'infiltrations des eaux collectées par le BRS002

En résumé, ces investigations ont pu mettre en évidence plusieurs localisations et plusieurs types de défauts à l'origine des eaux collectées par le BRS002. Sur la base de ces résultats, les solutions de traitement envisageables sont à étudier, en prenant en compte le caractère multi-origines des écoulements périphériques.

2.1.5.3 Tests de carbonatation des bétons des ouvrages de génie civil

En 2019, Les expertises visuelles menées dans les galeries du CSM par SITES ont révélé la présence de corrosion sur le parement de certains ouvrages ayant pour cause possible la carbonatation du béton.

En 2021, l'ANDRA a missionné SITES afin de vérifier cette hypothèse et d'avoir des informations concernant la durabilité des éléments concernés, et notamment la profondeur de carbonatation du béton. Une équipe s'est donc déplacée sur site en août 2021 pour réaliser des prélèvements de béton par carottage afin d'effectuer des mesures de la profondeur de carbonatation en laboratoire.

Les investigations ont concerné différentes parties d'ouvrage :

- les galeries, qui partent du bâtiment des bassins ;
- le bâtiment des bassins ;
- les murs de soutènement.

Une carotte a été prélevée in-situ dans chacune des zones précisées dans le cahier des charges et identifiées lors de la pré-visite du site.

Les investigations menées sur les ouvrages du Centre de stockage de La Manche n'ont pas montré de carbonatation du béton importante. Une zone cependant reste à surveiller (élément de galerie CD68) ; toutefois, pour l'instant ces traces de corrosion restent limitées et n'affectent pas le fonctionnement structurel du mur.

L'entreprise ayant réalisé l'analyse recommande donc de suivre l'avancement de la carbonatation par une nouvelle campagne, dans cette même zone. En fonction des résultats de cette deuxième campagne de mesure, un suivi à court ou à moyen terme ou des mesures immédiates peuvent être préconisées. L'Andra fera réaliser cette nouvelle campagne sous 3 ans.

2.2 Perspectives pour 2022 et début 2023

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

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

Considérant la fin de l'instruction du réexamen de sûreté du CSM et la diffusion par l'Andra des engagements pris à ce titre, ainsi que l'envoi de la mise à jour du RDS du CSM pour instruction, il est nécessaire d'engager une révision des référentiels en objet du présent paragraphe. Cette modification a pour objectif 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 a été engagée sur le second semestre de l'année 2021. La mise à jour des documents et leur transmission pour autorisation attendue initialement pour fin 2021/début 2022 est reportée à fin 2022. Ce report est lié à une charge plus importante qu'attendue sur la fin d'année 2021 et des décalages associés à la fin d'instruction du réexamen et la mise à jour du RDS du CSM.

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 en cours.

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

Mise à jour de la liste des EIP-AIP du CSM à l'indice D

L'objectif du travail de refonte de la liste des EIP-AIP du CSM à l'indice D vise à prendre en compte :

- les remarques de l'ASN Caen, formalisées lors d'inspections dont :
  - ✓ définir des exigences définies (ED) plus opérationnelles (c'est-à-dire des performances quantifiables et mesurables) que les inspecteurs seront à même de vérifier ;
  - ✓ préciser pour chaque AIP comment sont faits les contrôles techniques (CT) et les vérifications par sondage (VpS) ;
  - ✓ préciser les éléments de qualification des EIP et définir le système de gestion des pièces détachées nécessaires au fonctionnement de chaque EIP.
- les engagements pris par l'Andra dans le cadre de la préparation réexamen de sûreté de 2019 ;
- des éléments de réflexion suite aux questions posées par l'IRSN dans le cadre de l'instruction du dossier de réexamen ;
- les évolutions réglementaires, dont notamment les décisions 2017-DC-0616 [15] et 2015-DC-0532 [18]

Enfin, la mise à jour de la liste des EIP-AIP à l'indice D vise à assurer la cohérence avec les choix et éléments présentés et pris dans le cadre de la révision du RDS du CSM (Vol. VII), soumise à autorisation de l'ASN en juillet 2021.

La mise à jour de la liste à l'indice D est réalisée ; la modification reste cependant à soumettre à validation de l'ICI de l'Andra pour sa mise en application, objectif fin avril 2022. A noter que cette révision de la liste des EIP-AIP induira également une mise à jour des RGE du CSM pour intégrer les évolutions associées.

Cette modification est en cours.

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

Ne sont présentées de manière détaillée que les modifications ayant un intérêt dans le cadre du bilan de la surveillance, les autres modifications sont identifiées et listées dans les comptes-rendus trimestriels.

EIP	Intitulé de la modification	Classification de la modification	Origine de la modification	Statut de la modification
-	Mise en place pompe de relevage en 224.2	Matérielle non notable	Une présence d'eau issue d'infiltration peut parfois être détectée en fond de local mais il n'existe pas de moyen fixe d'aspiration	Dossier de modification en cours Objectif de réalisation fin 2022
-	Remplacement du bungalow par un bâtiment de plus grande capacité	Matérielle non-notable	Augmentation durable de la capacité d'accueil du personnel sur site	Dossier de modification en cours Objectif de réalisation fin 2023

EIP	Intitulé de la modification	Classification de la modification	Origine de la modification	Statut de la modification
EIP n°2 collecteurs des RSGE et RSGE bis	Mise en place d'augets basculeurs sur 4 BRS	Matérielle non-notable EXP.FI.ACMC.22.0008	Traitement de l'engagement Andra E-CSM2021-01 (point du plan d'action à mettre en place)	Dossier de modification en cours Objectif de réalisation fin 2022
-	Modification armoire de stockage des produits chimiques	Matérielle non-notable EXP.FI.ACMC.22-0002	Action de la DMRI, amélioration de la tenue au feu de l'armoire de stockage de produits chimiques	Modification close en 2022
-	Relevage bassin 70m³ vers BDS	Matérielle non-notable EXP.FI.ACMC.22-0011	Action complémentaire identifiée suite à l'inspection ASN du 27/05/2021, permettant de simplifier le mode de gestion des vannes du bassin 70 m³	Dossier de modification en cours Objectif de réalisation fin 2022
-	Modification alimentation de l'éclairage et des BAES des branches A et B du RSGE	Matérielle non-notable EXP.FI.ACMC.22-0021	Amélioration visant à limiter les défauts d'isolement en galerie et augmenter la disponibilité des BAES	Dossier de modification en cours Objectif de réalisation fin 2022
-	Amélioration de la protection physique du site (portail d'accès et vidéosurveillance)	Matérielle non-notable	Amélioration de la protection physique du CSM (REX exercices PUI 2018 et 2022 + échanges gendarmerie)	Dossier de modification en cours Objectif de réalisation fin 2022 (mise en service vidéosurveillance dépendante de l'arrêté préfectoral)

2.2.4 Autres faits marquants

2.2.4.1 Etude préalable à la jouvence de la branche Est du RSGE

Les travaux de jouvence envisagés en branche Est du RSGE ont pour but de fiabiliser une installation vieillissante sur ses fonctions d'étanchéité, de collecte et de barrage au radon et de mieux l'adapter aux contraintes actuelles de débit, de surveillance et de maintenance des installations.

Une première opération de jouvence a été réalisée en 2013/2014 sur les branches Ouest et centrale du RSGE. Une deuxième opération, visant la branche Est de ce collecteur et mettant à profit le REX de la première opération, a été prévue et annoncée dans le réexamen de sûreté 2019.

En préalable à la mise en œuvre de cette modification, une étude préliminaire va être mise en œuvre en 2022 afin de proposer un redimensionnement du collecteur optimisé en regard du REX des aménagements actuels, des activités d'exploitation et de maintenance ainsi que du respect de l'ensemble des exigences associées à cet équipement.

2.2.4.2 Etude de design de mégatuiles

Dans le cadre du Réexamen de sûreté 2019, l'Andra a présenté un projet de modification des talus de la couverture, avec deux options. L'une de ces options consisterait à recouvrir les talus de tuiles béton de grandes dimensions, dénommées « mégatuiles » afin d'étendre l'étanchéité jusqu'en pied des talus.

Cette étude à caractère novateur a été lancée en 2021 avec une première phase de conception des différents types de mégatuiles adaptées pour le CSM. En 2022, il est prévu de fabriquer quelques mégatuiles pour vérifier la faisabilité et pour des essais en usine. Enfin, pour fin 2022, il est envisagé de construire un démonstrateur (une maquette à l'échelle 1) reproduisant une partie de talus du CSM, recouverte d'une surface de mégatuiles de l'ordre d'une centaine de mètres carrés. Ce démonstrateur serait construit dans la ZI de Digulleville à proximité du CSM, à l'emplacement des quatre petites planches d'essais réalisées en 2014 et dont l'étude est à présent terminée. Ces planches d'essais seront alors retirées pour la construction du démonstrateur mégatuiles.

Cette étude permettra de comparer les options envisagées pour retenir le projet de modification des talus qui sera présenté dans quelques années.

2.3 Anomalies et incidents

Les anomalies et incidents survenus sur le site du CSM donnent lieu à une déclaration auprès de l'ASN [23]. Ces déclarations sont classées selon les critères de l'échelle INES en fonction de leur gravité.

Au cours de l'année 2021, trois événements soumis à déclaration ont été constatés. Ces évènements 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 juin 2021 et concernait une fuite du réseau RSGEbis dans la salle des cuves. Le détecteur de fuite localisé dans la lèchefrite de la cuve n°5 du bâtiment des bassins a signalé la présence d'eau, indication remontée via le Système informatisé de centralisation des mesures (SICM). L'intervention du personnel Andra et du sous-traitant en charge des installations a permis d'arrêter rapidement les écoulements (environ 50 L). Il a pu être immédiatement identifié que l'origine de cette fuite est liée à une erreur humaine lors du positionnement des vannes dans le cadre du lignage des cuves en fin de poste. L'ensemble des actions et l'analyse des causes sont traitées dans la fiche d'action et de progrès (FAP) qui a été ouverte.

Le deuxième écart concerne une fuite du réseau d'eau potable en 101-1 ayant entrainé des écoulements dans les locaux 119-1, 224-2 et 222-2. Cet incident a eu lieu le 11 août 2021 ; il a été détecté grâce à l'alerte qui est remontée via le SICM indiquant la présence d'eau dans le bac de rétention du BDS. Cette fuite est liée à la rupture du raccord d'un manomètre, branché via un T (raccord vissé sur T) sur le tuyau d'arrivée d'eau de ville en salle 101-1 engendrant ainsi une fuite d'eau sous pression et donc des volumes d'eau importants qui se sont infiltrés dans les salles sous-jacentes. La fermeture provisoire de l'alimentation d'eau et la mise en place d'un obturateur femelle sur le raccord a permis d'arrêter cette fuite et la remise en service de l'eau potable. 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 2021 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 du samedi 11 décembre soir au mercredi 15 décembre vers 11h. L'appareil est tombé en panne suite au dysfonctionnement du variateur. 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

2.4.1 Inspection du 27 mai 2021

Dans le cadre de ses attributions concernant le contrôle des installations nucléaires de base, les représentants de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) ont mené une inspection le 27 mai 2021 au CSM sur le thème des travaux de réparation de la canalisation d'évacuation des effluents à risque vers les installations d'Orano Recyclage de La Hague.

Suite à cet examen, l'organisation définie et mise en œuvre sur le site pour la gestion de la modification apparaît « perfectible ». L'ASN demande à l'Andra CSM de prendre en compte le retour d'expérience associé à la maîtrise des conditions initiales, en ce qui concerne le dévoiement des eaux à risque vers le bassin de secours et les exigences associées à la pose de la gaine pour le chemisage de la canalisation.

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 03 août 2021.

2.4.2 Inspection des 15 et 16 novembre 2021

Dans le cadre de l'instruction du dossier de réexamen, les représentants de l'ASN ont mené une inspection dont l'objectif était de permettre de vérifier la conduite du processus de réexamen de l'Andra CSM, depuis le cahier des charges du dossier de réexamen, sa réalisation, la définition du plan d'actions et sa mise en œuvre.

L'inspection visait à évaluer :

- l'organisation humaine et technique mise en place afin de réaliser l'examen de conformité réglementaire et la réévaluation de la démonstration de sûreté, notamment pour l'élaboration et le suivi du plan d'actions,
- l'organisation de l'INB pour la protection des intérêts, notamment :
  - ✓ la robustesse de l'examen de conformité réglementaire,
  - ✓ la conformité des EIP et des AIP à leurs ED,
  - ✓ la maîtrise des actions mises en place et identifiées par l'Andra à l'issue de ce réexamen.

Suite à cet examen, la lettre de suite de l'inspection n'a pas été transmise à l'Andra CSM à la date d'édition du présent bilan.

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 suivi de certification aux normes ISO 9001, ISO 14001 version 2015 et ISO 45001 version 2018 en octobre 2021. L'examen par sondage de l'ensemble des référentiels normatifs s'est déroulé le 20 octobre 2021 sur le CSM.

Cette évaluation a permis de définir les modifications à mener pour améliorer la conformité du système de management intégré appliqué par l'Andra CSM.

A l'issue de cet audit, la certification de l'Andra a été maintenue.

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

L'Andra CSM a réalisé le 15 juin 2021 un audit interne relatif à la norme NF EN ISO/IEC 17025 version 2017 pour évaluer les dispositions de mise en conformité prises lors de l'élaboration du plan d'actions de transition.

Cet examen est satisfaisant. Cependant, des dispositions restent à prendre pour améliorer la prise en compte de toutes les dispositions demandées dans ce référentiel.

A l'issue de cet audit, l'Andra CSM est conforme à la norme NF EN ISO/IEC 17025.

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 2021, est donnée dans le Tableau 2-1 ci-après.

Cette liste des sous-traitants n'inclut pas les prestations indirectes telles que les audits pilotés par le CSA.

Tableau 2-1 Liste des principaux prestataires du CSM en 2021

Prestataires *Sous-traitant rang 1*	Activité
ADF NUCLEAIRE TARLIN	Mise en place cuvelage bac RD12
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 et suivi hydrobiologique
APAVE	Prestataire en charge des contrôles réglementaires externes en radioprotection et des contrôles réglementaires électriques, contrôle réglementaire du séparateur d'hydrocarbures Prestataire en charge des audits de certification ISO 9001- ISO14001- ISO45001
AUTO BILAN RESEAUX	Assistance technique essais et investigations BRS2 Curage des chambres de drainage
BCM FOUDRE	Prestataire de contrôle de bon fonctionnement des systèmes de protection contre la foudre du BAP et de la station météo
BIOTOPE	Prestataire en charge des études floristiques et faunistique
CABINET GEODIS	Prestataire en charge des levés topographiques des lignes des piquets et des cibles, des relevés 3D
CAPGEMINI	Prestataire en charge de la maintenance informatique de la base de données DESIREE
CAUVIN TP	Travaux de terrassement
CERAP	Prestataire en charge de l'exploitation, du suivi et du contrôle des installations et de la réalisation des prélèvements

Prestataires *Sous-traitant rang 1*	Activité
CETIAT	Prestataire de métrologie pour l'étalonnage Cofrac des sondes de température et d'hygrométrie
CG3N	Prestataire de maintenance du SICM
CHALLANCIN	Gardiennage et surveillance du Centre
CHEVALIER DIAG	Repérage et diagnostics amiante et plomb dans les galeries et le bâtiment des bassins
CLOTURES DU COTENTIN	Remplacement de concertinas et portails
DEKRA	Contrôle règlementaire de moyens de manutention
DESAUTEL	Prestataire en charge de la vérification annuelle des extincteurs
EFINOR	Maintenance préventive et corrective des collecteurs RSGE et RSGEbis
EMG	Prestataire en charge de la maintenance des équipements du système de communication par radio
EMS2 38	Transport de déchets TFA
ETANDEX	Reprises de maçonnerie sur les ouvrages de génie civil du CSM
HAGUE ENERGIE DALKIA *SADE*	*Travaux de chemisage de la canalisation DN500*
INEO NUCLEAIRE *THERMICLIM*	Prestataire en charge de la maintenance électrique générale, de la centrale Argon CO_2, du système de vidéosurveillance et des onduleurs. *Prestataire pour la maintenance des ventilateurs et de la climatisation*
ITG	Prestataire en charge de l'audit interne ISO/CEI 17025
LEBAILLY Mickaël *LE BAILLY Sarah*	Prestataire effectuant des petits travaux de logistique et de génie civil *Nettoyage des caniveaux*
LOG HYDRO	Gestion et suivi du parc des piézomètres du CSM
LRING	Bureau d'études structure en charge de la conception de mégatuiles
MESSER	Fournisseur de gaz industriels Argon / CO_2
MIRION TECHNOLOGIES	Maintenance des appareils de radioprotection
NAVARRA TS	Inspection pyrotechnique
NOYON	Prestataire en charge des transports des échantillons et matériels

Prestataires *Sous-traitant rang 1*	Activité
OCEANE TELECOM	Prestataire en charge de la maintenance des équipements du système de communication par radio
ORANO CYCLE LA HAGUE *HAGUE ENERGIE*	Prestataire en charge d'analyses radiologiques et de mesure d'exposition, du lavage de linge de zone Exploitant en charge de la gestion des effluents et de la maintenance du bassin d'orage *Prestataire en charge de la maintenance du bassin d'orage*
PORTAKABIN	Location bâtiment modulaire
ROUGE VIF	Accompagnement visites et évènementiel, accompagnement éditorial
SDEC	Prestataire en charge de la maintenance des barboteurs tritium
SIEMENS	Prestataire en charge de la maintenance du système de détection automatique incendie
Sist Ouest Normandie - Santé au Travail	Service Interprofessionnel de Santé au Travail Ouest Normandie Médecine du travail
SITES	Tests de carbonatation des bétons des ouvrages de génie civil
SOMESCA	Etalonnages débitmètres
SUBATECH	Laboratoire d'analyses radiochimiques
TFEN PROPRETE-ATALIAN	Prestataire en charge du nettoyage des locaux
TMD CONSEIL	Prestataire en charge de la fonction de Conseiller sécurité de transport (CST)
VALLOIS NORMANDIE *Les territoires de la Hague*	Prestataire en charge de l'entretien des espaces verts *Prestataire en charge du broyage des ronces et des ajoncs*
VEOLIA RECYCLAGE VALORISATION NORMANDIE	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 3 audits en 2021 relatifs à la mise en œuvre des exigences de la norme NF EN ISO/IEC 17025 « exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais » version 2017. Les prestataires concernés étaient :

- la société CERAP pour la prestation de prélèvement d'échantillons dans le cadre de l'application du plan réglementaire de surveillance du CSM. L'audit s'est déroulé le 15 juin 2021 et a été réalisé par la société ITG.

  Cet audit a relevé 3 non-conformités mineures notamment relatives à la qualification et habilitations du personnel, 2 points sensibles relatifs à l'analyse des risques et opportunités et au contenu du Plan d'assurance qualité. Un plan d'action est en cours d'exécution.
- la société ASPECT pour la prestation de réalisation des analyses physico-chimiques dans le cadre de l'application du plan réglementaire de surveillance du CSM. L'audit s'est déroulé les 12 et 13 janvier 2021 et a été réalisé par la société ITG. L'audit est jugé satisfaisant.
- le Laboratoire Andra CSA pour la prestation de réalisation des analyses radiologiques courantes dans le cadre de l'application du plan réglementaire de surveillance du CSM. Cet audit s'est déroulé les 18 et 22 janvier 2021 et a été réalisé par la société QSE Développement. L'audit est jugé satisfaisant.

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 2021 sont présentées dans le tableau suivant (Tableau 2-2).

L'inspection relative aux opérations d'entretien des espaces verts (suivi par la société VALLOIS) n'a pas pu être réalisée en raison des périodes de confinement ou d'isolement de l'année 2021.

Tableau 2-2 Tableau récapitulatif de la surveillance des prestataires du CSM pour 2021

Prestataire	Activités	Nombre et type de contrôle	Degré de satisfaction
ADF	Confection du bac inox RD 12	1 inspection générale de la prestation et point particulier sur la réalisation des soudures	Satisfaisant
ASPECT	Laboratoire d'analyses physico-chimiques	1 audit (cf. § 2.6.2.1)	Satisfaisant
BIOTOPE	Suivi des espèces floristiques et faunistiques	1 inspection relative au relevé des observations des espèces floristiques et l'application des exigences du cahier des charges	Satisfaisant
CERAP	Exploitation du bureau de contrôle et de surveillance (BCS)	7 inspections relatives au conditionnement des déchets nucléaires TFA, au suivi mensuel des chambre de drainage, à la vidange des cuves, à la	Assez insatisfaisant à satisfaisant

Prestataire	Activités	Nombre et type de contrôle	Degré de satisfaction
		mesure de hauteur des piézomètres, au fonctionnement des ISCO et la gestion des sources scellées	
CHALLANCIN	Gardiennage et surveillance du Centre	1 inspection relative à la vérification par sondage de la bonne application des contrôles techniques	Plutôt satisfaisant
CAUVIN TP	Travaux de traitement des fissures en crête de talus	1 inspection relative au respect du cahier des charges	Satisfaisant
EFINOR	Maintenance préventive et corrective des collecteurs RSGE et RSGEbis	1 inspection relative à la vérification du contrôle de l'intégrité du colleteur	Satisfaisant
GEODIS	Levés topographiques des lignes des piquets et des cibles	1 inspection de levé et calculs des profils de piquets F/G, 109/110 et 110/111	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	Satisfaisant
LRing	Etude du design des mégatuiles des talus de la couverture	1 inspection relative à la mise en œuvre des exigences du cahier des charges	Satisfaisant
MIRION - Technologies	Métrologie des Cobenades	1 inspection relative au respect des exigences du cahier des charges et du plan de prévention	Satisfaisant
ORANO Recyclage – La Hague	Maintenance du bassin d'orage	1 inspection relative à la vérification de la bonne réalisation de la maintenance des vannes du bassin d'orage	Satisfaisant
SITES	Tests de carbonatation des bétons des ouvrages de génie civil	1 inspection relative à la mise en œuvre des exigences du cahier des charges	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 ;
- vérification du bon positionnement des vannes ;
- 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.

L'entretien de cet ouvrage en 2021 n'a pas mis en évidence de dégradation.

2.7.2 Entretien de la ventilation

Des systèmes de ventilation 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 des réseaux et matériels associés

Dans le cadre des opérations de maintenance préventive et conformément aux RGE [20], 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 2021. 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 le 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 maintenance en juin et décembre 2021.

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

2.7.4 Entretien des réseaux pluviaux et des réseaux de drainage couverture

En 2021, un hydrocurage de l'ensemble des caniveaux pluviaux, des chambres pluviales, des réseaux de drainage et des chambres de drainage a été effectué afin d'assainir l'ensemble des réseaux de canalisation. Les boues de curage ont été récupérées, traitées et envoyées, en fonction de leur origine (zone publique ou zone contrôlée verte) en filière adaptée.

2.7.5 Reprise de maçonnerie des éléments de galerie

Suite à l'expertise des ouvrages de génie civil réalisée en 2019, quelques défauts ont été relevés (corrosion, fissures...). Des travaux de reprise de maçonnerie des ouvrages de génie civil ont donc été réalisé de décembre 2021 à en janvier 2022 permettant de réparer ces défauts.

2.7.6 Étalonnage, vérification de bon fonctionnement des débitmètres et des préleveurs automatiques

2.7.6.1 Les débitmètres

La vérification semestrielle de bon fonctionnement des débitmètres de la CMG et du BDS a été effectuée en mars et en août 2021. Ces contrôles se sont révélés conformes aux attentes.

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 pour l'année 2021 en janvier 2022 : les bornes de mesures ont été passées au banc d'essai. Aucune anomalie n'a été détectée.

2.7.6.2 Les hydrocollecteurs

Les préleveurs d'échantillons liquides (de type ISCO) aux exutoires font également l'objet de vérifications semestrielles dans le cadre de la maintenance préventive. Lors de ces vérifications, le changement systématique des tubulures est réalisé ainsi que le nettoyage des appareils et des flacons. Des maintenances correctives ont été effectuées sur deux des appareils ; elles correspondent au remplacement du groupe froid.

2.7.6.3 Les préleveurs atmosphériques

Le préleveur d'air EAS 70K, permettant le contrôle des aérosols, a été vérifié et étalonné en septembre 2021. Ce contrôle était conforme aux attentes. Toutefois, l'appareil a été arrêté du 11 au 15 décembre 2021 suite à la panne du variateur (cf. 2.3).

Le contrôle du bon fonctionnement des barboteurs SDEC, qui permettent de piéger le tritium de l'air, a été réalisé le 12 octobre 2021. Lors de la maintenance préventive, les actions suivantes sont effectuées :

- changement des filtres et des joints,
- remplacement du liquide caloporteur,
- changement du catalyseur,
- vérification des débits et des températures.

Les contrôles sont conformes aux attentes.

2.7.7 Systèmes informatiques

2.7.7.1 SICM

Le système informatisé de centralisation des mesures (SICM) permet la surveillance à distance et la sauvegarde de mesures de certains équipements du CSM. La maintenance réalisée tous les deux mois n'a pas mis en évidence de dysfonctionnements.

2.7.7.2 DESIREE

Toutes les données liées aux échantillons prélevés sont gérées et enregistrées via la base de données DESIREE. Ce logiciel est développé et fourni par la société Capgemini. La version de la base est actuellement la V06.05. En 2021, trois versions mineures ont été installées pour prendre en compte les demandes d'évolution et/ou de corrections des chargés d'affaires Andra.

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

3.1 Comportement physique de la couverture 48
3.2 Conclusion sur le comportement physique de la couverture 70

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 [10] :

- 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, réalisée pour cette année 2021 au mois de juillet.

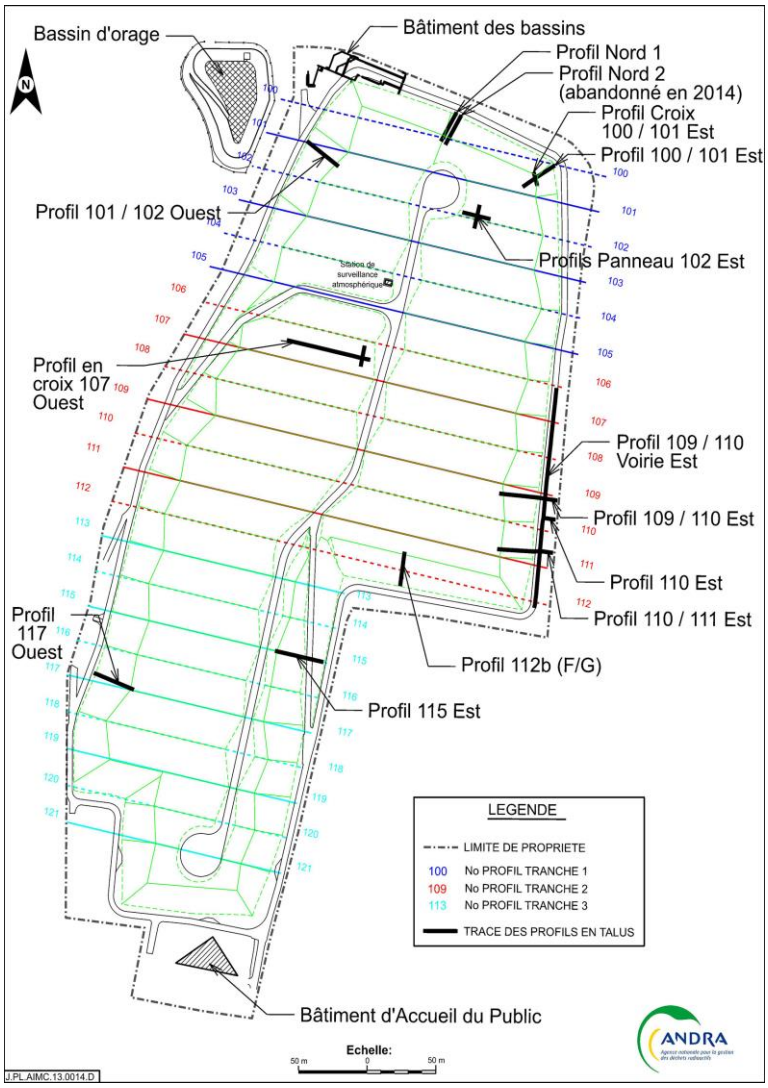


Figure 3-1 Localisation des profils de piquets en talus et toit de la couverture

Tableau 3-1 Suivi topographique des profils de piquets

2021	TALUS								Angle Nord Est	TOIT	
	109/110 Voirie Est	109/110 Est	110/111 Est	112Bis F/G	115 Est	117 Ouest	101/102 Ouest	Nord1 (Ouest)	100/101 Est + quadrillé	102 Est	107 Ouest
24-Mars		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
23-Juin		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
28-Sept.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
28-Sept.		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
24-Mars		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Compte tenu des faibles mouvements enregistrés sur le Centre, la fréquence de relevé de l'ensemble des piquets est devenue trimestrielle en 2021.

Il convient de préciser que les origines des mouvements observés sur la couverture sont différentes suivant leur localisation en toit ou en talus.

Pour la partie toit, et en raison des conditions historiques de stockage, la tranche 1 et une partie de la tranche 2 de la couverture peuvent être sujettes aux tassements dans les ouvrages de stockage. 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 lentement 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 sur 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 talus 109/110/111 Est ;
- en septembre 2011, pour le confortement du talus Nord (100Est et 100Ouest) ;
- en septembre 2013, pour les réparations du talus 112bis (F/G).

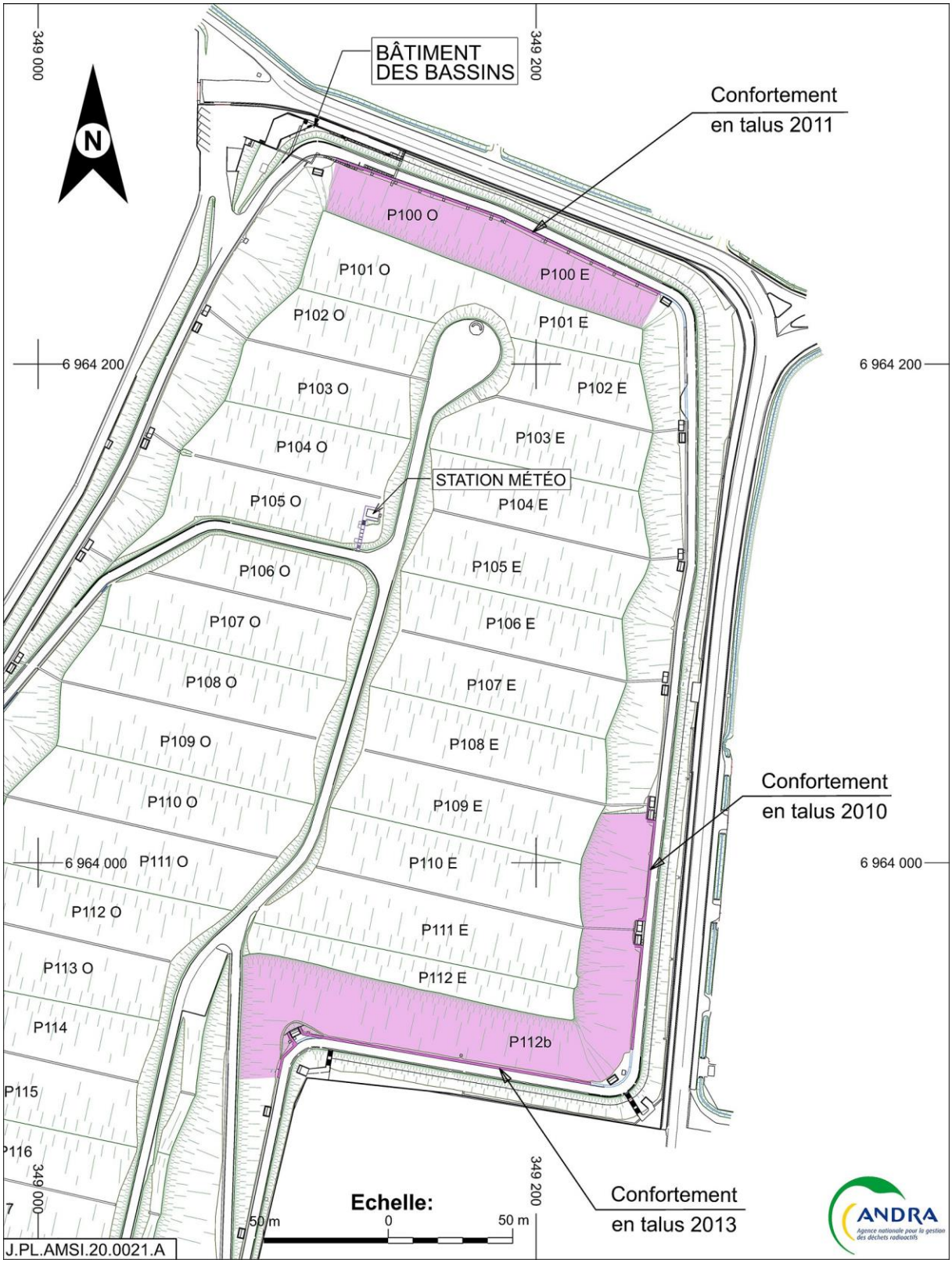


Figure 3-2 Localisation des talus confortés fin 2013 (zone rose)

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 piquets en talus

Jusqu'en 2017, l'Andra utilisait la méthode basée sur la racine carrée de la somme des carrés des écarts en X, Y, et Z ; cette méthode permet d'obtenir une valeur qui cumule les déplacements selon les 3 axes :

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

A partir de 2018, une seconde méthode plus précise a été mise en œuvre pour mesurer des déplacements très faibles et 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 qui devient alors l'axe X';
- sur la base des valeurs corrigées et converties de chaque piquet, les courbes représentatives X'/date (X' étant les X ou Y convertis de chaque piquet) et Z/date permettent de visualiser l'évolution du positionnement de chacun des piquets du profil depuis l'origine. Chaque courbe correspond ainsi à un piquet. De plus, les piquets ont été regroupés par groupe de 5 et par groupe de 10, selon plusieurs segments du talus (haut, milieu et bas du talus) permettant de mieux visualiser le comportement du talus (glissement, soulèvement du pied, etc...). On obtient ainsi des courbes moyennes de plusieurs piquets et des graphes plus lisibles.

Cette méthode d'analyse de chaque piquet selon l'axe (X' celui de la pente et l'axe Z) 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.

3.1.2.3 Pour les profils de piquets en toit

Pour ces profils situés sur des tassements en toit de la couverture (102Est et 107Ouest), la même méthode est utilisée pour le traitement des données, mais en présentant des graphiques permettant de suivre l'évolution des tassements de chaque piquet (en Z), l'abscisse étant l'axe X' du profil, chaque courbe correspond au delta Z de chaque piquet pour une date. La succession des courbes révèle l'évolution du tassement au cours du temps.

3.1.3 Cibles : tassements et déplacements observés

Il n'a pas été observé de nouvelle zone de déformation en 2021 par rapport à l'année 2020. Les tassements mesurés en 2021 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. Huit 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 12 juillet pour l'année 2021). 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 juillet 2020 en Figure 3-5 et en Figure 3-6.

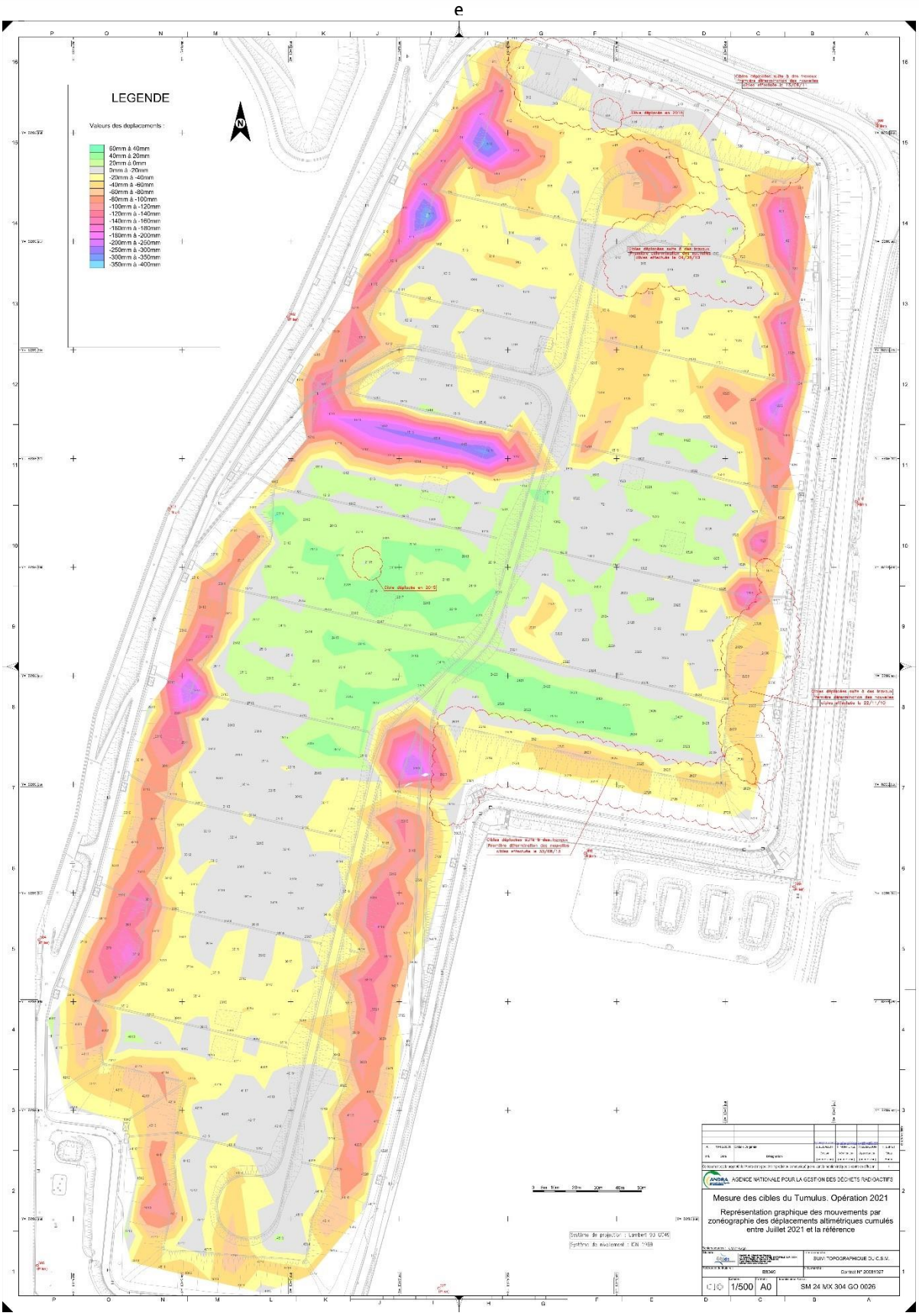


Figure 3-3 *Zonéographie des déplacements altimétriques entre le 12/07/2021 et la référence (1996 hors zones de confortement)*

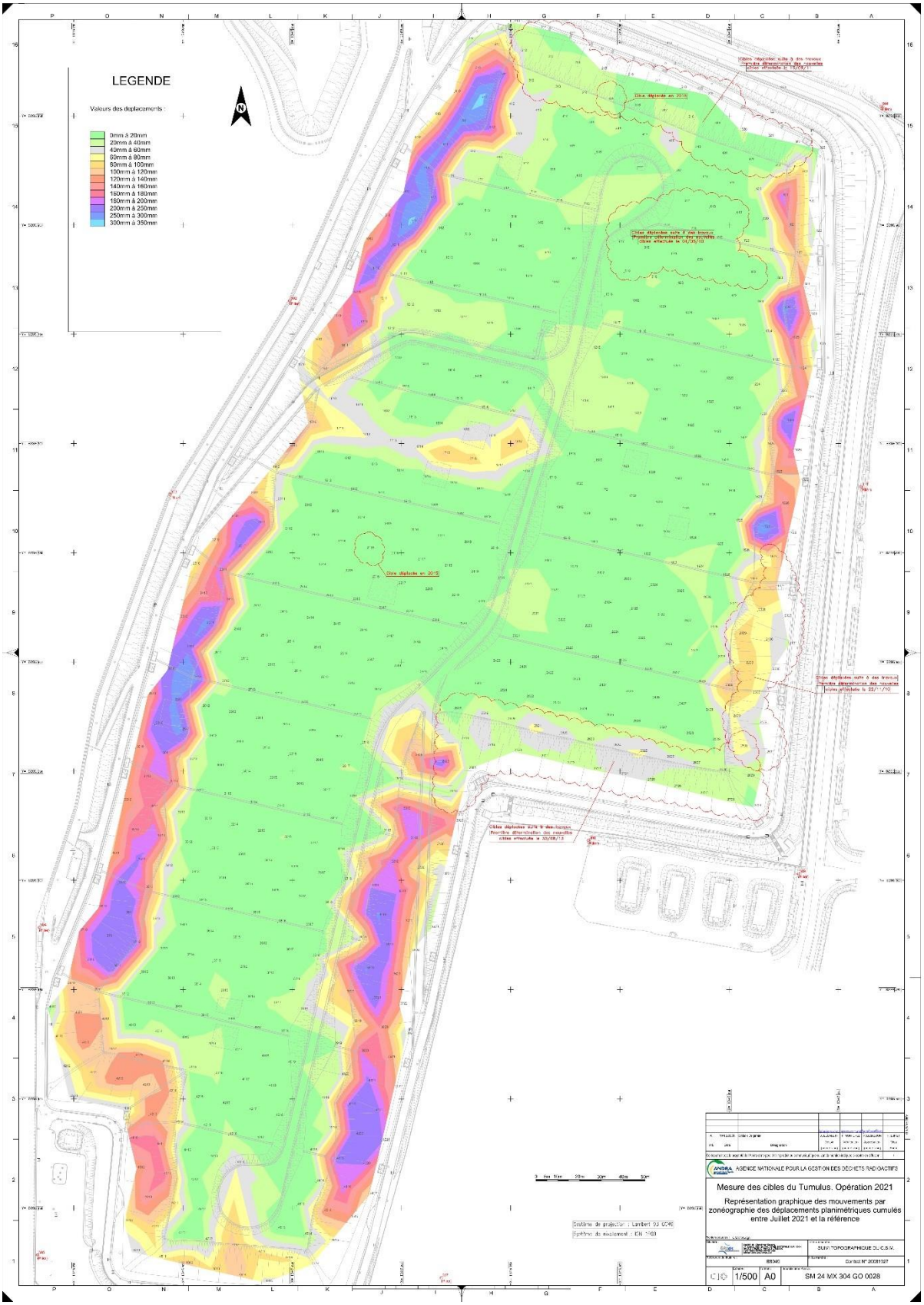


Figure 3-4 *Zonéographie des déplacements planimétriques entre le 12/07/2021 et la référence (1996 hors zones de confortement)*

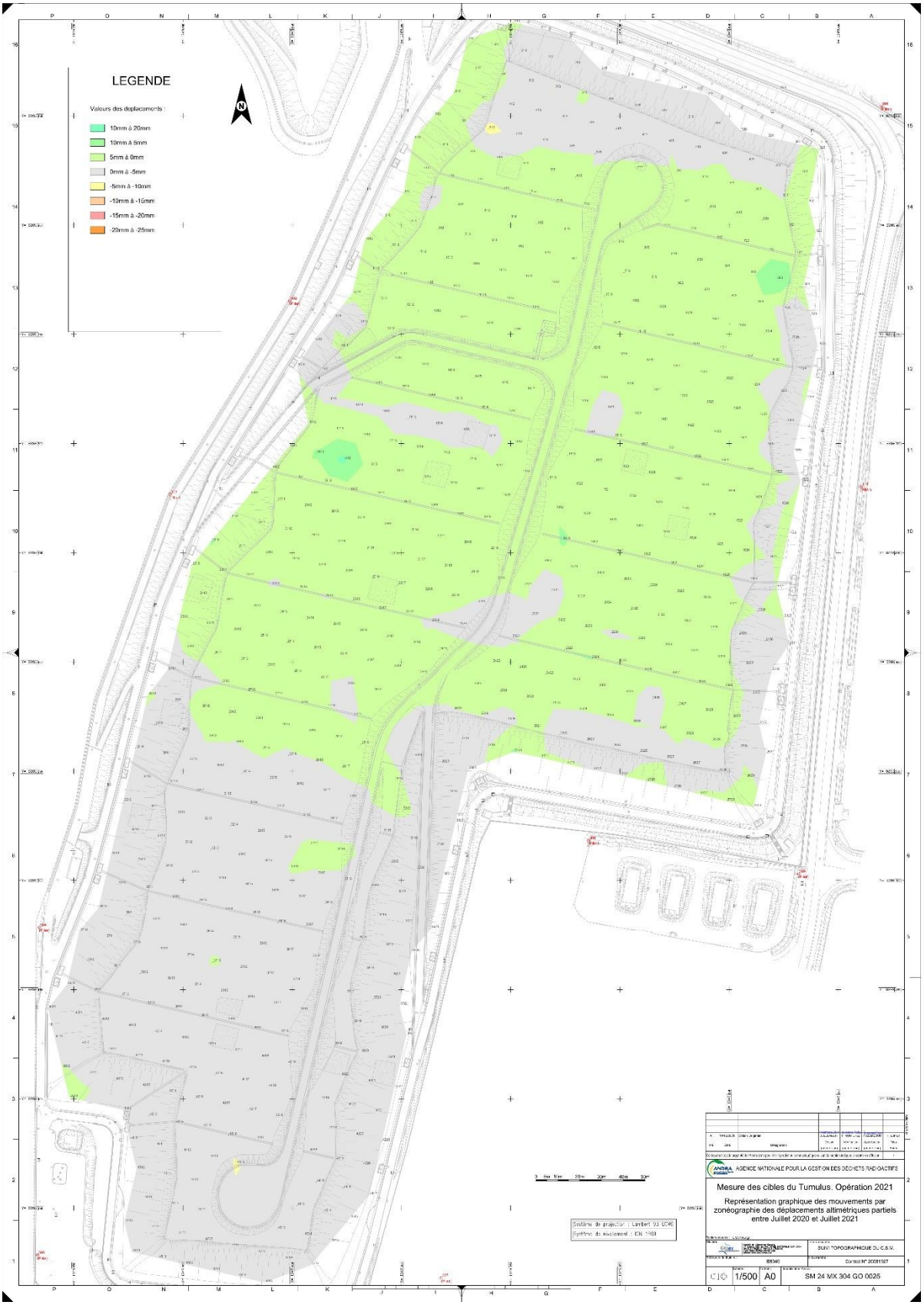


Figure 3-5 *Zonéographie des déplacements altimétriques entre le 29/07/2020 et le 12/07/2021*

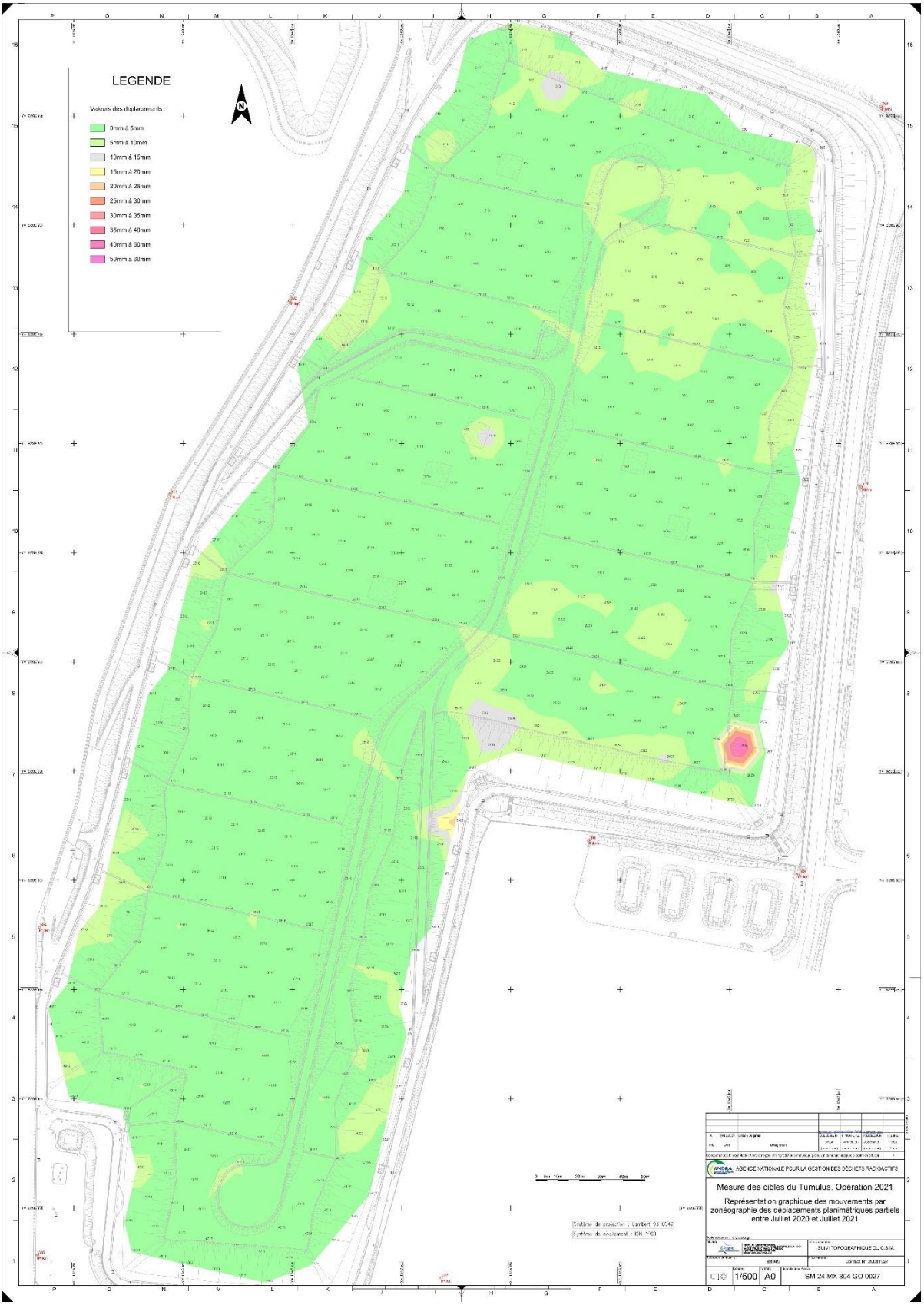


Figure 3-6 Zonéographie des déplacements planimétriques entre le 29/07/2020 et le 12/07/2021

3.1.3.1 Mouvements sur le toit de la couverture

Les cartes de zonéographie altimétrique et planimétrique entre 2020 et 2021 ne montrent pas ou peu d'évolution sur un an.

Cibles en tête de talus

La cible 512 située sur la partie toit de la couverture, mais en tête du talus 101 ouest (nord-ouest), montre de petits déplacements altimétriques et planimétriques de 5 à 10 mm sur une année, équivalents à ceux déjà observés en 2020. 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 des matériaux en tête de talus.

Les cibles 2911 et 1810 semblent se stabiliser après l'observation de déplacements planimétriques d'environ 20 mm sur l'année 2020. Ainsi, cette année aucun déplacement planimétrique n'est observable sur ces cibles et seule la cible 2911 montre un très faible tassement de l'ordre de 2 mm en un an. Ces cibles se trouvent en tête de talus et les déplacements sont associés aux légers glissements des talus.

Les cibles 521, 1225 et 2628 ayant fait l'objet d'un point d'attention l'an passé suite à l'observation de petits tassements de l'ordre de 10 à 15 mm sur un an, montrent en 2021 des tassements plus faibles de l'ordre de 0 à 5 mm. Ces trois cibles se trouvent également en tête de talus.

Cibles en toit de la couverture

La cible 313 située au nord-ouest (panneau 101 Ouest) avait montré un comportement atypique en 2019 avec un déplacement planimétrique de 15 à 20 mm, et une élévation altimétrique de +10 à 20 mm. Les relevés de 2020 et 2021 montrent que la cible n'a pas bougé écartant l'hypothèse d'un mouvement de terrain.

Les cibles 1419 et 1518, avec un tassement altimétrique faible de 0 à 5 mm entre 2020 et 2021, montrent des vitesses de tassements en baisse par rapport à l'année 2019/2020. Toutefois, avec un déplacement de 96 mm au droit de la cible 1518 depuis 1994 cette zone est également à surveiller.

La cible 2530 montre un déplacement planimétrique important entre 2020 et 2021 (déplacement de 30 mm en X et 43 mm en Y) ayant une direction différente de la pente. Suite à cette observation, un agent a été déployé sur site en novembre 2021. Aucun élément précurseur d'un mouvement de terrain n'a pu être observé et un impact un peu patiné par le temps, était visible sur la cible. L'hypothèse la plus probable serait alors un choc latéral sur la cible lors d'une tonte. Cette zone reste à surveiller plus spécifiquement lors du prochain relevé afin d'écarter toute autre explication.

Enfin, la cible 4414 montre un faible tassement altimétrique de 5 à 10 mm entre 2020 et 2021 après des années de stabilité.

- Panneau 110 Est – Cibles 2122 et 2221

Ces cibles avaient montré des tassements un peu plus importants depuis 2017 ; c'est pourquoi elles font l'objet d'un point d'attention. Avant 2017 et depuis l'origine, leur tassement était équivalent à celui des cibles situées dans la même zone (tassement global entre 0 et 20mm). Depuis 2017, les tassements de ces deux cibles étaient de l'ordre de presque 10mm/an jusqu'à l'année dernière (2020). Cette année, elles montrent un ralentissement des vitesses de tassements observées avec un déplacement altimétrique d'uniquement 3 mm par rapport à juillet 2020. Les cibles adjacentes montrent également cette baisse voire un arrêt des tassements durant cette période. Dans cette zone, seules les cibles 2220, 2221, 2224 et 2319 à 2321 montrent des tassements de 0 à 5 mm par rapport à l'an passé, restant ici aussi inférieurs ou égaux aux tassements observés l'an passé.

Cependant, en cumul depuis l'origine, les tassements de ces deux cibles sont faibles : de l'ordre de 60mm pour la cible 2122) mais si on prend en compte « l'élévation » des cibles lors des premières années (1994 à 1997 ; cependant en remarque, cette « élévation » est sujette à caution car les matériaux de

couverture sont peu ou pas gonflants, et surtout cela correspond à un changement de méthode topographique : relevé aérien jusqu'en 1997, puis terrestre à partir de 1998 et donc plus précis), cela correspond à un tassement de 100mm environ depuis 1997. Pour la cible 2221, les valeurs sont plus faibles (45mm depuis 1994 et 80mm depuis 1998).

Enfin, dans l'analyse des graphiques (Figure 3-7), on peut observer une vitesse de tassement globalement constante de 1998 à 2011, puis un ralentissement jusqu'en 2017, et une vitesse nettement plus élevée de 2017 à 2020. Pour 2021, cela semble ralentir. Cette analyse peut correspondre :

- soit à des incertitudes de mesures qui auraient pu conduire à sous-estimer les tassements de 2011 à 2017, puis surestimer de 2017 à 2020, la vitesse moyenne étant globalement constante, ce que montre la droite en pointillé rouge (Figure 3-7).
- soit à un comportement dans le stockage : les colis et matériaux de remplissage se sont tassés régulièrement, mais de 2011 à 2017, un effet de voûte locale aura ralenti le phénomène, puis la voûte ayant cédé, cela aurait pu provoquer une accélération du tassement sur 3 ans, puis le phénomène de tassement global reprend sa cinétique.

En conclusion, ces deux cibles se sont tassées davantage que les cibles situées dans cette zone, mais l'amplitude des tassements reste faible de l'ordre de 45 à 60 mm. Cette zone reste à surveiller plus spécifiquement lors du prochain relevé de cibles afin d'identifier si elle revient à sa cinétique moyenne de l'ordre de 4,3 et 3,5 mm par an.

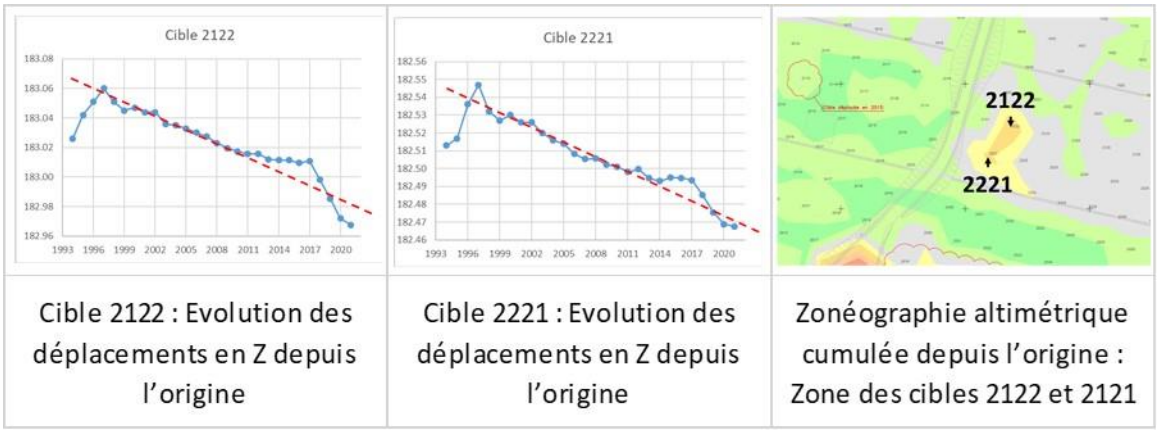


Figure 3-7 *Cibles 2122 et 2221 - Evolution des mouvements altimétriques depuis l'origine*

- 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, bien que plus faible cette année : 0 à 5 mm en 2021 face à 5 à 10 mm en 2020 pour les cibles les plus impactées (ligne des cibles numérotées de 1611 à 1616).

Les cibles 1610 à 1616 se sont affaissées de 0 à 3 mm en un an. La cible 1616 demeure la plus impactée, avec une profondeur maximale de tassement observée entre l'origine et le 12 juillet 2021 de 322 mm (Figure 3-8).

La mise en place en 2018 d'un profil de piquets en croix (Figure 3-9) au niveau du tassement observé permet d'avoir plus de précisions sur la déformation. 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 mise en place (07/2018).

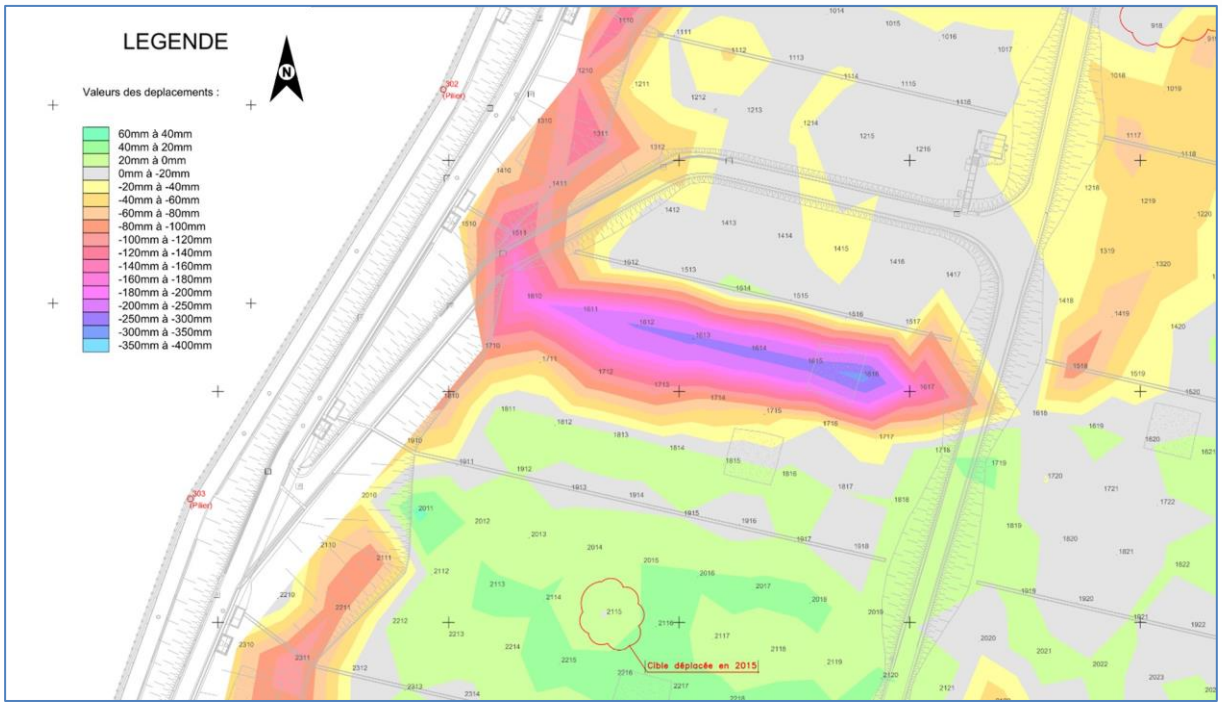


Figure 3-8 Déplacements altimétriques des cibles situées au voisinage du tassement 107 Ouest (TBH) – Ecarts constatés entre le relevé du 12/07/2021 et les altitudes de référence (extrait de la carte présentée en Figure 3-3 sans échelle)

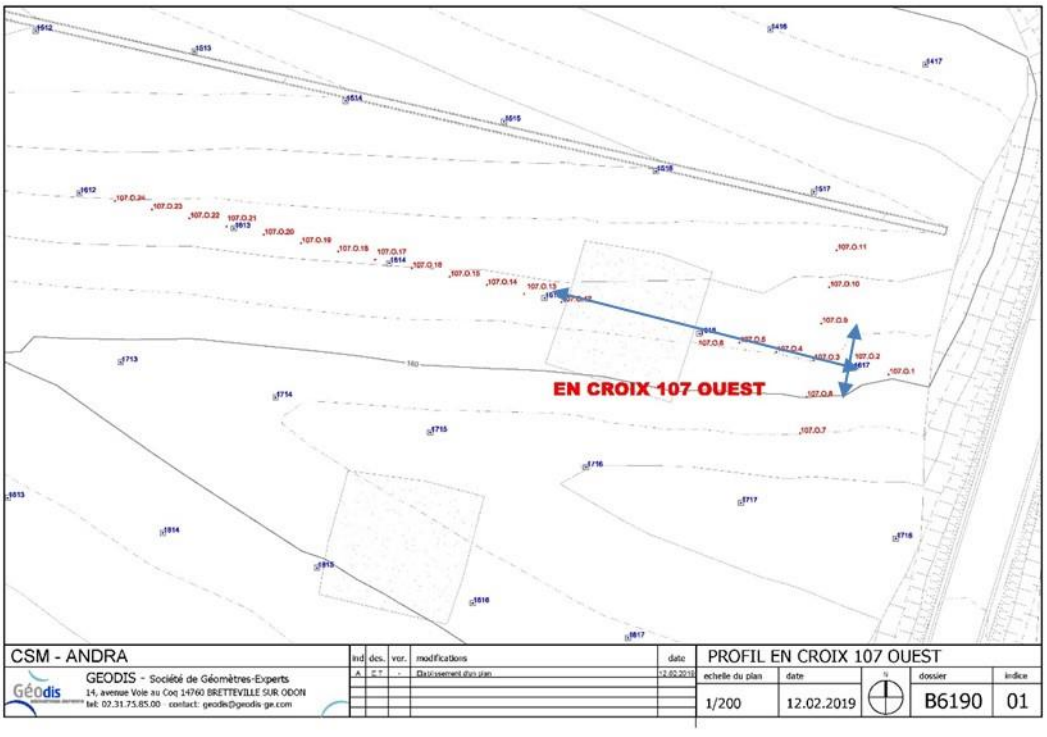


Figure 3-9 Tassement du panneau 107 Ouest - Localisation des profils de piquets

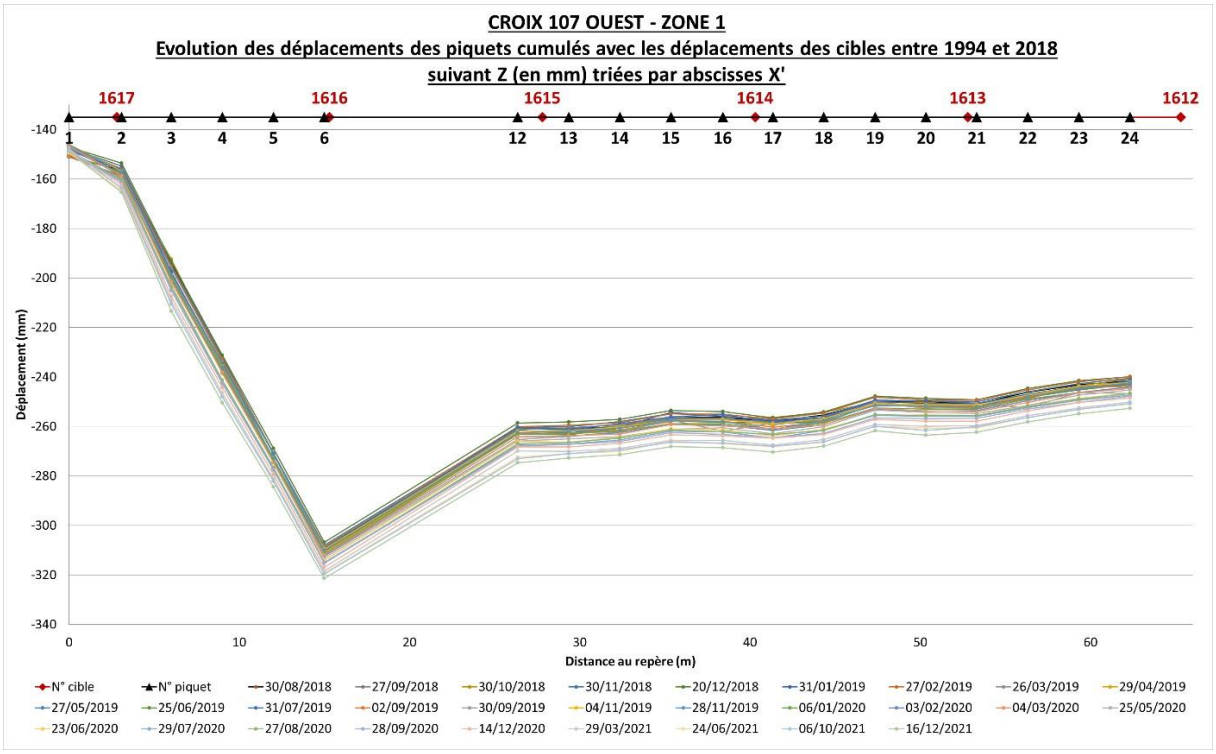


Figure 3-10 *Tassement du panneau 107 Ouest - Profil de piquets Est-Ouest - Evolution altimétrique depuis 2018 avec ajout des tassements des cibles*

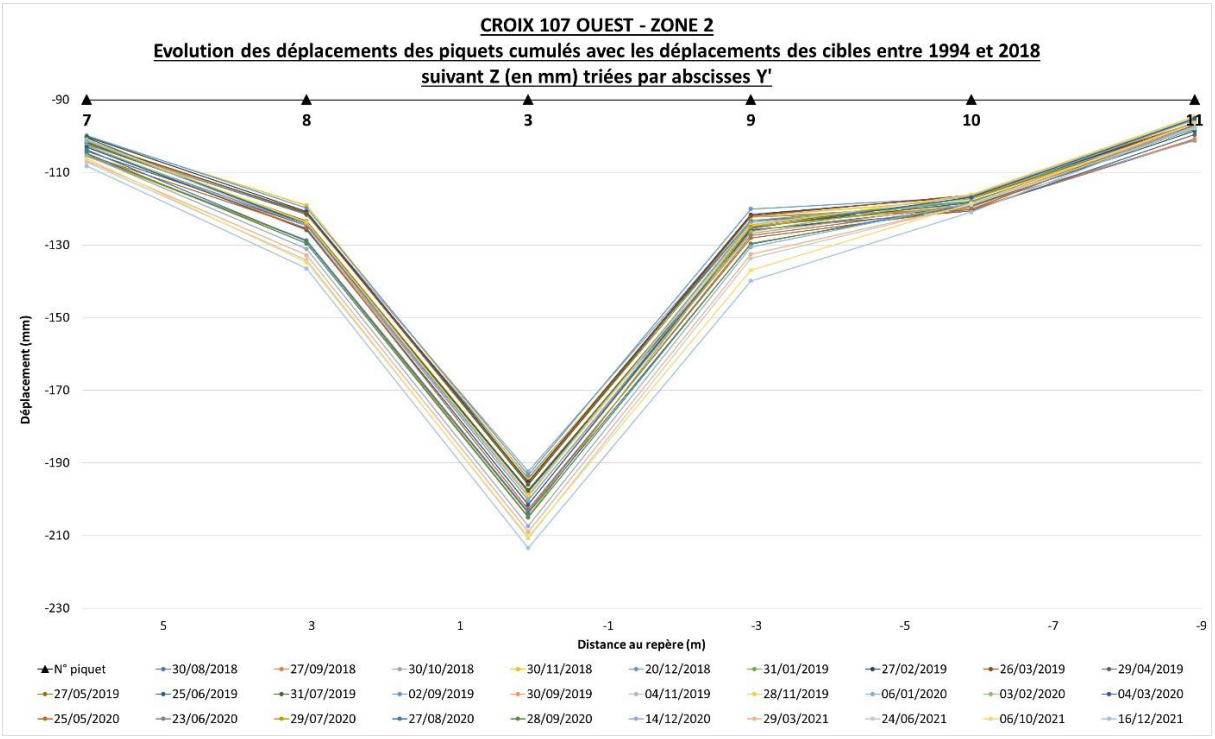


Figure 3-11 *Tassement panneau 107 Ouest - Profil de piquets Nord-Sud - Evolution altimétrique depuis 2018 avec ajout des tassements des cibles*

L'analyse des données (Figure 3-10 et Figure 3-11) montre une zone de tassement plus prononcé d'environ 9 mx9 m entre les piquets 2 et 12 (profil Est-Ouest) et entre les piquets 8 et 9 (profil Nord-Sud).

Ces tassements restent compatibles avec les propriétés d'extension et d'étanchéité de la membrane bitumineuse. En effet, on considère 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 1,3 % d'élongation.

- 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.

Les premiers mouvements ont été enregistrés en 1997. Le tassement a pris une ampleur significative en septembre 1999. Le suivi des profils de piquets en croix effectué depuis cette date avec une fréquence trimestrielle (relevés plus précis que celui des cibles, voir localisation des profils en Figure 3-1), 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 en 2021 sur les cibles topographiques à ce niveau confirment qu'il n'y a pas de modifications notables du comportement de cette zone avec des vitesses de tassements comprises uniquement entre 0 et 5 mm en un an.

Les relevés trimestriels réalisés en 2021 montrent que le tassement au droit de l'ancienne dépression semble se stabiliser en l'absence de mouvement significatif enregistré. Le tassement maximal se trouve donc toujours au droit de l'ancien piquet n°25, actuellement n°51 avec 56 mm à fin 2021 depuis le premier relevé de 2010 après les travaux de réparation (Figure 3-12). Cela représente un affaissement de 1 mm 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 mesure (Figure 3-13).

Ce tassement reste compatible avec les propriétés d'élongation de la membrane bitumineuse sans perte d'étanchéité. En effet, on considère 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 %.

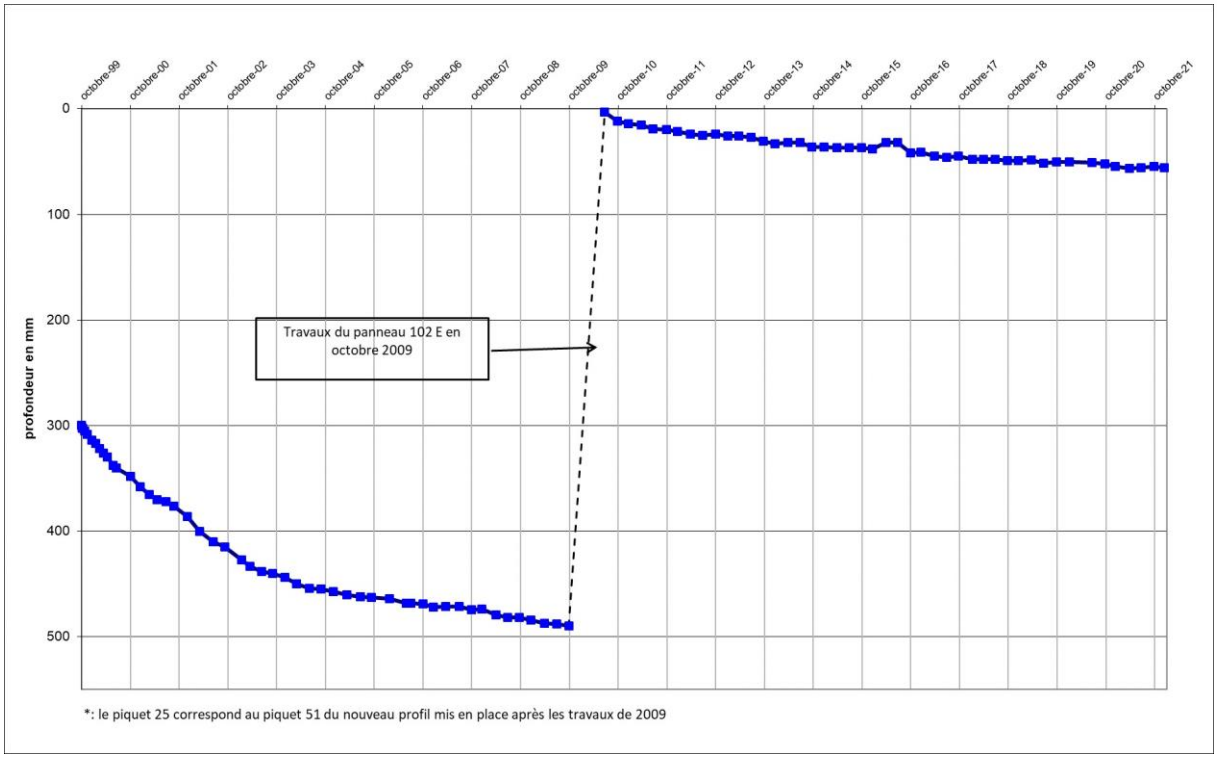


Figure 3-12 *Tassement 102 Est – Evolution altimétrique de l'ancien piquet 25 (point d'affaissement le plus important) correspondant au piquet 51 sur le profil actuel)*

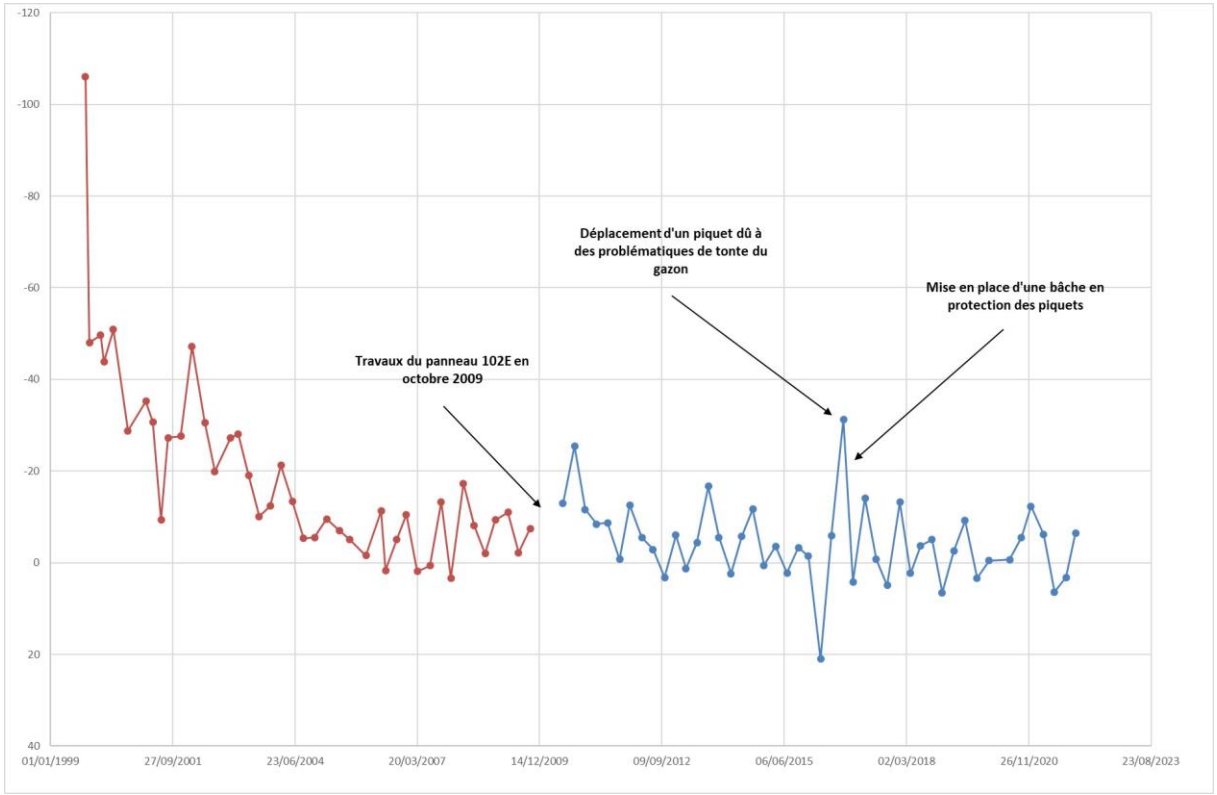


Figure 3-13 *Tassement 102 Est – Vitesse moyenne de tassement (en mm/an) des anciens piquets 24 à 32, actuellement 45 à 52*

- 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) avec une fréquence de relevés trimestrielle.

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

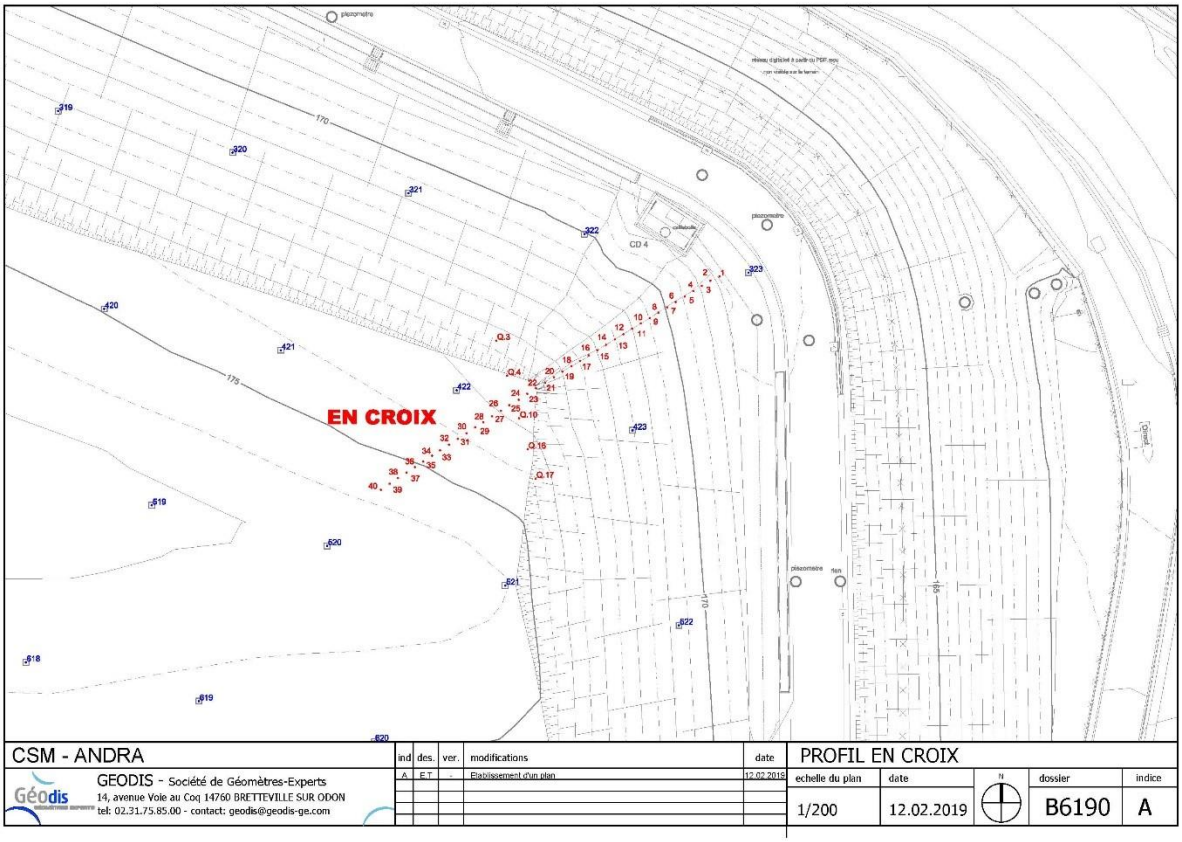


Figure 3-14 Localisation du profil de piquets en croix 100-101E

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 (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 : pendant la phase d'exploitation du CSM, cette zone avait déjà fait l'objet d'un tassement après remplissage de l'ouvrage P17.

Dans le cadre du traitement des données en 2021, une correction de +10 mm a été appliquée rétroactivement sur le piquet 1 à partir du 26/08/2016 correspondant à l'identification d'un tassement dû à un choc lors d'une tonte.

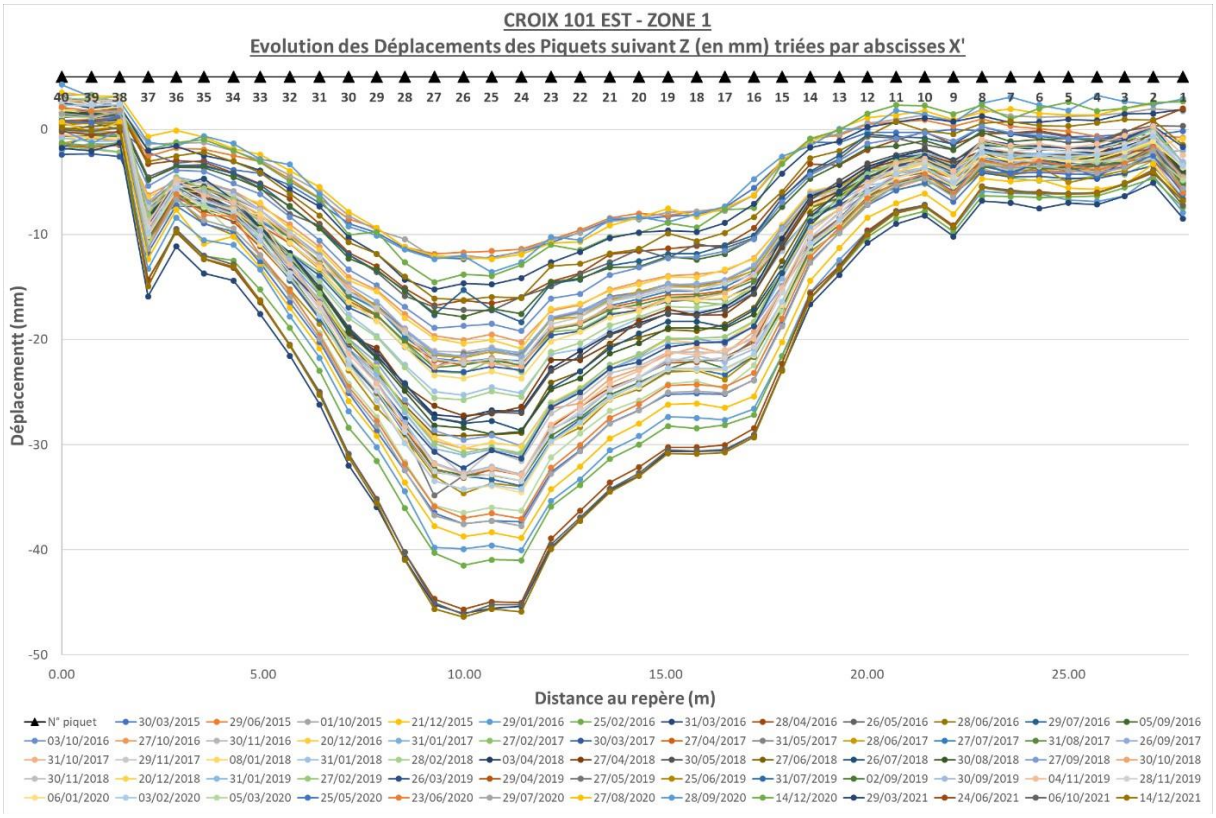


Figure 3-15 Courbe de suivi des écarts altimétriques – profil principal

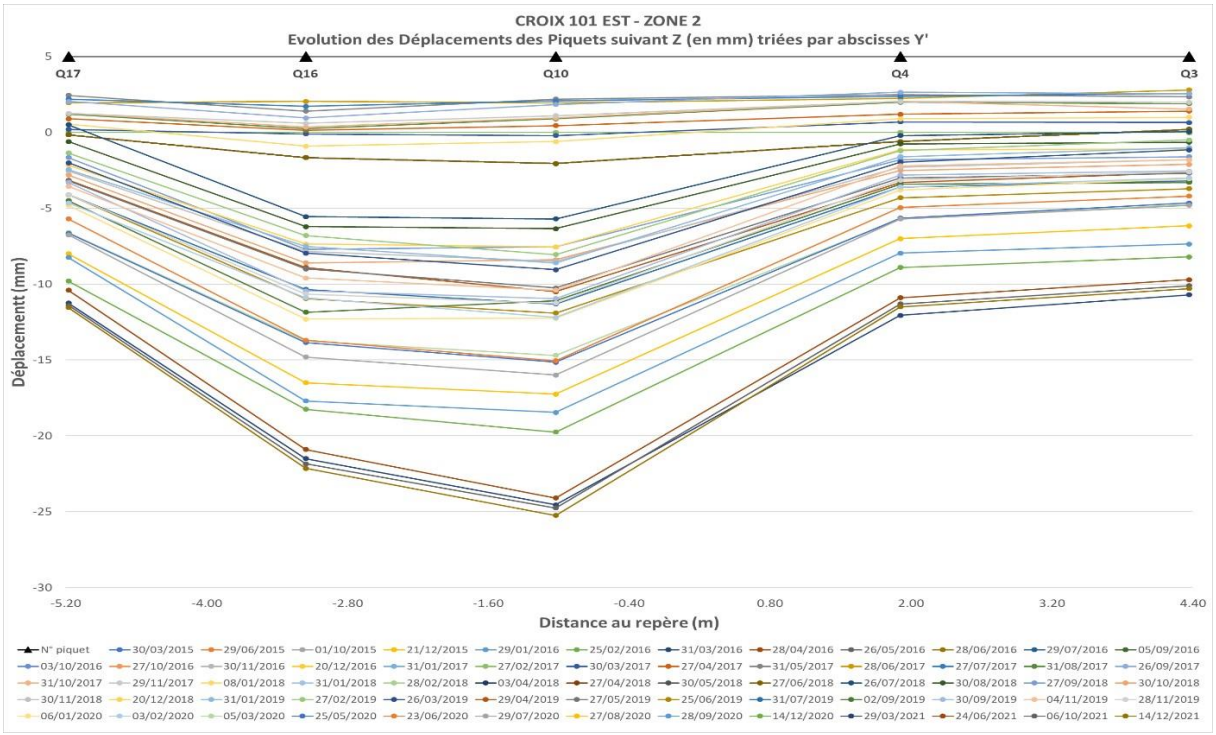


Figure 3-16 Courbe de suivi des écarts altimétriques – profil quadrillé 1

Le tassement maximum enregistré sur le profil 100-101 Est depuis sa mise en place en octobre 2014 est de 46 mm au niveau des piquets 24-25-26 et représente un tassement de l'ordre de 5 mm entre 2020 et 2021. 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 conservative aux tassements mesurés sur le piquet 24. On considère donc un tassement de 117 mm 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 élongation 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.

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.

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. Pour les talus confortés (109/110/111Est, Nord et 112b), les valeurs de 2021 confirment les tendances déjà identifiées à savoir la consolidation lente des confortements Pour les talus non confortés (115Est ,117Ouest et 101-102Ouest), on note un ralentissement des glissements et une tendance à se stabiliser.

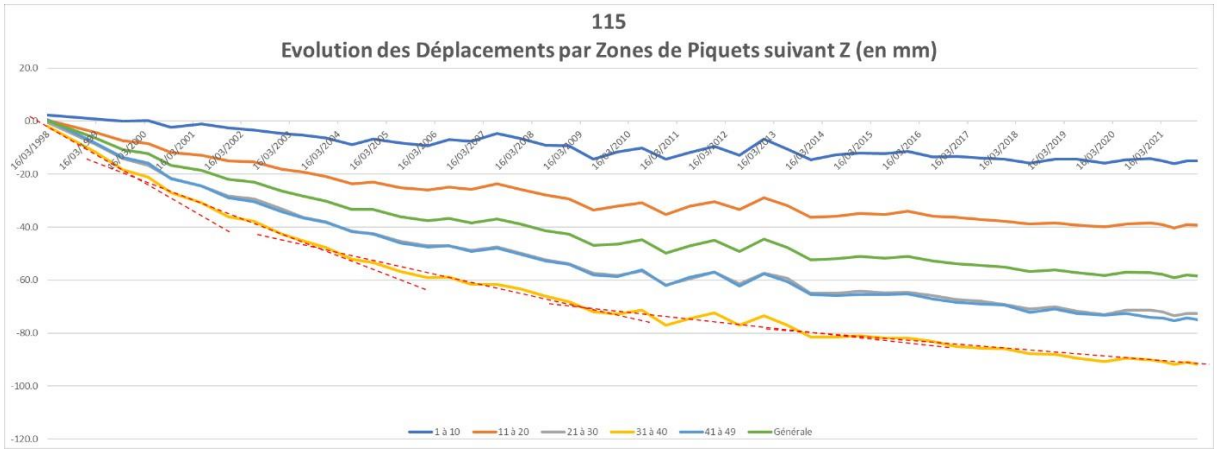


Figure 3-17 Talus 115Est - suivi altimétrique des piquets

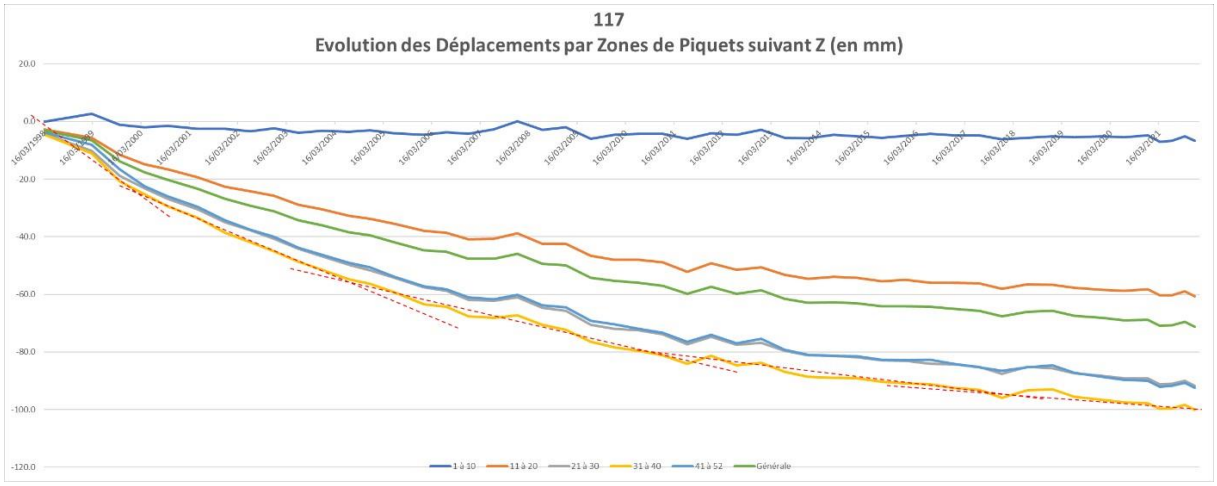


Figure 3-18 Talus 117Est - suivi altimétrique des piquets

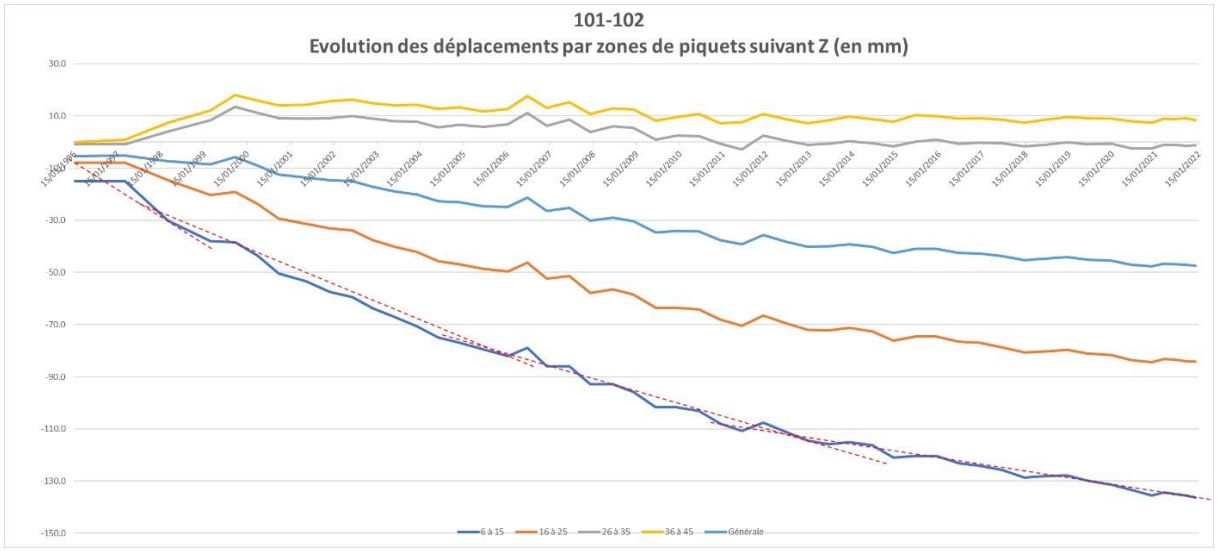


Figure 3-19 Talus 101/102Ouest - suivi altimétrique des piquets

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 (< 3 mm/an) pour les dernières années.

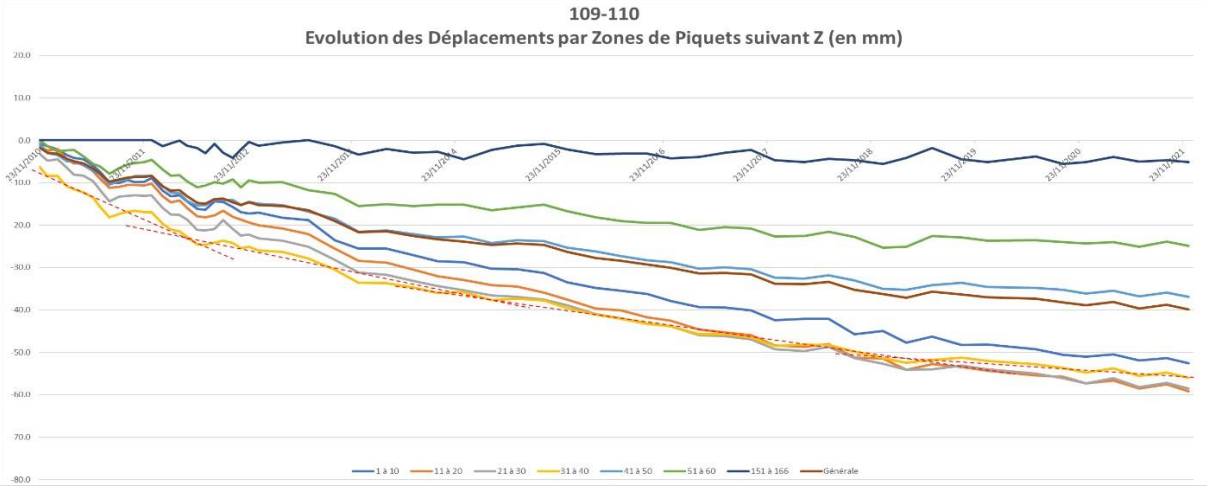


Figure 3-20 *Talus 109/110Est - Suivi altimétrique des piquets*

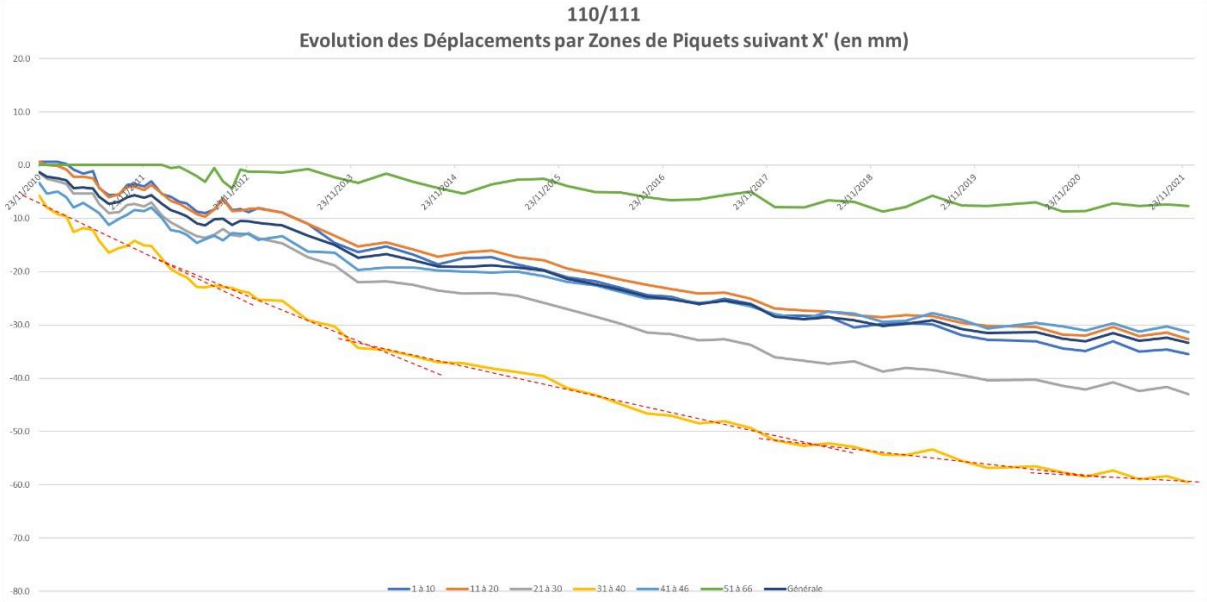


Figure 3-21 *Talus 110/111Est - Suivi altimétrique des piquets*

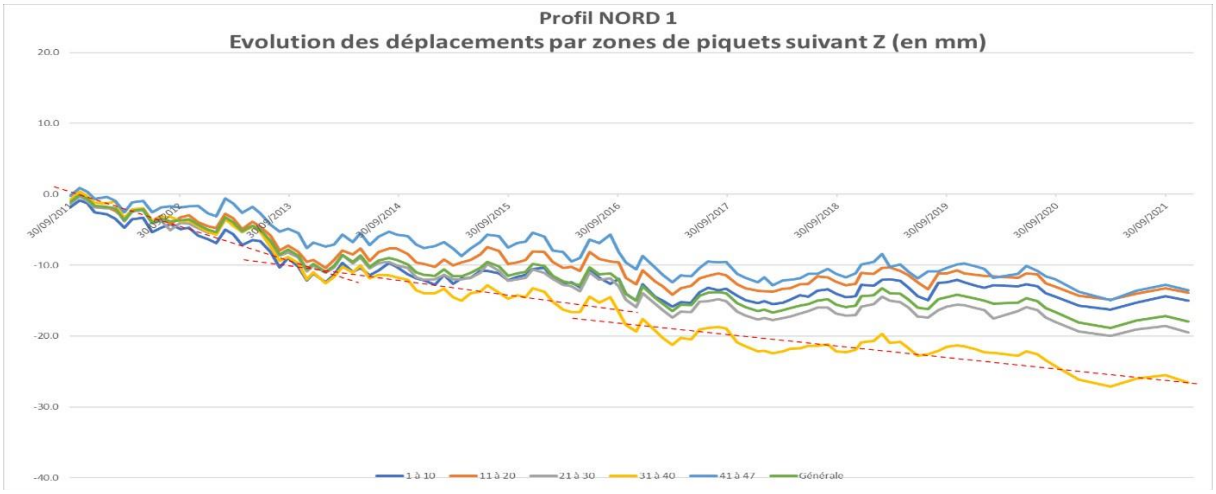


Figure 3-22 Talus Nord - Suivi altimétrique des piquets

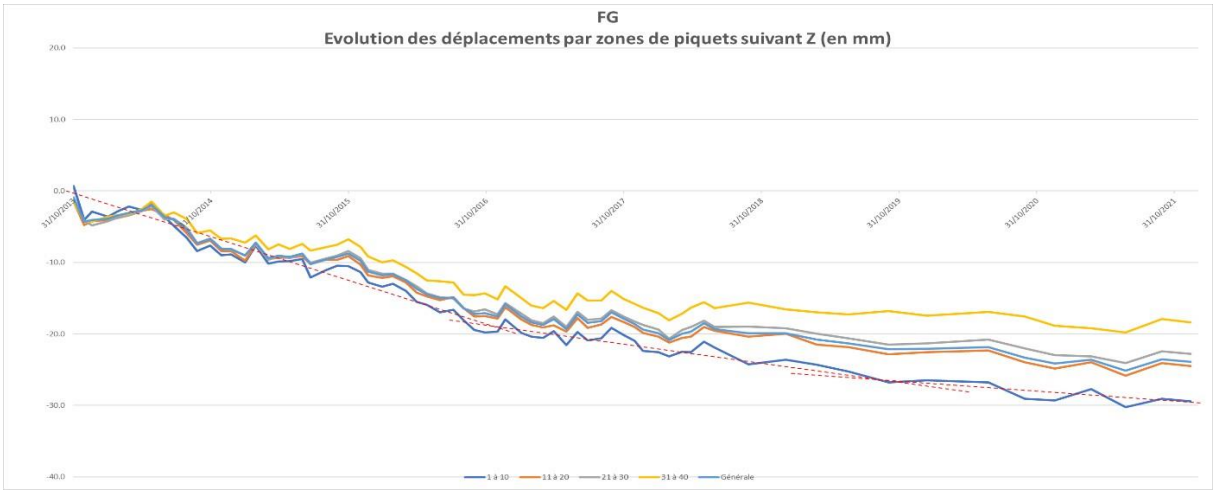


Figure 3-23 Talus 112b (F/G) - Suivi altimétrique des piquets

3.1.4 Maintenance et contrôles : inspection visuelle de la couverture

Les campagnes d'inspection visuelle de la couverture menées durant l'été 2021 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 2021 afin de vérifier la nature et la profondeur à laquelle les fissures se propagent.

L'ensemble des désordres observés puis anotés sur la carte sont superficiels et restent dans la terre végétale.

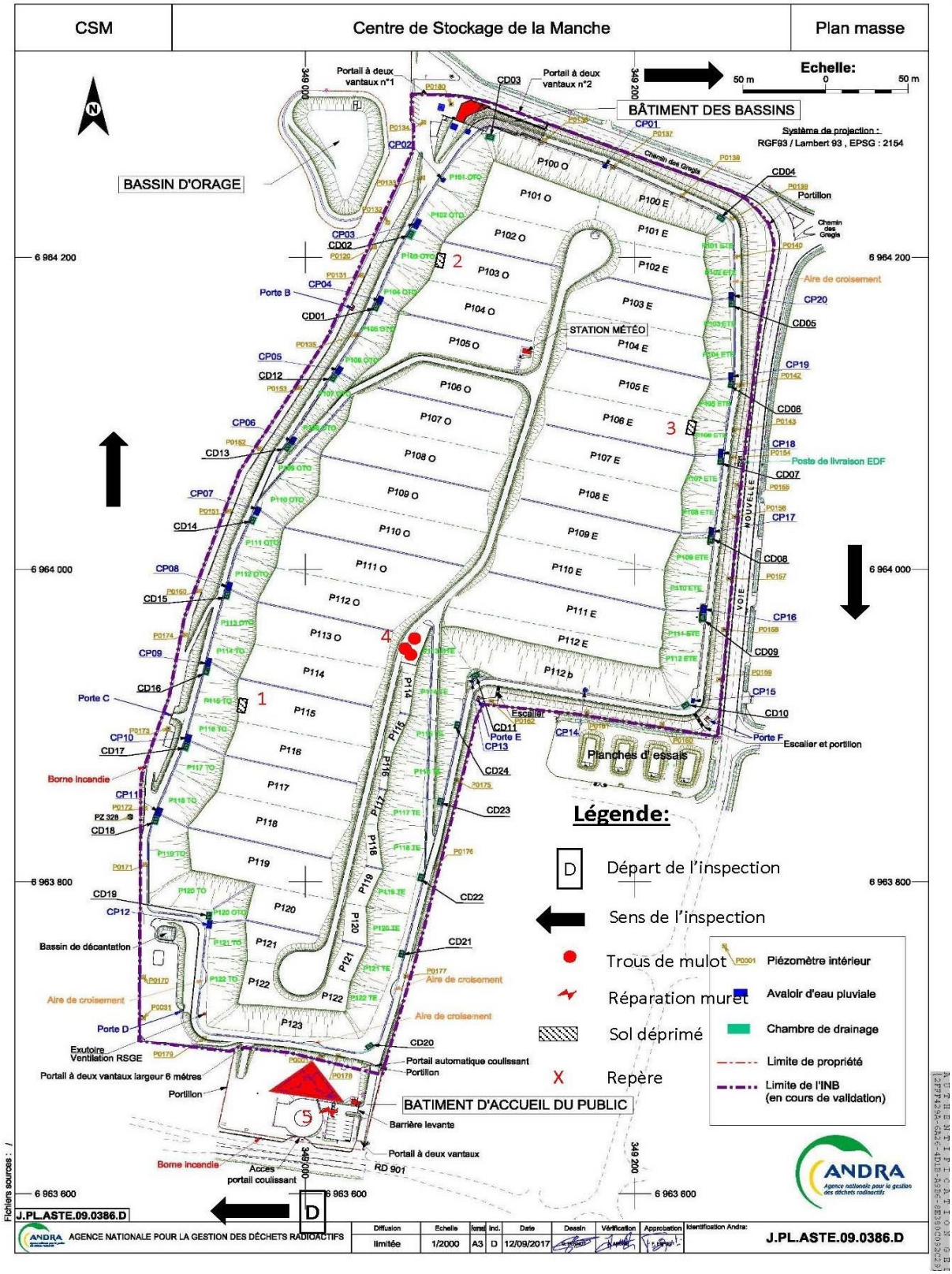


Figure 3-24 *Carte de localisation des désordres de surface constatés lors de l'inspection des crêtes de talus 2021*

3.2 Conclusion sur le comportement physique de la couverture

En toit de la couverture :

- Au niveau du panneau 107 Ouest (au droit de l'ouvrage TBH), les tassements se poursuivent à une vitesse plus lente cette année (entre 0 à 5 mm en 2021 contre 5 mm à 10 mm en 2020).
- Sur le panneau 102 Est réparé en octobre 2009, les tassements se poursuivent lentement à une vitesse de l'ordre de 0 à 5 mm/an. Les vitesses mesurées sur les piquets du profil en 2021 sont plus faibles voire nulles par rapport à celles mesurées en 2020.
- La déformation située au niveau de l'angle nord-est du Centre semble bien correspondre à un tassement déjà identifié dans le coin nord-est de l'ouvrage P17 lors de la phase d'exploitation. La vitesse du tassement était de l'ordre de 5 à 10 mm/an les années précédentes, mais elle est marquée par une diminution en 2021 (vitesse de l'ordre de 0 à 5 mm en un 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

4.1 Introduction 72
4.2 La pluviométrie 72
4.3 Bilan des volumes collectés aux exutoires et consommation d'eau 75
4.4 Suivi qualitatif du réseau pluvial (CMG) 96
4.5 Suivi qualitatif du réseau des « effluents à risques » (BDS) 101
4.6 Suivi qualitatif du réseau de drainage de la couverture (CMED) 110
4.7 Suivi qualitatif du réseau de drainage profond (RD) et l'exutoire RD12 111
4.8 Suivi qualitatif des réseaux séparatifs gravitaires enterrés (RSGE et RSGEbis) 114
4.9 Suivi radiologique des BRS en amont des exutoires 119

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 éléments recherchés 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 2021 sont présentés dans le chapitre 9.8.

4.2 La 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 différents réseaux du Centre.



Figure 4-1 Station météo

La moyenne annuelle du cumul des précipitations pour la période 1994-2021 est de **1 111 mm**. Généralement la saison pluvieuse se situe d'octobre à janvier, décembre étant en moyenne le mois le plus pluvieux. En 2021, la pluviométrie cumulée annuelle est de **1 176** mm, soit +6% par rapport à la moyenne historique pour la période 1994-2021. La répartition saisonnière des pluies est cohérente avec celle observée habituellement avec toutefois des mois de mars, avril, mai et novembre beaucoup moins pluvieux (respectivement -44%, -76%, -56% et -52%) et des mois de janvier, de mai, de juin et de juillet excédentaires (respectivement +87%, +66%, +129% et +44%) (Figure 4-2).

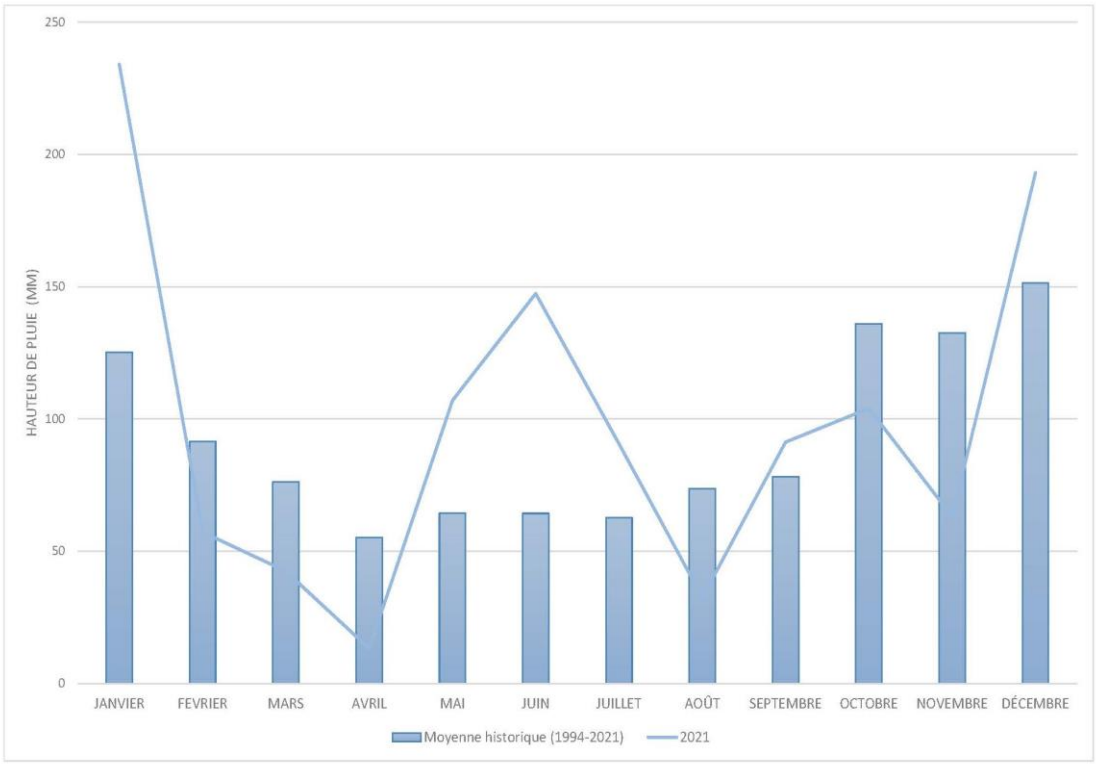


Figure 4-2 *Hauteurs moyennes mensuelles sur la période 1994-2021 comparées à la pluviométrie de 2021*

4.2.2 Suivi radiologique de 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 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. § 4.4.2) 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 9-9 et dans le Tableau 9-10. Les résultats sur ces deux fréquences de prélèvement sont similaires.

En 2021, 42 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)	6,1	22	≤ 1,9
Indice alpha global (Bq/L)	≤ 0,015	0,049	≤ 0,014
Indice bêta global (Bq/L)	0,066	0,71	≤ 0,036
Potassium (mg /L)	1,1	16	0,17

Les concentrations volumiques en tritium sont variables ; les résultats d'analyses significatifs sont en lien avec les activités industrielles d'Orano Recyclage La Hague[1] . Elles sont cohérentes avec les mesures des années précédentes (7,5 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 1,1 mg/L contribuant via le ^{40}K[2] à l'activité volumique bêta global à hauteur d'environ 0,031 Bq/L, soit environ 50 % de l'activité bêta globale moyenne. La concentration volumique du potassium dans le prélèvement du 7 juin 2021 est relativement élevée (16 mg/L) ; cela correspond également à la valeur la plus élevée en bêta global pour l'année 2021 (0,71 Bq/L).

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 9-11. 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 d'industries voisines du site.

La mesure du pH est réalisée à fréquence hebdomadaire lors des prélèvements pour les analyses radiologiques. Les résultats donnés dans le Tableau 9-9 montrent que les pluies collectées sont acides (pH compris entre 4,0 et 6,4).

En plus des éléments majeurs systématiquement mesurés dans l'eau de pluie, certains métaux sont également détectés en 2021 : l'aluminium (34 µg/L en moyenne), le bore (5 µg/L en moyenne), le cuivre (6 µg/L en moyenne), le fer (7 µg/L en moyenne), le manganèse (3 µg/L en moyenne), le nickel (2 µg/L en moyenne), le plomb (0,4 µg/l en moyenne) et le zinc (13 µg/L en moyenne). Ces concentrations mesurées de façon récurrente dans les eaux de pluie ne montrent pas d'évolution significative sur l'année 2021 en dehors d'une valeur un peu plus élevée en aluminium au premier semestre (Tableau 9-11).

En termes 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.

[1] 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 [24].

[2] Le ^{40}K 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.

4.2.4 Conclusion

L'année 2021 fait partie des années relativement pluvieuses. Elle est excédentaire de 6% par rapport à la moyenne mesurée entre 1994 et 2021. Elle est caractérisée par de fortes précipitations en hiver (janvier et décembre) avec un épisode pluvieux au printemps tandis que les mois de mars, d'avril, d'août et de novembre sont déficitaires.

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

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 dans la Figure 4-3.

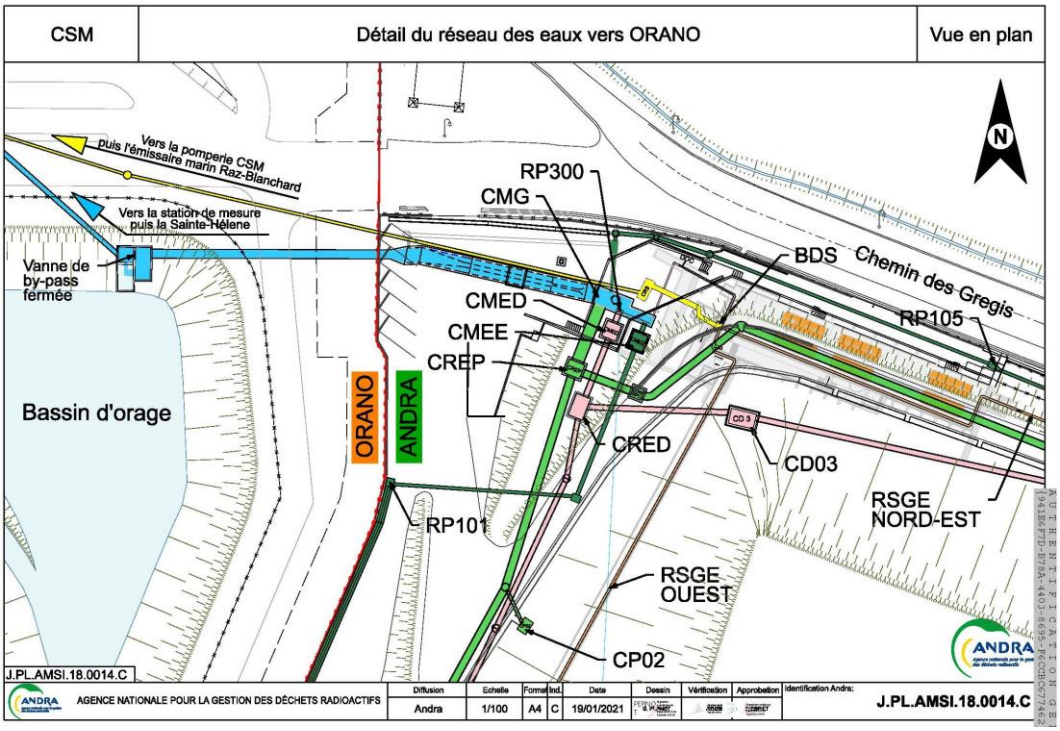


Figure 4-3 Schéma des principaux points de surveillance des réseaux du CSM

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

Le bilan 2021 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 2012

Année	Pluviométrie (m^3)	CMG (m^3)	BDS (m^3)	CMG + BDS (m^3)	Rendement de récupération des eaux de pluie
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%
2021	176 340	31 952	41 895	73 848	42%

En 2021, les volumes d'eaux transitant par la CMG et le BDS sont cohérents 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 42%. Ce rendement est variable et dépend notamment des conditions climatiques (vent, hygrométrie, température…). Ce résultat est cohérent avec l'évapotranspiration et l'infiltration des eaux.

Le volume mesuré à la CMG, correspondant aux eaux pluviales, est de 31 952 m^3 en 2021 et représente 18,1% 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. Le volume total rejeté dans ce ruisseau en 2021 est de 517 940 m^3 (données Orano Recyclage - Tableau 9-58). Ainsi, en 2021, les eaux issues du CSM représentent 6,2 % 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 2021 des essais d'infiltration d'eau en pointe Nord-Est de la couverture ont été réalisés en février et juin, pour affiner les connaissances liées aux écoulements parasites affectant le BRS2 (cf. § 2.1.4). Ces essais ont augmenté les volumes au BDS de 25 m^3. Compte tenu de leur faible impact sur le volume total, ils sont inclus dans l'interprétation générale du fonctionnement des réseaux.

La répartition, depuis 2012, 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 2021.

Tableau 4-3 *Répartition des volumes des différents réseaux alimentant la CMG et le BDS depuis 2012*

Année	CMED (m³)	DDC (m³)	Surverse (m³)	RD12 (m³)	BRS0 (RSGE) (m³)	BRS0bis (RSGEbis) (m³)	Consommation d'eau du bâtiment des bassins (m³)
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
2021	42 245	38 825	3 676	3 263	9	416	286

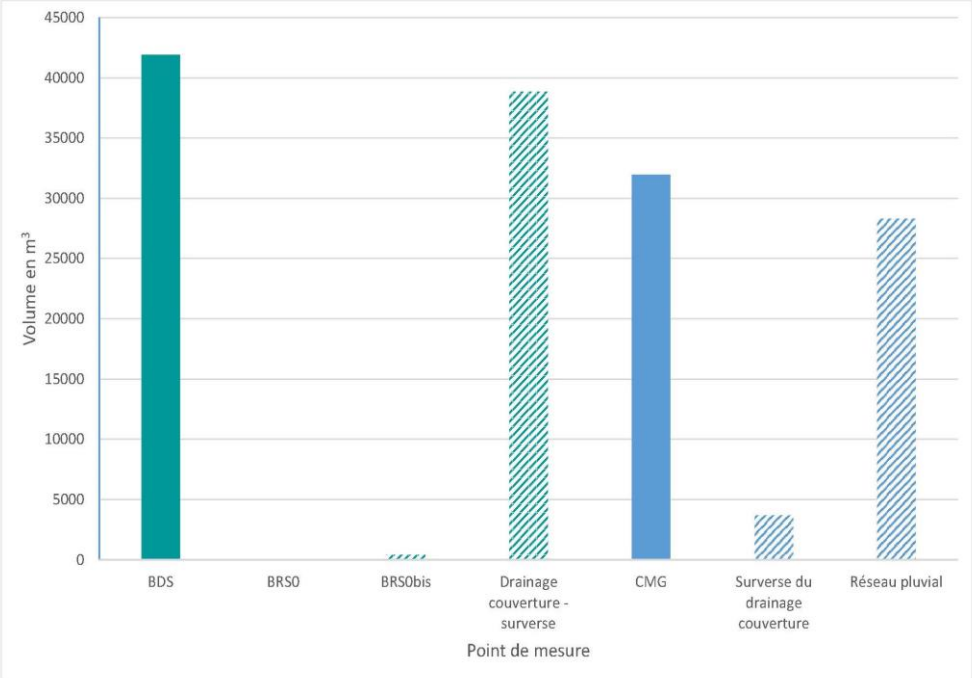


Figure 4-4 *Répartition des volumes des différents contributeurs au BDS et à la CMG*

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 :

Equation 1 : VBDS = VCMED-surverse + VRD12 + VBRS0 + VBRS0bis + 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 < 1,5 %). 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 (drainage sur et sous membrane), soit environ 92% du volume total. Ce réseau, collecté via la CMED, draine les 12 ha de la couverture. Environ 91% des eaux de ce réseau sont orientées vers le BDS. Les 9% restants correspondent aux volumes correspondant à un débit supérieur à 30 m³/h et rejoignant la CMG par surverse. Le détail des répartitions entre les drains sur et sous-membrane est donné au paragraphe 4.3.6.

En 2021, le volume de la surverse contribue à hauteur de 11,5 % au volume de la CMG. Cette valeur, parmi les plus élevées 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 1,85 % en 2021. Contrairement aux années précédentes, et en lien avec la plus forte pluviométrie au printemps 2021, la période de tarissement des effluents du RD12 (généralement entre avril et septembre) n'a pas été constatée.

Tableau 4-4 Comparaison des volumes du RD12 à la pluviométrie depuis 2012

Année	Volume pluie (m³)	Volume RD12 (m³)	Ratio volume RD12 sur volume pluie (m³)
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%
2021	176 340	3 263	1,85%

La contribution des réseaux séparatifs gravitaires enterrés (BRS0 et BRS0bis) représente 1 % du volume total du BDS (425 m³ pour un volume total au BDS de 41 895 m³ en 2021). La contribution de ces deux réseaux au BDS est essentiellement due aux volumes récupérés via le RSGEbis (environ 98 %). (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 2021 est identique à la consommation moyenne annuelle des 10 dernières années (284 m³) et traduit bien les activités habituelles du Centre. Toutefois, il à noter qu'au mois d'août il y a eu une fuite sur la cuve tampon de réserve d'eau potable ayant généré une légère surconsommation d'eau au BdB (cf. § 2.3).

4.3.3 Bilan des volumes récupérés via les RSGE (BRS0 et BRS0bis)

En 2021, les volumes récupérés au BRS0 restent faibles (8,75 m³). Les volumes récupérés au BRS0bis sont en diminution par rapport à l'année dernière mais sont cohérents avec la pluviométrie de l'année 2021.

Les volumes d'effluents provenant des RSGE ne représentent que 0,25 % de la pluviométrie (Tableau 4-5) soit 3,62 L/m²/an. Ce ratio est sensiblement constant depuis 2012 et montre la bonne performance d'étanchéité de la couverture.

Tableau 4-5 Comparaison des volumes du BRS0 et du BRS0bis à la pluviométrie depuis 2012

Année	Volume pluie (m³)	Volume BRS0 (m³)	V_{BRS0} / V_{pluie} (%)	Volume BRS0bis (m³)	Volume BRS0+BRS0bis (m³)	$V_{BRS0+BRS0bis}$ / V_{pluie} (%)
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%
2021	176 340	8,75	0,005%	425,80	434,55	0,25%

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 BRS0bis (Figure 4-5).

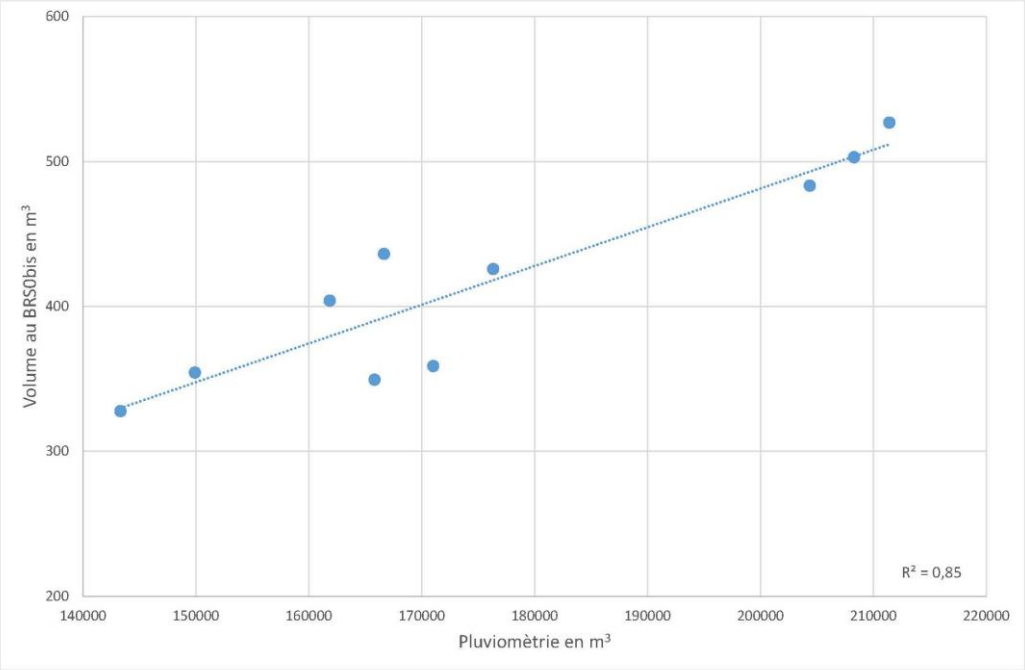


Figure 4-5 *Corrélation entre les volumes mesurés au BRS0bis et la pluviométrie associée depuis 2012*

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 réalisés 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 2021, 26 transferts d'effluents du BRS0bis ont eu lieu de façon concertée avec Orano, pour un volume rejeté moyen de 17 m³ par vidange (Tableau 4-6).

Tableau 4-6 *Bilan 2021 des volumes transférés à Orano en provenance du BRS0bis*

Date de vidange	Volume évacué (m^3)	Date de vidange	Volume évacué (m^3)
11-janv-21	41,90	15-juil-21	16,50
20-janv-21	19,50	28-juil-21	12,85
27-janv-21	19,00	11-août-21	12,10
05-févr-21	33,00	07-sept-21	11,90
10-févr-21	10,50	07-oct-21	12,00
25-févr-21	18,90	28-oct-21	14,20
10-mars-21	12,75	04-nov-21	11,50
22-mars-21	12,50	17-nov-21	16,40
08-avr-21	14,40	30-nov-21	14,00
05-mai-21	10,00	09-déc-21	23,50
01-juin-21	17,70	15-déc-21	15,80
23-juin-21	18,70	29-déc-21	10,20
30-juin-21	16,50	31-déc-21	14,80
Total annuel	**431,10**		

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 ;
- des apports par condensation de l'eau présente dans l'air introduit dans les galeries du RSGE par la ventilation produisant ainsi des écoulements variables, pour un volume restant cependant faible ;
- de potentiels apports liés à des défauts ponctuels d'étanchéité de la géomembrane bitumineuse, dont l'occurrence bien que fort peu probable, ne peut être totalement exclue.

L'ensemble de ces réflexions a été synthétisé dans une note expliquant les différents types d'écoulements constatés au niveau des BRS [25].

Conformément au PRS [10], les BRS font l'objet d'une campagne annuelle de mesures 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 [26]. 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) :

- le BRS-OU situé à l'exutoire de la branche ouest du RSGE ;
- le BRS-ES 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 2021.

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

- 39 BRS contribuent aux écoulements mesurés à l'exutoire BRS-OU. Sur ces 39 BRS, 36 présentent des écoulements faibles de moins de 1mL/min dont 19 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 2021 de 7,2 mL/min ; cette valeur est dans la moyenne des débits constatés sur ce BRS les années précédentes. Il est à noter que ce BRS présente des écoulements toute l'année ;
- le BRS022 et le BRS027 présentent des écoulements proches de 1 mL/min.

Les mesures ponctuelles hebdomadaires de débit à l'exutoire BRS-OU sont présentées au Tableau 9-36. Les valeurs mesurées individuellement à chaque BRS sont cohérentes avec les mesures ponctuelles de débits mesurés au BRS-OU. En effet, la somme des débits individuels est de 16 mL/min en 2021 pour une moyenne annuelle de 20 mL/min au BRS-OU (Tableau 9-36).

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

BRS des galeries Ouest et centrale	mars-21 mL/min	avr-21 mL/min	mai-21 mL/min	juin-21 mL/min	juil-21 mL/min	Moyenne des débits mL/min
136	0,66	0,32	0,25	0,36	0,62	0,44
27	1,06	0,90	0,89	0,91	1,19	0,99
141	0,08	0,05	0,01	0,00	0,00	0,03
34	0,79	0,63	0,70	0,65	0,87	0,73
145	0,06	0,03	0,14	0,12	0,08	0,09
41	8,14	6,50	4,75	5,43	11,11	7,2
139	0,37	0,37	0,45	0,34	0,41	0,39
137	0,05	0,03	0,06	0,02	0,05	0,04
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
109	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,01
144	0,75	0,53	0,68	0,52	0,73	0,64
143	0,28	0,15	0,17	0,12	0,01	0,15
22	2,08	2,01	0,02	0,10	0,03	0,85
71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
108	0,13	0,08	0,10	0,07	1,36	0,35
110	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15
8	0,11	0,14	0,15	0,12	0,04	0,11
159	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
72	0,04	0,02	0,03	0,03	0,04	0,03
19	0,08	0,07	0,00	0,00	0,05	0,04
47	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,01
158	0,00	0,00	0,06	0,07	0,01	0,03
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	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00
101	0,01	0,02	0,00	0,00	0,04	0,01
7	0,05	0,02	0,00	0,00	0,05	0,02
9	0,07	0,02	0,00	0,00	0,08	0,03
155	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	0,01	0,00	0,01	0,00	0,02	0,01
45	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,01
138	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
156	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
82	0,84	0,97	0,71	0,54	0,71	0,75
81	0,69	0,67	0,61	0,53	0,60	0,62
88	0,44	0,35	0,50	0,41	0,33	0,41
33	0,17	0,12	0,06	0,05	0,17	0,11
38	0,67	0,40	0,23	0,32	0,53	0,43
107	0,26	0,28	0,25	0,30	0,25	0,27
49	0,09	0,19	0,10	0,06	0,11	0,11
87	0,06	0,19	0,14	0,07	0,03	0,10
48	0,35	0,32	0,46	0,43	0,74	0,46
105	0,03	0,04	0,07	0,02	0,04	0,04
78	0,10	0,05	0,00	0,00	0,00	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	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,01
32	0,26	0,23	0,03	0,02	0,02	0,11
37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
86	0,00	0,00	0,03	0,02	0,00	0,01
24	0,04	0,07	0,08	0,00	0,00	0,04
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 2021, le débit annuel moyen au point BRS-OU est du même ordre de grandeur qu'en 2020, (20 mL/min en 2021 et 23 mL/min en 2020). 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).

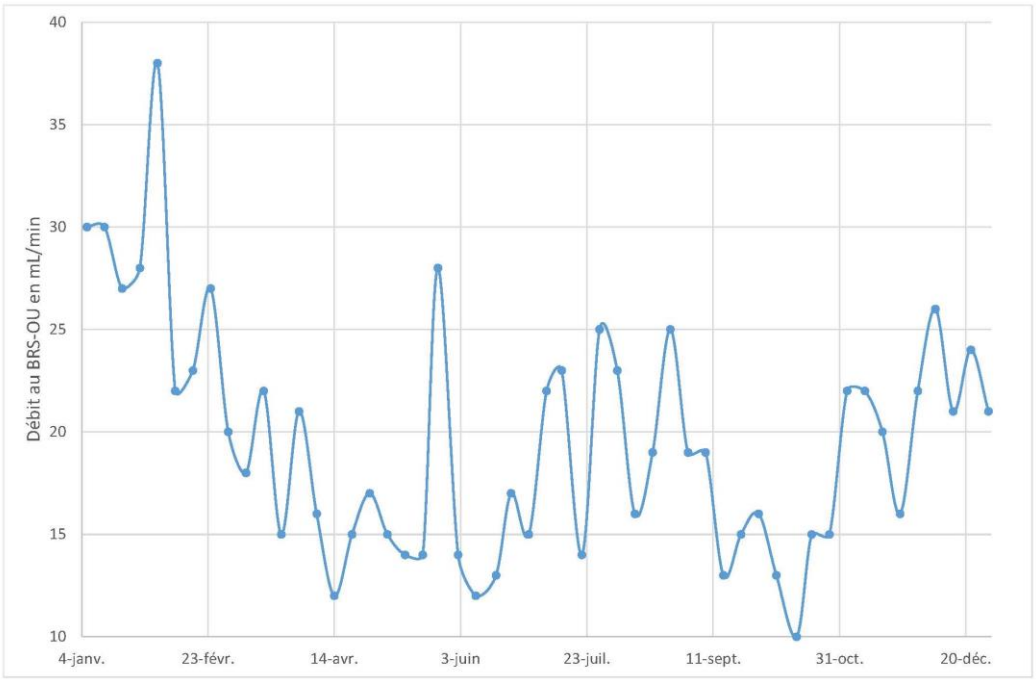


Figure 4-6 Evolution des débits ponctuels hebdomadaires au BRS-OU en 2021

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 2021.

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

- 15 BRS contribuent aux écoulements mesurés à l'exutoire BRS-ES ;
- comme les années précédentes, aucun écoulement moyen supérieur à 1 mL/min n'a été mesuré ;
- le BRS151 présente des débits qui, ponctuellement, dépassent les 1ml/min ;
- des écoulements ont été relevés dans le BRS153 qui ne présentait pas d'écoulement depuis de nombreuses années.

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

BRS des galeries est et sud	mars-21 mL/min	juin-21 mL/min	sept-21 mL/min	oct-21 mL/min	déc-21 mL/min	Moyenne des débits mL/min
126	0,40	0,37	0,40	0,40	0,39	0,39
123	0,81	0,51	0,63	0,70	0,73	0,68
124	0,26	0,23	0,30	0,26	0,28	0,27
122	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03
120	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
121	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
125	0,07	0,08	0,05	0,05	0,04	0,06
18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,01
23	0,00	0,01	0,41	0,00	0,01	0,09
44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
102	0,00	0,00	0,03	0,00	0,02	0,01
5	0,00	0,02	0,05	0,00	0,06	0,03
119	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,01
131	0,11	0,09	0,10	0,12	0,15	0,11
117	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
128	0,02	0,21	0,02	0,00	0,25	0,10
130	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
132	0,01	0,07	0,05	0,06	0,10	0,06
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	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
153	-	-	-	-	0,09	0,09
151	1,62	0,08	0,07	0,08	0,81	0,53

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 9-39. 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 2,5 mL/min en 2021 pour une moyenne annuelle de 3,7 mL/min au BRS-ES (Tableau 9-39) ; la différence s'explique par le 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 2021, le débit annuel moyen au point BRS-ES est en diminution par rapport à 2020, respectivement 2,5 mL/min et 6 mL/min. Les valeurs de débit mesurés au BRS-ES sont cohérentes avec la pluviométrie constatée cette année. Il est à noter une diminution des volumes écoulés en fin d'année 2021.

4.3.4.4 Conclusion

Les débits mesurés sur les BRS en 2021 présentent peu d'évolution par rapport aux années précédentes.

Les principaux BRS raccordés au RSGE montrant un débit supérieur ou proche de 1mL/min sont, comme les années précédentes, le BRS0022, le BRS027 et le BRS041, situés au niveau de la tranche 2 dans la galerie ouest.

Les débits aux exutoires BRS-OU et BRS-ES demeurent stables, respectivement 20 mL/min et 3,7 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)	Répartition (%)
BRS-OU	20	84
BRS-ES	3,7	16
Total	23,7	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 [27]), 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 4-7). 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. En 2020 et 2021, des investigations ont été menées afin de préciser les différents points de sensibilité conduisant à l'alimentation du BRS002 et d'identifier d'éventuels dysfonctionnements (cf. § 2.1.4).

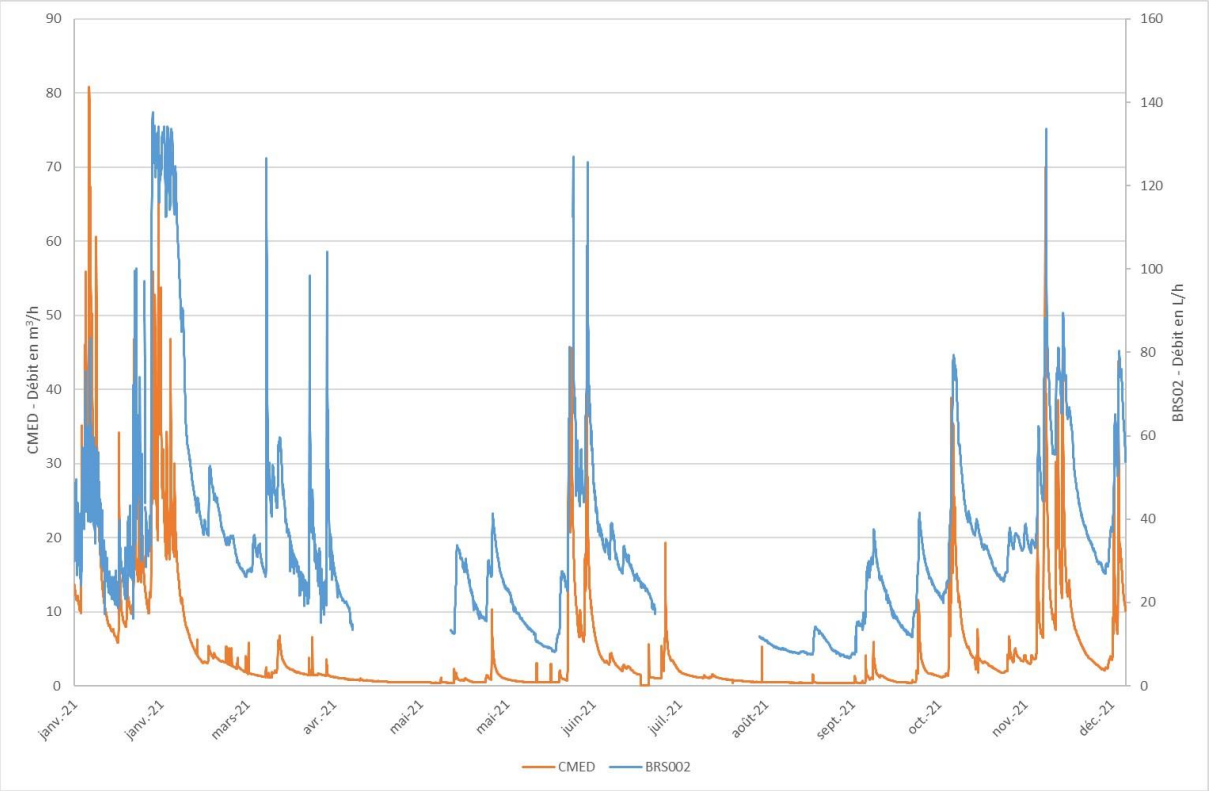


Figure 4-7 Comparaison des écoulements à la CMED et au BRS002 en 2021

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 247 m³ ; toutefois, il a été constaté quelques défauts de fonctionnement de l'auget basculeur qui ont conduit à écarter des périodes d'enregistrements (en avril/mai et juillet) et sous-estiment le volume total annuel écoulé. Cet appareil a été changé et depuis les enregistrements fonctionnent correctement.

4.3.5.3 Ecoulements au BRS114

Depuis 2015 et suite aux travaux réalisés en 2014 et en 2016 (étanchéification des caniveaux pluviaux de la route périphérique), aucun débit n'est comptabilisé par le débitmètre à augets 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

Les écoulements du BRS149 ne réagissent pas directement aux pluies (pics en réaction rapide à la pluie + courbe de tarissement) comme le BRS002, mais affichent des variations lentes des débits : en hiver, les débits horaires sont de l'ordre de 10 L/h, puis à partir de fin janvier, on observe un tarissement lent et continu jusqu'à fin mai pour atteindre des débits de l'ordre de 1 L/h. Ensuite, au début du mois de juin, une augmentation lente répond aux pluies. Puis, fin juin, une augmentation plus marquée est observée, en réponse aux pluies importantes de fin juin avant une panne des enregistrements. Les débits apparaissent faibles à nuls en été et automne, jusqu'à fin octobre où les pluies font augmenter indirectement le débit du BRS149.

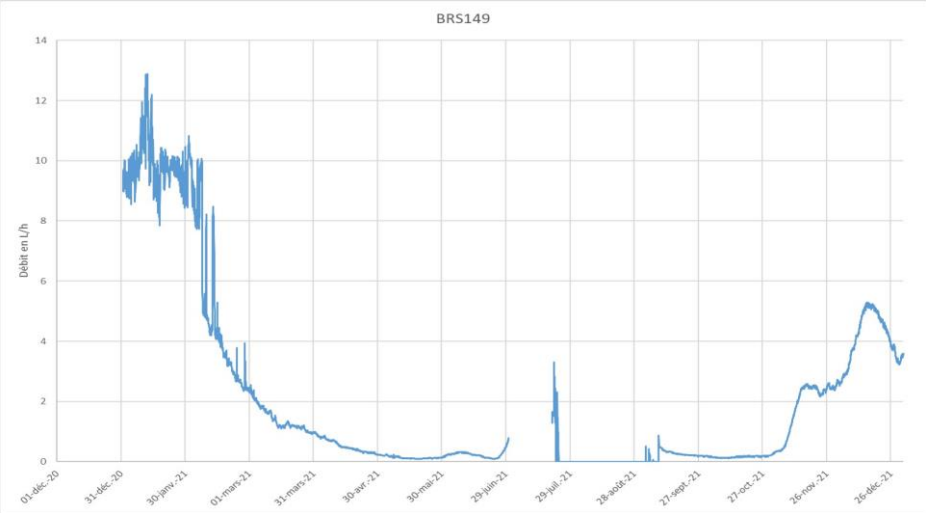


Figure 4-8 BRS149 - Ecoulements en 2021

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 2012.

En 2021, le cumul des volumes d'eau recueillis par les drains sous membrane est de 27,3 m³. Ce volume représente 0,019 % de la pluviométrie et correspond à une hauteur d'eau équivalente de 0,23 mm (ou 0,23 L/m²/an). 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 2012 à 2021

Année	Pluviométrie en mm	Pluviométrie en m³ sur 12 ha	Volume annuel total des drains sous membranes en m³	Ratio vol-drains / vol-pluie
2012	1 409	169 128	16,2	0,010%
2013	1 111	133 332	26,4	0,020%
2014	1 389	166 632	58,5	0,035%
2015	1 079	129 480	38,9	0,030%
2016	956	114 660	33,0	0,029%
2017	1 140	136 812	43,0	0,031%
2018	1 000	119 940	31,7	0,026%
2019	1 106	132 660	34,8	0,026%
2020	1 363	163 500	30,5	0,019%
2021	1 176	141 120	27,3	0,019%
Moyenne	1 173	140 726	34,0	0,025%

En 2021, le débit de la plupart des drains est similaire à 2020 (Tableau 4-11). Ainsi :

- Les drains des chambres de drainage CD4, CD5 et CD6 affichent cette année des volumes un peu supérieurs aux années précédentes. Ces volumes sont à relativiser car des essais d'infiltration ont été réalisés au droit du périmètre couvert par ces drains et ont provoqué quelques écoulements supplémentaires (printemps 2021). Les volumes mesurés en 2021 dans ces drains ne sont donc pas représentatifs.
- Le drain D14/P110 avec 13 763 L est plus proche des valeurs observées en 2019 après une année de baisse importante en 2020.
- La chambre de drainage CD11 marque une diminution importante des volumes avec 10 377 L collectés en 2021 par rapport à 19 262 L en 2020.

A noter toutefois que 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 23 637 L. Cela correspond à 87 % du volume total recueilli par les drains sous membrane. Les volumes mesurés sur les autres drains sous membrane sont de l'ordre de 3 645 L.

Tableau 4-11 Volumes d'eau recueillis par les drains sous membrane présentant des écoulements entre 2011 et en 2021

Centre de stockage de la Manche		Dénomination des drains sous membrane	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
			litres	litres	litres	litres	litres	litres	litres	litres	litres	litres	litres
CD2	150BO102	pied de talus 102 O	4	-	3	3	-	12	5	2	0	2	21
CD14	150BO110	pieds de talus 110 O	6 820	2 193	3 313	4 317	18 669	17 157	25 516	15 946	14 479	9 846	13 763
CD14	150BO111	pieds de talus 111 O	44	192	425	995	807	1 002	270	1	1	1	1
CD4	150BE100	pieds de talus 100 E	-	-	-	-	-	-	-		-	1	107
CD4	150BE101	pieds de talus 101 E	600	2 638	767	352	205	450	367	130	1	788	2 280
CD5	150HE 102/103	toit du talus 102 E	978	2 181	1 584	1 592	149	340	-		0	1	65
CD5	150BE103	pieds de talus 103 E	30	41	22	21	5	5	-	1	0	1	8
CD6	150BE104	pieds de talus 104 E	164	235	107	67	9	7	32	57	42	49	107
CD9	150BO111	pieds de talus 111 E	41	1 917	299	47	179	94	4	46	511	305	316
CD10	150BE112	pieds de talus 112 E	1 560	3 965	1 229	1 790	710	371	441	107	232	202	204
CD10	150BE112bis	pieds de talus 112 bis	1	2	1	-	1	1	2	1	0	3	-
CD11	150BE112bis	pieds de talus 112 bis	-	-	12 594	41 234	16 242	12 064	15 684	14 967	19 176	18 885	9 874
CD11	150BE113	pieds de talus 113 E	-	-	4 714	8 133	1 877	1 464	684	477	319	377	502
Volume annuel des drains ayant un débit important			**10 244**	**13 365**	**25 059**	**58 552**	**38 853**	**32 968**	**43 006**	**31 735**	**34 763**	**30 461**	**27 248**
Volume annuel de tous les drains			**10 456**	**16 205**	**26 426**	**58 772**	**38 849**	**32 964**	**43 019**	**31 741**	**34 763**	**30 462**	**27 282**

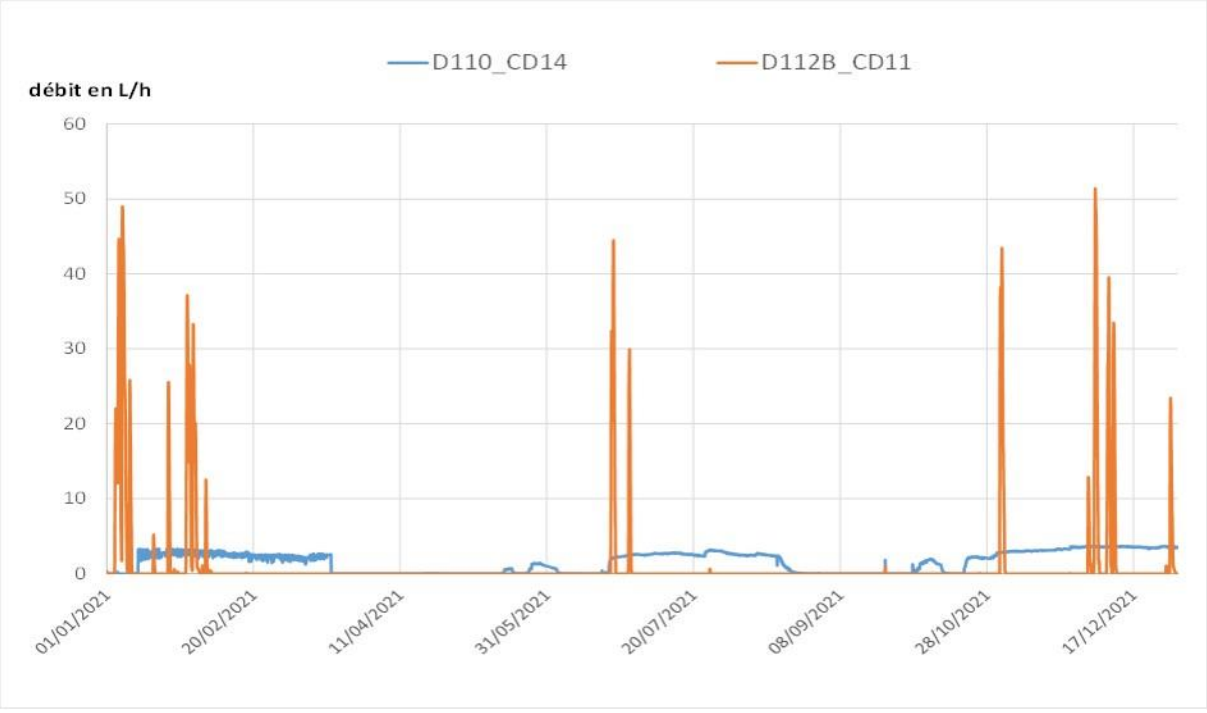


Figure 4-9 Évolution des écoulements au cours de l'année 2021 des 2 drains sous-membrane dont les volume annuels sont les plus élevés : D11/P112b et D14/P110Ouest

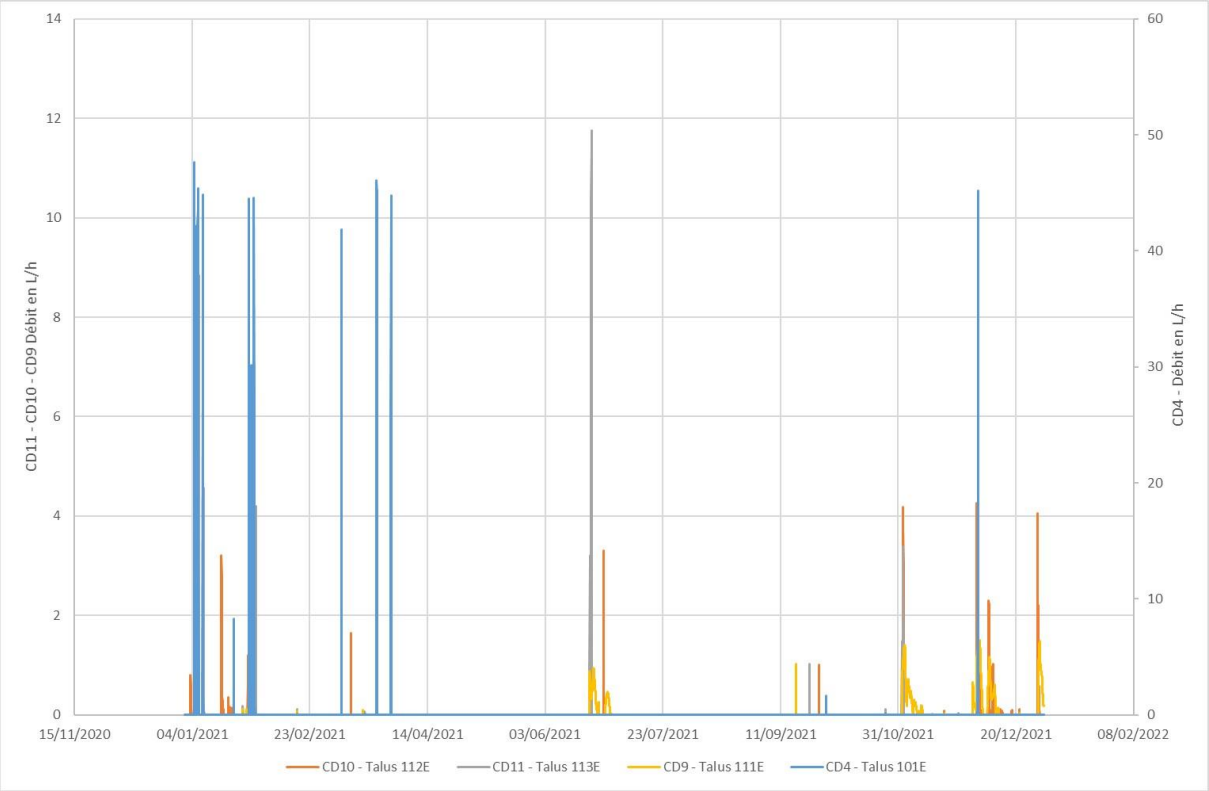


Figure 4-10 *Évolutions des écoulements au cours de l'année 2021 des 4 drains sous membrane dont les volumes annuels sont de quelques centaines de litres (CD4/P101E – CD9 P111E – CD10 P112E – CD11 P113)*

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 » (Dssmb/Dmb) 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 2021, le ratio moyen annuel est de 0,07% (Tableau 4-12). Ce ratio est faible, proche de celui de 2019. Sa légère hausse s'explique par la présence d'écoulements dans les drains sous membrane entre les mois de mars et octobre par rapport à 2020. On retrouve ici une dynamique habituellement observée avec les ratios les plus élevés 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 du drainage sous membrane/drainage sur membrane de 2011 à 2021

MOIS	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	Moyenne
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%**
2021	0,05%	0,03%	0,10%	0,00%	0,04%	0,05%	0,11%	0,18%	0,00%	0,08%	0,09%	0,07%	**0,07%**

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 » (c'est-à-dire en fonction des pluies et de l'évapotranspiration réelle (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), soit en période hivernale pendant laquelle l'ETR est faible voire quasi-nulle, et pour un état des matériaux de couverture proche de la saturation car l'infiltration jusqu'à la membrane est alors maximale.

Les périodes de SDI 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	Dmb / P
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
2020-2021	du 03/10/20 au 10/04/21	0,609
Moyenne		**0,504**

Pour l'année 2020-2021, ce coefficient de restitution est de 0,609, au-dessus de la valeur moyenne actualisée de 0,504. 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, 2010/2011, 2016/2017 et 2019/2020.

4.3.7 Évaluation de la performance globale de la couverture

4.3.7.1 Généralités

L'indicateur de performance globale de la couverture est calculé à partir de l'ensemble des données hydrologiques enregistrées en 2021. L'infiltration d'eau doit être inférieure à 5 litres d'eau par m^2 et par an comme défini dans les RGE [20]. 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 5-4 et Figure 5-5). En 2021, 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 70 750 m^3 (donnée Orano Recyclage, Tableau 9-43). L'activité volumique tritium moyenne mesurée au point de contrôle EEV-SE est de 29,7 Bq/L (moyenne pondérée par les volumes).

Calcul du tritium collecté au point EEV-SE en 2021 : (70 750 x 10^3 x 29,7) / 10^9 = 2,10 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 évènement tritium de 1976) à :

(2,10x 100) /31 = 6,8 GBq de tritium relâché au droit de la surface totale du stockage en 2021.

Avec : Surface TR3 = 34 010 m^2 ; surface TR2 = 50 210 m^2 ; surface TR1= 26 350 m^2 ; 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 2021, le relâchement correspondant aux 8,75 m^3 mesurés au BRS0 est de 0,654 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 :

(8,75 m^3/ 0,654 GBq) x 6,8 GBq soit 90,7 m^3 d'eau s'infiltrant sur la surface de 12 ha (120 000 m^2) de la couverture, le flux hydraulique est de 0,76 L/m^2 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 2021.

Tableau 4-14 Contribution des différents apports aux infiltrations sous-membrane : calcul de performance 2021

	Volumes collectés (m^3)	Flux annuels calculés sur les 12 ha de couverture ($L/m^2/an$)
RSGE	8,75	0,07
Drains sous-membrane	27,3	0,23
Infiltration vers le massif géologique	90,7	0,76
Total	**126,75**	**1,06**

En 2021, sur la base des critères d'évaluation en vigueur et conformément aux RGE [20], la performance globale d'étanchéité de la couverture est de 1,06 $L/m^2/an$ (à comparer au critère de 5 $L/m^2/an$), la majorité 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 (425,80 m^3 en 2021, cf. Tableau 4-5), aurait abouti à une valeur de 4,60 $L/m^2/an$.

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 rapport 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 inexistants.

Le critère de performance d'étanchéité de la couverture reste très satisfaisant (**1,06 $L/m^2/an$**) 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 [28]. 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 9-12 et le Tableau 9-13. Les résultats sur ces deux fréquences de prélèvement sont similaires.

En 2021, 62 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)	5,0	10	≤ 2,1
Indice alpha global (Bq/L)	≤ 0,017	0,032	≤ 0,014
Indice bêta global (Bq/L)	0,094	0,190	≤ 0,036
Potassium (mg /L)	1,61	4,51	0,99

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 9-64). 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 2021 sont similaires à ceux des années précédentes.

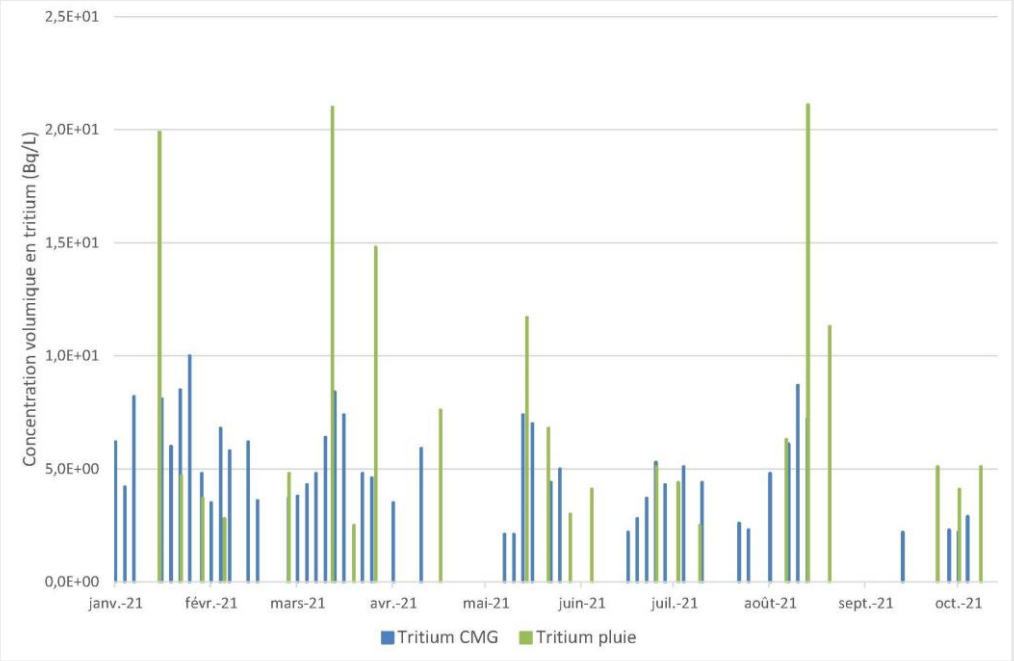


Figure 4-12 *Comparaison de la concentration en tritium dans la pluie et dans les eaux pluviales*

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 1,61 mg/L contribuant, via le ^{40}K à l'activité volumique bêta, à hauteur d'environ 0,04 Bq/L soit environ 43 % 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 de ces analyses sont présentés dans le Tableau 9-14.

Le tritium est mesuré à un niveau cohérent avec les analyses hebdomadaires (5,9 Bq/L au premier semestre et 11 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 9-13 ; ceux des autres RN sont présentés dans le Tableau 9-14. 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 § 9.5.1).

Les résultats sont cohérents avec ceux des années précédentes.

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 [28], les résultats de 2021 et les limites à respecter sont indiqués dans le Tableau 4-16.

Tableau 4-16 Comparaison des limites réglementaires radiologiques et volumétriques aux résultats 2021 à la CMG

Paramètres	Limites autorisées	Résultats 2021
Volume total annuel rejeté[3]	60 000 m³	31 952 m³
Débit instantané en sortie de la CMG	4 200 L/s	Maximum : 314 L/s
Concentration moyenne en tritium	30 Bq/L	5,0 Bq/L
Concentration moyenne hebdomadaire en tritium	100 Bq/L	Maximum : 10 Bq/L[4]

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 9-15. Des analyses plus complètes sont également réalisées deux fois par an ; les résultats sont présentés dans le Tableau 9-16.

Pour l'année 2021, 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 2021, les valeurs de pH sont comprises entre 6,8 et 8,2 (Tableau 9-12) et sont comparables aux années précédentes. Le milieu est proche de la neutralité acido-basique. Ces valeurs sont compatibles avec la protection de la vie aquatique. Les valeurs limites de l'arrêté rejet [1] n'ont pas été dépassées en 2021 (cf. 4.4.3.3).

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 72 et 276 µS /cm ; Tableau 9-16). La valeur de second semestre est très faible et s'écarte de la moyenne mesurée sur les eaux de la CMG sur les dix dernières années qui est de 275 µS/cm. Compte tenu des concentrations des paramètres chimiques, cette valeur n'est pas cohérente et semble résulter d'une erreur de mesure.

L'oxygène dissous est proche de 9 mgO_2/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, Ca^{2+}, K^+, Cl^-, NO_3^{2-}et SO_4^{2-} est détectée dans les eaux de la CMG.

[3] Avec l'hypothèse d'une pluviométrie à 1 000 mm.
[4] 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.

Des valeurs significatives sont obtenues pour certains éléments définis comme substances indésirables (aluminium, baryum, bore, cuivre, fer, manganèse, nitrites et phosphates). 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 [29].

Parmi les toxiques chimiques prioritaires, on relève systématiquement la présence de zinc (la moyenne des concentrations est de 28 µg/L en 2021 pour une moyenne ces dix dernières années de 55 µg/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 (13 µg/L en moyenne en 2021 correspondant à un apport de 2,3 kg sur le Centre, cf. Tableau 9-11), une origine anthropique liée aux activités de la zone industrielle de Digulleville est privilégiée.

Aucun hydrocarbure n'est mesuré sur les deux campagnes de 2021.

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 9-16. 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 2021 sont donnés dans le Tableau 4-17.

Tableau 4-17 Comparaison des limites réglementaires physico-chimiques aux résultats 2021 à la CMG

Paramètres	Limites autorisées	Maximale	Minimale	Moyenne
DCO	120 mg/L	28 mg/L	9 mg/L	14 mg/L
Teneur en MES	30 g/L	25 mg/L	< 2 mg/L	9 mg/L
pH	5,5 < pH < 8,5	8,2	6,8	-
Hydrocarbures	1 mg/L	<0,1 mg/L	<0,1 mg/L	<0,1 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 2021.

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 9-17.

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 ^{137}Cs est confirmée et similaire aux années précédentes (0,69 ± 0,10 Bq/kg sec, cf. Figure 4-13). Les concentrations sont à des niveaux comparables à ceux régulièrement mesurés de l'environnement français (de l'ordre d'une dizaine de Bq/kg [30]). L'origine de ce marquage peut être dû (1) au lessivage

de canalisations ayant, lors de la phase de fonctionnement, été contaminées, et/ou (2) l'entrainement lors du ruissellement de particules du sol de la couverture contenant du césium 137.

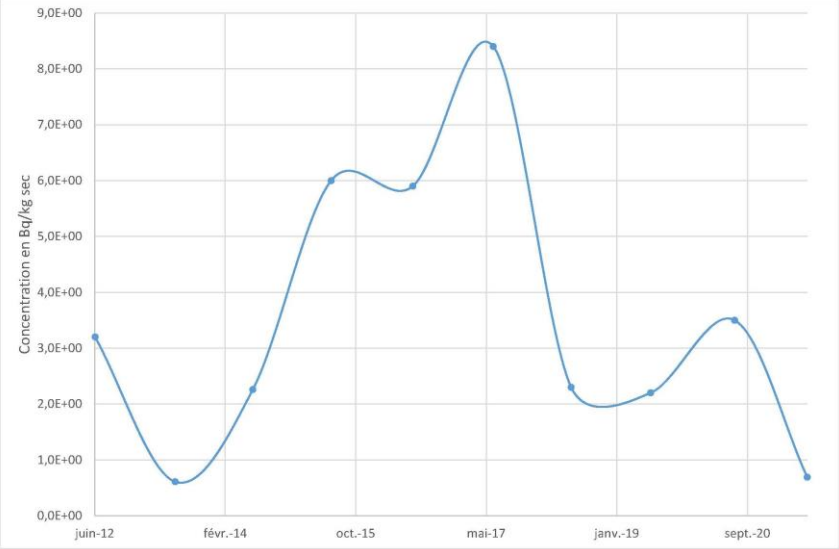


Figure 4-13 *Evolution de la concentration en ^{137}Cs dans les sédiments de la CMG depuis 2012*

Cette année, contrairement aux années précédentes, aucun actinide n'est détecté. Des traces de $^{239+240}Pu$ et d'^{241}Am sont régulièrement mesurées dans les sédiments de la fosse de tranquillisation de la CMG. Ces RN proviennent 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. 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 9-18.

L'analyse granulométrique de ces sédiments montre que ces matériaux présentent une granulométrie moyennement fine avec 91% des particules inférieures à 2 mm.

Les concentrations 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 [33] (Tableau 9-7) 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	0,110 +/- 0,033
Benzo(b)fluoranthène	0,220 +/- 0,066
Benzo(ghi)pérylène	0,091 +/- 0,027
Benzo(k)fluoranthène	0,100 +/- 0,030
Fluoranthène	0,320 +/- 0,096
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	0,070 +/- 0,021
Somme des HAP (6)	0,911 +/- 0,470

La somme des HAP détectés en 2021 est légèrement plus élevée qu'en 2020, respectivement 0,91 mg/kg sec et 0,70 mg/kg sec. Les concentrations mesurées restent toutefois à un niveau faible. 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.

4.4.6 Conclusion

En 2021, les limites de l'arrêté d'autorisation de rejet [1] ainsi que les termes du protocole de gestion des eaux avec Orano Recyclage [28] ont été respectés.

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

Comme les années précédentes, des traces de ^{137}Cs 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 [28] ; ils sont destinés à être rejetés en mer via l'émissaire marin du Raz-Blanchard (Figure 4-14).



Figure 4-14 Schéma des rejets des effluents du CSM dans l'environnement

Pour rappel, sont mélangés au niveau de ce bac les effluents issus (cf. Figure 1-5) :

- 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 9-19 et dans le Tableau 9-20. Les résultats sur ces deux fréquences de prélèvement sont similaires.

En 2021, 52 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)	39,2	1100	4,9
Indice alpha global (Bq/L)	0,023	0,073	<0,015
Indice bêta global (Bq/L)	0,25	0,77	0,12
Potassium (mg /L)	1,9	97	1,5

Les moyennes annuelles mesurées en 2021 pour les paramètres radiologiques courants sont similaires à celles de l'année dernière. Les maximales relevées le sont au mois de juin et de décembre lors des rejets de la cuve dédiée aux effluents du BRS0. Les périodes de rejet du BRS0 apparaissent en gras dans le Tableau 9-19.

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 9-21.

Les mesures effectuées en 2021 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 (cf. Tableau 9-6). Le ^{137}Cs, habituellement mesuré, n'est pas détecté cette année.

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 9-20.

Bilan annuel des rejets alpha et bêta

La Figure 4-15 présente l'évolution, de 2012 à 2021, des activités calculées à partir des mesures des indices alpha global et bêta global et des volumes mesurés à l'exutoire BDS.

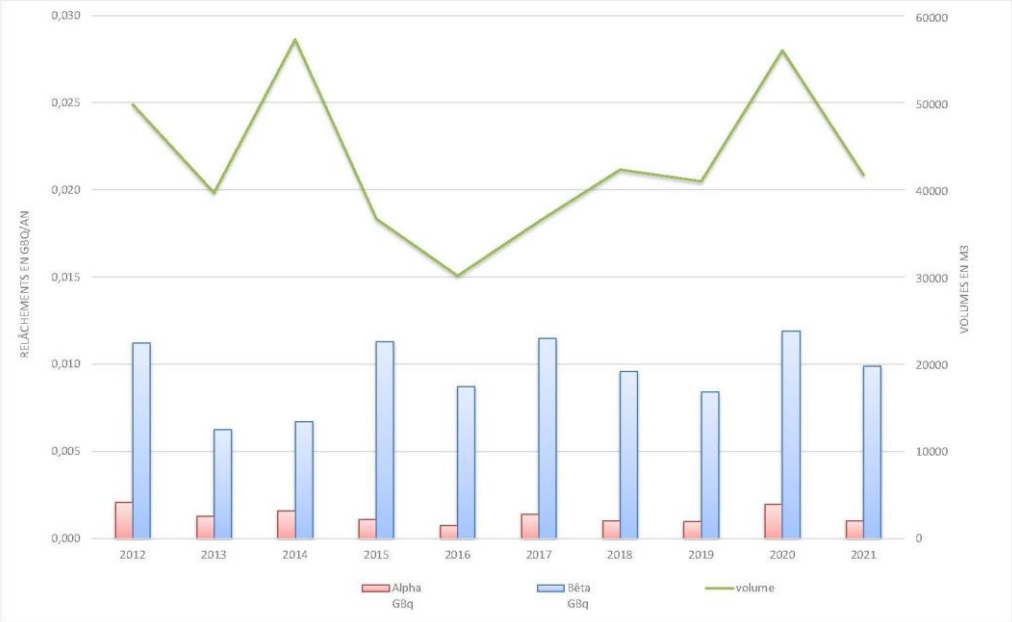


Figure 4-15 *Evolution des relâchements αG et βG en fonction des volumes rejetés au BDS (2012-2021)*

Les activités annuelles alpha et bêta rejetées sont en légère diminution en 2021 (respectivement 1,0 MBq et 9,9 MBq), avec toutefois des activités moyennes globalement stables. Les quantités rejetées chaque année restent faibles (moins de 2MBq en alpha global et moins de 12 MBq en bêta global).

Bilan annuel des rejets en tritium

La Figure 4-16 présente l'évolution, de 2012 à 2021, des activités calculées à partir des mesures de concentration tritium et des volumes mesurés à l'exutoire du BDS.

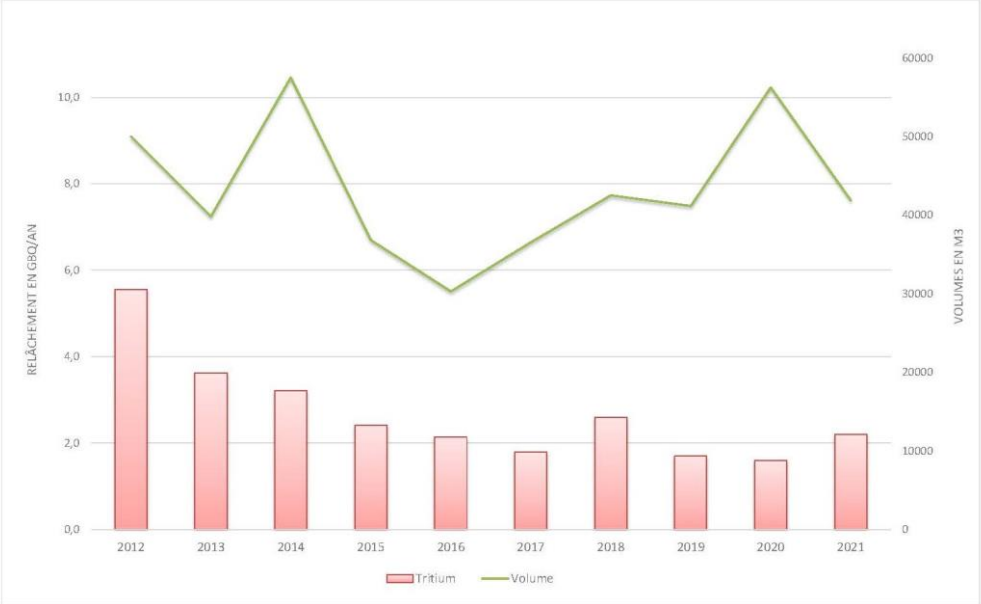


Figure 4-16 *Evolution des relâchements en tritium en fonction des volumes rejetés au BDS (2012-2021)*

En 2021, les activités rejetées en tritium au BDS sont de 2,2 GBq ; la quantité rejetée est en légère augmentation par rapport à 2020. 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 9-22 présente la répartition mensuelle des activités relâchées pour les rejets en continu (CMG, CMED et RD12) et les rejets concertés (BRS0 et BRS0bis).

Le Tableau 4-20 précise les activités sur l'année 2021 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	1,04	9,94	2 245
CMED (1)[5]	0,76	5,66	300
RD12 (2)	0,096	1,72	388
BRS0 (3)	0,012	0,35	654
BRS0bis (4)	0,017	2,59	54
BDS estimé : (1) + (2) + (3) + (4)	0,88	10,32	1 396
Ecart entre BDS mesuré et BDS estimé	15%	-4%	38%

[5] Le relâchement à la CMED est calculé à partir du volume à la CMED soustrait du volume de surverse

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

$$\textit{Équation 2 : } R_{BDS} = R_{CMED} + R_{RD12} + R_{BRS0} + R_{BRS0bis}$$

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 BRS0 (46%). La contribution du drainage profond et la contribution du réseau de drainage sont stables par rapport à l'année 2020.

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 [28], les limites à respecter au BDS et les résultats de 2021 sont donnés dans le Tableau 4-21

Tableau 4-21 Comparaison des limites réglementaires radiologiques et volumétriques aux résultats 2021 au point de rejet BDS

Paramètres	Limites autorisées	Résultats 2021	% de la limite
Volume total annuel[6]	45 000 m³	41 895 m³	93%
Débit instantané	22,2 L/s	Maximum 16,0 L/s	72,1%
Activité tritium annuelle	125 GBq/an	2,25 GBq/an	1,8%
Activité tritium mensuelle maximum	20,8 GBq/mois	Maximum 1,31 GBq/mois	Maximum 6,3%
Activité bêta (hors tritium) annuelle	250 MBq/an	9,94 MBq/an	4,0%
Activité bêta mensuelle maximum	42 MBq/mois	Maximum 2,40 MBq/mois	Maximum 5,7%
Activité volumique bêta	1850 Bq/L	Maximum 0,77 Bq/L	Maximum 0,04%
Activité alpha annuelle	125 MBq/an	1,0 MBq/an	0,83%
Activité alpha mensuelle maximum	20,8 MBq/mois	Maximum 0,26 MBq/mois	Maximum 1,25%
Activité volumique alpha	37 Bq/l	Maximum 0,073 Bq/L	Maximum 0,20%

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.

[6] Avec l'hypothèse d'une pluviométrie annuelle de 1 000 mm.

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 9-23 et le Tableau 9-24.

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.

La minéralité de ces effluents est stable par rapport aux années précédentes (la conductivité moyenne est de 482 µS/cm en 2021) ; 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 [29].

Parmi les substances toxiques, on relève la présence systématique de zinc (66 µg/L en moyenne pour l'année 2021). Tout comme pour la CMG, le zinc étant également systématiquement présent dans l'eau de pluie (13 µg/L en moyenne, Tableau 9-11), une origine externe (naturelle ou anthropique) est privilégiée sans qu'il soit néanmoins possible de distinguer spécifiquement la part issue de la zone industrielle de Digulleville ou d'autres activités à proximité du site.

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 2021 est en moyenne de 36 µg/L (Tableau 9-24), relativement stable ces trois dernières années (Figure 4-17).

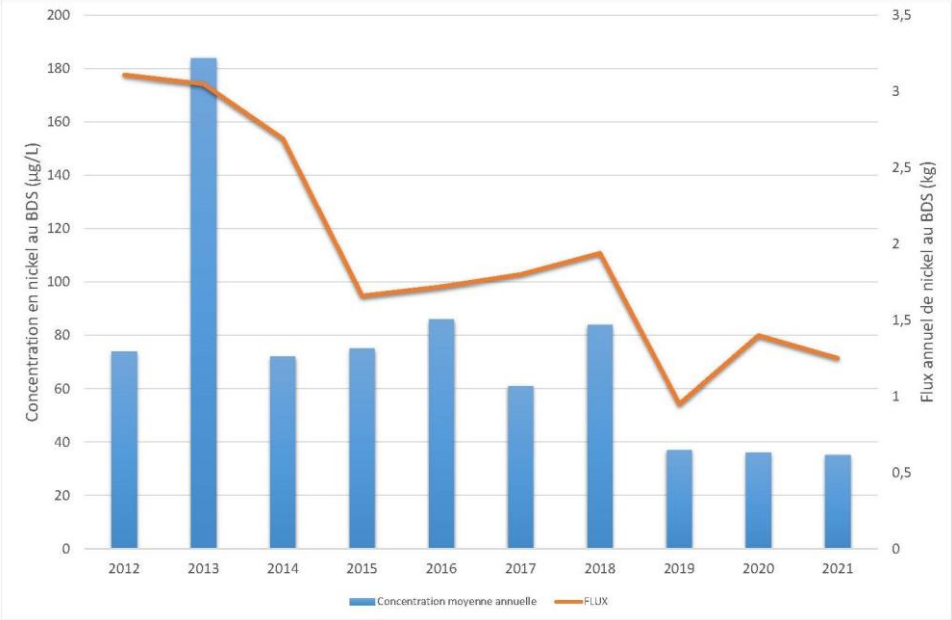


Figure 4-17 *Evolution de la concentration en nickel au point de contrôle BDS (2012-2021)*

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 9-23. Les flux mensuels du nickel sont donnés en annexe pour l'année 2021 (Tableau 9-24).

Le flux de nickel affiche une tendance à la baisse depuis 2012 (Figure 4-17). Un curage du réseau de drainage de la couverture a été réalisé en juin 2021 (cf. 2.7.4). Ce curage a pour objectif d'éliminer les sédiments accumulés dans les canalisations, participant ainsi à la diminution de la concentration en nickel via le BDS. Le prochain curage sera programmé en fonction des valeurs des futurs résultats.

Le Tableau 4-22 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 4-22 *Comparaison des teneurs en éléments majeurs entre le BDS et les différents réseaux contributeurs*

Paramètres	BDS	RP300	RD12	BRS0
	Flux en kg et (teneurs en mg/L)			
Calcium	2514 (60)	2169 (50)	126 (42)	0,31 (35)
Sulfates	4608 (110)	2338 (54)	75 (22)	6,5 (447)
Chlorures	1010 (24)	1278 (31)	97 (29)	1,5 (164)
Potassium	78 (1,9)	66 (1,6)	13 (3,8)	3,9 (450)

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 BRS0 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 2021 sont donnés dans le Tableau 4-23.

Tableau 4-23 Comparaison des limites réglementaires physico-chimiques aux résultats 2021 au BDS

Paramètres	Limites autorisées	Résultat maximal	Résultat minimal
pH	pH > 6	8,3	7,8
Bore	5 mg/L	0,034 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	8 µg/L	-
Plomb	50 µg/L	6 µg/L	-
Cadmium	20 µg/L	<0,5 µg/L	-
Mercure	1 µg/L	<0,05 µg/L	-
HAP	50 µg/L	<0,012 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 2021.

4.5.4 Conclusion

En 2021, les limites de rejets en termes de paramètres radiologiques et physico-chimiques, définies 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 annuelles autorisées (< 5%).

Les termes du protocole de gestion des eaux avec Orano Recyclage [28] ont également été respectés.

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 et 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 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 (92%).

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 9-25.

Les concentrations volumiques moyennes pondérées par les volumes des 12 prélèvements effectués sont données dans le Tableau 4-24.

Tableau 4-24 Moyennes, maximales et minimales des concentrations volumiques du suivi radiologique au point de contrôle RP300

Paramètres	Moyenne	Maximale	Minimale
Tritium (Bq/L)	7,8	23	5,6
Indice alpha global (Bq/L)	0,020	0,076	0,014
Indice bêta global (Bq/L)	0,15	0,34	0,055
Potassium (mg /L)	1,6	2,1	1,3

Les moyennes annuelles mesurées en 2021 pour les paramètres radiologiques courants sont similaires à celles des années précédentes.

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 1,6 mg/L contribuant, via le ^{40}K à l'activité volumique bêta, à hauteur d'environ 0,045 Bq/L soit environ 30% 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 9-26.

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 et contenant : 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 µS/cm en 2021) ; 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 d'environ 8 Bq/L en moyenne. La concentration maximale en tritium apparait 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 RD12 sont effectuées sur des prélèvements représentatifs des écoulements hebdomadaires et mensuels. Le détail des résultats est donné en annexe dans le Tableau 9-27 et dans le Tableau 9-28. Les résultats sur ces deux fréquences de prélèvement sont similaires.

Les concentrations volumiques moyennes des 10 prélèvements mensuels effectués en 2021 sont données dans le Tableau 4-25.

Tableau 4-25 Moyennes, maximales et minimales des concentrations volumiques du suivi radiologique au point de contrôle RD12

Paramètres	Moyenne	Maximale	Minimale
Tritium (Bq/L)	140	410	22
Indice alpha global (Bq/L)	0,029	0,036	≤0,015
Indice bêta global (Bq/L)	0,69	1,1	0,40
Potassium (mg /L)	4,4	5,8	3,3

Les résultats des mesures des indices alpha et bêta globaux sont similaires à ceux des années passées. La teneur moyenne en potassium est de 4,4 mg/L contribuant, via le ^{40}K à l'activité volumique bêta, à hauteur d'environ 0,12 Bq/L. La contribution du potassium à l'activité bêta est donc mineure (environ 17%).

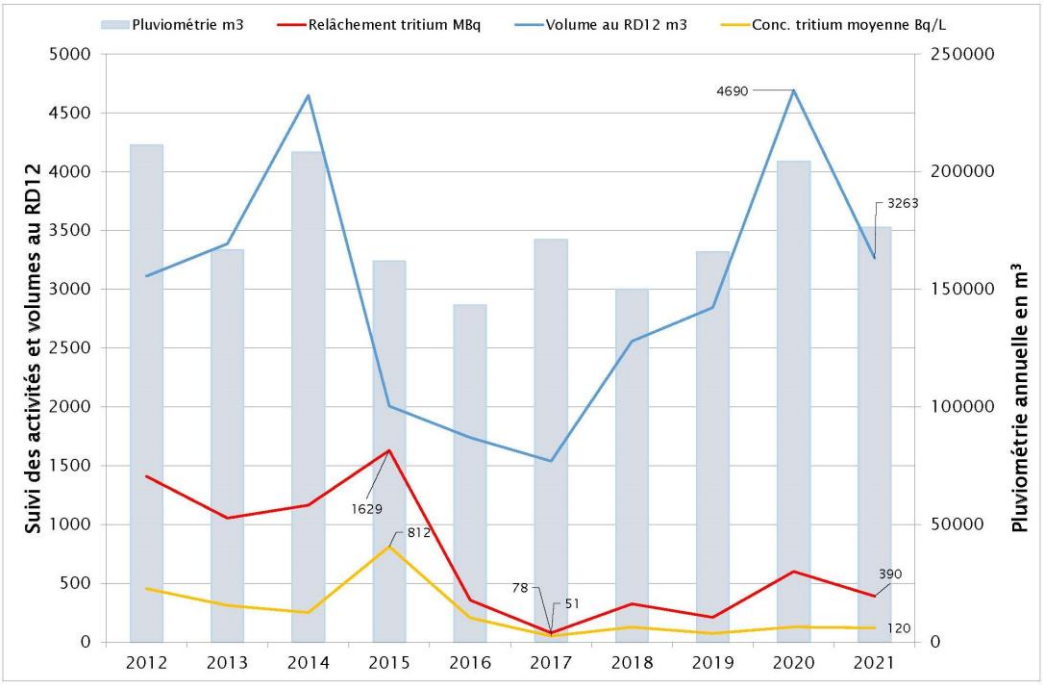


Figure 4-18 Evolution de la concentration mensuelle en tritium au point de contrôle RD12 (2012-2021) et des volumes collectés

La Figure 4-18 montre l'évolution de la concentration moyenne annuelle en tritium, de la quantité rejetée annuelle en tritium et des volumes collectés au RD12 en regard de la pluviométrie. La concentration volumique moyenne annuelle en tritium est relativement stable depuis 2017. La quantité annuelle de

tritium venant du RD12 est plus faible qu'en 2020 mais reste dans une tendance à la hausse sur la période 2017-2021 en cohérence avec l'augmentation des volumes collectés au point RD12.

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 9-29.

La minéralité de ces effluents est stable par rapport aux années précédentes (la conductivité moyenne est de 444 µS/cm en 2021) ; le milieu est légèrement alcalin.

Comme les années précédentes, du bore est mesuré dans les effluents du RD12 à des niveaux de concentrations similaires (12 µg/L en concentration moyenne annuelle).

Des valeurs significatives sont obtenues pour certains éléments définis comme substance toxique (chrome et plomb). De tels résultats ont déjà été obtenus de façons sporadiques 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 9-30.

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 en fonctionnement de la ventilation des galeries ;
- de l'interception de la nappe en saison de drainage intense.

En 2021, les activités volumiques alpha sont comprises entre 0,036 Bq/L et 0,11 Bq/L ; les activités volumiques bêta se situent entre 0,39 Bq/L et 3,1 Bq/L. L'activité volumique moyenne du tritium pour l'ensemble des RD est de 265 Bq/L (similaire à 2020 : 280 Bq/L).

De façon récurrente, les activités tritium les plus élevées sont mesurées aux RD19 (1500 Bq/L) et RD20 (2000 Bq/L), en augmentation par rapport aux années 2019 et 2020 mais du niveau des mesures de 2016. 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 9-30).

4.7.5 Conclusion

En 2021, aucune évolution sur les résultats physico-chimiques n'est constatée.

Le niveau radiologique en tritium présente une relative stabilisation depuis 2018 après une période de diminution entre 2015 et 2017.

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 9-31. Les effluents de ce réseau sont basiques (pH compris entre 8,6 et 9,0).

Les concentrations volumiques moyennes pondérées par les volumes des 12 prélèvements effectués sont données dans le Tableau 4-26.

Tableau 4-26 Moyennes, maximales et minimales des concentrations volumiques du suivi radiologique au point de contrôle BRS0

Paramètres	Moyenne	Maximale	Minimale
Tritium (Bq/L)	74 500	114 000	45 400
Indice alpha global (Bq/L)	1,2	1,9	0,69
Indice bêta global (Bq/L)	40	59	29
Potassium (mg /L)	837	1 260	502

Le potassium contribue, via le ^{40}K, à l'activité volumique bêta à hauteur d'environ 23 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 [26], la mesure de l'indice bêta global sur la fraction insoluble (MES) est réalisée au point de contrôle BRS0.

» 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 9-31. La quantité de matières en suspension (MES) varie de 1,2 à 4,8 mg/L avec une moyenne de 2,5 mg/L. Les émetteurs bêta dans la fraction insoluble sont compris entre 15 et 60 Bq/g. Toutefois, le relâchement des émetteurs bêta provenant de la fraction insoluble ne représente en moyenne annuelle que 0,14 % des émetteurs bêta relâchés au point BRS0.

Aucune évolution notable n'a été constatée en 2021.

Comme le montre la Figure 4-19, les quantités rejetées en alpha, bêta et tritium au point BRS0 sont en diminution ces dernières années. En 2021, les niveaux d'activités sont cohérents avec ceux des années précédentes.

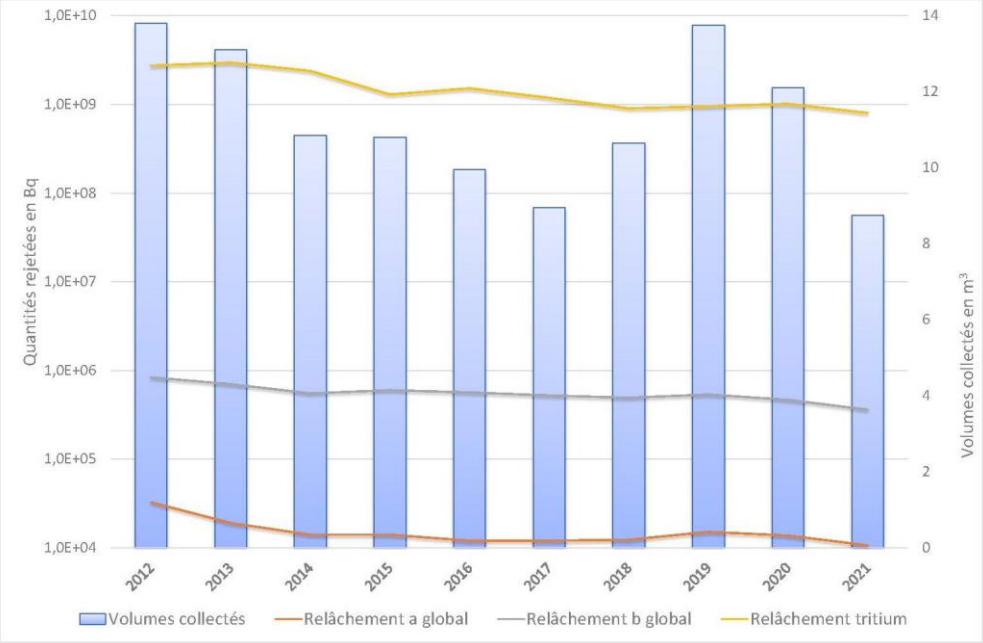


Figure 4-19 *Evolution des quantités rejetées en alpha, bêta et tritium au point BRS0 depuis 2012*

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 9-32. Les analyses sont réalisées sur la fraction soluble et insoluble (<0,45 µm).

Les mesures effectuées en 2021 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 mesurés 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) ;
- aucun actinide n'est détecté cette année.

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 9-34.

Les concentrations volumiques moyennes pondérées par les volumes des 53 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 BRS0bis

Paramètres	Moyenne	Maximale	Minimale
Tritium (Bq/L)	126	326	28
Indice alpha global (Bq/L)	≤ 0,040	0,080	≤ 0,035
Indice bêta global (Bq/L)	6,1	11	3,3
Potassium (mg /L)	2,24	7,80	1,79

Les moyennes annuelles des indices alpha et bêta globaux mesurées en 2021 sont similaires à celles de l'année dernière. Le potassium contribue, via le ^{40}K, à l'activité volumique bêta à hauteur d'environ 0,06 Bq/L. Par conséquent, l'activité volumique du ^{40}K ne contribue pas de manière prépondérante à l'activité bêta des effluents du BRS0bis.

En 2021 la concentration moyenne annuelle en tritium est du même niveau que l'année dernière (Figure 4-20). Les quantités rejetées en alpha sont en diminution ces dernières années tandis que les quantités rejetées en bêta sont relativement constantes (Figure 4-20). En 2021, les niveaux d'activités sont cohérents avec ceux des années précédentes.

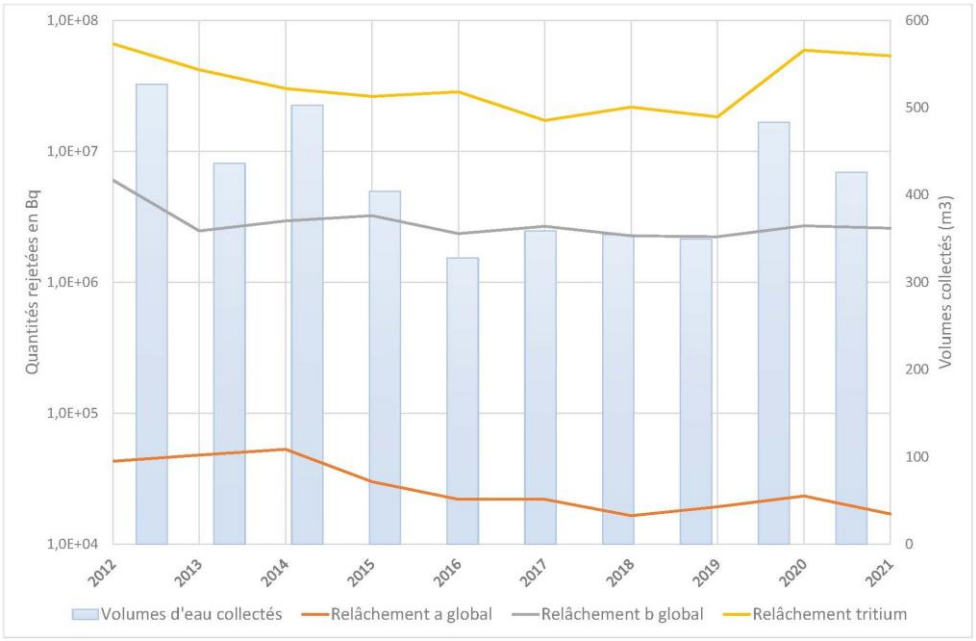


Figure 4-20 Evolution des quantités relâchées en alpha, bêta et tritium au point BRS0bis depuis 2012

Les mesures de l'indice bêta sur la fraction insoluble au point de contrôle BRS0bis sont données dans le Tableau 9-34. La quantité de MES varie fortement de la limite de quantification (<1 mg/L) à 98 mg/L. Les émetteurs bêta dans la fraction insoluble sont compris entre 16 et 90 Bq/g. Les bêtas insolubles représentent jusqu'à 58 % des bêta mesurés au point BRS0bis ; ce résultat est cohérent avec l'origine de ces effluents, qui correspond pour une grande partie à des infiltrations d'eaux parasites qui lessivent des matériaux de la couverture.

En complément de ces analyses courantes, l'activité volumique du ^{14}C est mesurée mensuellement ; les résultats sont donnés dans le Tableau 4-28.

Tableau 4-28 Résultats des mesures mensuelles du ^{14}C au point de contrôle BRS0bis

Période	Volume m^3	^{14}C Bq/L	Relâchement mensuel MBq
Janvier	88,70	≤22	0,98
Février	45,70	≤7	0,32
Mars	28,45	36 +/- 23	1,02
Avril	18,00	29 +/- 10	0,52
Mai	17,40	27 +/- 8	0,47
Juin	29,9	27 +/- 8	0,81
Juillet	39,70	≤19	0,75
Août	17,05	21 +/- 9	0,36
Septembre	11,20	27 +/- 9	0,30
Octobre	20,60	34 +/- 7	0,35
Novembre	37,40	19 +/- 6	0,36
Décembre	71,7	18 +/- 9	0,65
Total	**425,80**		**6,88**

En 2021, les activités volumiques de ^{14}C mesurées au point BRS0bis sont comprises entre 18 et 36 Bq/L (similaires aux années précédentes). Le ^{14}C 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.

4.8.3 Suivi physico-chimique des effluents du BRS0 et du BRS0bis

4.8.3.1 Point de contrôle BRS0

Les résultats des mesures physico-chimiques concernant le BRS0 réalisées chaque semestre sont présentés dans le Tableau 9-33. 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 BRS0 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 2021 (cf. § 4.5.3.2). Il est à noter une valeur élevée en chlorures au premier semestre de 240 mg/L, incohérente avec les mesures habituelles (moyenne depuis le suivi de ce paramètre de 53 mg/L et maximum de 100 mg/L), et non confirmée au second semestre.

La concentration en baryum (moyenne annuelle de 21 µg/L) est globalement équivalente à celle mesurée dans les eaux de drainage de la couverture (CMED, cf. Tableau 9-26) et est donc liée à la composition chimique des matériaux la constituant.

Le zinc est mesuré (moyenne annuelle de 11 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 des toxiques chimiques prioritaires. La Figure 4-21 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.

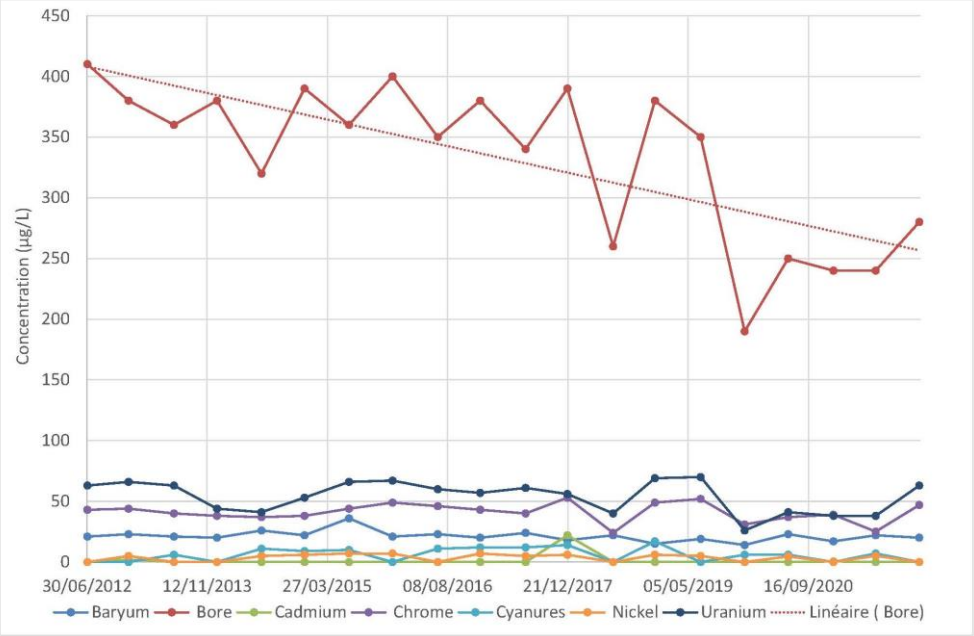


Figure 4-21 Evolutions des concentrations des toxiques prioritaires au point de contrôle BRS0 depuis 2012

4.8.3.2 Point de contrôle BRS0bis

Les résultats des mesures physico-chimiques concernant le point de contrôle BRS0bis réalisées environ tous les 50 m³ sont présentés dans le Tableau 9-35.

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 8 à 20 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 enterrés est le tritium. Dans les effluents transitant via le BRS0, on trouve également à un niveau plus faible du ^{14}C, ^{63}Ni, ^{90}Sr, ^{99}Tc, ^{137}Cs, ainsi que les isotopes naturels de l'uranium.

L'activité bêta au RSGEbis vient en partie de la présence de ^{14}C (26 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 au 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 courantes des effluents 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 9-36.

Etabli à partir de ces résultats, le Tableau 4-29 récapitule les concentrations moyennes pondérées par les débits.

Tableau 4-29 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	165 000	50 000
Indice alpha global (Bq/L)	1,2	4,0	0,27
Indice bêta global (Bq/L)	43	83	10
Potassium (mg /L)	710	1 700	400

Les résultats de l'année 2021 sont similaires à ceux de l'années 2020.

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 9-37 (pour la galerie Ouest) et dans le Tableau 9-38 (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 4 prélèvements ont pu être effectués en galerie ouest et 4 en galerie centrale compte tenu d'écoulements faibles (moins de 1 ml/min).

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 en lien avec la présence de ^{137}Cs.

Cette année, c'est le BRS027 qui présente l'activité bêta globale la plus importante (112 Bq/L, cf. Tableau 9-37). Le niveau de tritium mesuré dans le BRS027 est cohérent avec la concentration de tritium mesuré au BRS-OU.

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 (148 Bq/L, cf. Tableau 9-38).

Le niveau de tritium mesuré dans ces BRS est cohérent avec la concentration de tritium mesuré au BRS-OU. Les concentrations ponctuelles de tritium sont similaires à celles de 2020, sauf pour le BRS088 dont l'activité tritium est 10 fois plus faible que celle mesurée en 2020.

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 9-39. Les effluents de la branche Est sont légèrement plus basiques que ceux de la branche Ouest.

A partir de ces résultats, le *Tableau 4-30* récapitule les concentrations moyennes pondérées par les débits.

Tableau 4-30 Moyennes, maximales et minimales des concentrations volumiques du suivi radiologique au point de contrôle BRS-ES

Paramètres	Moyenne	Maximale	Minimale
Tritium (Bq/L)	17 000	45 000	6 100
Indice alpha global (Bq/L)	1,6	4,9	0,51
Indice bêta global (Bq/L)	32	81	16
Potassium (mg /L)	780	1 900	380

Les résultats de l'année 2021 sont similaires à ceux de l'année 2020.

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 9-40. 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 le BRS123 et le BRS126 présentaient des écoulements suffisants pour réaliser un prélèvement en galerie est et aucun prélèvement n'a pu être réalisé en galerie sud. Les activités tritium mesurées dans ces deux BRS montrent qu'ils ne sont pas les principaux contributeurs en termes d'apport de tritium au BRS-ES.

4.9.3 BRS en amont du BRS0bis

Des analyses radiologiques courantes sont réalisées annuellement sur les BRS contribuant au BRS0bis (BRS002 et BRS149). Les résultats sont présentés dans le Tableau 4-31.

Tableau 4-31 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	12/10/21	164 +/- 17	7,5 +/- 2,4	18 +/- 2,2	20 +/- 2	8,3 +/- 0,1
BRS149	08/03/21	7,9 +/-2,0	0,10 +/- 0,07	0,36 +/- 0,12	5,2 +/- 0,3	8,0 +/- 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. La valeur ponctuelle de tritium mesurée au BRS002 est cohérente avec celle mesurée au BRS0bis (cf. Tableau 9-34).

Cette année, la date du prélèvement du BRS149 a été décalée en période d'écoulement plus important pour pouvoir réaliser des mesures radiologiques sur ces effluents. La valeur de concentration tritium est plus faible que celle habituellement mesurée en octobre lors de débits plus faibles (moyenne de 290 Bq/L entre 2012 et 2017) en cohérence avec l'origine de ces écoulements qui proviennent d'infiltration parasite entrainant une dilution du tritium.

4.9.4 Conclusion

Les activités radiologiques mesurées au point de contrôle BRS-OU et BRS-ES présentent, en 2021, une tendance à la baisse par rapport à 2020. Cette diminution est cohérente avec la diminution constatée au point BRS0.

Le nombre de prélèvements sur les BRS réalisés lors de la campagne d'octobre est en diminution par rapport aux années précédentes en lien avec la diminution des volumes collectés au BRS0.

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

5.1 Introduction *124*
5.2 Surveillance des eaux souterraines *124*
5.3 Surveillance des eaux superficielles *159*
5.4 Surveillance radiologique atmosphérique *170*
5.5 Surveillance complémentaire *174*

5.1 Introduction

L'Andra CSM réalise, en complément du suivi des effluents, une surveillance radiologique, chimique et physico-chimique régulière des compartiments aquatique et atmosphérique 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 radiologique et physico-chimique 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 canalisé, 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 par le préfixe PO (en bleu sur la Figure 5-1) et ceux suivis par Orano Cycle sont appelés par le préfixe PZ (en rouge sur la Figure 5-1).

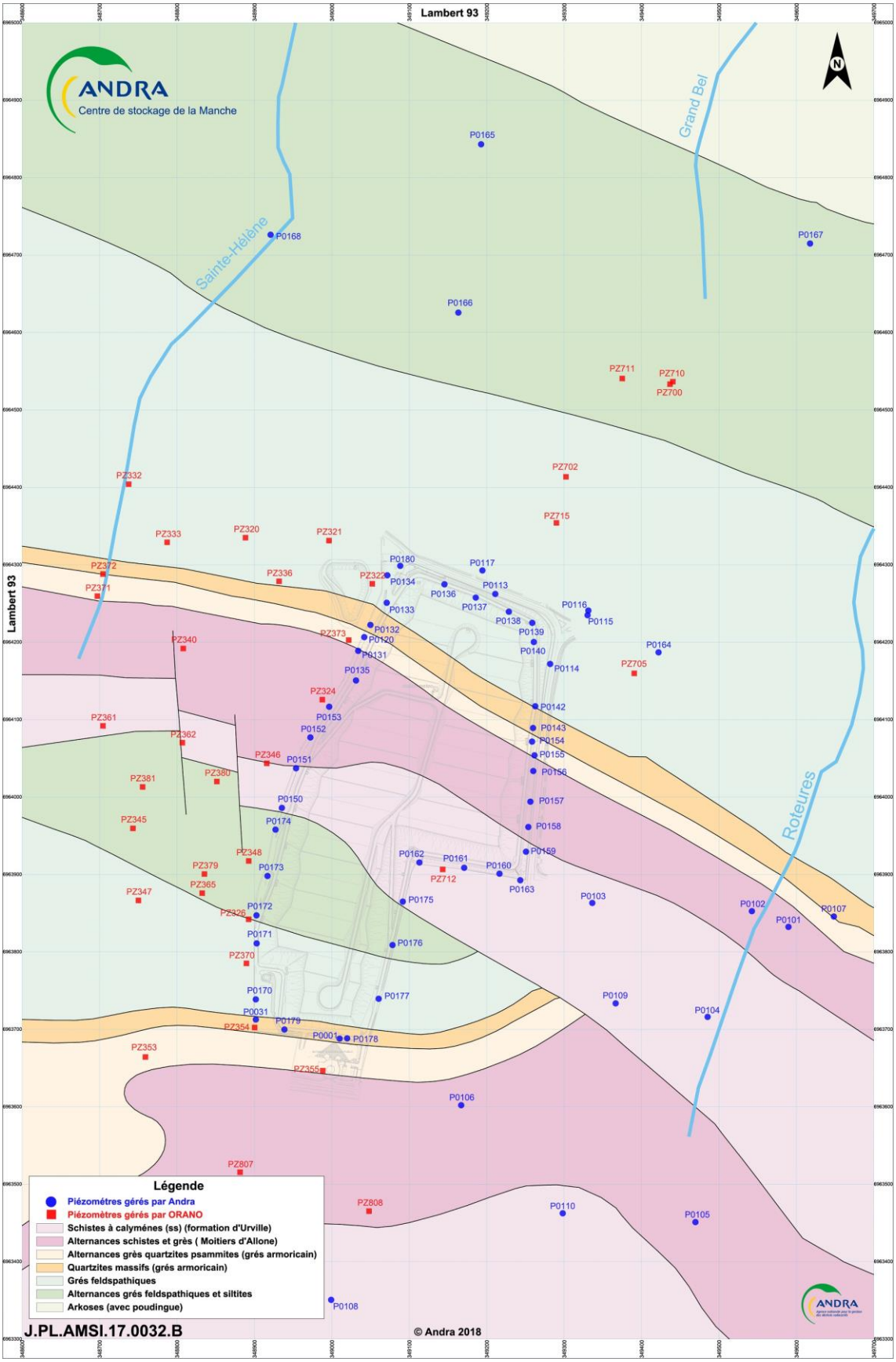


Figure 5-1 Localisation des piézomètres

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 5-22	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, P0152, 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 9-41 et le Tableau 9-42. 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 9-41 et le Tableau 9-42 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 9-44 précise l'ensemble des valeurs (moyennes, minimum et maximum des résultats des activités volumiques sur 2021) 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 9-45 et le Tableau 9-46.

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 à 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 (cf. Tableau 5-1). 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 9-47, le Tableau 9-48, le Tableau 9-49 et le Tableau 9-50.

La liste des paramètres suivis a été complétée depuis janvier 2012 par la caractérisation des métaux dissous, nitrites et ortophosphates, tels que spécifiés dans l'arrêté modifié du 17 décembre 2008 [34] 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. La comparaison aux NQE est présentée au chapitre 7.

Tableau 5-2 Valeurs seuils des paramètres mesurés dans les eaux souterraines du CSM (selon arrêté 17 décembre 2008 [34])

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[7]	0,5 mg PO_4^{3-}/L

5.2.2 Suivi du niveau piézométrique

5.2.2.1 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 climatologiques 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

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

plus proche de la station (Bricquebec) 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 5-2 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, avec, en fin d'année hydrologique, un cumul excédentaire de 22%.

En termes de saisonnalité, l'année 2021 présente un profil hydrologique assez peu courant avec un épisode de recharge marqué entre juillet et août. Pour autant, les états de hautes et basses eaux sont observés à des périodes habituelles, soit en hiver pour les hautes eaux (janvier-février) et en début d'automne pour les basses eaux (septembre à octobre). 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 mensuels importants jusqu'en février (+23 à +64%). Ainsi, à fin février, la recharge cumulée (343,2 mm) dépasse la recharge moyenne depuis 1964 de 41%. Ensuite, les recharges mensuelles sont déficitaires jusqu'à la fin de l'année hydrologique (-16 à -79%), mais affectent peu le cumul, qui se stabilise avec un léger excédent de 15% (380,7 mm).

L'année hydrologique 2021-2022 s'initie avec un déficit marqué chaque mois (de -22 à -89%) conférant un cumul déficitaire de -45% à fin 2021.

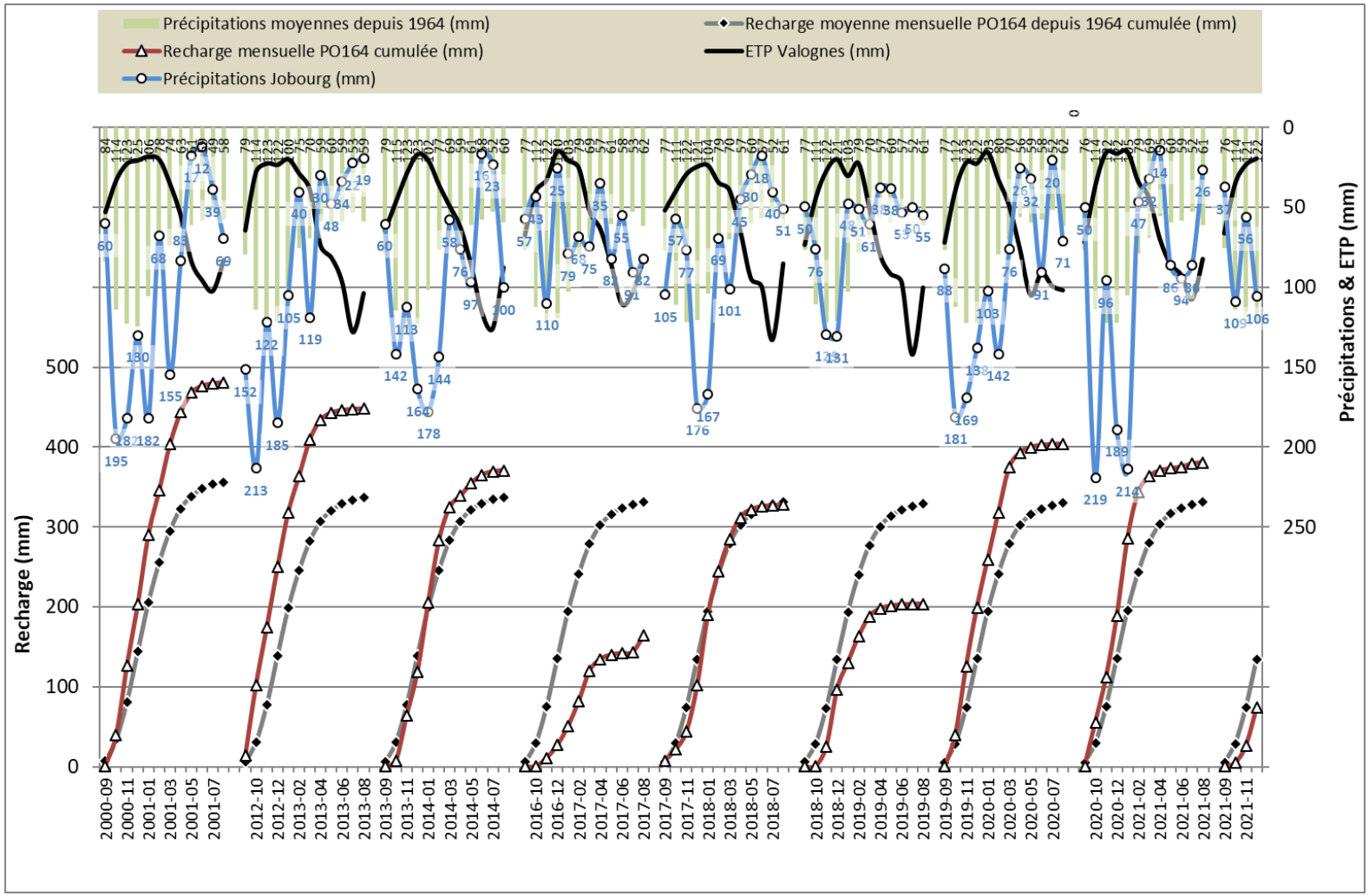


Figure 5-2 Cumuls mensuels de recharge calculés en PO164

5.2.2.2 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 5-3), 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 2020 à janvier 2021. Les évolutions piézométriques répondent de manière relativement fidèle aux variations de recharge.

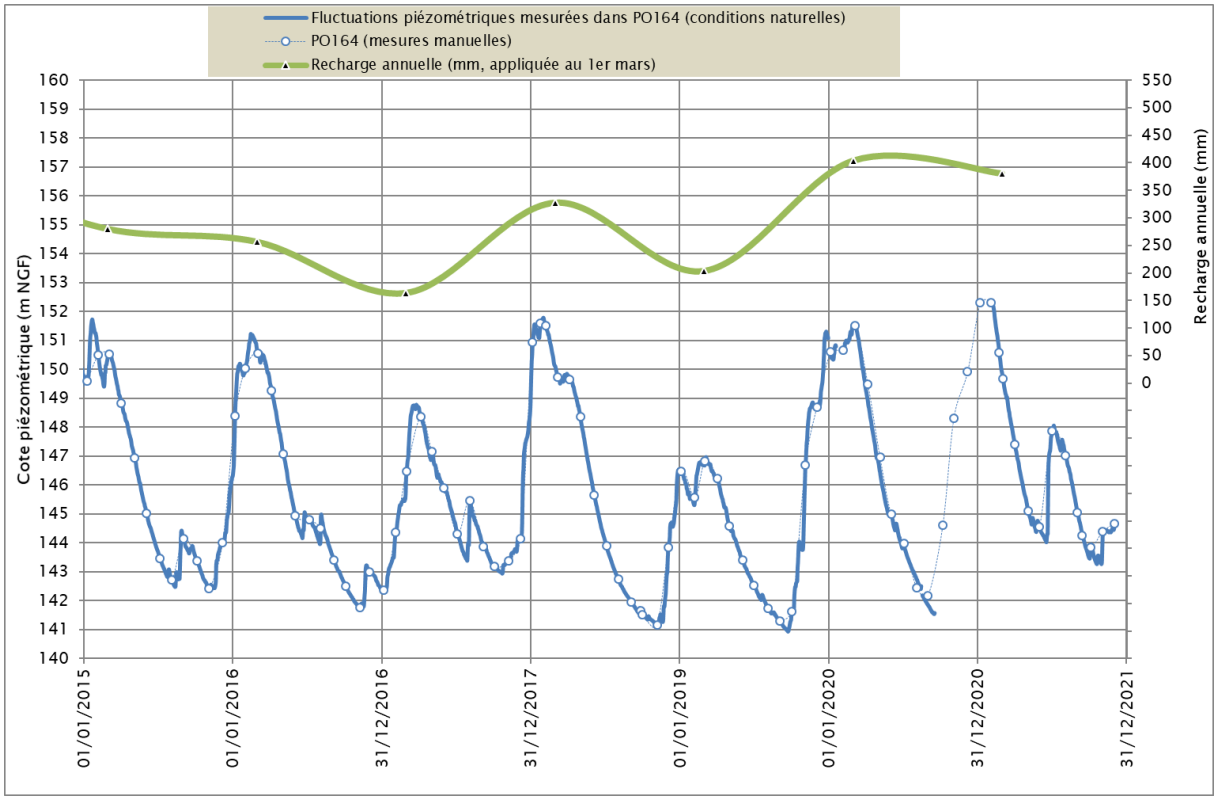


Figure 5-3 Fluctuations piézométriques observées sur PO164

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. Les années 2020 et 2021 présentent une forte recharge et un profil hydrologique relativement courant, avec une période de basses eaux post-estivale (septembre à octobre) encadrée par deux périodes de hautes eaux hivernales (décembre à mars). Seule exception, l'épisode de recharge de juillet 2021.

5.2.2.3 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'applicatif Excel en recherchant les dates auxquelles sont effectivement atteints les niveaux extrêmes sur les neuf piézomètres équipés d'enregistreurs automatiques (PO105, PO162, PO164, PO166, P0168, PZ310, PZ700, PZ711, PZ715).

Les écarts entre ces niveaux extrêmes et les niveaux mesurés manuellement sont ensuite calculés pour chaque piézomètre 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, les campagnes représentatives des hautes et basses eaux sont respectivement les campagnes de janvier et d'octobre (Figure 5-4 et Figure 5-5).

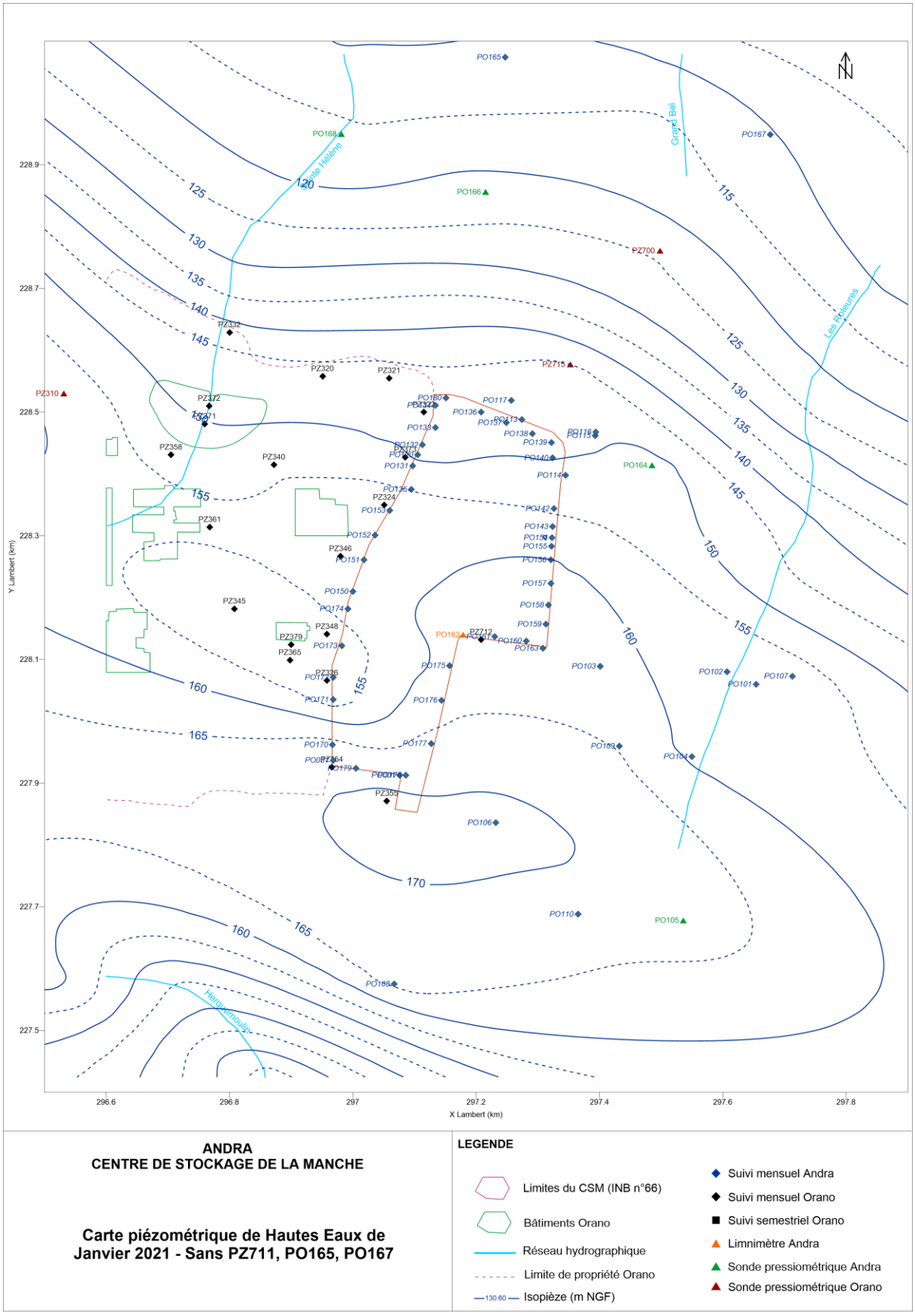


Figure 5-4 *Carte piézométrique de hautes eaux (janvier 2021)*

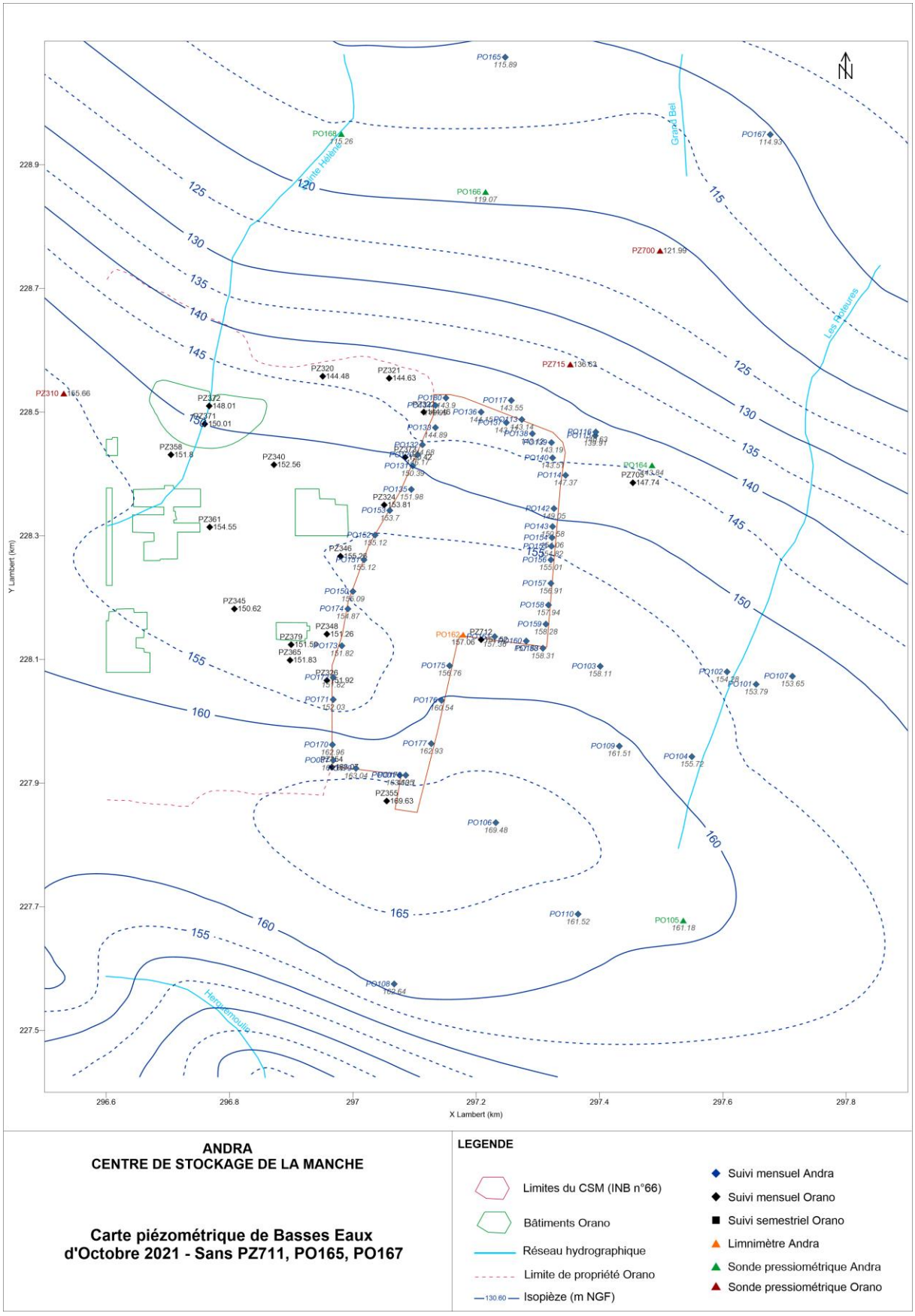


Figure 5-5 *Carte piézométrique de basses eaux (octobre 2021)*

5.2.2.4 Direction des écoulements

La Figure 5-6 et la Figure 5-7 présentent les directions d'écoulement de la nappe en 2021, établies à partir des relevés de niveaux piézométriques effectués en période de hautes et basses eaux (§5.2.2.3).

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, 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, soit les ruisseaux de la Sainte-Hélène et du Grand-Bel, mais également sur la fraction susceptible d'atteindre le ruisseau des Roteures.

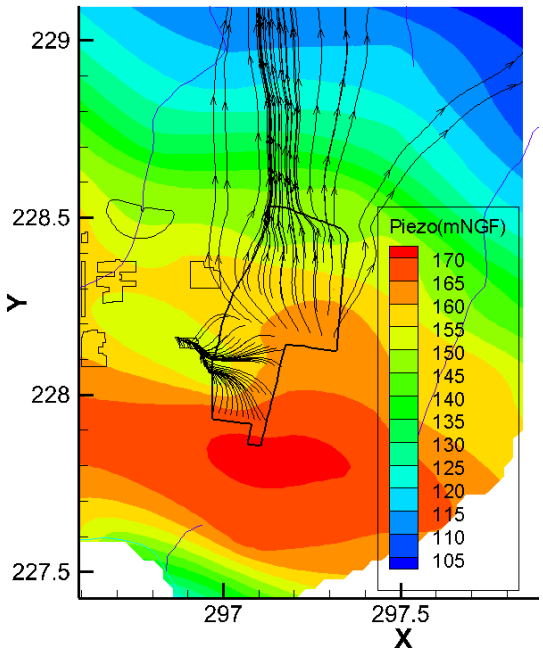


Figure 5-6 *Directions des écoulements de la nappe en 2021 (hautes eaux de janvier 2021)*

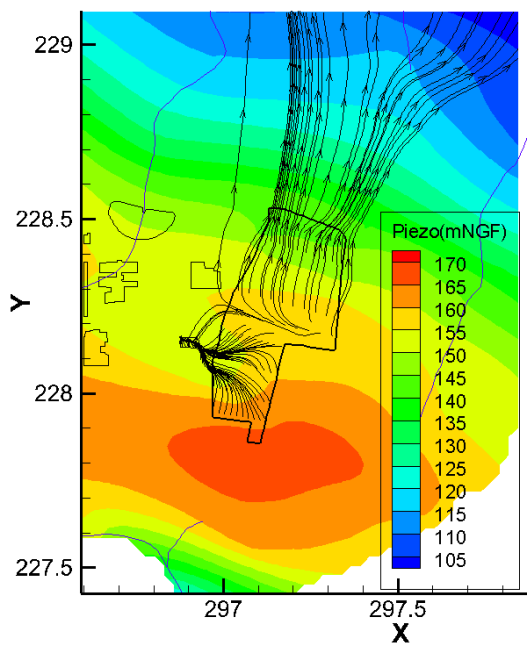


Figure 5-7 *Directions des écoulements de la nappe en 2021 (basses eaux d'octobre 2021)*

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

5.2.2.5 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[8], 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 5-6 et Figure 5-7).

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. La sonde a déclenché le 11/01/2021 ; en effet, des travaux engagés par Orano Recyclage ont été réalisés et ont entrainé l'arrêt des pompes du 11 janvier 2021 8h15 au 13 janvier 2021 19h (cf. § 5.5.3.2). Toutefois, malgré cet arrêt ponctuel, 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 8,1 m^3/h sur l'année 2021. Il en résulte que le volume d'eau pompé en 2021 est estimé à 70 750 m^3 (Tableau 9-43).

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 vis-à-vis des radiers des ouvrages de stockage

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'eux[9].

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 [20] (distance toit de la nappe ouvrages inférieure à 0,5 mètres à la base des ouvrages) est respecté pour la période des hautes eaux 2021.

[8] En NGF, l'altitude zéro (NGF 0) de référence est déterminée par le marégraphe de Marseille.
[9] 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.

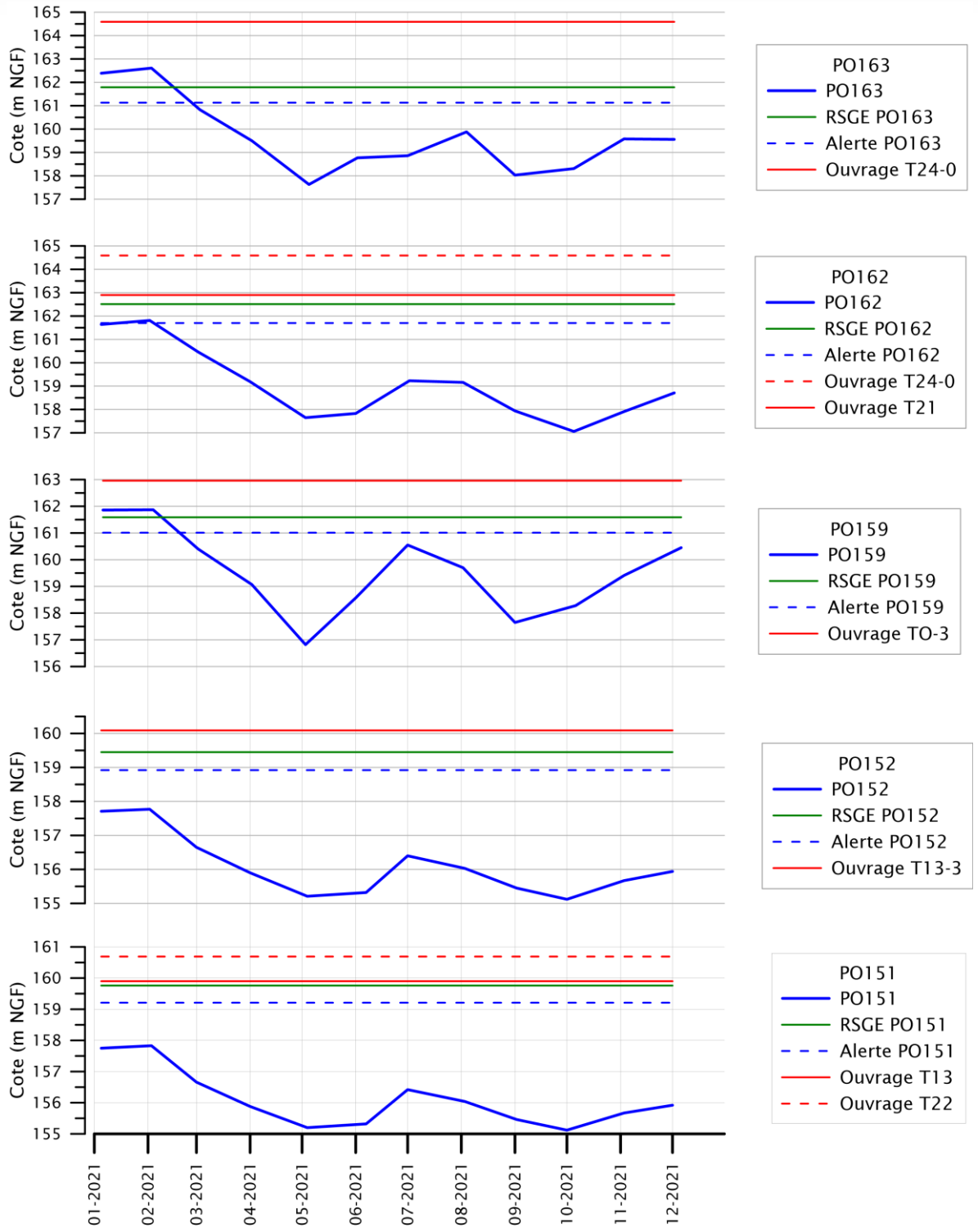


Figure 5-8 Evolution de la nappe au droit des sondes d'attention

Le Tableau 5-3 synthétise les périodes de déclenchement des sondes « d'attention ». En fin d'année 2020 et début d'année 2021 (période de hautes eaux), trois sondes ont été immergées sans toutefois atteindre les seuils d'alertes (1 mètre sous la base des ouvrages). La sonde PO163 a également été immergée en fin d'année 2021 et début d'année 2022 sans atteinte des seuils d'alertes.

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
PO159	03/12/2020	22/02/2021	Le piézomètre PO159 est situé à proximité de l'ouvrage TO3
PO162	06/01/2021	12/01/2021	Le piézomètre PO162 est situé à proximité de l'ouvrage T24-0
	29/01/2021	09/02/2021	
PO163	27/10/2020	27/02/2021	Le piézomètre PO163 est situé à proximité de l'ouvrage T24-0
	09/11/2021	16/12/2021	
	31/12/2021	22/01/2022	

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.

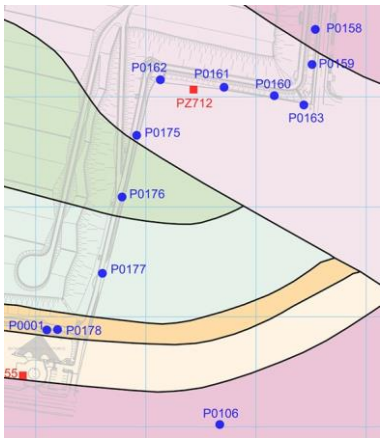


Figure 5-9 *Piézomètres de la zone 1*

5.2.3.1 Suivi radiologique

Le Tableau 5-4 indique les niveaux d'activités radiologiques des piézomètres de la zone 1 mesurés en 2021.

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	≤0,12	0,30	0,17	0,32	≤4,88	7,2
PO158	0,06	0,08	0,10	0,16	15,82	21,9
PO159	≤0,02	0,05	0,08	0,11	≤4,07	5,8
PO160	0,30	0,50	0,25	0,39	≤2,05	≤2,2
PO161	0,38	0,70	0,36	0,64	3,95	4,3
PO162	0,06	0,07	0,14	0,16	≤2,25	≤2,3
PO175	0,33	0,60	0,42	0,72	≤2,10	≤2,1
PO176	0,06	0,07	0,10	0,12	≤2,20	2,2
PO177	0,03	0,04	0,09	0,11	≤2,55	2,9

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 [29]). Des analyses complémentaires ont été effectuées, en 2013 et 2019, et montrent que ces valeurs sont dues à des RN naturels issus de la chaîne de désintégration de l'^{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. Des analyses plus poussées ont été faites en 2021 dans les eaux du piézomètre PO161 (cf. 5.5.3.3).

Les valeurs des indices bêta global sont toutes inférieures à la valeur guide (1 Bq/L) définie dans l'arrêté du 11 janvier 2007 [29].

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 (16 Bq/L) en hausse par rapport à 2020 (10 Bq/L). Les autres piézomètres de la zone présentent des résultats inférieurs à 10 Bq/L dont de nombreux résultats sont inférieurs aux SD.

En 2021, les prélèvements annuels concernant les analyses radiologiques à bas seuil (Tableau 9-45 et Tableau 9-46) 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 : ^{214}Pb et ^{22}Ac.

5.2.3.2 Suivi physico-chimique

La composition chimique des eaux dans les piézomètres de la zone 1 (Tableau 9-47) est stable par rapport à 2020. Les eaux souterraines de ce secteur sont acides (pH compris entre 4,9 et 5,9). 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.

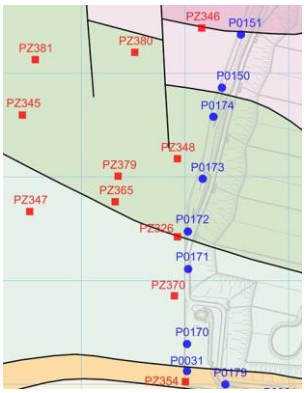


Figure 5-10 Piézomètres de la zone 2

5.2.4.1 Suivi radiologique

Le Tableau 5-5 indique les niveaux d'activités radiologiques des piézomètres de la zone 2 mesurés en 2021.

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	0,32	0,77	0,46	1,17	21,6	26
PO151	0,04	0,05	0,10	0,13	7,8	10
PO170	0,16	0,21	0,25	0,27	2,8	3,6
PO171	0,08	0,18	0,14	0,20	104	164
PO172	0,06	0,13	0,11	0,22	65	96
PO173	≤0,06	0,14	0,14	0,19	5,3	48
PO174	0,10	0,47	0,23	0,73	19,7	91
PO179	0,12	0,14	0,24	0,32	2,8	3,5
PZ326	≤0,06	0,09	≤0,12	0,27	170	260

Les résultats 2021 sont comparables aux résultats de 2020, il est à noter que, de façon globale, les valeurs des indices alpha global sont légèrement plus élevées qu'en 2020. Comme les années précédentes, les piézomètres PO150, PO170 et P0174 présentent un indice alpha global relativement élevé (supérieur à la valeur guide (0,1 Bq/L) définie dans l'arrêté du 11 janvier 2007 [29]). Des analyses complémentaires ont été effectuées, en 2013 et 2017, et montrent que ces valeurs sont dues à des RN naturels issus de la chaîne de désintégration de l'^{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. Cette année, la moyenne des indices alpha global dans le piézomètre PO179 dépasse 0,1 Bq/L en cohérence avec la moyenne des résultats des mesures des 10 dernières années de 0,12 Bq/L.

Les valeurs des indices bêta global sont toutes inférieures à la valeur guide (1 Bq/L) définie dans l'arrêté du 11 janvier 2007 [29].

Le secteur rapproché formé par les piézomètres PO171, PO172 et PZ326 présente une activité volumique moyenne en tritium comprise entre 65 Bq/L et 170 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 2021, les prélèvements annuels concernant les analyses radiologiques à bas seuil (Tableau 9-45 et Tableau 9-46) ont été réalisés sur deux piézomètres situés en zone 2 (PO173, PO174) qui interceptent les eaux rabattues par le pompage en EEV-SE.

La présence de tritium est détectée à des concentrations comparables à celles mesurées tout au long de l'année. Du carbone 14 a été mesuré dans le PO174 à un niveau faible (2,6 +/- 1,7 Bq/L). Du carbone 14 est de façon très sporadique mesuré dans la nappe à des concentrations inférieures à 10 Bq/L. L'origine de ce carbone 14 n'est pas connue ; toutefois, il se trouve sous forme organique compte tenu de l'acidité des eaux de ce secteur (pH de l'ordre de 5,7).

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 2020 et 2021, est donnée dans le Tableau 5-6.

L'indicateur correspondant à la moyenne des résultats tritium des piézomètres de la zone 2 est en diminution en 2021 par rapport à 2020, respectivement 44 et 52 Bq/L en 2020.

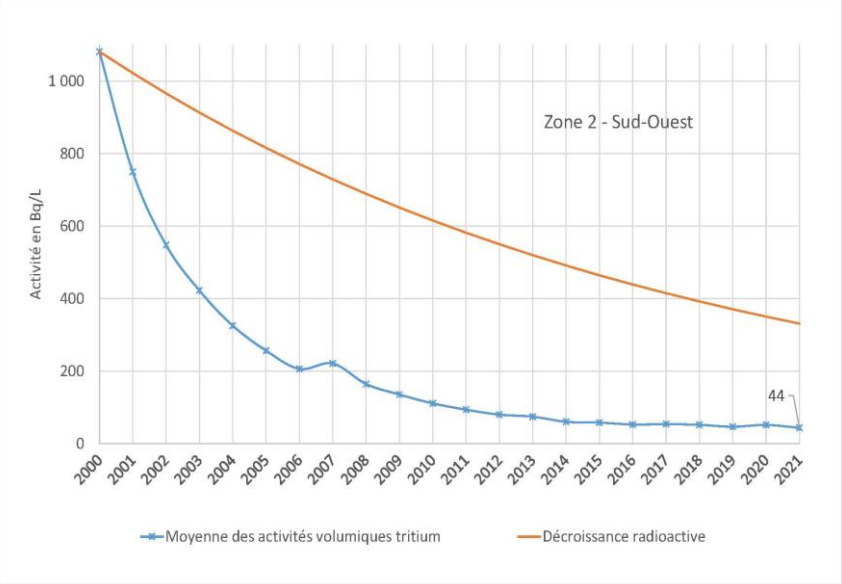


Figure 5-11 *Evolution depuis 2000 de la moyenne des activités tritium moyennes de chaque piézomètre de la zone 2 en comparaison à la décroissance radioactive naturelle du tritium*

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

Piézomètre	Tendance 2020-2021	Commentaire
PO150	+13%	L'évolution de l'indicateur tritium de la zone 2 est en diminution par rapport à 2020. Il est à noter que l'évolution de cette zone est essentiellement due à l'évolution des piézomètres PO171, PO172 et PZ326 qui sont en diminution cette année. Le PO173 présente une forte augmentation mais cela est dû à la faible teneur moyenne de ce piézomètre qui passe de 2,4 à 5,3 Bq/L.
PO151	+2%	
PO170	+22%	
PO171	-3%	
PO172	-33%	
PO173	+124%	
PO174	+65%	
PO179	+14%	
PZ326	-22%	

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

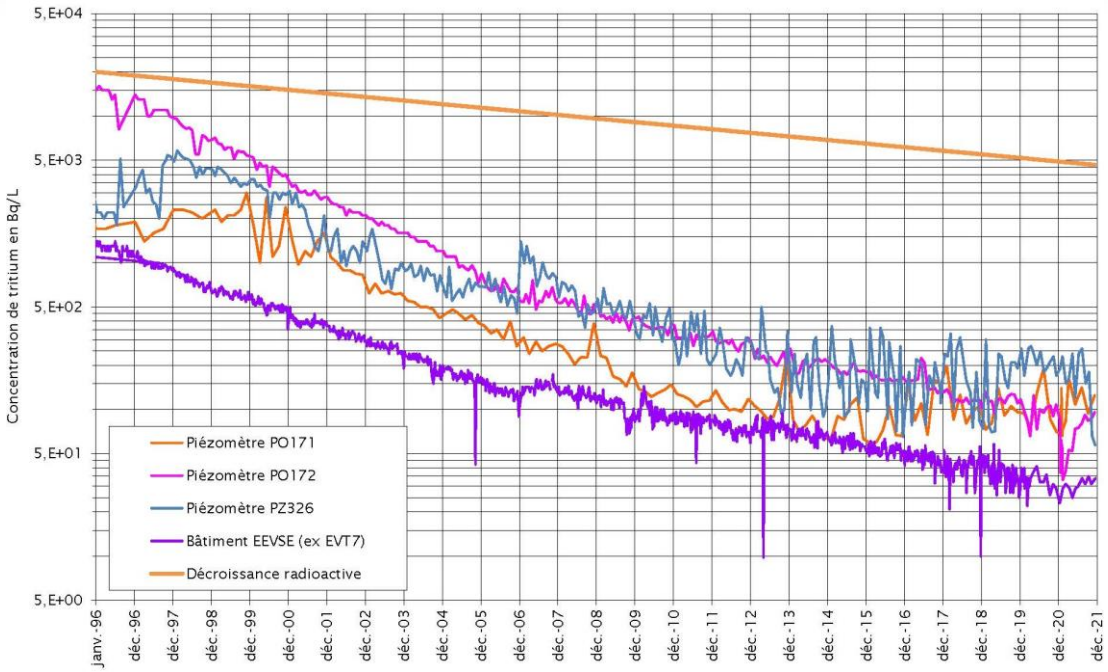


Figure 5-12 *Evolution de l'activité en tritium dans les piézomètres de la zone Sud-Ouest (zone 2) depuis 1996*

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

- une baisse régulière avec une diminution plus forte que celle de la décroissance radioactive jusqu'en 2014 ;
- des variations plus accentuées en tritium depuis 2013 au PZ326 mais conduisant toutefois à une stabilisation de la concentration en tritium ; il est à noter que la fin d'année 2021 est marquée par une valeur plus faible que celles habituellement mesurées ;
- la confirmation de la stabilisation de la concentration en tritium dans le PO171 malgré des fluctuations relativement importantes ;
- une forte diminution de la concentration volumique en tritium dans le PO172 dans la première partie de l'année (valeurs relevées jusqu'à 33 Bq/L pour une moyenne habituellement comprise entre 90 à 100 Bq/L). Les valeurs relevées en fin d'année sont cohérentes avec celles obtenues habituellement ;
- la valeur moyenne annuelle mesurée dans EVT-7 (30 Bq/L) est cohérente avec l'indicateur tritium de la zone 2 (44Bq/L).

Les variations illustrent un comportement différent de ces piézomètres lié à des effets de circulation dans les fractures et à des fluctuations de géologie, 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 (Tableau 9-48) est stable par rapport à 2020. Les eaux souterraines de ce secteur sont acides (pH compris entre 5,7 et 6,1). 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 9-48).

5.2.5 Surveillance radiologique et physico-chimique : piézomètres du secteur nord-est (zone3)

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.

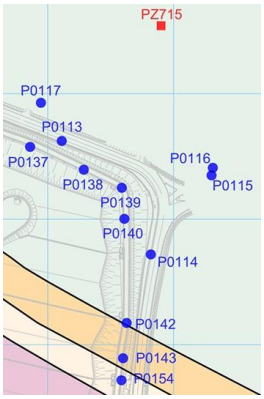


Figure 5-13 Piézomètres de la zone 3

5.2.5.1 Suivi radiologique

Le Tableau 5-7 indique les niveaux d'activités radiologiques des piézomètres de la zone 3 mesurés en 2021.

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	0,03	0,12	0,16	79	269
PO114	0,14	0,26	0,26	0,49	291	401
PO115	≤0,02	0,05	0,14	0,22	34	43
PO116	≤0,02	0,02	≤0,06	0,09	3,2	7,9
PO117	≤0,02	0,04	0,17	0,22	842	1070
PO137	≤0,02	0,04	0,17	0,22	4221	4720
PO138	≤0,02	0,03	0,18	0,41	568	850
PO139	0,09	0,23	0,30	0,52	525	880
PO140	≤0,03	0,04	0,35	0,49	1568	2830
PO142	0,05	0,06	0,18	0,28	50	77
PO143	0,10	0,17	0,18	0,33	1043	1830
PO154	0,22	0,35	0,41	0,56	5,6	7,9

Les résultats 2021 sont comparables aux résultats de 2020. 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 0,35 Bq/L pour l'activité bêta global. Comme les années précédentes, les maximums d'activités radiologiques alpha et bêta sont mesurés dans le piézomètre PO154 en période de basses eaux. Les piézomètres PO114, PO143 et PO154 présentent un indice alpha global relativement élevé (supérieur à la valeur guide (0,1 Bq/L) définie dans l'arrêté du 11 janvier 2007 [29]). Il est admis que l'origine de ces émetteurs alpha présents dans l'eau souterraine est en relation directe avec la nature géologique des terrains qu'elle traverse. Les valeurs des indices bêta global sont toutes inférieures à la valeur guide (1 Bq/L) définie dans l'arrêté du 11 janvier 2007 [29].

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 3,2 Bq/L pour le PO116 à 4 221 Bq/L pour le PO137 (Tableau 5-7).

Les analyses radiologiques en spectrométrie gamma et scintillation liquide à bas seuil (Tableau 9-45 et Tableau 9-46) 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, ^{228}Ac.

Tout comme en 2020, une valeur significative de ^{14}C est mesurée au PO138, toujours à des valeurs faibles et présentant une grande incertitude (Tableau 9-46). L'origine de ce carbone 14 n'est pas identifiée, toutefois, ce paramètre peut être liée au rejet en carbone 14 effectué par Orano Recyclage [24], en effet, le ^{14}C est régulièrement détecté dans les différents compartiments de l'environnement de la Hague [31]. Il est à noter que compte tenu des pH acides mesurés dans le PO138 (entre 4,9 et 5,7 cf. Tableau 9-41), le carbone 14 mesuré est présent sous forme organique[10].

[10] Composés comportant au moins une liaison C-H

Des traces de ^{99}Tc sont détectées dans le PO137 (0,08 Bq/L) ; une valeur similaire a déjà été mesurée en 2016.

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 2020 et 2021 est donnée dans le Tableau 5-8.

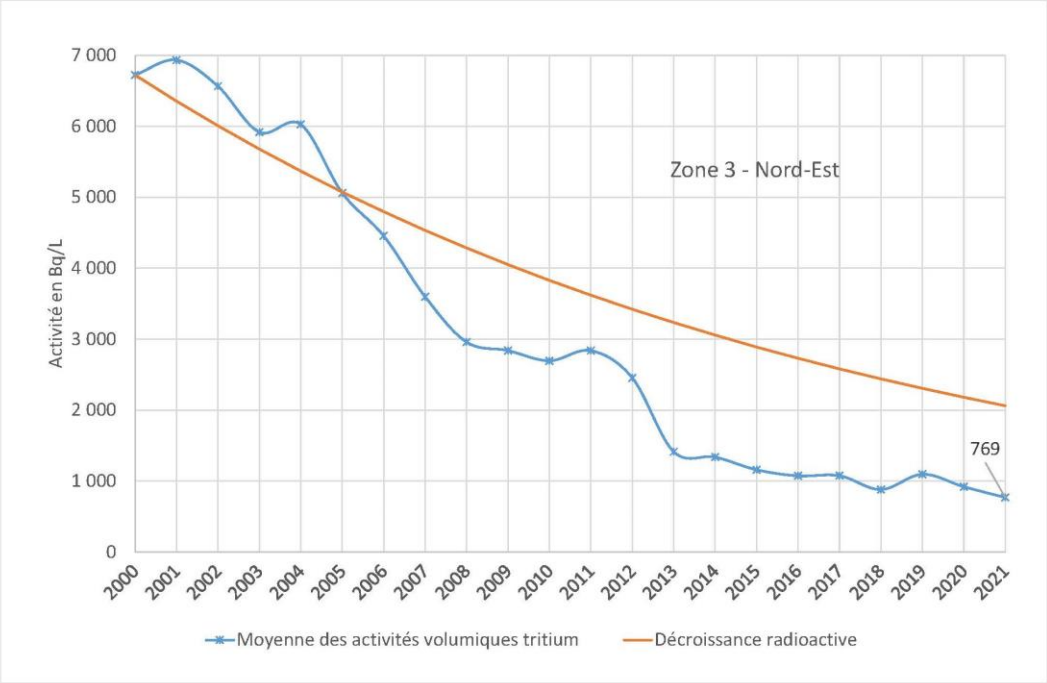


Figure 5-14 *Evolution depuis 2000 de la moyenne des activités tritium moyennes de chaque piézomètre de la zone 3 en comparaison à la décroissance radioactive naturelle du tritium*

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

Piézomètre	Tendance 2020-2021	Commentaire
PO113	+37%	En 2021 l'indicateur tritium de la zone 3 est en diminution par rapport à 2020. Trois piézomètres présentent une augmentation de la concentration moyenne en tritium : PO113, PO117 et le PO143. Toutefois, les activités restent du même ordre de grandeur que les années précédentes
PO114	-34%	
PO115	+1%	
PO116	-8%	
PO117	+23%	
PO137	-18%	
PO138	-28%	
PO139	-33%	
PO140	-24%	
PO142	-61%	
PO143	+13%	
PO154	-27%	

La Figure 5-15 et la Figure 5-16 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 et dans sa partie aval.

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.

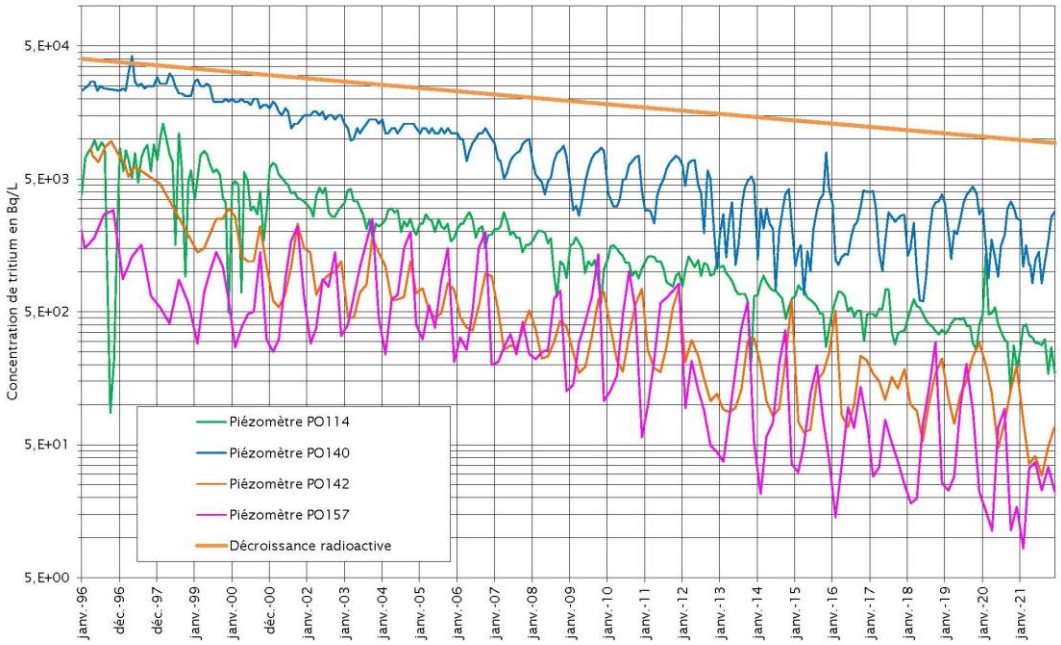


Figure 5-15 *Evolution de l'activité moyenne en tritium dans les piézomètres de la zone nord-est amont (zone 3) depuis 1996*

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 décroit plus vite que la décroissance naturelle du tritium.

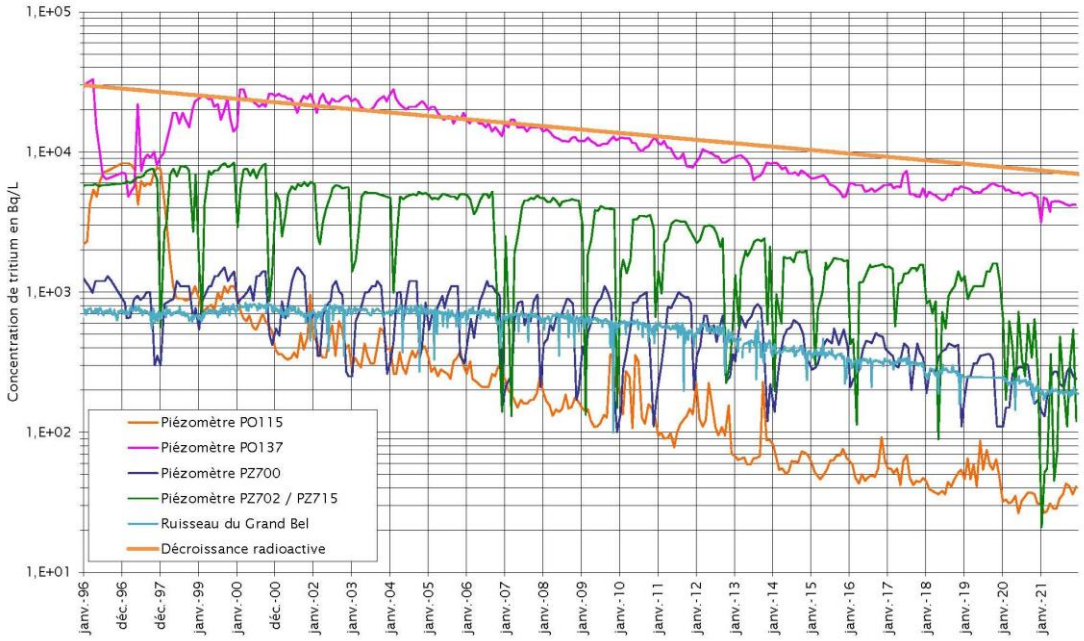


Figure 5-16 *Evolution de l'activité moyenne en tritium dans les piézomètres de la zone Nord-Est aval (zone 3) depuis 1996*

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.

5.2.5.3 Suivi physico-chimique

Les eaux souterraines de cette zone sont acides (pH compris entre 5,0 et 6,3) sauf pour le PZ700 dont les eaux sont proches de la neutralité (6,9 et 7,9).

Piézomètres internes

La composition chimique des eaux dans les piézomètres internes de la zone 3 (Tableau 9-49) est stable par rapport à 2020. Le fer, mesuré à des valeurs supérieures à 500 µg/L ces dernières années dans le PO158, présente des concentrations beaucoup plus faibles depuis 2020 ; elles sont comprises entre 2,8 et 3,7 µg/L en 2021. 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 (Tableau 9-49) est stable par rapport à 2020. 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.

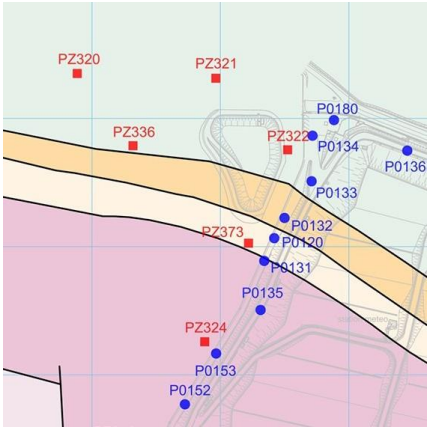


Figure 5-17 Piézomètres de la zone 4

5.2.6.1 Suivi radiologique

Le Tableau 5-9 indique les niveaux d'activités radiologiques des piézomètres de la zone 4 mesurés en 2021.

Tableau 5-9 Indicateurs radiologiques des piézomètres de la zone 4

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	0,26	0,75	0,45	1,08	10146	15900
PO131	0,15	0,19	0,33	0,38	40800	45400
PO132	0,09	0,11	0,19	0,24	1677	2100
PO133	0,04	0,05	0,13	0,17	640	1360
PO134	≤0,02	0,04	0,1	0,13	234	475
PO135	≤0,03	0,04	0,1	0,11	313	600
PO136	0,04	0,06	0,25	0,40	3452	4830
PO152	≤0,02	0,03	0,07	0,11	40	59
PO153	≤0,05	0,08	0,15	0,20	1600	1980
PO180	0,09	0,16	0,22	0,31	1248	1800
PZ320	≤0,06	≤0,37	≤0,10	≤0,23	12	17
PZ321	≤0,04	0,08	≤0,12	0,16	105	170
PZ322	≤0,03	0,06	≤0,12	0,22	14	70
PZ324	≤0,03	≤0,06	≤0,10	0,16	12	16

Les résultats de 2021 sont comparables aux résultats de 2020. Les indicateurs de suivi des activités alpha global et bêta global présentent des valeurs moyennes comprises entre le SD et 0,26 Bq/L pour l'activité alpha global et entre le SD et 0,75 Bq/L pour l'activité bêta global. Les piézomètres PO120 et PO131 présentent un indice alpha global relativement élevé (supérieur à la valeur guide (0,1 Bq/L) définie dans l'arrêté du 11 janvier 2007 [29]). Les valeurs moyennes des indices bêta global sont toutes inférieures à la valeur guide (1 Bq/L) définie dans l'arrêté du 11 janvier 2007 [29]. Comme les années précédentes, les maximums d'activités radiologiques alpha et bêta sont mesurés dans le piézomètre PO120. Des analyses plus poussées ont été faites en 2021 dans les eaux du piézomètre PO120 (cf. 5.5.3.3) qui démontrent l'origine naturelle de ces éléments.

Comme les années précédentes, les activités volumiques moyennes en tritium des piézomètres de cette zone présentent des écarts importants couvrant une large gamme allant de 12 Bq/L pour le PZ322 à presque 41 000 Bq/L pour le PO131 (Tableau 5-9). Toutefois, c'est dans ce secteur que les activités volumiques en tritium sont les plus élevées, notamment pour le PO120 et le PO131.

Les analyses radiologiques en spectrométrie gamma et scintillation liquide à bas seuil (Tableau 9-45 et Tableau 9-46) réalisées sur les piézomètres de ce secteur (PO131, PO168 et PO180) mettent principalement en évidence la présence de tritium et de radioéléments naturels tels que le ^{40}K, et ^{228}Ac. Aucun autre RN artificiel n'a été détecté.

5.2.6.2 Suivi de l'indicateur d'évolution du tritium

L'évolution pluriannuelle de l'activité volumique du tritium de la zone 4 au nord-ouest du Centre est présentée dans la Figure 5-18 ; l'évolution de la tendance entre 2020 et 2021 est donnée dans Tableau 5-10. On note une tendance globale à la baisse de l'activité tritium en oscillation autour de la

décroissance attendue du niveau de radioactivité. L'indicateur correspondant à la moyenne des résultats tritium des piézomètres de la zone 4 est de 4 307 Bq/L en 2021 pour une valeur de 4 224 Bq/L en 2020.

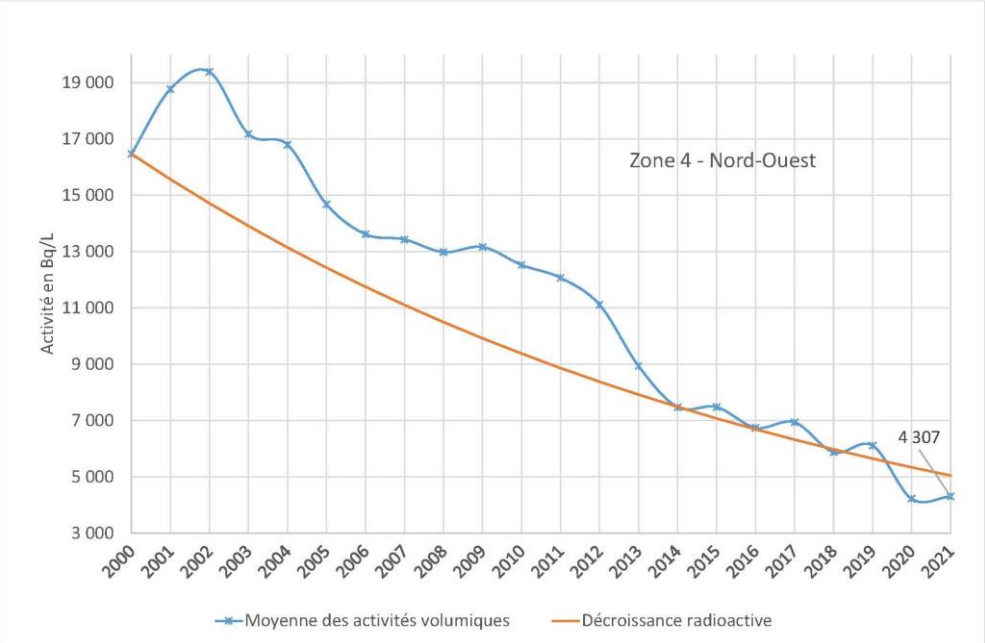


Figure 5-18 *Evolution depuis 2000 de la moyenne des activités tritium moyennes de chaque piézomètre de la zone 4 en comparaison à la décroissance radioactive naturelle du tritium*

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

Piézomètre	Tendance 2020-2021	Commentaire
PO120	-3%	En 2021 l'indicateur tritium de la zone 4 est en légère augmentation par rapport à 2020. Les plus fortes augmentations de la concentration moyenne en tritium concernent le PO133 et le PO180. Les activités restent cependant du même ordre de grandeur que les années précédentes.
PO131	+3%	
PO132	0%	
PO133	+45%	
PO134	-8%	
PO135	-8%	
PO136	+4%	
PO152	-13%	
PO153	-12%	
PO180	+35%	
PZ320	-24%	
PZ321	-3%	
PZ322	22%	
PZ324	-4%	

Après une forte augmentation de la concentration tritium en 2020 dans le PO153, les valeurs de tritium sont revenues à un ordre de grandeur plus habituel.

La Figure 5-19 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 5-20 présente également dans ce secteur les piézomètres situés sur le site d'Orano Recyclage.

L'évolution des piézomètres de ce secteur est contrastée.

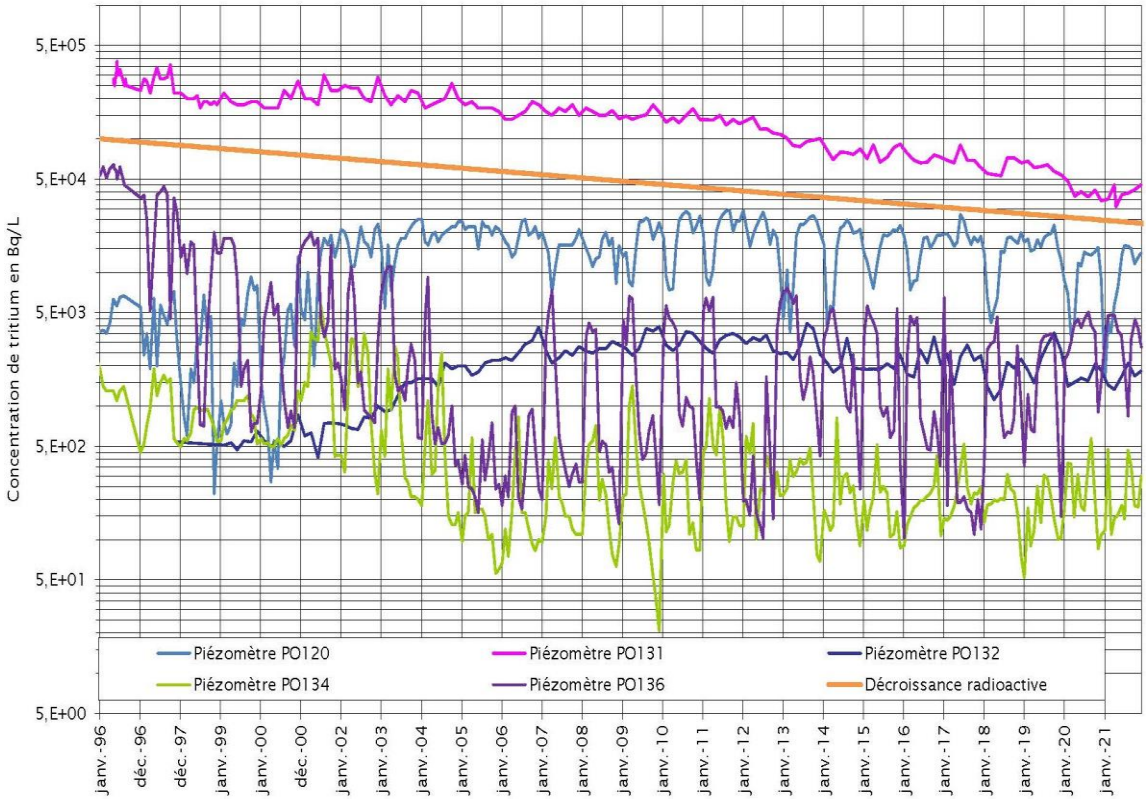


Figure 5-19 *Evolution de l'activité moyenne en tritium dans les piézomètres intérieurs de la zone nord-ouest (zone 4) depuis 1996*

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, qui montre depuis 2012 une baisse plus rapide que l'allure de la pente de la décroissance radioactive, présente une relative stabilité en 2021. Les piézomètres PO134 et PO136 présentent des variations saisonnières importantes ; la moyenne des concentrations en tritium y est stable cette année.

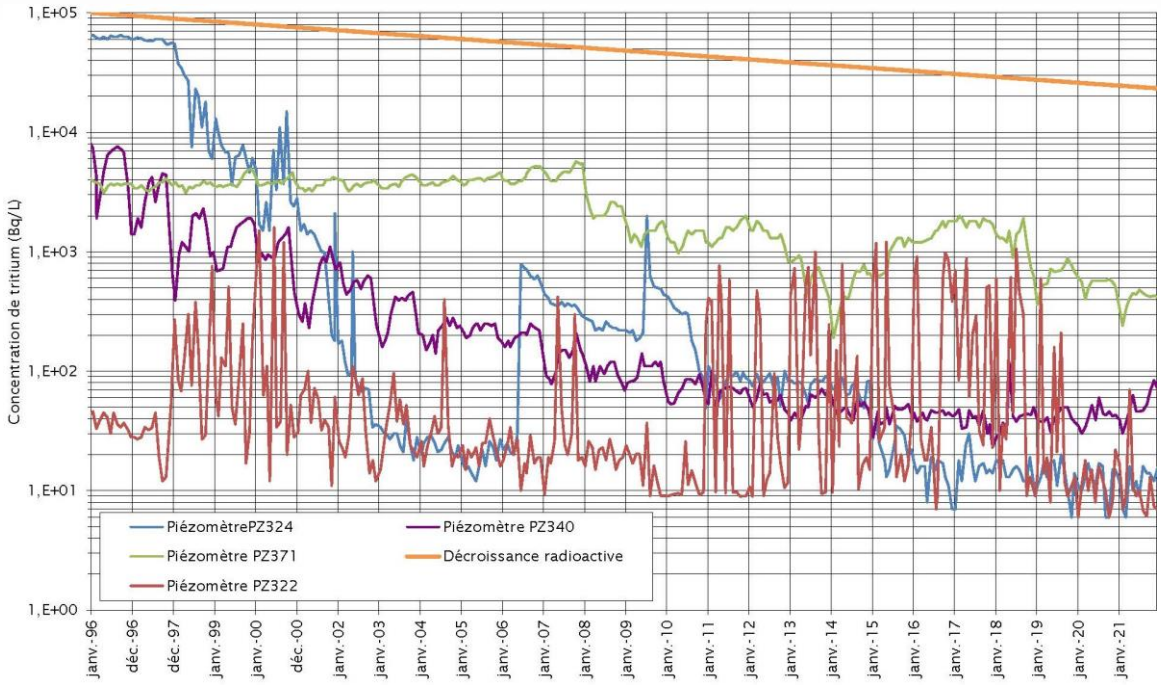


Figure 5-20 *Evolution de l'activité moyenne en tritium dans les piézomètres extérieurs de la zone nord-ouest (zone 4) depuis 1996*

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 jusqu'en 2020 et une augmentation en 2021. La concentration volumique en tritium dans le PZ322, qui présentait des variations rapides allant de quelques dizaines de Bq/L et atteignant 1 000 Bq/L, est depuis 2020 plus stable.

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 Gravitaire à risque).
- l'activité volumique en tritium du PZ324 décroit 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 décroit 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, 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 les PO120, PO132 et PO133, montrent depuis plusieurs années une légère tendance à la hausse, dont l'explication peut être multiple :

- un relâchement de tritium à partir de certains ouvrages de la zone Nord-Ouest ;
- une influence des drainages mis en place par Orano Recyclage situés à proximité du secteur ;

- une particularité géologique affectant la circulation des eaux [32].

Cette année, le PO120 et le PO132 présentent une stabilisation de la concentration moyenne en tritium, tandis que la concentration tritium dans le PO133 est globalement en hausse.

5.2.6.3 Suivi physico-chimique

La composition chimique des eaux dans les piézomètres de la zone 4 (Tableau 9-50) est stable par rapport à 2020. Les eaux souterraines de ce secteur sont acides (pH compris entre 5,2 et 6,5). La présence régulière d'aluminium, de fer et de manganèse est liée au fond géochimique du secteur.

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 5-21), ces valeurs élevées ne sont pas en lien avec les activités du CSM.

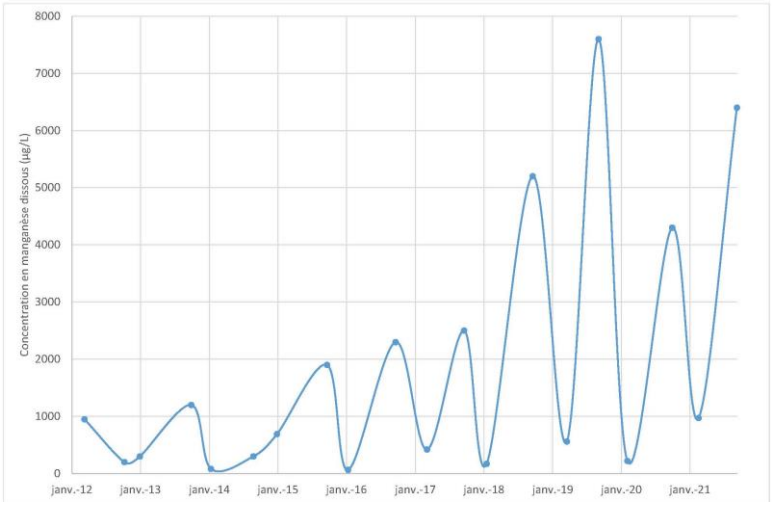


Figure 5-21 *Evolution de la concentration de manganèse dissous dans le PO168 depuis 2012*

Du mercure à une concentration dépassant les 1µg/L a été mesuré cette année dans le PO136 ; de telles valeurs ont déjà été régulièrement mesurées dans les eaux souterraines en amont et en aval du CSM qui démontrent l'origine externe de cette pollution.

De faibles valeurs de HAP ont été mesurées dans le PZ322 (<0,02 µg/L) ; des valeurs identiques ont également été mesurées en 2012, 2013, 2018 et 2019.

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 5-22.

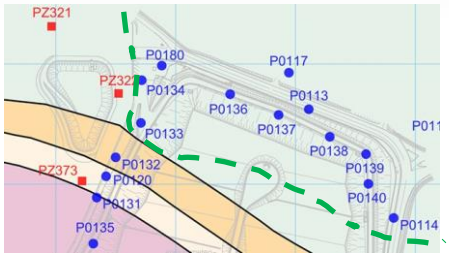


Figure 5-22 Piézomètres de la zone 5

5.2.7.1 Suivi radiologique

Le Tableau 5-11 indique les niveaux d'activités radiologiques des piézomètres de la zone 5 mesurés en 2021.

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	0,03	0,12	0,16	79	269
PO114	0,14	0,26	0,26	0,49	291	401
PO117	≤0,02	0,04	0,17	0,22	842	1070
PO133	0,04	0,05	0,13	0,17	640	1360
PO134	≤0,02	0,04	0,10	0,13	234	475
PO136	0,04	0,06	0,25	0,40	3452	4830
PO137	≤0,02	0,04	0,17	0,22	4221	4720
PO138	≤0,02	0,03	0,18	0,41	568	850
PO139	0,09	0,23	0,30	0,52	525	880
PO140	≤0,03	0,04	0,35	0,49	1568	2830
PO142	0,09	0,16	0,22	0,31	1248	1800
PO180	0,05	0,06	0,18	0,28	50	77

Les résultats de 2021 sont comparables aux résultats de 2020. Les indicateurs de suivi des activités alpha global et bêta global présentent des valeurs moyennes comprises entre le SD et 0,14 Bq/L pour l'activité alpha global et entre le 0,10 et 0,35 Bq/L pour l'activité bêta global. Comme les années précédentes, les maximums d'activités radiologiques alpha sont mesurés dans le PO114, ces valeurs dépassent régulièrement la valeur guide de 0,1 Bq/L définie dans l'arrêté du 11 janvier 2007 [29]. Les valeurs des indices bêta global sont toutes inférieures à la valeur guide (1 Bq/L) définie dans l'arrêté du 11 janvier 2007 [29].

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 5-23 ; l'évolution de la tendance entre 2020 et 2021 est donnée dans le Tableau 5-12. On note une tendance globale à la baisse de l'activité tritium.

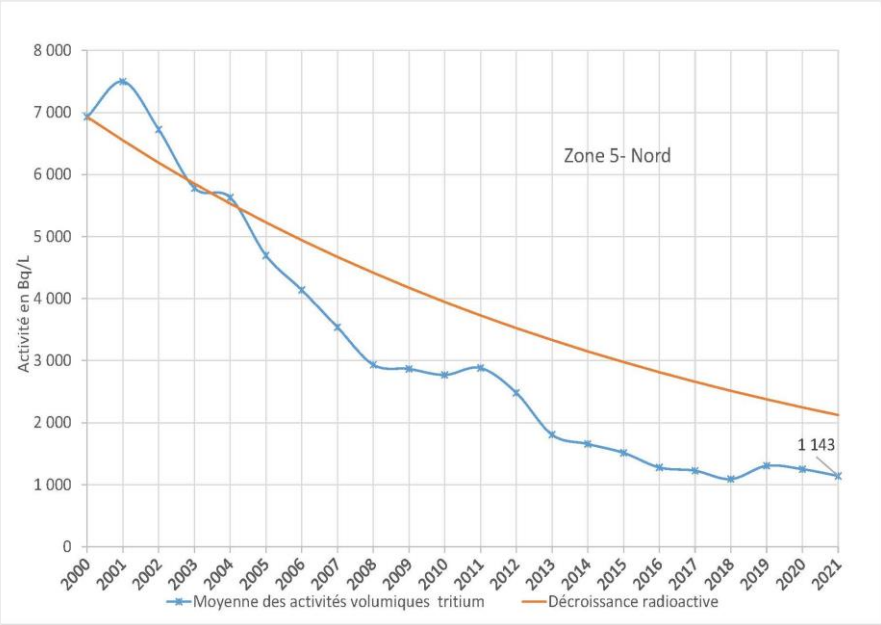


Figure 5-23 *Evolution depuis 2000 de la moyenne des activités tritium moyennes de chaque piézomètre de la zone 5 en comparaison à la décroissance radioactive naturelle du tritium*

Tableau 5-12 *Présentation de la tendance tritium des piézomètres de la zone 5*

Piézomètre	Tendance 2020-2021	Commentaire
PO113	+37%	En 2021 l'indicateur tritium de la zone 5 est en légère diminution par rapport à 2020. Quatre piézomètres présentent toutefois des augmentations de la concentration moyenne en tritium : PO113, PO117, PO133 et PO142. Les activités restent cependant du même ordre de grandeur que les années précédentes.
PO114	-34%	
PO117	+23%	
PO133	+45%	
PO134	-8%	
PO136	+4%	
PO137	-18%	
PO138	-28%	
PO139	-33%	
PO140	-24%	
PO142	+35%	
PO180	-61%	

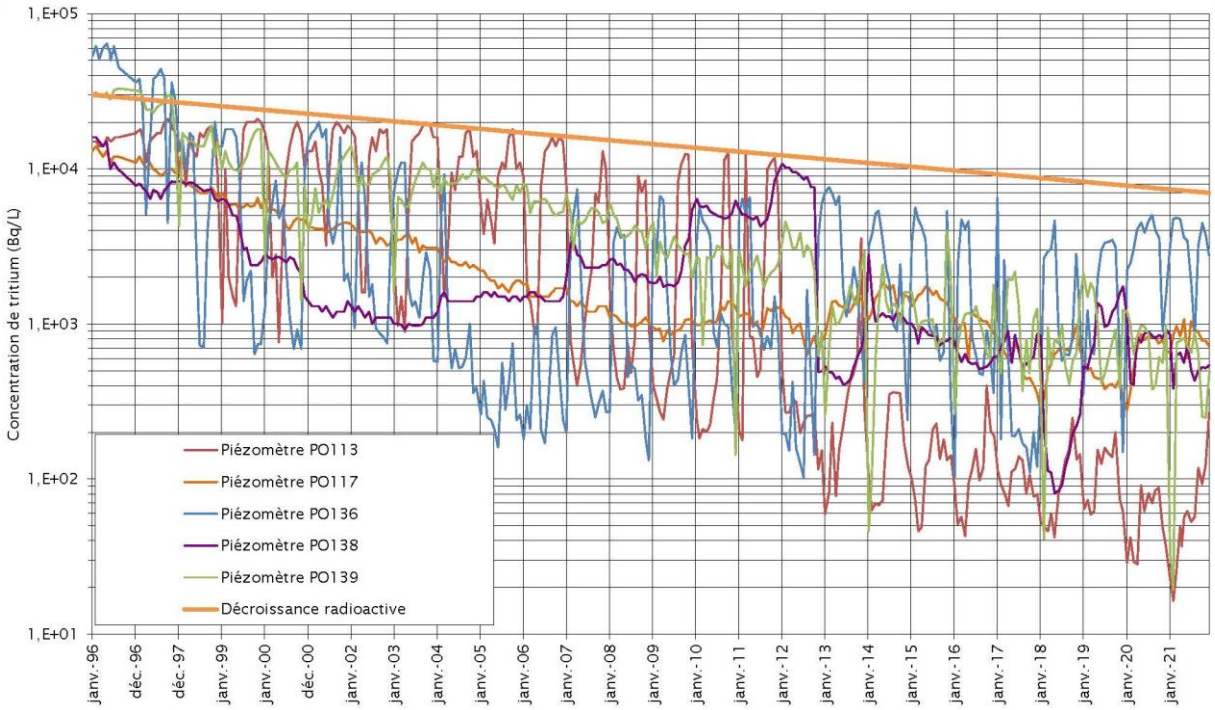


Figure 5-24 Evolution de l'activité moyenne en tritium dans les piézomètres de la zone Nord (zone 5) depuis 1996

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).

- le PO113, dont la concentration en tritium présente une grande variabilité, est globalement en hausse en 2021 ;
- le PO139 continue sa tendance à la baisse ;
- le PO136, qui présente une baisse de la concentration tritium 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, a atteint une activité max aux environs de 1500 Bq/L, puis à partir de 2016, a amorcé une diminution globale et présente une stabilisation autour de 1000 Bq/L depuis 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), depuis 2020 il présente une certaine stabilité.

5.2.7.3 Suivi physico-chimique

Les résultats des analyses physico-chimiques des piézomètres de la zone 5 sont présentés dans le Tableau 9-49 et dans le Tableau 9-50. 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 5-25 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 [6].

Tableau 5-13 *Moyenne de l'activité volumique tritium dans les piézomètres depuis 2012*

	Unités	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Moyenne des activités volumiques moyennes	Bq/L	4 262	3 264	2 777	2 728	2 459	2 520	2 134	2 253	1 606	1 589
Décroissance radioactive	Bq/L	5 769	5 453	5 154	4 872	4 606	4 353	4 115	3 890	3 677	3 476

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 [6]: 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.

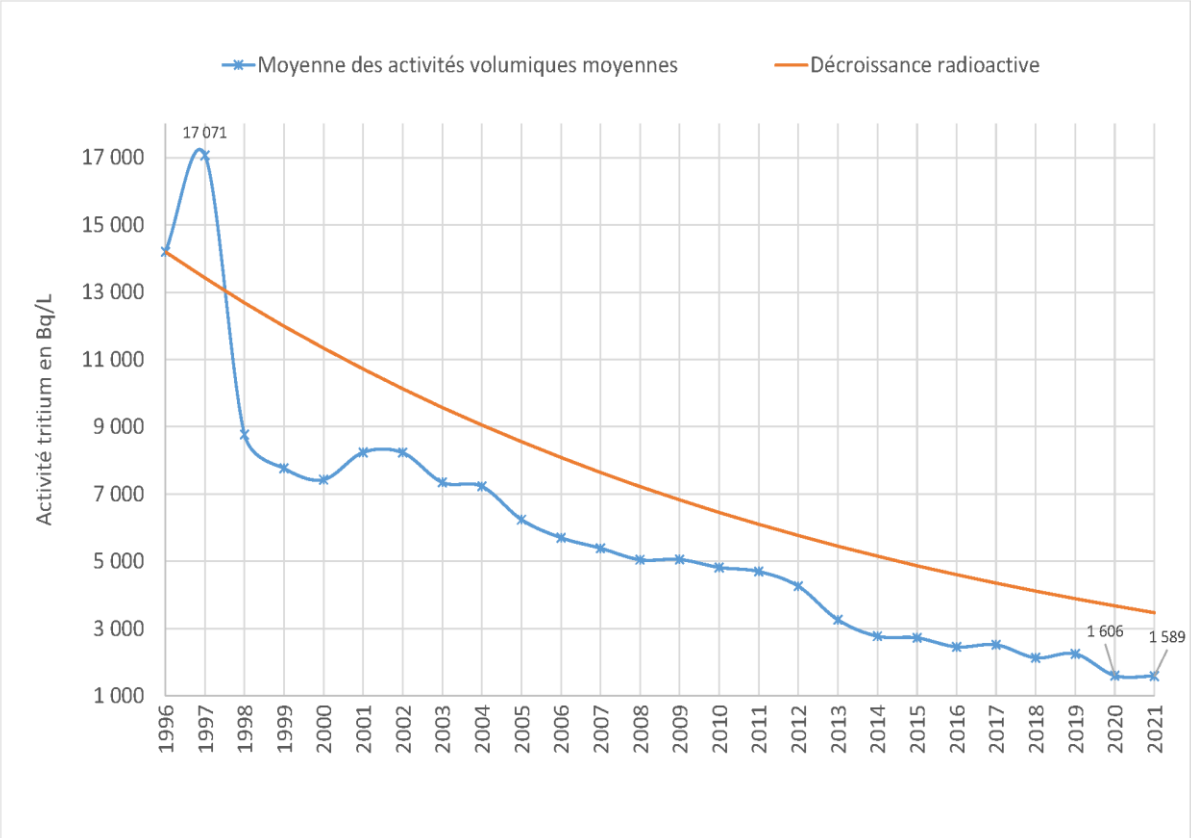


Figure 5-25 *Indicateur de l'évolution de l'activité moyenne en tritium dans les piézomètres au droit du Centre depuis 1996*

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 en 2019, l'indicateur tritium diminue légèrement en 2021.

5.2.9 Conclusion du suivi des eaux souterraines

En termes de saisonnalité, l'année 2021 présente un profil hydrologique assez peu courant avec un épisode de recharge marqué entre juillet et août. Pour autant, les états de hautes et basses eaux sont observés à des périodes habituelles. L'année hydrologique 2021-2022 s'initie avec un déficit marqué chaque mois (de -22 à -89%) conférant un cumul déficitaire de -45% à fin 2021.

L'indicateur de l'activité moyenne en tritium est en légère diminution en 2021 (1 589 Bq/L). Il traduit les inflexions de tendance observées par secteur en dehors de la zone 4 qui est cette année en légère augmentation.

En 2021, les paramètres physico-chimiques dans les eaux souterraines respectent les normes de qualité environnementale de l'arrêté du 17 décembre 2008 [34] en dehors d'une valeur de mercure qui dépasse 1 µg/L dans le PO136.

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 présentent un écoulement sud-nord aboutissant à la mer, située à quelques kilomètres.

On retrouve d'Est en Ouest :

- 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 ;
- 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 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.

La localisation des points de contrôle sur les ruisseaux est présentée en Figure 5-26.



Figure 5-26 Localisation des points de contrôle de l'eau des ruisseaux

La surveillance radiologique, chimique 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 au niveau des 5 points de contrôle figurés ci-dessus. La comparaison des résultats chimique aux NQE [34] est présentée au chapitre 7.

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 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.

5.3.2.1 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 9-51 (R1) et le Tableau 9-52 (R1-10).

En 2021, les activités volumiques moyennes (alpha global, bêta global et tritium) des eaux prélevées aux deux points de contrôles du ruisseau des Roteures (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 des Roteures

Paramètres	Unités	R1	R1-10
Moyenne des indices αG	Bq/L	≤ 0,016	≤ 0,016
Moyenne des indices βG	Bq/L	0,071	0,077
Moyenne des concentrations en tritium	Bq/L	≤ 2,4	5,7

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 [29] 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'au point 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. L'activité volumique en tritium est équivalente à celle de 2020.

5.3.2.2 Suivi physico-chimique

Les résultats semestriels des analyses physico-chimiques et chimiques sur les eaux des Roteures au point R1 sont présentés dans le Tableau 9-53.

Les paramètres physico-chimiques sont stables par rapport aux années précédentes. Le pH des eaux des Roteures est proche de la neutralité (7,0 -7,7) (Tableau 9-51 et Tableau 9-52) et compatible avec la protection de la vie aquatique. La conductivité, de l'ordre de 230 µS/cm, est cohérente avec les concentrations mesurées des éléments chimiques et avec celles habituellement relevées dans les cours d'eau. Cette valeur fluctue en fonction des saisons et est plus élevée lors des plus fortes températures. La concentration en MES, dont une trop forte concentration perturbe la vie aquatique, est variable (entre 6 et 31 mg/L) et satisfaisante. La bonne oxygénation du milieu est constatée avec des valeurs d'oxygène dissous proches de la saturation en oxygène maximale. Aucune anomalie n'est détectée.

Les résultats des campagnes menées en février et septembre 2021 ne montrent pas d'évolution particulière des concentrations des paramètres chimiques dans les 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 (cf. 5.3.5.2). La présence de cuivre est également mise en évidence. Les valeurs précédentes étaient < 5 µg/L ; l'évolution des techniques analytiques a permis d'abaisser la limite de quantification (< 1 µg/L) et établit la présence de cuivre. Des nitrates et des nitrites, régulièrement mesurés dans Les Roteures, démontrent la présence d'activités anthropiques (agricoles et/ou ménagères). Ces paramètres ne sont pas liés aux activités du

CSM. Enfin, des traces d'arsenic et de mercure sont également mesurées dans Les Roteures, bien en dessous des limites de qualité des eaux destinées à la consommation humaines [29].

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 5-26). Ce ruisseau est alimenté par l'exhaure des eaux souterraines soumises à l'influence de la partie est et nord-est du CSM. 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 9-54.

En 2021, 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 5-15.

Tableau 5-15 Activités volumiques des eaux du ruisseau du Grand-Bel

Paramètres	Unités	R3
Moyenne des indices αG	Bq/L	≤ 0,015
Moyenne des indices βG	Bq/L	0,092
Moyenne des concentrations en tritium	Bq/L	192

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 (48 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 [29] à savoir 0,1 Bq/L en αG et 1 Bq/L en βG.

La concentration volumique moyenne en tritium reste significative mais est en baisse par rapport à 2020. La Figure 5-27 présente l'évolution de la concentration tritium depuis 2012. Les valeurs de l'année 2021 sont comprises entre 170 et 211 Bq/L.

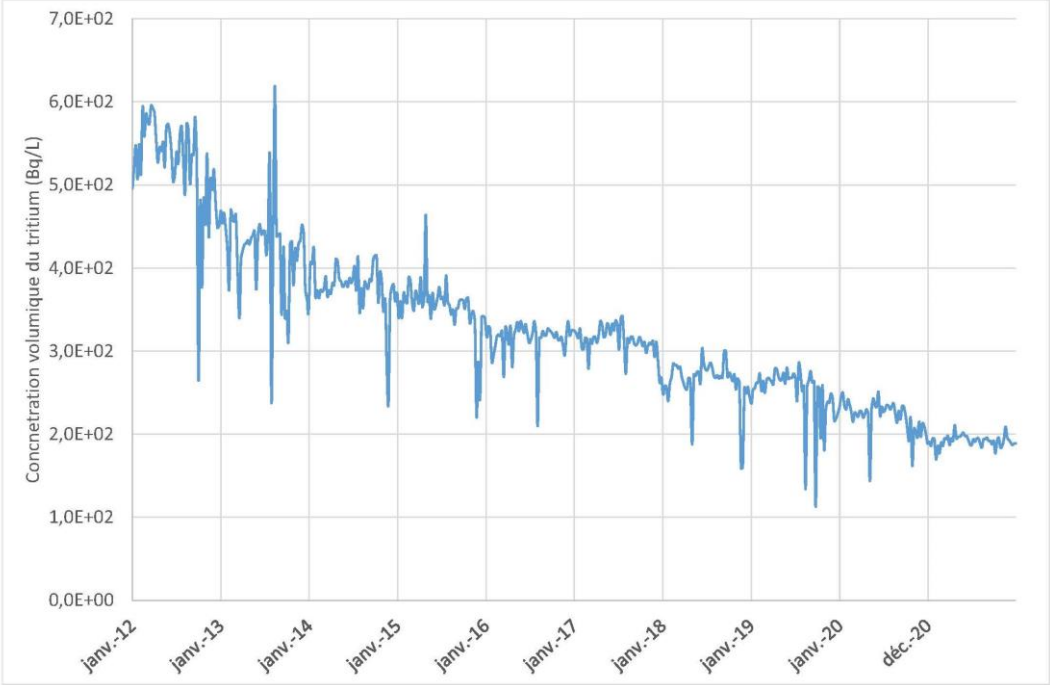


Figure 5-27 *Evolution de la concentration tritium au point de contrôle R3 depuis 2012*

La Figure 5-28 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.

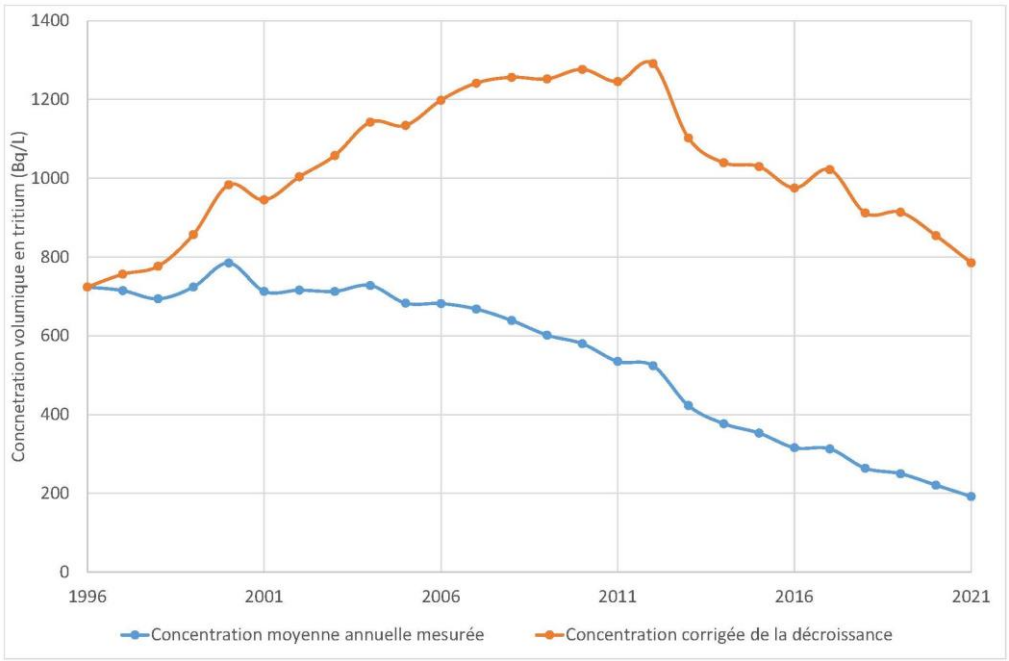


Figure 5-28 *Évolution de l'activité 3H au point R3 avec et sans correction de la décroissance radioactive (année de référence 1996)*

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 9-53.

Les résultats des campagnes, menées en février et septembre 2021 au point R3, ne montrent pas de variabilité saisonnière des paramètres physico-chimiques de ces eaux et restent similaires à ceux des années précédentes. Les résultats sont proches de ceux mesurés dans Les Roteures (hors influence du CSM), en dehors de valeurs de nitrates plus élevées et en lien avec les activités agricoles du secteur.

Le pH des eaux du Grand-Bel est stable (6,5 -7,6) et proche de la neutralité (Tableau 9-54).

5.3.4 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.

5.3.4.1 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 5-26). En 2021, le volume annuel mesuré au point R6-10, correspondant à la quantité d'eau ayant transité par ce point, est de 1 466 459 m^3. Le débit moyen résultant pour l'année 2021 est donc de 168 m^3/h, cohérent avec celui calculé à partir des débits instantanés relevés à fréquence hebdomadaire, de l'ordre de 155 m^3/h.

5.3.4.2 Suivi radiologique

Les prélèvements pour le suivi radiologique des eaux de la Sainte-Hélène sont effectués aux points R6 et R6-10 (Figure 5-26). Ils sont réalisés chaque semaine et correspondent à des prélèvements ponctuels. Les résultats des analyses radiologiques sont présentés dans le Tableau 9-55 (R6) et dans le Tableau 9-56 (R6-10).

En 2021, 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 5-16.

Tableau 5-16 Activités volumiques des eaux du ruisseau de la Sainte-Hélène

Paramètres	Unités	R6	R6-10
Moyenne des indices αG	Bq/L	≤ 0,016	≤ 0,019
Moyenne des indices βG	Bq/L	0,12	0,11
Moyenne des concentrations en tritium	Bq/L	20	14

Les résultats des indices alpha et bêta globaux sont similaires à ceux des années précédentes. En 2021, toutes les valeurs sont inférieures aux valeurs guides appliquée lors des contrôles sanitaires des eaux destinées à la consommation humaine [29] 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 moyennes sont en diminution par rapport à 2020.

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 9-57). En 2021, on observe la présence récurrente de tritium, comparable avec les résultats de la surveillance hebdomadaire. Des traces de carbone 14 ont été détectées au point de contrôle R6. Une valeur similaire a déjà été mesurée en 2009. Aucun autre RN artificiel n'est détecté. Des RN naturels sont toutefois mesurés (^{212}Pb, ^{214}Pb, ^{234}U, ^{238}U) à des concentrations comparables avec celles de l'environnement.

La Figure 5-29 présente l'évolution depuis 2012 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.

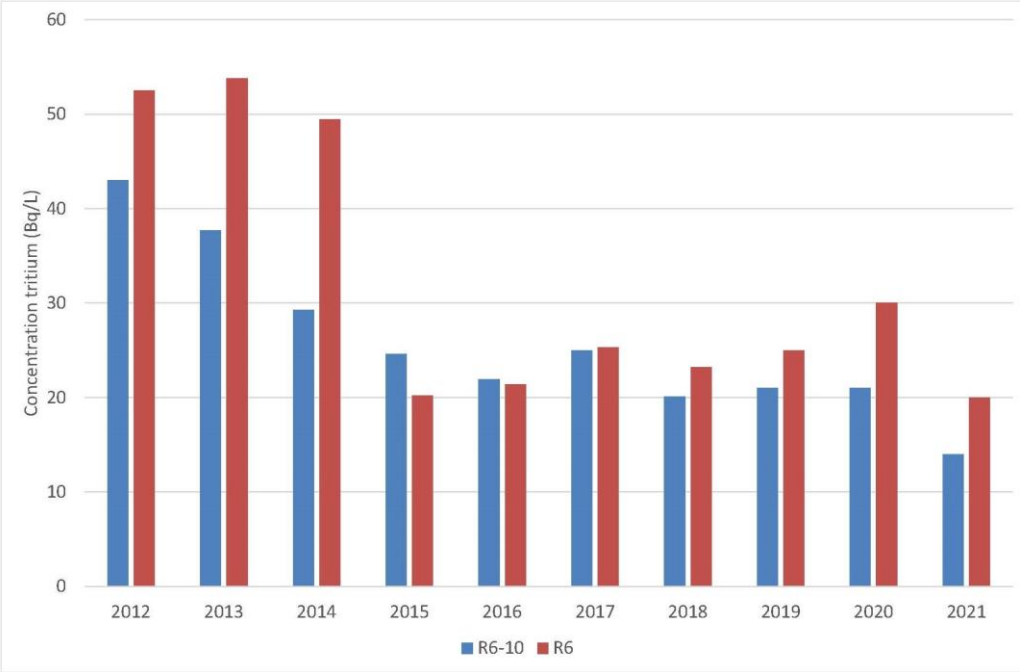


Figure 5-29 *Evolution de la concentration moyenne annuelle en tritium dans le ruisseau de la Sainte-Hélène en R6 et R6-10 depuis 2012*

L'évolution de l'activité tritium sur la Sainte Hélène s'inscrit dans une tendance à la baisse qui semble toutefois s'atténuer et marque un plateau entre 2015 et 2020.

5.3.4.3 Comparaison des concentrations ^{3}H 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 5-17 sont les moyennes des activités tritium pondérées par les volumes des échantillons aliquotes 15 jours au point GPNE (Tableau 9-58) et à la moyenne arithmétique des activités tritium hebdomadaires pour R6 (Tableau 9-55).

Tableau 5-17 *Moyennes annuelles des activités tritium en Bq/L aux points GPNE et R6 depuis 2012*

Concentration ^{3}H (Bq/L)	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
GPNE	41	38	35	19	14	13	15	12	16	13
R6	53	54	49	20	21	25	23	25	30	20

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.

5.3.4.4 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. 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 2021 pour l'estimation de la concentration volumique en tritium des eaux souterraines atteignant le ruisseau de la Sainte-Hélène

- Volume rejeté à GPNE : VGPNE = 517 940 m^3
- Volume écoulé au ruisseau de la Sainte-Hélène à VR6-10 : 1 466 459 m^3
- Concentration moyenne en tritium à GPNE = 13 Bq/L
- Concentration moyenne en tritium au point R6-10 = 14 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 :

Équation 3 $V_{eau\ ruissellement} = VR6\text{-}10 - VGPNE = 1\ 466\ 459 - 517\ 940 = 948\ 519\ m^3$.

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) : 1 466 459 x 103 x 14 / 109 = 21 GBq
- Activité tritium en GPNE (GBq) : 517 940 x 103 x 13 / 109 = 7 GBq

Soit 21 – 7 = **14 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 :

(14 X 109) / (948 519 x103) = **15 Bq/L**

Cette concentration varie en fonction de la pluviométrie. L'estimation de l'apport du tritium via la nappe phréatique au niveau du point de contrôle R6-10 est en baisse en 2021.

5.3.4.5 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 9-59.

La qualité des eaux du ruisseau de la Sainte-Hélène est notamment influencée par :

- les eaux pluviales venant de l'Andra et d'Orano Recyclage ;
- les pratiques agricoles alentours ;
- la nature des sols ;

- les eaux de ruissellement ;
- les eaux souterraines.

Le pH des eaux de la Sainte-Hélène est relativement stable (6,9 -8,0) et proche de la neutralité (Tableau 9-55 et Tableau 9-56).

Les résultats des campagnes menées en février et septembre 2021 ne montrent pas d'évolution particulière de la qualité physico-chimique de ces eaux (Tableau 9-59). 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 (cf. 5.3.5.2).

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).

5.3.5 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 9-60.

<u>Sédiments du Grand-Bel</u>

Les résultats de la spectrométrie gamma mettent en évidence la présence de ^{137}Cs (concentration moyenne en 2021 : 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.

<u>Sédiments de la Sainte-Hélène</u>

En 2021, l'activité radiologique moyenne en ^{137}Cs mesurée dans la partie amont du ruisseau de la Sainte-Hélène en SR6 est de 11 Bq/kg sec (de 5 à 23 Bq/kg sec) et dans sa partie aval en SR6-10 est de 7 Bq/kg sec (de 4,9 à 9,2 Bq/kg sec). Ces concentrations moyennes sont équivalentes à celles généralement mesurées chaque année (Figure 5-30). Il est à noter que les concentrations sont généralement plus élevées en SR6 qu'en SR6-10.

En SR-6, tout comme les années précédentes, du ^{238}Pu, du $^{239+240}$Pu et de l'^{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.

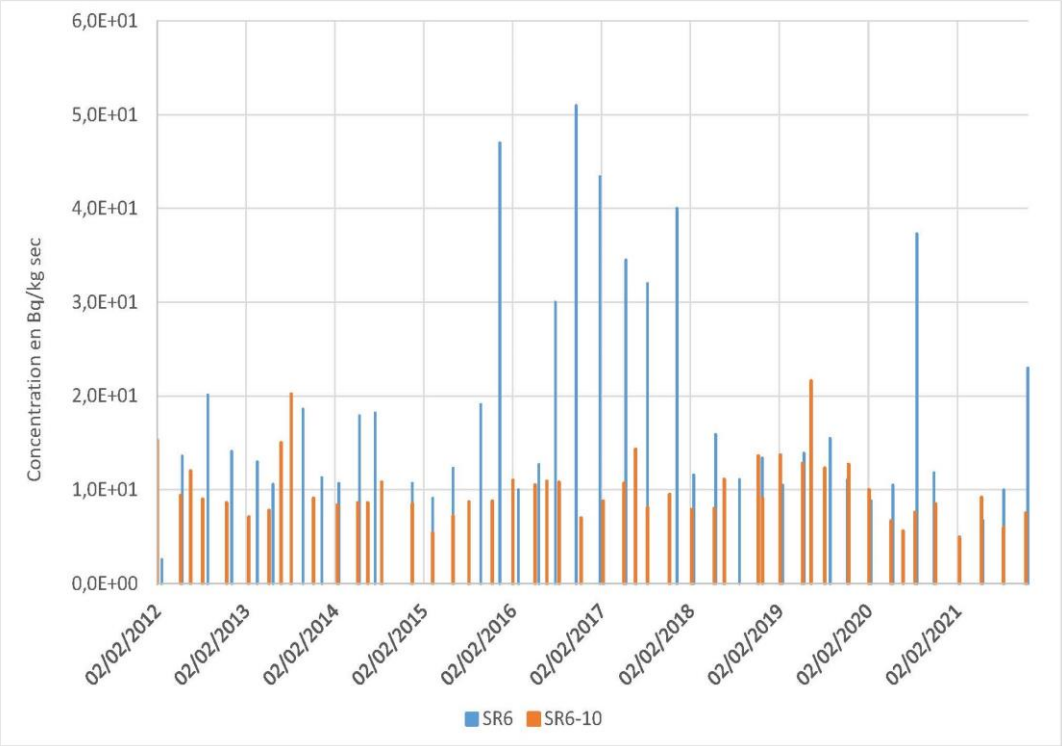


Figure 5-30 Evolution de la concentration massique de ^{137}Cs en SR6 et SR6-10 depuis 2012

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 9-57.

Hormis les radionucléides d'origine naturelle, on relève la présence de ^{137}Cs et des traces du ^{238}Pu et de $^{239+240}Pu$.

5.3.5.2 Suivi physico-chimique

Les analyses physico-chimiques semestrielles des sédiments sont réalisées sur les ruisseaux des Roteures (SR1), du Grand-Bel (SR3) et de la Sainte-Hélène (SR6 cascade). Les résultats des analyses effectuées sont comparés aux valeurs guides précisée dans l'arrêté du 09 août 2006 [33] (cf. Tableau 9-7). Les résultats sont présentés dans le Tableau 9-61 et montrent comme les années précédentes :

- des teneurs en aluminium et en fer élevées trouvant leur origine dans les roches constituant le milieu géologique ;
- des teneurs importantes en manganèse et en baryum trouvant également leur origine dans les roches constituant le milieu géologique ;
- des teneurs en arsenic, chrome, cuivre et plomb en dessous des niveaux préconisés dans l'arrêté du 09 août 2006 [33] ;
- la présence de traces 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 [33] ;
- la présence de zinc ; cet élément chimique, présent également dans la pluie (cf. Tableau 9-11), 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 [33] ;

- le marquage par des HAP des sédiments du Grand-Bel (SR3) en augmentation en 2021 ; une origine anthropique provenant des hameaux et de la circulation automobile est à privilégier et est probablement à l'origine de ces teneurs.

5.3.6 Conclusion du suivi des ruisseaux

La concentration en tritium dans le ruisseau Les Roteures est stable comme habituellement et très faible (< 10 Bq/L), et en diminution dans les ruisseaux du Grand-Bel et de la Sainte-Hélène.

La contribution du tritium venant des eaux souterraines à l'aval du bassin versant au point de contrôle R6-10 est estimée à environ 14 GBq. Elle est majoritaire par rapport aux rejets via GPNE.

La présence de ^{137}Cs 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 canalisé (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 5-31.

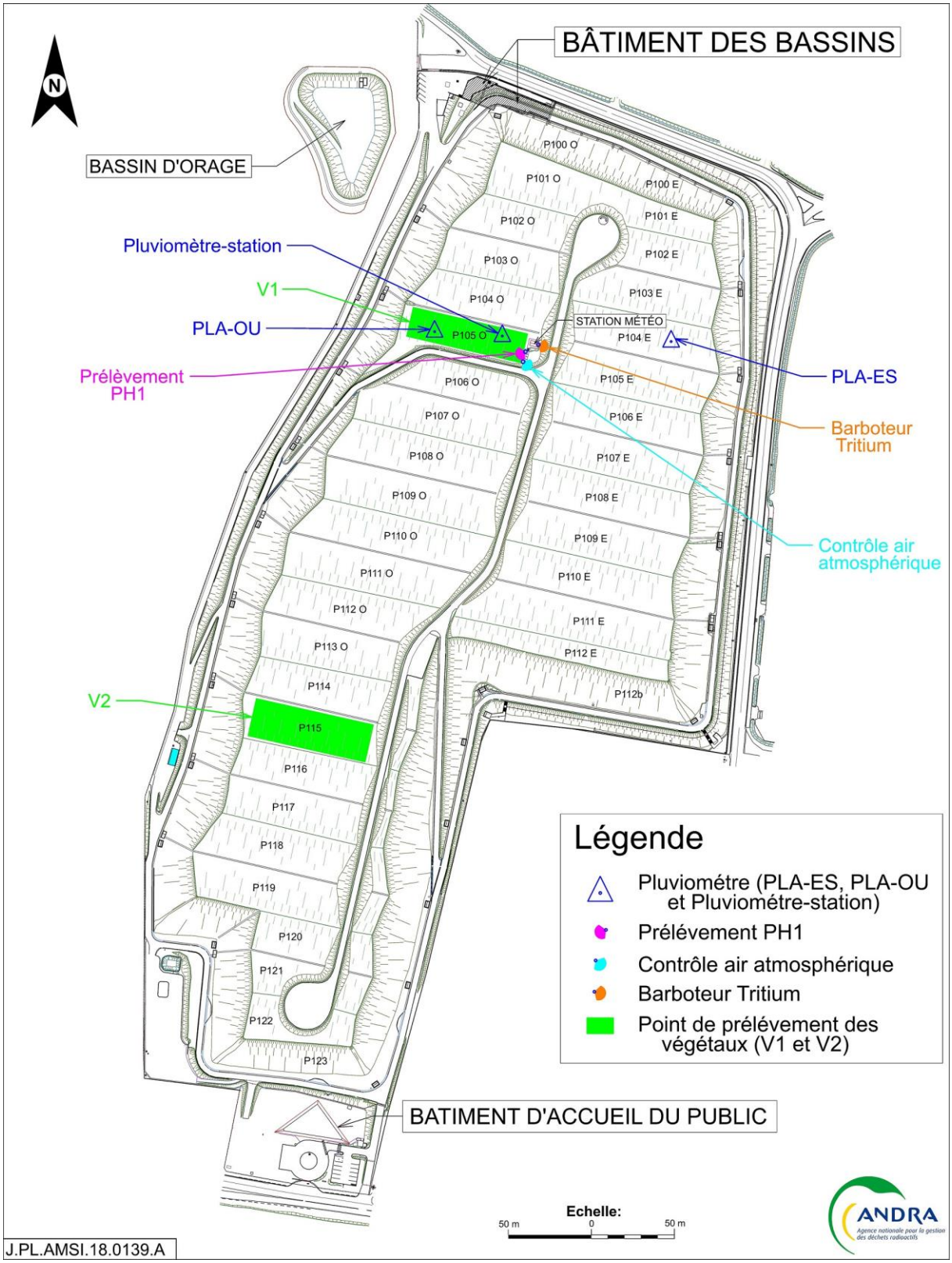


Figure 5-31 *Localisation de la station de contrôle atmosphérique pluviomètre et points de prélèvements de végétaux*

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 9-62.

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/m³	Concentration maximale en mBq/m³	Concentration minimale en mBq/m³
Indice alpha global	0,034	0,19	≤ 0,0064
Indice bêta global	0,44	2,2	0,021

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. Le seuil d'investigation de 2 mBq/m³ en bêta global préconisé à l'annexe 2 de la décision environnementale [3] a été atteint pour deux résultats le 7 et 8 septembre 2021.

Les spectrométries gamma complémentaires ont donc été réalisées sur les filtres concernés par ce dépassement ; les résultats mettent en évidence uniquement la présence de radionucléides d'origine naturelle, à savoir le béryllium 7 et le plomb 210 (Tableau 9-63).

Un problème étant survenu sur l'appareil de prélèvement en décembre 2021, aucun prélèvement n'a pu être réalisé du 11/12/21 au 15/12/21 (cf. 2.3).

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 9-64. Le Tableau 5-19 résume les résultats obtenus en 2021.

Tableau 5-19 Résultats des mesures de tritium atmosphérique

Paramètre	Concentration moyenne en Bq/m³	Concentration maximale en Bq/m³	Concentration minimale en Bq/m³
HTO	0,19	0,40	≤ 0,068
HT	0,24	0,84	≤ 0,078

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 9-9). 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 présent dans le compartiment

atmosphérique. La Figure 5-32 montre la relation entre le tritium HTO mesuré dans la vapeur d'eau et le tritium dans l'eau de pluie.

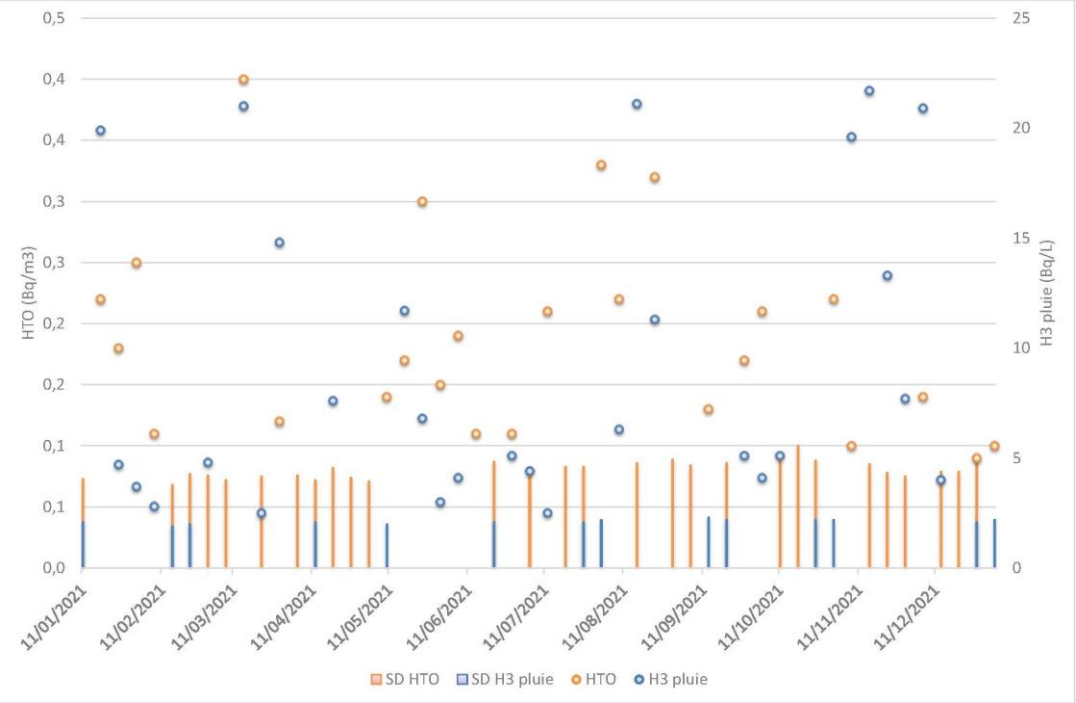


Figure 5-32 Activités en HTO mesurées dans l'air et tritium dans l'eau de pluie

5.4.4 Contrôles des végétaux de la couverture

La localisation des points de prélèvement des végétaux est indiquée en Figure 5-31. La mesure radiologique des végétaux permet d'évaluer le niveau radiologique des dépôts atmosphériques.

Les résultats des mesures mensuelles de spectrométrie gamma effectuées sur les prélèvements d'herbe de la couverture du CSM sont présentés dans le Tableau 9-65.

Les activités massiques des radioéléments naturels ^{40}K (de 620 Bq/kg sec à 1 210 Bq/kg sec) et ^{7}Be (de 119 Bq/kg sec à 1 420 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.

Aucun radionucléide artificiel n'a été détecté.

5.4.5 Conclusion

La surveillance du compartiment atmosphérique ne montre pas d'évolution en 2021. Les valeurs mesurées sont toutes du niveau environnemental. Seules des concentrations de tritium mesurées dans l'air (de 0,25 à 1,1 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 5-33). 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 9-66.

En 2021, les valeurs de débit de dose mensuelles varient de 69 à 101 nGy/h. Le débit de dose moyen calculé à partir des 10 dosimètres de clôture est de 89 nGy/h (93 nGy/h en 2019) et 87 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).

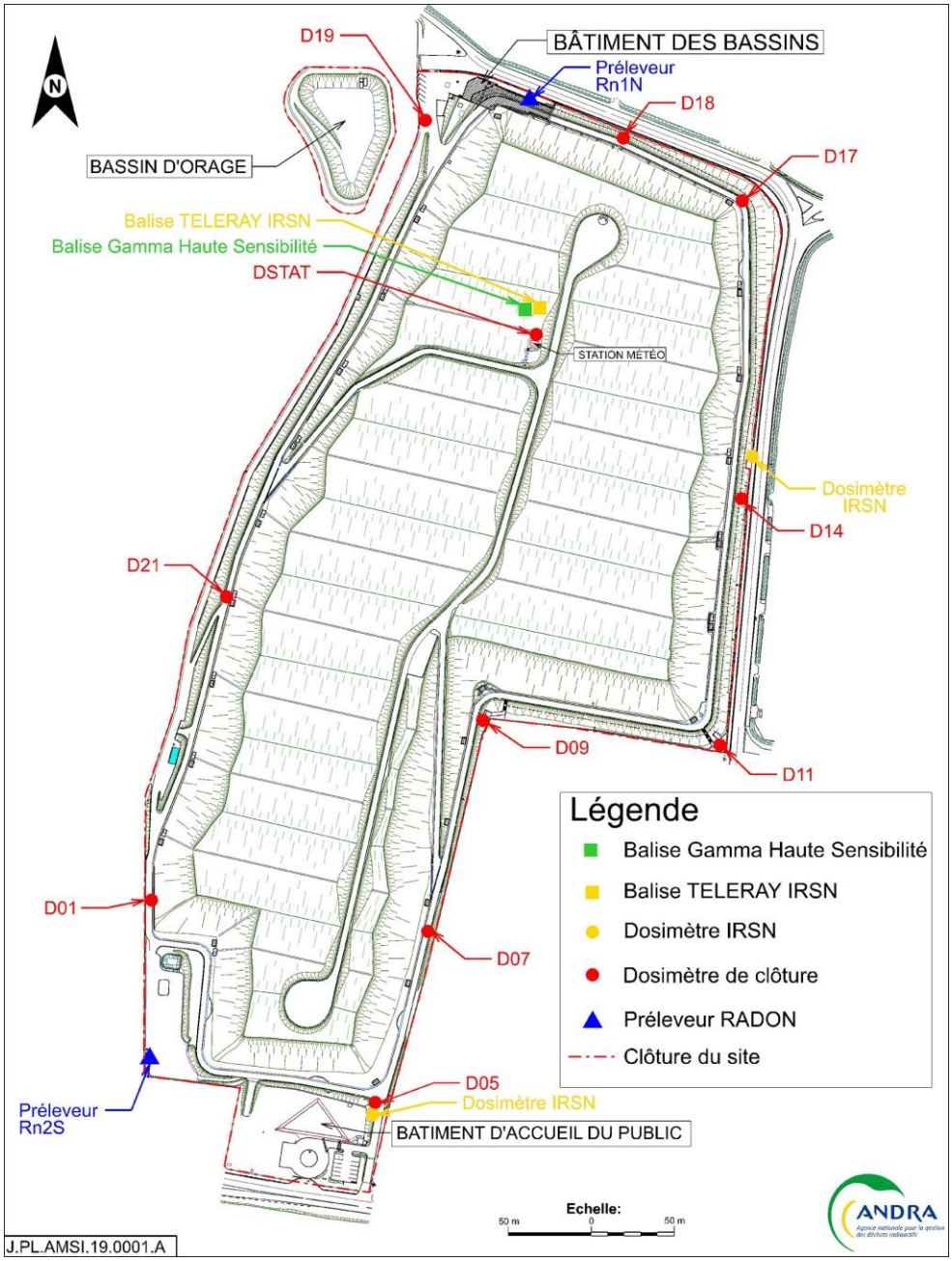


Figure 5-33 Localisation des dosimètres, balises et préleveurs de site

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 5-33.

Les résultats pour l'année 2021 sont présentés dans le Tableau 9-67. Ils sont similaires à ceux des années précédentes.

Les concentrations volumiques en radon sont en moyenne d'environ 2,4 Bq/m^3 sur l'année.

Le niveau moyen du préleveur placé au nord, Rn1n (2,4 Bq/m³), est, comme les années précédentes, supérieur à celui du préleveur Sud, Rn2s (1,3 Bq/m³).

Aucune évolution à la hausse n'est mise en évidence en 2021.

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 Contrôles croisés sur les mesures tritium

En fin d'année 2020, des résultats relativement élevés en tritium ont été mesurés au point de contrôle BRS0bis [35]. De même, en mars 2021 une valeur élevée de tritium a été mesurée dans le PO173. Pour vérifier ces résultats et ainsi évaluer la performance du laboratoire en charge des analyses réglementaires, des échantillons doublons ont été envoyés à la fois au LAC (laboratoire en charge de ces analyses) et à Subatech (organisme ne réalisant pas cette surveillance).

Les résultats obtenus par les deux laboratoires sont présentés dans le Tableau 5-20.

Tableau 5-20 Comparaison des mesures tritium au BRS0bis et au PO173

Point de prélèvement	Date de prélèvement	Résultats obtenus par le LAC (Bq/L)	Résultats obtenus par Subatech (Bq/L)	Ecart (%)	En
BRS0bis	30/11/2020	51 +/- 15	53 +/- 12	3,9	0,10
	07/12/2020	356 +/- 34	350 +/- 50	-1,7	0,10
PO173	03/03/2021	48 +/- 6	50 +/- 9	4,2	0,18
	01/04/2021	4,5 +/- 3,8	≤ 2,4	-	-

Les résultats obtenus par les deux laboratoires sont statistiquement identiques quand les résultats sont significatifs (écart inférieur à 5% et écart normalisé (En) très inférieur à 1). Pour la valeur au seuil dans le PO173, elle est cohérente avec la valeur significative qui présente une incertitude de 84% et inclut dans son intervalle la valeur en seuil.

Les résultats et les conclusions de la surveillance réglementaire sont donc confortés.

5.5.3.2 Analyses complémentaires suite à l'arrêt de pompage d'EEVSE

Suite à l'arrêt de pompage au niveau du bâtiment EEVSE (cf. 5.2.2.5) des analyses complémentaires ont été réalisées pour suivre l'impact de la remontée de nappe dans le secteur du PO173. Un suivi plus rapproché des hauteurs de nappe a été réalisé sur le PO173 du 12 au 15 janvier (cf. Figure 5-34) ainsi que des prélèvements supplémentaires pour analyser le tritium sur les piézomètres PO171, PO172, PO173 et PZ326.

La sonde d'attention située dans le PO173 a été immergée du 11 janvier au 13 janvier ; les mesures complémentaires manuelles de hauteurs de nappe faites du 12 au 15 janvier valident bien ce constat (cf. Figure 5-34).

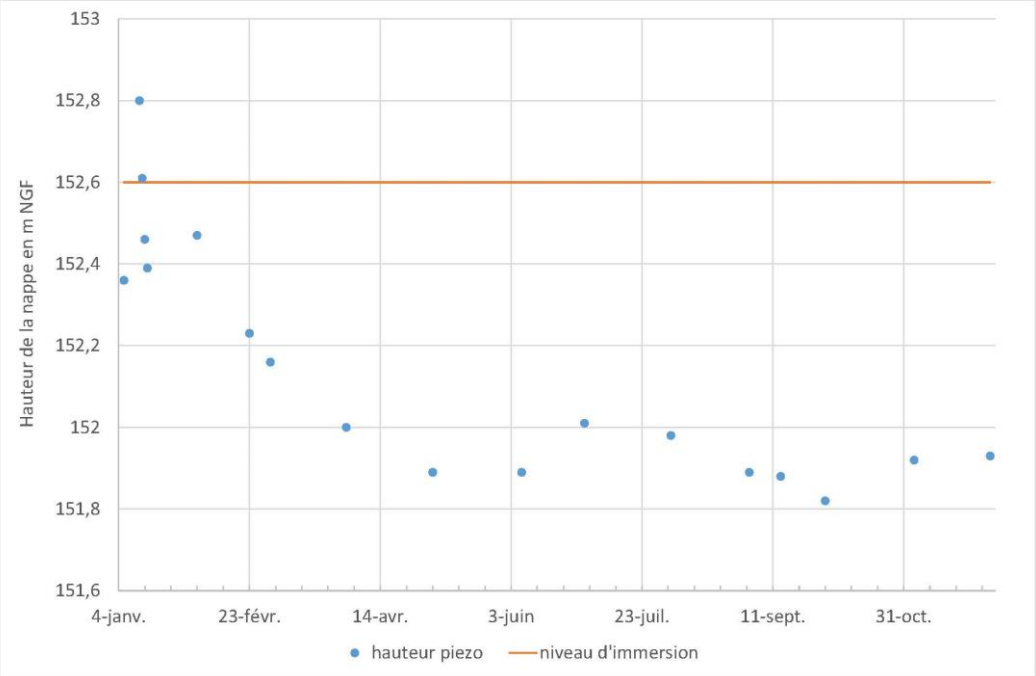


Figure 5-34 Hauteurs de nappe en PO173

Les résultats du suivi plus rapproché de la concentration tritium dans les piézomètres PO171, PO172, PO173 et PZ326 sont présentés Figure 5-35.

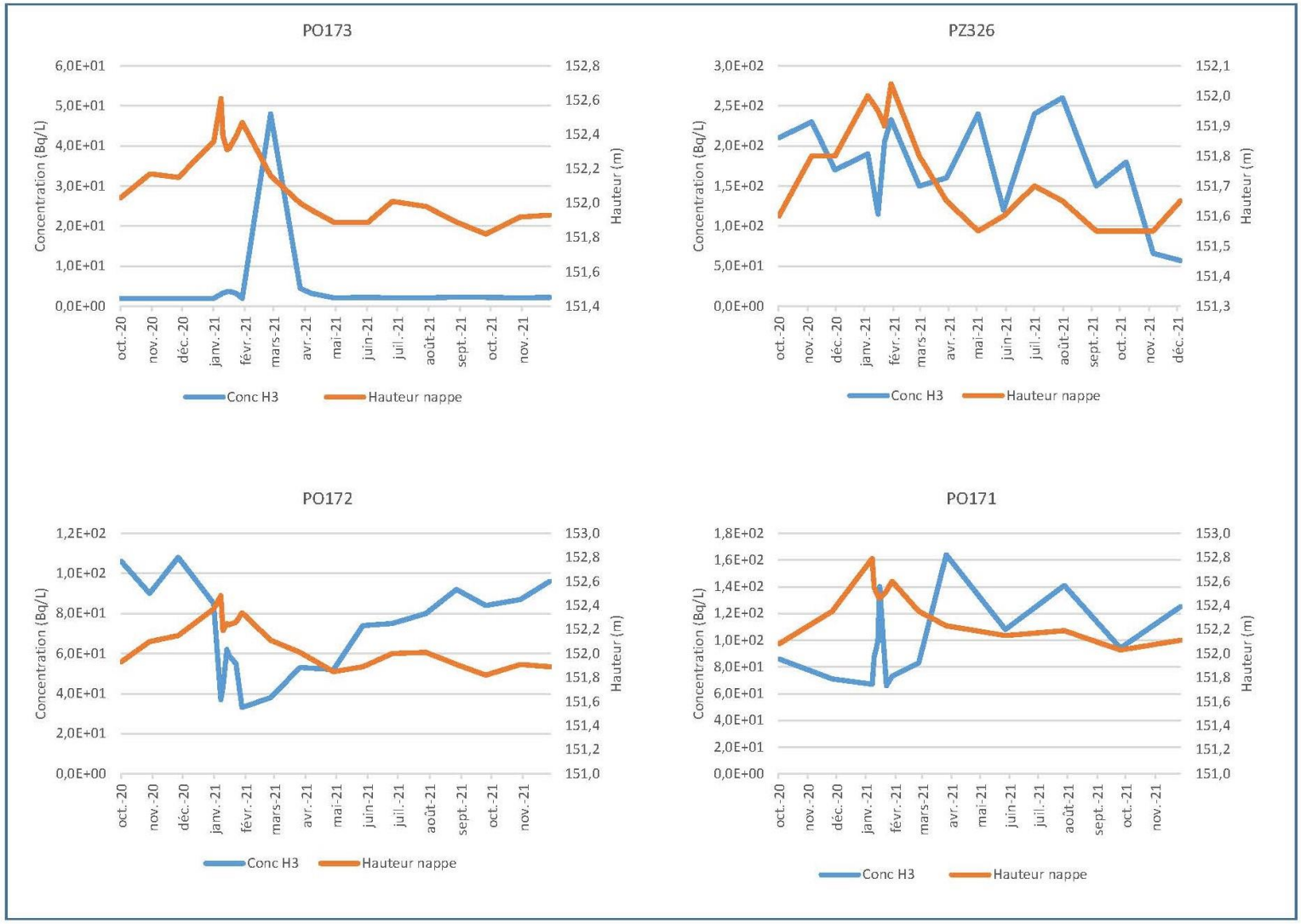


Figure 5-35 *Evolution de la concentration volumique en tritium en fonction de la hauteur de nappe dans les piézomètres : PO171, PO172, PO173 et PZ326*

La montée de nappe au niveau du PO173 est également mesurable dans les piézomètres PZ326, PO171 et PO172 (cf. Figure 5-35). L'effet sur la concentration tritium est une diminution pour le PZ326 et le PO172 et une augmentation pour le PO171. Mais les résultats sont dans la gamme des résultats habituels pour le PZ326 et le PO171. Pour le PO172, la diminution de la concentration tritium constatée avec la remontée de la nappe a été un peu plus forte que ce qui est mesuré habituellement. En ce qui concerne le PO173, une valeur inhabituelle a été mesurée en mars 2021 (48 Bq/L) mais de façon ponctuelle et décorrélée à la montée de nappe. Dans tous les cas, les valeurs habituelles ont été mesurées à partir d'avril 2021. L'impact de la remontée de nappe sur les concentrations tritium mesurées dans cette zone a été très faible.

5.5.3.3 Recherche de l'origine des émetteurs alpha présents dans les piézomètres PO120 et PO161

Les piézomètres PO120 et PO161 présentent des activités alpha global généralement supérieures à 0,1 Bq/L, valeurs guides appliquée lors des contrôles sanitaires des eaux destinées à la consommation humaine [29]. Une recherche des radionucléides naturels mentionnés à l'article 5a de l'arrêté du 12 mai 2004 [36] a été réalisée cette année, ainsi qu'une mesure de radon 222. Les résultats sont présentés dans le Tableau 5-21.

Tableau 5-21 Résultats des mesures complémentaires de recherches des radionucléides naturels dans le PO120 et PO161

Paramètre	Unité	PO120	PO161
Indice alpha global	Bq/L	0,41 +/- 0,13	0,43 +/- 0,09
U-234	Bq/L	0,0016 +/- 0,0012	≤ 0,0009
U-238	Bq/L	≤ 0,0008	≤ 0,0008
Ra-226	Bq/L	0,081 +/- 0,034	0,021 +/- 0,020
Ra-228	Bq/L	≤ 0,007	≤ 0,006
Pb-210	Bq/L	0,31 +/- 0, 03	0,21 +/- 0,02
Po-210	Bq/L	0,14 +/- 0,05	0,12 +/- 0,08
Rn-222	Bq/L	18 +/- 4	39 +/- 7

L'activité de l'indice alpha global est dû à la présence de RN naturels dont le principal est le ^{210}Po. L'origine de cette activité alpha global est donc principalement due à la chaîne de désintégration de l'^{238}U (confirmé par la présence de Rn), et a donc une origine naturelle.

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 fonctionnement de la ventilation des galeries sont présentés dans le Tableau 5-22. L'utilisation de la ventilation des galeries est du même niveau que les années précédentes. Cette année, le mois d'octobre et le mois de décembre ont été les plus utilisés, octobre étant la période des inspections, des mesures de débits et de prises d'échantillonnage des RD et des BRS et en décembre la société Etandex est intervenue en galerie pour réaliser des reprises de maçonnerie (cf. 2.7.5).

Tableau 5-22 Régime mensuel de ventilation des galeries du RSGE

Mois	Nombre d'heures
Janvier	63,0
Février	93,0
Mars	265,1
Avril	143,4
Mai	304,1
Juin	295,8
Juillet	239,0
Août	141,9
Septembre	252,3
Octobre	531,2
Novembre	99,3
Décembre	552,0
Total	2980

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

6.1 Rayonnement gamma ambiant 182
6.2 Estimation de l'impact radiologique des rejets 182
6.3 Comparaison du suivi volumétrique et radiologique du BRS0 aux résultats de la modélisation présentée dans le RDS 2009 189
6.4 Synthèse de l'estimation des doses radiologiques reçues par les groupes de référence pour l'année 2021 193

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). 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 [11] 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 [6].

En 2021, les activités radiologiques des rejets en mer d'« effluents à risque » issus du CSM ont été de (cf. § Tableau 9-20, moyenne des résultats mensuels) :

- 1,04 MBq en émetteurs alpha ;
- 9,94 MBq en émetteurs bêta-gamma ;
- 2,25 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 en semestriel au BDS (Tableau 9-21), sous réserve de la disponibilité des valeurs des paramètres de transfert de l'eau de mer vers la biosphère. Il est à noter que les valeurs issues des résultats mensuels et des résultats semestriels présentent des écarts, mais compatibles entre eux. Ainsi, pour 2021, l'impact radiologique individuel du groupe de référence, résultant de la modélisation par cette méthode, est évalué à $3{,}3.10^{-5}$ µSv/an pour un adulte, et à $2{,}3.10^{-5}$ µSv/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	2,12E-14	1,92E-13	2,13E-13
β-	Nb94	1,82E-13	9,01E-15	1,91E-13
β+, Ti	Ag108m	3,65E-16	3,89E-13	3,89E-13
β-, Ti	Ag110m	7,07E-16	5,54E-13	5,54E-13
β-	I129	2,03E-17	1,05E-12	1,05E-12
β+, β-	Cs134	4,17E-16	7,84E-14	7,88E-14
β-	Cs137	7,33E-20	5,02E-14	5,02E-14
β-	Pb210 (1)	-	-	-
β-	Pb212 (1)	-	-	-
β-	Pb214 (1)	-	-	-
α, γ	Ra226 (1)	-	-	-
β-	Ra228 (1)	-	-	-
β-	Th234 (1)	-	-	-
β-	Tritium	0 (2)	1,08E-15	1,08E-15
β-	C14 (3)	4,08E-18	3,00E-11	3,00E-11
β+, β-	Cl36	8,73E-23	1,64E-17	1,64E-17
β-	Ni63	0 (2)	1,28E-14	1,28E-14
β-	Sr90	3,35E-21	5,70E-15	5,70E-15
β-	Tc99	6,55E-21	3,46E-14	3,46E-14
β-	Sm151	9,19E-18	1,08E-14	1,08E-14
α, β-	Pu241	9,85E-21	1,54E-13	1,54E-13
β+	Ni59	0 (2)	1,06E-14	1,06E-14
Sous-total émetteurs bêta-gamma		**2,05E-13**	**3,26E-11**	**3,28E-11**
Emetteurs alpha				
α	Ra226 (1)	-	-	-
α, F	U235 (4)	2,67E-18	7,22E-16	7,25E-16
α	Am241 (4)	5,78E-18	8,31E-14	8,31E-14
α	U234	3,69E-19	2,04E-14	2,04E-14
α, F	U238	2,35E-19	1,75E-14	1,75E-14
Fs, α	Pu238	3,78E-20	6,50E-14	6,50E-14
Fs, α	Cm244	7,00E-18	2,83E-14	2,83E-14
α	Pu239	1,14E-20	4,91E-14	4,91E-14
Fs, α	Pu240	2,51E-20	4,91E-14	4,91E-14
ICP-MS				
α	Th232 (1)	-	-	-
Sous-total émetteurs alpha		**1,61E-17**	**3,13E-13**	**3,13E-13**
Total radionucléides		**2,05E-13**	**3,29E-11**	**3,31E-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 issus 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.
(<u>en souligné</u>) : 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	2,12E-14	1,90E-13	2,12E-13
β-	Nb94	1,82E-13	5,64E-15	1,87E-13
β+, Ti	Ag108m	3,65E-16	2,77E-13	2,78E-13
β-, Ti	Ag110m	7,07E-16	3,92E-13	3,93E-13
β-	I129	2,03E-17	6,05E-13	6,05E-13
β+, β-	Cs134	4,17E-16	4,31E-14	4,36E-14
β-	Cs137	7,33E-20	2,89E-14	2,89E-14
β-	Pb210 (1)	-	-	-
β-	Pb212 (1)	-	-	-
β-	Pb214 (1)	-	-	-
α, γ	Ra226 (1)	-	-	-
β-	Ra228 (1)	-	-	-
β-	Th234 (1)	-	-	-
β-	Tritium	0 (2)	6,92E-16	6,92E-16
β-	C14 (3)	4,08E-18	2,08E-11	2,08E-11
β+, β-	Cl36	8,73E-23	1,68E-17	1,68E-17
β-	Ni63	0 (2)	1,13E-14	1,13E-14
β-	Sr90	3,35E-21	5,77E-15	5,77E-15
β-	Tc99	6,55E-21	2,21E-14	2,21E-14
β-	Sm151	9,19E-18	7,94E-15	7,95E-15
α, β-	Pu241	9,85E-21	5,18E-14	5,18E-14
β+	Ni59	0 (2)	8,77E-15	8,77E-15
Sous-total émetteurs bêta-gamma		**2,05E-13**	**2,24E-11**	**2,26E-11**
Emetteurs alpha				
α	Ra226 (1)	-	-	-
α, F	U235 (4)	2,67E-18	3,40E-16	3,43E-16
α	Am241 (4)	5,78E-18	2,93E-14	2,93E-14
α	U234	3,69E-19	9,59E-15	9,59E-15
α, F	U238	2,35E-19	8,47E-15	8,47E-15
Fs, α	Pu238	3,78E-20	2,15E-14	2,15E-14
Fs, α	Cm244	7,00E-18	1,06E-14	1,06E-14
α	Pu239	1,14E-20	1,68E-14	1,68E-14
Fs, α	Pu240	2,51E-20	1,68E-14	1,68E-14
ICP-MS				
α	Th232 (1)	-	-	-
Sous-total émetteurs alpha		**1,61E-17**	**1,13E-13**	**1,13E-13**
Total radionucléides		**2,05E-13**	**2,25E-11**	**2,27E-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 issus 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.
(<u>en souligné</u>) : 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 9-56) 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.

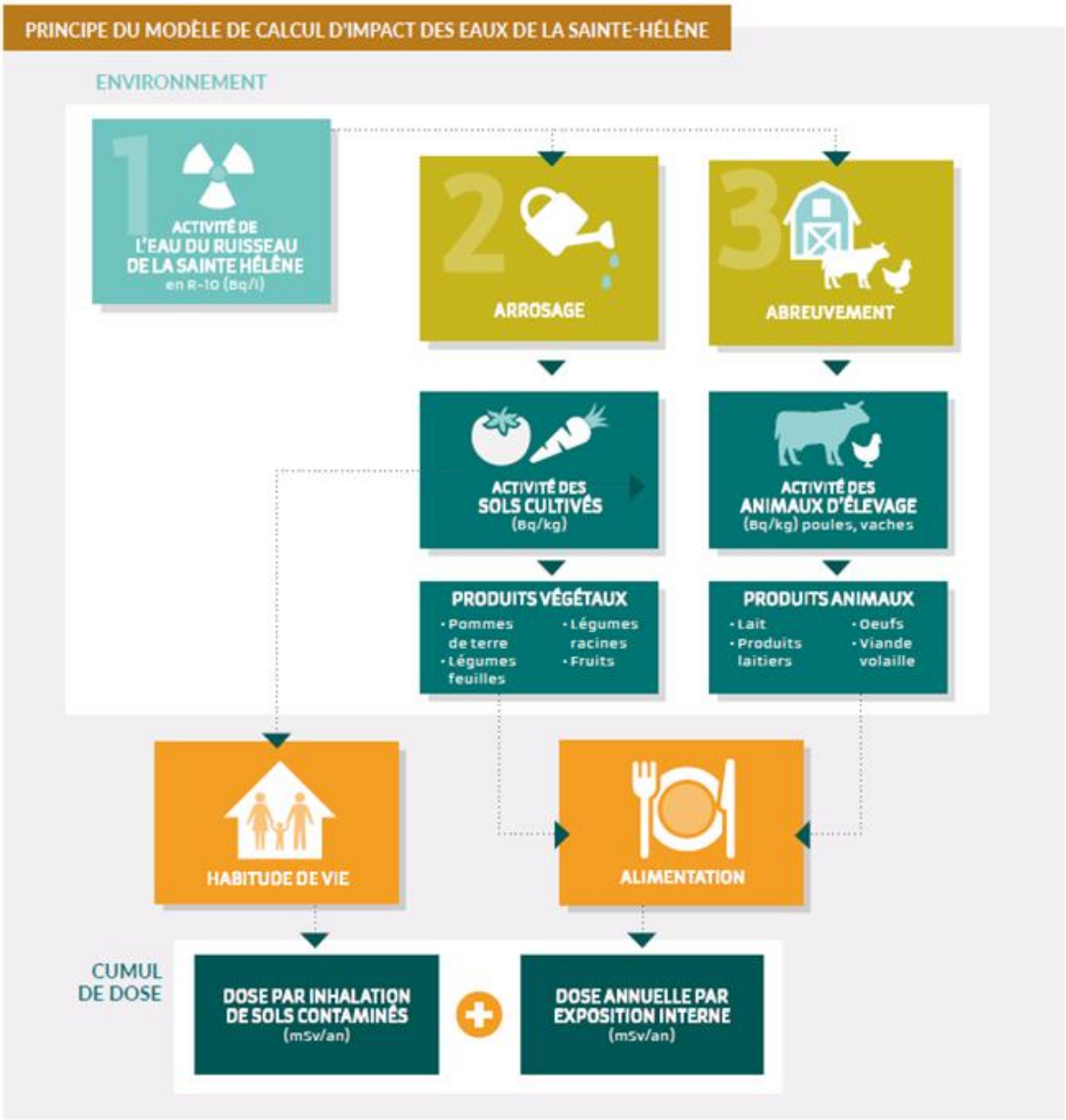


Figure 6-2 *Principe du modèle de calcul d'impact radiologique des eaux de la Sainte-Hélène*

Les équations et les paramètres pris en compte dans la modélisation sont ceux du rapport de sûreté de 2009 [26].

En 2021, la concentration moyenne en tritium des eaux du ruisseau de la Sainte-Hélène au point R6-10 a été de 13,9 Bq/L.

L'impact individuel sur le groupe de référence, résultant de la modélisation est évalué à 0,113 µSv/an pour un adulte, 0,107 µSv/an pour un enfant de 10 ans et 0,103 µSv/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 0,021 µSv/an pour un adulte, 0,053 µSv/an pour un enfant de 10 ans et 0,067 µSv/an pour un enfant de 1 an.

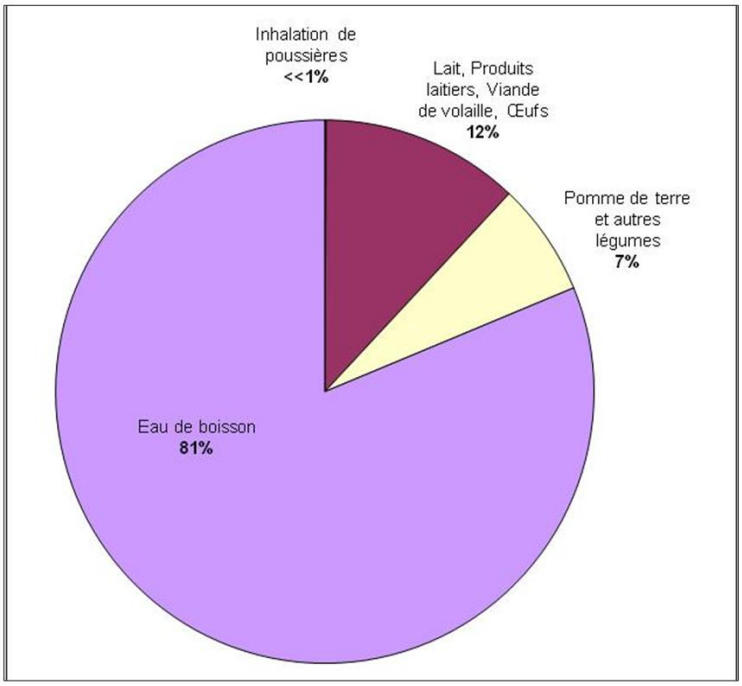


Figure 6-3 *Répartition des contributions des différentes voies d'atteinte à l'impact radiologique pour un adulte*

6.3 Comparaison du suivi volumétrique et radiologique du BRS0 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 [26] 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 BRS0 (ainsi que BRS0bis à partir de 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 les rapports de sûreté successifs du CSM [26] et [37], le présent bilan ne présente que les évolutions constatées depuis 2012.

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 **434,55 m³ collectés en 2021** (8,75 m³ pour le RSGE et 425,80 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 2005-2021.

Les flux d'eau retenus dans la modélisation du SEN (en cumulant de manière conservative 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 conservative le flux vers le RSGE et le RSGEbis et le flux vers la nappe pour chaque ouvrage), par les activités collectées au BRS0 (ainsi qu'au point BRS0bis) pour chaque année de la période 2012-2021 (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 BRS0 (ainsi qu'au point BRS0bis) 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 ^{90}Sr pour bêta global et le ^{239}Pu 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 BRS0 (ainsi qu'au point BRS0bis). Il s'agit du ^{137}Cs et de la somme des isotopes de l'uranium $^{234}U+^{235}U+^{238}U$ (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	^{3}H	^{90}Sr	^{137}Cs	^{239}Pu	U
BRS0 + BRS0bis					
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
2021	143	2,1E+04	6,6E+05	8,3E+06	9,5E+04

Le tableau permet de constater que, sur la période 2012-2021, les relâchements au point BRS0 (ainsi qu'au point BRS0bis) sont surestimés par la modélisation :

- la surestimation la plus faible est obtenue avec le tritium, pour lequel les relâchements modélisés sont 54 à 143 fois supérieurs à l'activité collectée au point BRS0 (ainsi qu'au point BRS0bis) ;
- les relâchements modélisés en émetteurs alpha ou bêta sont très fortement supérieurs (4 à 6 ordres de grandeur) à l'activité collectée au point BRS0 (ainsi qu'au point BRS0bis).

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 BRS0 (hors BRS0bis)

Le volume d'effluent collecté au BRS0 est de 8,75 m³ (Tableau 4-3).

Les mesures de spectrométries (gamma et alpha) et de scintillation liquide réalisées sur les eaux collectées au point BRS0 (Tableau 9-32) 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 2021, 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 BRS0 (hors BRS0bis)		Ratio Modèle/Mesure
		Concentration (Bq/L)	Flux estimé (kBq)	
Emetteurs bêta	^{14}C	71,0 à 99,0	7,6E+02	2,9E+05
	^{60}Co	<SD	1,0E-01	1,5E+08
	^{137}Cs	6,8 à 8,4	6,6E+01	2,9E+07
	^{63}Ni	0,48 à 0,53	4,4E+00	5,2E+08
	^{36}Cl	<SD	1,5E+00	1,5E+06
	^{59}Ni	<SD	2,4E+00	1,7E+07
	^{90}Sr	0,066 à 0,095	7,2E-01	8,6E+07
	^{94}Nb	<SD	7,9E-02	2,7E+07
	^{99}Tc	0,054	7,4E-01	1,2E+06
	^{108m}Ag	<SD	9,1E-02	4,8E+07
	^{241}Pu	<SD	1,8E-01	1,9E+05
Emetteurs alpha	^{226}Ra	0,02	4,1E-02	4,2E+06
	^{232}Th	<SD	9,6E-03	8,9E+06
	^{238}Pu	<SD	2,4E-03	1,9E+10
	$^{239}Pu+^{240}Pu$	<SD	3,1E-03	8,1E+10
	^{241}Am	<SD	1,4E-03	4,5E+09

Comme pour les précédentes années, l'évolution des écarts entre les valeurs modélisées et les mesures pour l'année 2021 tiennent à la variabilité du seuil de décision et surtout à un plus faible volume d'eau collecté au point BRS0 au cours de l'année 2021, du fait de la mise en place du RSGEbis.

6.3.4 Conclusion de la comparaison entre les valeurs modélisées et les mesures aux points BRS0 et BRS0bis

D'un point de vue qualitatif, la comparaison entre valeurs modélisées et mesures au point BRS0 et au BRS0bis montre que le spectre des radionucléides relâchés d'après le modèle de sûreté est confirmé par les analyses semestrielles aux points BRS0 et BRS0bis : spectrométries (gamma et alpha) et scintillation liquide. En effet, on mesure essentiellement les radionucléides présents dans le stockage en grande quantité (^{137}Cs et ^{90}Sr) et/ou considérés comme les plus mobiles (^{3}H, ^{14}C, ^{99}Tc).

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 143), car ce radionucléide présente la spécificité d'être aussi mobile que l'eau, sous forme liquide et vapeur.

On vérifie, pour l'année 2021, 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 2021

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 2021.

Les résultats présentés correspondent aux populations composant les groupes de référence, conformément au dernier dossier d'autorisation de rejets du Centre [11]. 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 2021

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
2021	Groupe de pêcheurs vivant à Goury en bord de mer	7,0 Km	2,05E-07	3,29E-05	2,05E-07	2,25E-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	0,113	0	0,107	0	0,103	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 [11], 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 enfants en bas âge 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 2021

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 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	2,245	1,08E-09	0	-	-	-	1,08E-09	≈ 0 %
Total émetteurs βγ**	9,94E-03	3,26E-05	2,05E-07	-	-	-	3,28E-05	≈ 99,1 %
Total émetteurs α***	1,04E-03	3,13E-07	1,61E-11	-	-	-	3,13E-07	≈ 0,9 %

* Groupe de référence exposé aux rejets en mer
** Pour les rejets liquides, il s'agit du sous-total des émetteurs βγ 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 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	2,245	6,92E-10	0	-	-	-	6,92E-10	≈ 0 %
Total émetteurs βγ**	9,94E-03	2,24E-05	2,05E-07	-	-	-	2,26E-05	≈ 99,5 %
Total émetteurs α***	1,04E-03	1,13E-07	1,61E-11	-	-	-	1,13E-07	≈ 0,5 %

* Groupe de référence exposé aux rejets en mer
** Pour les rejets liquides, il s'agit du sous-total des émetteurs βγ 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.

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 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	20,4	0,113	-	-	-	-	0,113	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.

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 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	20,4	0,107	-	-	-	-	0,107	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.

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	20,4	0,103	-	-	-	-	0,103	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

7.1 Généralités *202*
7.2 Suivi de la qualité des eaux des ruisseaux *202*
7.3 Suivi hydrobiologique *210*
7.4 Suivi floristique *216*
7.5 Inventaire faunistique *217*

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 [38] 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 en 2021). 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. Il définit les orientations pour répondre aux enjeux du bassin et 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 (SAGE) pour respecter les orientations fondamentales et les objectifs fixés par La directive n° 2000/60/CE du 23 octobre 2000 [39] 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, macrophytes, 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 [38] 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 calcul et 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.

Les NQE sont utilisées pour les évaluations suivantes :

- L'évaluation de l'état chimique, qui concerne les substances « prioritaires » et « dangereuses prioritaires » ;
- L'évaluation des polluants spécifiques (PSEE) au sein de l'état écologique.

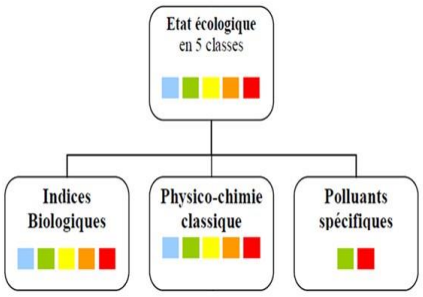


Figure 7-1 Illustration de l'évaluation de l'état écologique

Les NQE, ainsi que les valeurs guides environnementales (VGE), ont un statut réglementaire dans le cadre de l'établissement des états chimiques et écologiques.

La surveillance de la qualité des eaux des ruisseaux décrites dans les paragraphes suivants s'attardera sur les éléments de qualité physicochimiques, des polluants spécifiques, du sous-état biologique et de l'état chimique partiel. En effet, les 45 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 [38], 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

		Limite des classes d'état				
Eléments de qualité	**Paramètres**	Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais
Bilan oxygène	Oxygène dissous (mg O_2/L)	8	6	4	3	<3
	DBO5 (mg O_2/L)	3	6	10	25	>25
	COD (mg C/L)	5	7	10	15	>15
Nutriments	Phosphates (mg PO_4^{3-}/L)	0,1	0,5	1	2	>2
	NO_3^- (mg NO_3^-/L) (nitrates)	10	50	*	*	*
	NO_2^- (mg NO_2^-/L) (nitrites)	0,1	0,3	0,5	1	>1
Acidification	pH minimum	6,5	6	5,5	4,5	<4.5
	pH maximum	8,2	9	9,5	10	>10
* les connaissances actuelles ne permettent pas de fixer des seuils fiables pour cette limite						

Parmi les substances disposant d'une NQE à respecter, le cadmium, le plomb, le mercure et le nickel, faisant partie de l'état chimique, 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 [38], sont indiquées dans le Tableau 7-2 ci-après :

Tableau 7-2 Normes de qualité environnementale selon les annexes 3 et 8 de l'arrêté modifié du 25 janvier 2010 [38]

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 écologique des cours d'eau, dont le sous-état biologique, 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 écologique des eaux de la rivière Sainte-Hélène.

Tableau 7-3 Classe de l'état par élément de qualité pour la Sainte-Hélène

Suivi de la qualité physico-chimique des eaux de la Sainte-Hélène					
Campagne		23/02/2021	14/09/2021	23/02/2021	14/09/2021
		Points de prélèvements			
Eléments de qualité	**Paramètres**	R6 (La Sainte-Hélène)		R6-10 (La Sainte-Hélène)	
Bilan de l'oxygène	Carbone organique				
	DBO5				
	Oxygène dissous				
Nutriments	Phosphates			0,13 mg/l	0,14 mg/l
	Nitrates	13 mg/l		28 mg/l	23 mg/l
	Nitrites				
Acidification	pH min				
	pH max				

Tableau 7-4 Légende de couleur illustrant la classe d'état physico -chimique

Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais

Le Tableau 7-5 synthétise les résultats des paramètres chimiques contribuant à l'état chimique et les polluants spécifiques des eaux du ruisseau de la Sainte-Hélène.

Tableau 7-5 Classe de l'état par substance chimique ayant une NQE pour la Sainte-Hélène

Suivi des paramètres-chimique et polluants spécifiques des eaux de la Sainte-Hélène				
	Points de prélèvements			
	R6 (La Sainte-Hélène)		R6-10 (La Sainte-Hélène)	
Campagne	23/02/2021	14/09/2021	23/02/2021	14/09/2021
Substances spécifiques non synthétiques				
Arsenic dissous				
Cadmium dissous				
Chrome dissous				
Cuivre dissous	1,9 µg/l	4,7 µg/l	1,1 µg/l	1,8 µg/l
Mercure dissous				
Nickel dissous				
Plomb dissous				
Zinc dissous	12 µg/l			

Tableau 7-6 Légende de couleur illustrant la classe d'état des polluants spécifiques

Bon	Mauvais

Notons que, pour le cadmium, la limite de quantification actuellement obtenue (0,5 µg/L) ne permet pas de vérifier la conformité aux NQE.

Les états chimique et écologique partiels :

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, aucun paramètre ne déclasse le ruisseau de la Sainte Hélène au point aval pour la campagne des hautes eaux et basses eaux. Le cours d'eau est néanmoins légèrement marqué chimiquement par la présence de phosphates et de nitrates. L'ensemble des paramètres classe l'état du ruisseau de « bon » à « très bon ».

Selon les substances chimiques retenues pour classer l'état chimique des ruisseaux, les teneurs en cuivre classent le ruisseau en état « mauvais » pour les 2 campagnes de prélèvement et les teneurs en zinc lors de la campagne des hautes eaux au point de prélèvement amont de la Ste Hélène. Le cuivre et le zinc sont présents dans la pluie ; leurs valeurs moyennes sont respectivement de 6,5 µg/l et de 13 µg/l.

7.2.3 Résultats de la surveillance de la qualité des eaux du ruisseau Le Grand Bel

La qualité physicochimique :

Le Tableau 7-7 synthétise les résultats des paramètres physico-chimiques contribuant à l'état écologique des eaux du ruisseau Le Grand Bel.

Tableau 7-7 Classe de l'état par élément de qualité pour le Grand Bel

Suivi de la qualité physico-chimique des eaux du Grand Bel			
Campagnes		23/02/2021	14/09/2021
Eléments de qualité	**Paramètres**	Points de prélèvements	
		R3	
Bilan de l'oxygène	Carbone organique		
	DBO5		
	Oxygène dissous		
Nutriments	Phosphates	0,16 mg/l	0,24 mg/l
	Nitrates	25,0 mg/l	24,0 mg/l
	Nitrites		
Acidification	pH min		
	pH max		

Tableau 7-8 Légende de couleur illustrant la classe d'état la classe d'état physico -chimique

Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais

Le Tableau 7-9 synthétise les résultats des paramètres chimiques contribuant à l'état chimique et polluants spécifiques des eaux du ruisseau Le Grand Bel.

Tableau 7-9 Classe de l'état par substances chimiques ayant une NQE pour Le Grand Bel

Suivi des paramètres-chimique et polluants spécifiques des eaux de la Sainte-Hélène		
	Points de prélèvements	
	R3	
Campagnes	23/02/2021	14/09/2021
Substances spécifiques non synthétiques		
Arsenic dissous		
Cadmium dissous		
Chrome dissous		
Cuivre dissous		2,0 µg/l
Mercure dissous		
Nickel dissous		
Plomb dissous		
Zinc dissous		

Tableau 7-10 Légende de couleur illustrant la classe d'état des polluants spécifiques

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.

Les états chimique et écologique partiels :

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 2 campagnes de prélèvement. Ces concentrations classent l'état du ruisseau sur ces paramètres « bon », alors que l'ensemble des autres éléments classe le ruisseau « très bon ».

Selon les substances chimiques retenues pour classer l'état chimique des ruisseaux, les teneurs en cuivre classent le ruisseau en état « mauvais » et plus particulièrement lors de la campagne des basses eaux. Notons que le cuivre est présent dans la pluie, la valeur moyenne étant de 6,5 µg/l.

7.2.4 Résultats de la surveillance de la qualité des eaux du ruisseau Les Roteures

La qualité physicochimique :

Le Tableau 7-11 synthétise les résultats des paramètres physico-chimiques contribuant à l'état écologique des eaux du ruisseau Les Roteures.

Tableau 7-11 Classe de l'état par élément de qualité pour Les Roteures

Suivi de la qualité physico-chimique des eaux Les Roteures			
Campagnes		23/02/2021	14/09/2021
Eléments de qualité	**Paramètres**	Points de prélèvements	
		R1	
Bilan de l'oxygène	Carbone organique		
	DBO5		
	Oxygène dissous		
Nutriments	Phosphates		0,55 mg/l
	Nitrates		
	Nitrites		
Acidification	pH min		
	pH max		

Tableau 7-12 Légende de couleur illustrant la classe d'état physico -chimique

Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais

Le Tableau 7-13 synthétise les résultats des paramètres chimiques contribuant à l'état chimique et polluants spécifiques des eaux de la rivière Les Roteures.

Tableau 7-13 Classe de l'état par substance chimique ayant une NQE pour Les Roteures

Suivi de la qualité physico-chimique des eaux Les Roteures		
	Points de prélèvements	
	R1	
Campagnes	23/02/2021	14/09/2021
Substances spécifiques non synthétiques		
Arsenic dissous		
Cadmium dissous		
Chrome dissous		
Cuivre dissous		2,8 µg/l
Mercure dissous		
Nickel dissous		
Plomb dissous		
Zinc dissous		

Tableau 7-14 Légende de couleur illustrant la classe d'état des polluants spécifiques

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.

Les états chimique et écologique partiels :

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, lors de la campagne de prélèvement des basses eaux. Ces concentrations classent l'état du ruisseau sur ce paramètre « moyen », alors que l'ensemble des autres éléments classe le ruisseau « très bon ».

Selon les substances chimiques retenues pour classer l'état chimique des ruisseaux, les teneurs en cuivre classent le ruisseau en état « mauvais ». Notons que le cuivre est présent dans la pluie, la valeur moyenne étant de 6,5 µg/l.

7.2.5 Conclusion des états chimique et écologique partiels des ruisseaux

Nous constatons que l'état chimique des 3 ruisseaux est impacté par les mêmes éléments et paramètres chimiques : les phosphates et le cuivre. Le Grand Bel et la Sainte Hélène sont marqués par la présence de nitrates, même si le classement de ces ruisseaux reste « bon », et par le zinc en périodes des hautes eaux pour la Sainte Hélène.

Les teneurs en cuivre sont significatives dans la Sainte-Hélène lors des 2 campagnes, contrairement aux Grand bel et les Roteures pour lesquels les teneurs sont significatives seulement lors la campagne des basses eaux.

Il est à noter que le cuivre dans la pluie a une valeur moyenne 6,5 µg/l 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 cuivre, le site ne peut être à l'origine de ces résultats.

L'origine de ces éléments peut provenir des rejets gazeux effectués par l'établissement d'Orano Recyclage La Hague dont les limites sont de 0,5 mg/l pour le cuivre et 2 mg/l pour le zinc, fixées par l'arrêté rejet du 11 janvier 2016 [24].

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 inférieures 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 15 µg/l et 21,5 µg/l. Cependant, pour l'année 2021, la quantité en kg de cuivre et de zinc apportée par la pluie est de 1,1 kg de cuivre et 2,3 kg de zinc. La quantité en kg déversée par les eaux pluviales transitant par la CMG est de 0,44 kg de cuivre et 0,896 kg de zinc.

Nous constatons que les eaux pluviales restituent environ 40% du cuivre et du zinc 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

7.3.1 Contexte

Le suivi de l'environnement humide et aquatique du Centre de stockage de la Manche comprend l'étude biennale de la qualité biologique des trois cours d'eau : les Roteures au point R1 (partie amont du ruisseau) situé hors impact du Centre, le Grand Bel et la Sainte Hélène, sous influence des eaux souterraines.

En 2021, l'Andra a réalisé les campagnes d'observation au mois de mai / juin et au mois d'août. L'objectif de cette étude est d'établir l'évolution de la qualité biologique des milieux lors de l'étiage. C'est la période la plus critique pour la vie aquatique.

L'évaluation de la qualité biologique de ces milieux est fondée sur l'analyse de peuplements d'organismes aquatiques et de macrophytes et permettant d'obtenir trois indices de qualité complémentaires définis dans l'arrêté du 25 janvier 2010 [38] :

- l'indice biologique invertébrés multi-métriques (I2M2 – Méthodologie MPCE : Normes NF T 90-333 pour le prélèvement et NF T 90-388 pour le traitement des échantillons au laboratoire), basé sur l'étude du peuplement de macro-invertébrés, animaux colonisant tous les compartiments d'un cours d'eau, des sédiments jusqu'à la surface ;
- l'indice biologique diatomée (IBD – Norme NF T 90-354), basé sur l'étude du peuplement de diatomées, végétaux unicellulaires aquatiques vivant plus spécifiquement à l'interface eau/substrat (périphyton) ;
- l'indice biologique macrophytique en rivière (IBMR – Norme NF T90-395), basé sur l'étude des peuplements de macrophytes (terme qui désigne toutes les plantes aquatiques visibles à l'œil nu), traduisant ainsi le degré de trophie des cours d'eau.

Les points de prélèvement établis pour l'hydrobiologie sont nommés différemment des points de prélèvement établis pour l'analyse des éléments cités au paragraphe 7.2. En effet, le point prélèvement pour l'hydrobiologie est étendu sur plusieurs mètres linéaires en amont du point de prélèvement de la surveillance pour être représentatif du milieu.

La localisation des points de prélèvement est représentée dans le plan ci-après (cf. Figure 7-2). La dénomination des points de prélèvement est différente pour chacun des indices, ci-après la présentation des dénominations :

- Pour l'indice I2M2 :
  - ✓ IR1 désignant le point de prélèvement du ruisseau les Roteures,
  - ✓ IR3 désignant le point de prélèvement du ruisseau Grand-Bel,
  - ✓ IR6 (amont) et IR6-10 (aval) désignant les 2 points de prélèvement du ruisseau la Sainte Hélène.
- Pour l'indice IBD :
  - ✓ DR1 désignant le point de prélèvement du ruisseau les Roteures,
  - ✓ DR3 désignant le point de prélèvement du ruisseau Grand-Bel,
  - ✓ DR6 (amont) et DR6-10 (aval) désignant les 2 points de prélèvement du ruisseau la Sainte Hélène.
- Pour l'indice IBMR :
  - ✓ MR1 désignant le point de prélèvement du ruisseau les Roteures,
  - ✓ MR3 désignant le point de prélèvement du ruisseau Grand-Bel,
  - ✓ MR6 (amont) et MR6-10 (aval) désignant les 2 points de prélèvement du ruisseau la Sainte Hélène.

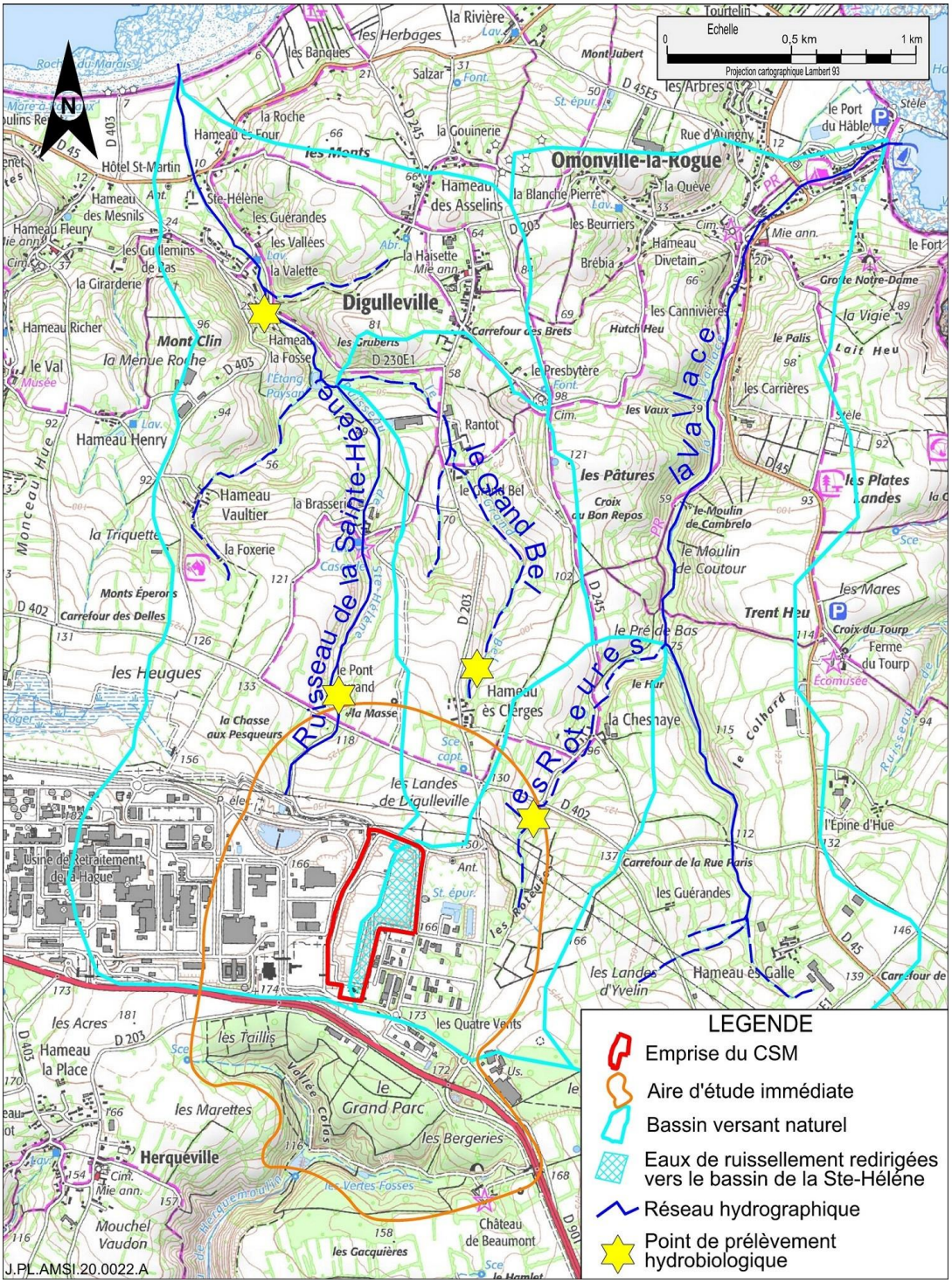


Figure 7-2 *Localisation des points de prélèvement (IRX, DRX, MRX) pour les campagnes du suivi biologique des cours d'eau*

Les caractéristiques générales des stations sont présentées dans le tableau ci-après.

Tableau 7-15 Caractéristiques générales des stations

		R1	R3	R6	R6-10
Lit mineur	Largeur (m) lit mouillé	1,5	0,4	1,3	1,3
	Tracé	Sinueux	Rectiligne	Sinueux	Sinueux
	Support(s) dominant(s)	Pierres/Galets	Pierres/Galets	Pierres/Galets	Pierres/Galets
	Typologie	Radier -mouille	Radier	Radier - mouille	Radier - mouille
Berges	Hauteur (m)	2-3	0,8	1-3	2-3
	Nature	Terre-racines	Terre-racines	Terre-racines	Blocs-terre-racines
	Dynamique	Encaissées	Piétinées	Stables	Encaissées
Ripisylve[11]	Importance	Dense	Absente	Dense	Eparse
	Eclairement de l'eau (%)	<5	>75	<5	5-25
Lit majeur	Occupation des sols	Cultures-prairies	Pâtures	Prairies-Friches	Prairies-urbanisation

La morphologie des ruisseaux les Roteures et la Sainte Hélène est relativement similaire, les stations R1, R6 et R6-10 présentant une largeur d'environ 1,3 m, un tracé sinueux traversant des terrains agricoles (cultures, prairies), des faciès de type radier-mouille et une ripisylve dense limitant l'éclairement de l'eau.

Le Grand Bel, quant à lui, se distingue par une morphologie de type ruisselet de tête de bassin versant. Ainsi, la station R3 est caractérisée par un lit mouillé étroit (0,4 m) avec une végétation semi-aquatique c'est-à-dire dont l'appareil végétatif et reproducteur est totalement aérien et dont les racines ou rhizomes se développent dans la vase ou dans une terre gorgée d'eau.

Les fortes précipitations observées quelques jours (cf. § 4.2) avant la campagne de prélèvement ont provoqué un changement de substrats de fond pour la station R3. Les substrats meubles tels que les sables et les limons ont été chassés ; de ce fait, des substrats plus grossiers de type pierres/galets ou blocs ont été mis en évidence et la dalle argileuse mise à nu.

[11] Ripisylve : Formations végétales qui se développent sur les bords des cours d'eau ou des plans d'eau situés dans la zone frontière entre l'eau et la terre

7.3.2 Résultats de l'étude du peuplement de macro-invertébrés benthiques

L'étude globale des macroinvertébrés pendant la période estivale de 2021 met en évidence une dégradation de la qualité hydrobiologique des stations sous influence potentielle du CSM, dégradation liée à des apports en polluants mais aussi liée à l'hydromorphologie du cours d'eau (IR3). L'année 2021 fut pluvieuse entrainant des phénomènes de ruissellement importants sur la zone d'étude. Le contexte agricole du lit majeur des stations ne nous permet pas de conclure à une influence négative des activités du CSM sur le fonctionnement hydrobiologique du Grand Bel et de la Sainte-Hélène. Ces résultats sont à surveiller pour les prochaines campagnes du suivi.

Afin d'évaluer plus en détail l'éventualité d'un impact provenant du CSM, une analyse fine reposant sur les taxons sensibles aux métaux lourds a été réalisée sur la même période.

La présence d'individus considérés comme de bons indicateurs de pollution métallique témoigne de l'absence de dégradation métallique sur les cours d'eau du secteur d'étude.

Le tableau suivant synthétise les résultats obtenus sur l'ensemble des stations, pour les deux campagnes, concernant les différentes classes de qualité biologique du point de vue des notes du nouvel indice I2M2 calculé en EQR (Ecological Quality Ratio).

Tableau 7-16 Qualité biologique des ruisseaux du point de vue de l'indice I2M2

Stations	Campagnes de prélèvements	Note I2M2 en EQR	Etat biologique pour les invertébrés aquatiques (selon l'I2M2)
IR1	30/06/2021	0,472	Bon
	14/09/2021	0,468	Bon
IR3	30/06/2021	0,132	Mauvais
	14/09/2021	0,146	Mauvais
IR6	30/06/2021	0,267	Médiocre
	14/09/2021	0,262	Médiocre
IR6-10	30/06/2021	0,281	Médiocre
	14/09/2021	0,258	Médiocre

Tableau 7-17 Echelle de valeur EQR et son interprétation

Valeur EQR	EQR ≥ 0,665	0,665 > EQR ≥ 0,443	0,443 > EQR ≥ 0,295	0,295 > EQR ≥ 0,148	0,148 > EQR
Etat biologique	Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais

La mise en place du nouvel indice I2M2 révèle des qualités biologiques inférieures à celles obtenues avant l'application de l'arrêté modifié 25 janvier 2010 [38]. Ainsi, les stations habituellement en classe de très bonne qualité se retrouvent en classe de bonne qualité biologique comme Les Roteures. Le nouvel indice déclasse également la station IR6-10 en septembre 2021 en classe de qualité médiocre alors qu'elle restait en classe de bonne qualité avant la modification de l'arrêté du 25 janvier 2010 [38]. Quant au Grand Bel, les résultats de 2021 sont particulièrement impactants, le nouvel indice I2M2 classant cette station en mauvaise qualité avec un EQR très bas (EQR autour de 0,14). L'I2M2 semble donc être nettement plus sensible que les indices précédents.

7.3.3 Résultats de l'étude du peuplement de diatomées benthiques

L'étude des diatomées est complémentaire à celle des macro-invertébrés aquatiques. L'observation du développement des diatomées permet d'indiquer la présence d'une pollution métallique dans le milieu, notamment par le constat des déformations morphologiques appelées « formes tératogènes ».

L'étude du peuplement de diatomées de la station DR1 montre une grande variabilité interannuelle de l'indice IBD. L'indice oscille entre la qualité « moyenne » et « très bonne ». Cette oscillation tend à se stabiliser depuis 2014.

Les résultats des campagnes de prélèvements diatomiques de la station DR3 sont parfois de meilleure qualité que ceux de la station DR1 et parfois l'inverse. Il n'y a pas de tendance particulière quant à la dégradation de la qualité du milieu par rapport à la station DR1. La qualité biologique du tronçon du Grand Bel est soumise à des pollutions ponctuelles. Les détériorations observées sont dues au contexte de pâture.

L'étude du peuplement de diatomées de la station DR6 indique une capacité d'accueil globalement moins favorable que sur la station DR1. Au vu du contexte agricole de la station, le cortège floristique met en évidence des phénomènes d'enrichissement trophique[12] ponctuel et modéré du milieu.

L'étude du peuplement de la station DR6-10 met en évidence des problèmes d'enrichissement trophiques du cours d'eau par rapport au peuplement de la station DR1, pouvant être provoqués, vu la position de la station, par des effluents de natures diverses (rejets domestiques ou agricoles, eaux de chaussées…).

Le tableau suivant synthétise les résultats obtenus sur l'ensemble des stations en 2021, concernant les différentes classes de qualité biologique du point de vue des notes IBD et des EQR (Ecological Quality Ratio).

Tableau 7-18 Qualité biologique des ruisseaux du point de vue de l'indice IBD en note /20 et en l'EQR

Stations	Campagne de prélèvements	note IBD/20	Etat biologique (selon l'IBD)	Note EQR	Etat biologique (selon l'EQR)
DR1	14 et 15 septembre 2021	17,1	Très bon	0,98	Très bon
DR3		11,6	Moyen	0,65	Moyen
DR6		12,9	Moyen	0,73	Moyen
DR6-10		13,5	Moyen	0,76	Moyen

Tableau 7-19 Echelle de valeur IBD et son interprétation

Valeur IBD	IBD ≥ 16,4	16,4> IBD ≥ 13,8	13,8 > IBD ≥ 10	10 > IBD ≥ 5,9	5,9 > IBD
Etat biologique	Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais

Tableau 7-20 Echelle de valeur EQR et son interprétation

Valeur EQR	EQR ≥ 0,94	0,94 > EQR ≥ 0,78	0,78 > EQR ≥ 0,55	0,55 > EQR ≥ 0,3	0,3 > EQR
Etat biologique	Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais

[12] Trophique : qui concerne la nutrition des tissus vivants, d'un individu

Au regard de l'Indice Biologique des Diatomées, les notes de cette campagne 2021 varient entre 11,6 et 17,1. L'état biologique de ces 4 stations varie de moyen à très bon. Les Roteures obtiennent les meilleurs résultats, quel que soit l'indice considéré, et ce cours d'eau détient tous les *maxima* des différents paramètres. Le Grand Bel affiche les moins bons résultats (état biologique moyen) avec des eaux riches en matière organique et en nutriments.

Aucune forme tératogène n'a été observée lors des comptages réalisés en 2021.

7.3.4 Résultats de l'étude du peuplement de macrophytes

L'étude des peuplements de macrophytes, sur les trois cours d'eau du suivi hydrobiologique du Centre de Stockage de la Manche, a révélé des indices IBMR traduisant des classes de qualité allant du niveau trophique élevé pour les Roteures et le Grand Bel à faible pour la station MR6-10 sur la Sainte-Hélène.

Toutefois, les caractéristiques physiques de ces cours d'eau (faible éclairement dû à une ripisylve assez dense sur la plupart des stations et hauteurs d'eau très faibles en période d'étiage) entraînent des peuplements floristiques assez pauvres et donc des notes IBMR basées uniquement sur un très faible nombre d'espèces (parfois une seule espèce). Ces notes semblent peu fiables (hormis pour MR6-10) et sont à prendre avec précaution car peu adaptées à ces types de situation.

Les différentes valeurs EQR obtenues sur ces stations ont tendance à relever le niveau de qualité des cours d'eau vis-à-vis de l'étude des macrophytes, la note de référence n'étant que de 13,09/20. Ces valeurs sont également à prendre avec beaucoup de précaution car elles ne sont basées que sur un nombre très faible d'espèces.

Les tableaux suivants synthétisent les résultats obtenus aux 4 stations. Le calcul de l'EQR (Ecological Quality Ratio) a été réalisé en prenant la valeur IBMR de référence de l'hydroécorégion de niveau 1 (cas 12B Armoricain Ouest – Nord Est = 13,09) et traduit en classe d'état biologique.

Tableau 7-21 Qualité trophique des ruisseaux du point de vue de l'indice IBMR en note /20 et en EQR

Stations	Campagne de prélèvements	note IBMR/20	Niveau trophique	IBMR de référence	Note EQR	Etat biologique (selon l'EQR)
MR1	28 Août 2021	10,00	Fort	13,9	0,76	Moyen
MR3		10,00	Fort	13,9	0,76	Moyen
MR6		10,61	Moyen	13,9	0,81	Bon
MR6-10		13,17	Faible	13,9	1,00	Très bon

Tableau 7-22 Echelle de valeur IBMR et son interprétation

Valeur IBMR	IBMR > 14	14 ≥ IBMR > 12	12 ≥ IBMR > 10	10 ≥ IBMR > 8	8 ≥ IBMR
Niveau trophique	Très faible	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais

Tableau 7-23 Echelle de valeur EQR et son interprétation

Valeur EQR	EQR ≥ 0,92	0,92 > EQR ≥ 0,77	0,77 > EQR ≥ 0,64	0,64 > EQR ≥ 0,51	0,51 > EQR
Etat	Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais

7.3.5 Conclusion

En croisant les informations données par l'étude comparative et évolutive des peuplements de macroinvertébrés, de diatomées et de macrophytes, en 2021, une dégradation de la qualité du Grand Bel et de la Sainte-Hélène par rapport au cours d'eau de référence les Roteures est mise en évidence par les indices biologiques I2M2 et IBD, mais indépendante des activités du Centre de Stockage de la Manche. En effet, les dégradations sont plutôt liées à une année particulièrement pluvieuse et à un bassin versant principalement agricole de la zone d'étude. De plus, il est à noter que le changement de l'indice IBGN par l'I2M2 défavorise le classement des eaux de surfaces du bassin Seine Normandie de façon générale.

Ainsi, les ruisseaux étudiés se présentent de la façon suivante :

- Le ruisseau des Roteures, pris comme référence sans influence du Centre dans cette étude, présente une « bonne » qualité biologique, selon l'indice I2M2 concernant les macroinvertébrés et une « très bonne » qualité biologique pour les diatomées (indice IBD). Cependant, les macrophytes révèlent un fort niveau trophique du ruisseau et classent cette station en classe d'état EQR moyen. Néanmoins, la note IBMR obtenue semble peu fiable vis-à-vis des caractéristiques physiques du milieu (station fortement ombragée et très faible hauteur d'eau, limitant ainsi le développement des végétaux).
- L'étude des invertébrés aquatiques avec le calcul de l'indice I2M2 déclasse le Grand Bel en mauvaise qualité, selon l'arrêté du 25 janvier 2010 modifié [38]. Les indices IBD et IBMR sont de moyenne qualité biologique. Ces résultats laissent deviner une influence prépondérante de l'hydromorphologie de la station qui limite les possibilités d'installation d'une faune variée. L'impact du bétail est également mis en avant par le piétinement dans le cours d'eau mais également comme source potentielle de matières organiques (indice IBMR de niveau trophique élevé).
- L'analyse des macro-invertébrés de la Sainte Hélène montre une certaine dégradation des deux stations R6 et R6-10 par rapport à la station de référence et aux années précédentes (diminution de la richesse faunistique et du degré de polluosensibilité du GFI (Groupe Faunistique Indicateur), sans doute les conséquences d'apports en matières organiques). De même, l'analyse du peuplement diatomique laisse supposer un milieu altéré par la matière organique et les nutriments. Ce phénomène peut s'expliquer par les précipitations assez abondantes de l'année 2021 et une pression anthropique du bassin versant (ruissellement des parcelles agricoles et/ou domestiques). Quant aux indices IBMR, ils classent la Sainte-Hélène en bonne et très bonne qualité malgré un cours d'eau encaissé limitant ainsi fortement le développement des végétaux. De nouveaux taxons ont tout de même pu être inventoriés au niveau de la station R6-10 permettant de donner plus de crédibilité au calcul de la note IBMR qui classe la station en très bon état.

Enfin, l'étude des macroinvertébrés et des diatomées ne révèle pas la présence d'une pollution métallique impactante sur la Sainte Hélène et le Grand Bel.

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 2022-2023. Sont présentés ci-après les résultats des observations réalisées annuellement.

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 2021. Trois campagnes d'observations ont été menées en juin, juillet et août. Les résultats de ces campagnes sont présentés ci-dessous.

Sept nouveaux taxons ont été inventoriés sur la couverture du CSM en 2021. Plus de 97 % des taxons présents sur la couverture sont « communs » en Basse-Normandie. Néanmoins, 4 espèces peuvent être

considérées comme patrimoniales pour la région. Parmi celles-ci, on soulignera la présence de deux espèces protégées : Erythrée vivace (Centaurium scilloides) et Potentille d'Angleterre (Potentilla anglica).

Sur ces nouveaux taxons, aucune nouvelle espèce inventoriée ne pourrait endommager la couverture. L'Aulne glutineux qui possède un système racinaire important sera coupé pendant la période estivale 2022. Cette espèce est généralement plantée le long des berges des rivières pour limiter l'érosion de celles-ci.

7.4.2 Evolution de la végétation au sein des placettes de suivi

Selon les deux dernières années de suivi (2020 et 2021), la dynamique végétale observée en l'absence d'entretien des placettes confirme la colonisation de la couverture par des espèces ligneuses, notamment par des espèces arbustives puis arborées, et cela sur un pas de temps inférieur à 10 ans.

Sans action de gestion (fauche/tonte), l'installation et la maturation d'un boisement constituerait un risque notable, à moyen ou long terme, pour la pérennité de la couverture. Ce risque est lié à la pénétration des racines d'arbre ou au phénomène de chablis ((la chute naturelle d'un arbre le plus souvent sous l'action de différents agents naturels tels que le vent, la foudre, la neige, la chute d'un autre arbre ou pour des raisons qui lui sont propres (vieillesse, pourriture, mauvais enracinement)).

Actuellement, les végétations en place au sein des placettes non entretenues ne présentent pas de risque pour la pérennité de la couverture.

L'entretien de la couverture par une tonte annuelle avec export (TAE), c'est-à-dire avec enlèvement de la végétation coupée, n'identifie pas de risque particulier. En effet, aucune espèce ayant une capacité racinaire à explorer toute l'épaisseur du sol du CSM n'est à ce jour apparue dans les placettes gérées en TAE.

7.5 Inventaire faunistique

Le dernier inventaire faunistique a été présenté dans le bilan annuel 2018. Le prochain inventaire est prévu en 2022-2023.

Conclusion

Le bilan de la surveillance du CSM et de son environnement pour l'année 2021 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 :
  - ✓ 3,3.10-5 µSv/an pour les rejets en mer, il est non significatif ;
  - ✓ 0,113 µSv/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 légère diminution en 2021 (1 589 Bq/L pour 1 606 Bq/L en 2020). 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 présente une légère inflexion par rapport à 2020 sans que cette évolution soit significative (20 Bq/l en 2021 pour 30 Bq/l en 2020). Cette concentration présente par ailleurs une relative stabilité depuis 2015-2016. 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 2020 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 (192 Bq/L en 2021 pour 221 Bq/L en 2020).
- D'un point de vue hydraulique, le bon comportement de la couverture se confirme et se traduit par un taux d'infiltration de :
  - ✓ 0,07 L/m^2/an drainés par les 107 BRS raccordés à l'exutoire BRS0 ;
  - ✓ 0,23 L/m^2/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 0,76 L/m^2/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 1,06 L/m^2/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 le comportement mécanique de la couverture, les tassements observés sur la partie sommitale de la couverture évoluent très peu et 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 les observations de terrain montrent un ralentissement progressif des déplacements confirmant la consolidation lente des talus après les travaux de confortement.

Annexes

9.1 Annexe 1 : méthodologie des prélèvements 222
9.2 Annexe 2 : les laboratoires d'analyses 226
9.3 Annexe 3 : la préparation des échantillons 226
9.4 Annexe 4 : les techniques des laboratoires 227
9.5 Annexe 5 : rendu des résultats et interprétation 230
9.6 Annexe 6 : Protocole d'échange de données 231
9.7 Annexe 7 : Bilan des analyses 2021 232
9.8 Annexe 8 : tableaux des résultats détaillés de la surveillance 2021 234
9.9 Annexe 9 : méthodologie d'estimation du calcul d'infiltration vers le massif géologique à travers la couverture en exploitant les mesures faites dans la nappe 295
9.10 Annexe 10 : erratum bilan 2020 296

9.1 Annexe 1 : méthodologie des prélèvements

9.1.1 Référentiels

Les prélèvements sont réalisés conformément aux dispositions normatives. L'échantillonnage est primordial car il conditionne la pertinence du résultat d'analyse. Chaque prélèvement doit être représentatif du paramètre à analyser. 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 [40] et [41], qui confrontent les pratiques de plusieurs exploitants, sont également une source de recommandations dans le domaine des prélèvements en lien avec la surveillance radiologique.

9.1.2 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 [10]. 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 9-1.

Tableau 9-1 Matrice et points de contrôle associés à la surveillance radiologique et chimique

Matrice surveillée	Référence du point de prélèvement	Localisation/caractéristique
Pluie[13]	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	R1, R1-10	Ruisseau des Roteures
	R3	Ruisseau du Grand-Bel
	R6, R6-10	Ruisseau de la Sainte-Hélène
Sédiment	SCMG	Sédiment de la fosse de tranquillisation de la CMG
	SR1-10	Sédiment du ruisseau des Roteures
	SR3	Sédiment du ruisseau du Grand-Bel
	SR6, SR6-10	Sédiment du ruisseau de la Sainte-Hélène
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

[13] 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.

9.1.3 Matériels de prélèvements et de mesures in situ

Le choix des techniques d'échantillonnage est guidé par l'objectif du prélèvement, les ressources économiques et humaines et la sécurité du personnel.

En plus du petit matériel (éprouvettes de classe A, flaconnages inertes chimiquement…), des équipements plus spécifiques sont utilisés selon la matrice prélevée ; ce matériel est détaillé dans le Tableau 9-2. Il s'agit d'équipements manuels ou automatiques.

Tableau 9-2 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 1m²
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
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 (exemples Figure 9-1).



Figure 9-1 Exemple 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.

9.1.4 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 [42] et permettent de préserver les propriétés intrinsèques à chaque échantillon. 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.

9.2 Annexe 2 : 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 9-3.

Tableau 9-3 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
Laboratoire Andra du CSA (LAC)	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. § 9.6)
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

9.3 Annexe 3 : la 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.

9.3.1 Prétraitement sur les eaux

9.3.1.1 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.

9.3.1.2 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 apparaitre ; dans ce cas, la concentration doit se faire jusqu'à sec.

9.3.2 Prétraitement sur les solides

9.3.2.1 Séchage, broyage, calcination

Les sédiments subissent un prétraitement avant analyses selon la norme NF ISO 18589-2 [43] : 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.

9.3.2.2 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.

9.4 Annexe 4 : les techniques des laboratoires

9.4.1 Méthodes pour les mesures radiologiques

La liste des méthodes utilisées par les laboratoires de mesures radiologiques est donnée dans le Tableau 9-4.

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 9-4 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 EN ISO 18589-3	Spectrométrie gamma
	Indices alpha et bêta globaux	Méthode interne	Compteur proportionnel, dépôt sur coupelle après calcination
	Strontium 90	NF EN 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 EN 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 EN ISO 18589-3	Spectrométrie gamma

9.4.2 Méthodes pour les mesures physico-chimiques

Conformément aux dispositions du l'arrêté dit « RSDE » du 24 aout 2017 [44], 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 9-5.

Tableau 9-5 Liste des méthodes utilisés pour les mesures physico-chimiques

Matrice	Paramètre	Norme	Méthode
Eaux	pH	NF EN ISO 10523	
	Conductivité	NF EN 27888	
	Potentiel d'oxydo-réduction	Méthode interne	Electrochimie
	Oxygène dissous	NF EN 5814	Electrochimie
	Demande biochimique en oxygène (DBO5)	NF EN 1899-2	
	Demande chimique en oxygène (DCO)	ISO 15705	
	MES	NF EN 872	Filtration, pesage
	Carbone organique total (COT) et carbone organique dissous (COD)	NF EN 1484	
	NTK	NF EN 25663	
	Potassium	NF EN ISO 11885	ICP-OES
	Métaux	NF EN ISO 11885	ICP-OES
	Nitrates	Méthode interne	
	Nitrites	NF EN 26777	Spectrométrie d'absorption moléculaire
	Phosphates	Méthode interne	
	Mercure	NF EN ISO 12846	Spectrométrie d'absorption atomique
	Chlorures	Méthode interne	
	Sulfates	Méthode interne	
	Hydrocarbures totaux (HCT)	DIN EN ISO 9377-2	Extraction au solvant et chromatographie
	Cyanures (CN)	NF T90-107	
	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	
	Métaux	DIN EN ISO 17294-2	ICP-MS
	Mercure	DIN EN ISO 1483	
	Hydrocarbures totaux (HCT)	DIN EN ISO 16703	Chromatographie en phase gazeuse
	HAP	DIN ISO 18287	Chromatographie en phase gazeuse avec détection par spectrométrie de masse

9.5 Annexe 5 : rendu 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.

9.5.1 Mesures radiologiques

Les résultats des mesures non significatives sont exprimés en inférieur ou égal (« ≤ ») au seuil de décision (SD) conformément à la décision ASN n°2008-DC-0099 modifiée du 29 avril 2008 [45]. 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'^{234}U et l'^{238}U. Le Tableau 9-6 donne les rapports naturels des différents isotopes (état d'équilibre naturel).

Tableau 9-6 Rapports naturels des activités des isotopes de l'uranium

	Rapport des activités
$^{238}U/^{234}U$	1
$^{238}U/^{235}U$	21

9.5.2 Mesures physico-chimiques

Les résultats des mesures non significatives sont exprimés en inférieur (« < ») à la limite de quantification (LQ).

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 [29] 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 [38] 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 [34] 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 [33].

Le niveau S1 du tableau 4 de l'arrêté du 09 août 2006 [33] 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 9-7.

Tableau 9-7 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

9.6 Annexe 6 : 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 [46]. 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.

9.7 Annexe 7 : Bilan des analyses 2021

9.7.1 Nombre de prélèvements et d'analyses réalisés

Pour réaliser l'ensemble des analyses décrites dans le PRS 0, les opérateurs en charge des prélèvements ont réalisé 2 170 échantillonnages au cours de l'année 2021. Ces échantillonnages tiennent compte également des contrôles croisés et des résultats fournis par Orano Recyclage dans le cadre du protocole d'échanges de données [46].

Sur ces échantillons ont été réalisées environ 12 700 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).

9.7.2 Intégration des résultats dans le RNM

Le Réseau national de mesures de la radioactivité de l'environnement (RNM), institué par les articles R. 1333-25 et R. 1333-26 du Code de la santé publique, a été créé en 2009 dans le but de mettre à la disposition du public, sur un site internet dédié https://www.mesure-radioactivite.fr, l'ensemble des résultats des mesures de la radioactivité de l'environnement réalisées par les différents acteurs (exploitants nucléaires, laboratoires publics ou privés, associations, IRSN, ASN, etc.) sur l'ensemble du territoire français. Le dispositif d'agrément des laboratoires délivré par l'ASN selon la procédure prévue par la décision n° 2008-DC-0099 [45] de l'ASN du 29 avril 2008 modifiée permet de garantir la qualité et la fiabilité de ces résultats de mesures.

Au titre de la surveillance de l'environnement du CSM réalisée en application de l'arrêté rejets [1] et de la décision environnement [3], l'ensemble des résultats de mesure de l'année 2021 a bien été transmis et figure bien dans la base de données mise à disposition du public sur le site https://www.mesure-radioactivite.fr. Le nombre total de résultats d'analyses est présenté dans le Tableau 9-8.

Tableau 9-8 Nombre de résultats importés sur le site du RNM par type matrice et type d'analyse

	Mois de prélèvement												
Matrice	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**Total général**
air,gaz, poussières													
Alpha global à t > 5 jours	21	20	23	22	20	22	20	21	22	21	21	21	**254**
Beta global à t > 5 jours	21	20	23	22	20	22	20	21	22	21	21	21	**254**
Débit de dose gamma ambiant	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	**132**
Tritium gazeux (HT)	4	4	5	4	5	4	4	5	4	4	5	4	**52**
Eau tritiée (HTO)	4	4	5	4	5	4	4	5	4	4	5	4	**52**
Sédiments SR3													
spectrométrie gamma trimestrielle		5			5			5			5		**20**
Sédiments SR6-10													
spectrométrie gamma trimestrielle		5			5			5			5		**20**
spectrométrie gamma annuelle						14							**14**
spectrométrie alpha annuelle						2							**2**
Strontium 90						1							**1**
Sédiments SR6													
spectrométrie gamma trimestrielle		5			5			5			5		**20**
spectrométrie alpha trimestrielle		2			2			2			2		**8**
eau de nappe													
Alpha global	23	46	23	38	23	38	23	46	23	38	23	38	**382**
Beta global	23	46	23	38	23	38	23	46	23	38	23	38	**382**
Tritium total	23	46	23	50	23	38	23	46	23	38	23	38	**394**
spectrométrie gamma annuelle				192									**192**
Strontium 90				12									**12**
eau de pluie													
Alpha global	4	4	3	2	5	3	3	3	4	3	5	3	**42**
Beta global	4	4	3	2	5	3	3	3	4	3	5	3	**42**
Tritium total	4	4	3	2	5	3	3	3	4	3	5	3	**42**
eau de surface													
Alpha global	20	20	25	20	20	25	20	25	20	20	25	20	**260**
Beta global	20	20	25	20	20	25	20	25	20	20	25	20	**260**
Tritium total	20	20	25	20	20	25	20	25	20	20	25	20	**260**
Herbes V1													
spectrométrie gamma mensuelle	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	**72**
Herbes V2													
spectrométrie gamma mensuelle	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	**72**
Total général	**214**	**298**	**232**	**471**	**234**	**290**	**209**	**314**	**216**	**256**	**251**	**256**	**3241**

9.8 Annexe 8 : tableaux des résultats détaillés de la surveillance 2021

9.8.1 Résultats du point de contrôle PH1

Tableau 9-9 Résultats des analyses radiologiques hebdomadaires des eaux de pluie collectées à la station atmosphérique du Centre

Point de prélèvement	Date de prélèvement	alpha global Bq/L	bêta global Bq/L	global hors ^{40}K Bq/L	Tritium Bq/L	Potassium mg/L	pH	Hauteur mm
PH1	11/01/21	≤ 1,4E-02	5,5E-02	4,8E-02	≤ 2,1E+00	0,24	4,2	85
	18/01/21	≤ 1,4E-02	7,5E-02	6,3E-02	2,0E+01	0,42	4,7	25
	25/01/21	≤ 1,4E-02	7,2E-02	6,3E-02	4,7E+00	0,34	4,9	48
	01/02/21	≤ 1,4E-02	≤ 3,7E-02	≤ 3,7E-02	3,7E+00	0,23	5,8	76
	08/02/21	≤ 1,4E-02	4,5E-02	3,9E-02	2,8E+00	0,20	4,8	36
	15/02/21	4,9E-02	2,4E-01	2,0E-01	≤ 1,9E+00	1,44	5,1	4,1
	22/02/21	≤ 1,4E-02	1,1E-01	8,8E-02	≤ 2,0E+00	0,70	5,0	16
	01/03/21	2,8E-02	4,1E-01	3,3E-01	4,8E+00	2,76	4,3	1,1
	08/03/21	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,0
	15/03/21	≤ 1,5E-02	7,0E-02	4,6E-02	2,1E+01	0,86	4,3	30
	22/03/21	1,9E-02	2,5E-01	2,0E-01	2,5E+00	1,82	4,1	2,4
	29/03/21	≤ 1,4E-02	1,1E-01	8,9E-02	1,5E+01	0,56	4,1	10
	05/04/21	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,0
	12/04/21	≤ 1,4E-02	1,5E-01	1,2E-01	≤ 2,1E+00	0,89	4,5	7,7
	19/04/21	≤ 1,4E-02	1,8E-01	1,6E-01	7,6E+00	0,59	4,0	5,5
	26/04/21	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,0
	03/05/21	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,0
	10/05/21	≤ 1,5E-02	2,0E-01	1,6E-01	≤ 2,0E+00	1,29	4,2	15
	17/05/21	≤ 1,4E-02	≤ 3,6E-02	≤ 3,6E-02	1,2E+01	0,32	4,7	46
	24/05/21	≤ 1,4E-02	8,5E-02	4,2E-02	6,8E+00	1,53	5,6	24
	31/05/21	≤ 1,4E-02	≤ 3,6E-02	≤ 3,6E-02	3,0E+00	0,57	5,4	22
	07/06/21	4,7E-02	7,1E-01	2,7E-01	4,1E+00	15,9	5,1	1,4
	14/06/21	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,0
	21/06/21	≤ 1,4E-02	5,2E-02	3,8E-02	≤ 2,1E+00	0,49	5,8	73
	28/06/21	2,5E-02	5,7E-02	5,2E-02	5,1E+00	0,19	4,9	73
	05/07/21	≤ 1,4E-02	8,5E-02	7,7E-02	4,4E+00	0,27	4,3	11
	12/07/21	≤ 1,4E-02	5,2E-02	4,3E-02	2,5E+00	0,34	5,2	24
	19/07/21	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,0
	26/07/21	≤ 1,4E-02	9,6E-02	8,9E-02	≤ 2,1E+00	0,26	6,4	51
	02/08/21	1,6E-02	1,4E-01	9,3E-02	≤ 2,2E+00	1,82	5,2	4,6
	09/08/21	≤ 1,4E-02	5,8E-02	3,8E-02	6,3E+00	0,71	5,9	20
	16/08/21	≤ 1,4E-02	8,1E-02	7,0E-02	2,1E+01	0,41	5,7	7,6
	23/08/21	≤ 1,4E-02	6,4E-02	3,9E-02	1,1E+01	0,90	6,0	4,9
	30/08/21	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,0
	06/09/21	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,0
	13/09/21	2,8E-02	1,5E-01	1,1E-01	≤ 2,3E+00	1,39	6,4	5,9
	20/09/21	≤ 1,4E-02	5,2E-02	4,6E-02	≤ 2,2E+00	≤ 0,21	6,0	16
	27/09/21	≤ 1,4E-02	7,5E-02	6,1E-02	5,1E+00	0,50	5,2	6,3
	04/10/21	≤ 1,4E-02	8,5E-02	7,5E-02	4,1E+00	0,35	5,6	63
	11/10/21	≤ 1,5E-02	8,6E-02	7,4E-02	5,1E+00	0,43	4,7	20
	18/10/21	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,0
	25/10/21	≤ 1,5E-02	4,5E-02	≤ 3,6E-02	≤ 2,2E+00	0,59	5,0	39
	01/11/21	≤ 1,5E-02	5,6E-02	4,6E-02	≤ 2,2E+00	0,35	5,7	45
	08/11/21	≤ 1,4E-02	5,3E-02	4,8E-02	2,0E+01	0,17	5,5	25
	15/11/21	≤ 1,4E-02	7,4E-02	6,5E-02	2,2E+01	0,33	5,1	7,1
	22/11/21	≤ 1,4E-02	5,6E-02	5,0E-02	1,3E+01	≤ 0,22	5,2	14
	29/11/21	≤ 1,4E-02	1,7E-01	1,4E-01	7,7E+00	1,12	4,9	17
	06/12/21	≤ 1,4E-02	≤ 3,6E-02	≤ 3,6E-02	2,1E+01	0,21	5,3	56
	13/12/21	≤ 1,4E-02	≤ 3,6E-02	≤ 3,6E-02	4,0E+00	0,35	6,0	56
	20/12/21	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,0
	27/12/21	≤ 1,4E-02	8,0E-02	6,6E-02	≤ 2,1E+00	0,49	5,7	20
	03/01/22	≤ 1,6E-02	5,4E-02	4,2E-02	≤ 2,2E+00	0,42	5,6	61
Somme								1175,6

NR : pas d'écoulement sur la période, analyses non réalisées

Tableau 9-10 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	01/02/2021	≤1,4E-02	≤3,7E-02	5,7E+00	0,23	4,8	234,0
	Février	01/03/2021	≤1,5E-02	1,1E-01	≤2,0E+00	0,70	4,9	57,2
	Mars	29/03/2021	≤1,4E-02	1,5E-01	1,8E+01	0,97	4,3	42,4
	Avril	03/05/2021	≤1,4E-02	1,5E-01	4,0E+00	0,7	4,2	13,2
	Mai	31/05/2021	≤1,4E-02	5,8E-02	7,3E+00	0,73	4,8	107,0
	Juin	28/06/2021	≤1,4E-02	9,5E-02	2,4E+00	0,57	5,3	147,4
	Juillet	02/08/2021	≤1,4E-02	1,1E-01	2,6E+00	0,49	5,9	90,6
	Août	30/08/2021	≤1,4E-02	6,1E-02	7,8E+00	0,74	5,9	32,5
	Septembre	04/10/2021	1,7E-02	5,8E-02	3,1E+00	0,4	5,7	91,2
	Octobre	01/11/2021	≤1,5E-02	5,6E-02	≤2,2E+00	0,4	5,2	104,0
	Novembre	29/11/2021	≤1,4E-02	9,1E-02	1,4E+01	0,5	5,2	63,1
	Décembre	03/01/2022	≤1,4E-02	≤3,3E-02	8,9E+00	0,6	5,7	193,0
Somme								1175,6

Tableau 9-11 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	7,1 +/- 0,1	6,2 +/- 0,1	-
	Conductivité	µS/cm	110 +/- 3	222 +/- 7	-
	Oxygène dissous	mgO2/L	11 +/- 1	9,3 +/- 0,1	-
	Température	°C	10 +/- 1	14 +/- 1	-
	Potentiel redox	mV/ENH	479 +/- 19	385 +/- 15	-
	COT	mg/L	0,90 +/- 0,17	6,8 +/- 0,6	-
	DCO	mg/L	<5	NR	-
	MES	mg/L	<2	8,0 +/- 0,4	-
Elements majeurs	Calcium	mg/L	1,4 +/- 0,1	0,60 +/- 0,03	178
	Chlorures	mg/L	39 +/- 2	20 +/- 1	5240
	Potassium	mg/L	0,80 +/- 0,04	0,50 +/- 0,20	115
	Sulfates	mg/L	6,5 +/- 0,3	3,2 +/- 0,2	862
Substances indésirables	Aluminium	µg/L	57 +/- 3	9,0 +/- 0,5	5,9
	Baryum	µg/L	<5	<5	0,44
	Bore	µg/L	<5	6,0 +/- 1,0	0,97
	Cuivre	µg/L	5,0 +/- 0,7	8,0 +/- 1,0	1,1
	Fer	µg/L	9,0 +/- 0,5	4,5 +/- 0,9	1,2
	Manganèse	µg/L	5,0 +/- 0,3	1,9 +/- 0,4	0,61
Substances toxiques	Arsenic	µg/L	<0,2	<0,2	0,018
	Cadmium	µg/L	<0,5	<0,02	0,023
	Chrome	µg/L	<1	0,50 +/- 0,26	0,13
	Cyanures	µg/L	<5	<5	0,12
	Etain	µg/L	<5	<5	0,31
	Mercure	µg/L	<0,01	<0,01	0,00088
	Nickel	µg/L	1,8 +/- 0,2	1,3 +/- 0,1	0,27
	Plomb	µg/L	0,40 +/- 0,24	0,40 +/- 0,24	0,071
	Zinc	µg/L	17 +/- 1	9,0 +/- 0,5	2,3
	Hydrocarbures	µg/L	≤100	≤100	8,8

9.8.2 Résultats du point de contrôle CMG

Tableau 9-12 Résultats des analyses radiologiques des eaux pluviales à leur exutoire (CMG)

Pas de temps des prélèvements : 3 jours

Date de Prélèvement	Durée	Indice alpha global	Indice bêta global	bêta hors ^{40}K	Tritium	Potassium	pH	Volume rejeté
		Bq/L	Bq/L	Bq/L	Bq/L	mg/L	-	m^3
04/01/21	72	≤ 1,5E-02	5,5E-02	≤ 3,6E-02	6,2E+00	1,17	7,9	602,15
07/01/21	72	≤ 1,5E-02	1,1E-01	7,3E-02	4,2E+00	1,16	7,5	5248,47
10/01/21	72	≤ 1,5E-02	1,1E-01	8,3E-02	8,2E+00	1,08	7,6	1966,89
13/01/21	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
16/01/21	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
19/01/21	72	≤ 1,5E-02	7,4E-02	3,8E-02	8,1E+00	1,29	7,8	341,45
22/01/21	72	2,6E-02	9,3E-02	6,4E-02	6,0E+00	1,03	7,7	816,60
25/01/21	72	2,4E-02	8,1E-02	5,0E-02	8,5E+00	1,12	7,8	434,38
28/01/21	72	≤ 1,5E-02	8,4E-02	5,2E-02	1,0E+01	1,16	7,8	384,33
01/02/21	96	≤ 1,5E-02	8,4E-02	5,2E-02	4,8E+00	1,16	7,7	4217,06
04/02/21	72	2,4E-02	4,8E-02	≤ 3,6E-02	3,5E+00	0,99	7,6	978,71
07/02/21	72	≤ 1,5E-02	6,6E-02	≤ 3,6E-02	6,8E+00	1,08	7,7	228,23
10/02/21	72	≤ 1,5E-02	4,3E-02	≤ 3,6E-02	5,8E+00	1,08	7,7	13,04
13/02/21	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
16/02/21	72	≤ 1,5E-02	1,1E-01	7,1E-02	6,2E+00	1,40	7,9	5,78
19/02/21	72	≤ 1,5E-02	5,0E-02	≤ 3,6E-02	3,6E+00	1,00	7,7	57,81
22/02/21	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
25/02/21	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
01/03/21	96	1,9E-02	8,9E-02	4,8E-02	3,7E+00	1,48	7,8	9,66
04/03/21	72	≤ 1,5E-02	7,5E-02	≤ 3,6E-02	3,8E+00	1,55	7,8	33,44
07/03/21	72	≤ 1,5E-02	1,3E-01	7,1E-02	4,3E+00	2,04	7,6	33,30
10/03/21	72	≤ 1,5E-02	1,5E-01	8,7E-02	4,8E+00	2,20	7,7	11,43
13/03/21	72	≤ 1,5E-02	1,9E-01	6,4E-02	6,4E+00	4,51	7,6	114,97
16/03/21	72	≤ 1,5E-02	7,7E-02	≤ 3,6E-02	8,4E+00	1,56	7,8	17,34
19/03/21	72	≤ 1,5E-02	9,0E-02	4,6E-02	7,4E+00	1,56	7,9	22,79
22/03/21	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
25/03/21	72	≤ 1,5E-02	1,1E-01	4,0E-02	4,8E+00	2,53	7,8	13,58
28/03/21	72	2,4E-02	1,9E-01	8,3E-02	4,6E+00	3,85	7,7	8,83
01/04/21	96	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
04/04/21	72	≤ 1,5E-02	1,4E-01	7,3E-02	3,5E+00	2,25	7,8	37,59
07/04/21	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
10/04/21	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
13/04/21	72	≤ 1,5E-02	1,2E-01	6,1E-02	5,9E+00	2,16	7,7	11,59
16/04/21	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
19/04/21	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
22/04/21	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
25/04/21	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
28/04/21	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
01/05/21	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
04/05/21	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
07/05/21	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
10/05/21	72	≤ 1,5E-02	8,9E-02	≤ 3,6E-02	≤ 2,1E+00	1,93	7,5	38,41
13/05/21	72	≤ 1,5E-02	1,4E-01	4,4E-02	≤ 2,1E+00	3,34	7,5	187,89
16/05/21	72	≤ 1,4E-02	6,7E-02	≤ 3,6E-02	7,4E+00	1,29	7,5	74,37
19/05/21	72	≤ 1,4E-02	6,2E-02	≤ 3,6E-02	7,0E+00	1,13	7,5	20,18
22/05/21	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
25/05/21	72	≤ 1,5E-02	6,8E-02	3,9E-02	4,4E+00	1,05	7,4	110,35
28/05/21	72	1,9E-02	8,6E-02	4,1E-02	5,0E+00	1,62	7,5	268,92
01/06/21	96	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
04/06/21	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
07/06/21	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
10/06/21	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
13/06/21	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
16/06/21	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
19/06/21	72	3,2E-02	9,2E-02	3,9E-02	≤ 2,2E+00	1,89	6,8	319,72
22/06/21	72	≤ 1,4E-02	6,8E-02	≤ 3,6E-02	2,8E+00	1,45	7,3	1624,37
25/06/21	72	2,5E-02	1,3E-01	7,8E-02	3,7E+00	1,70	7,7	1266,06
28/06/21	72	2,3E-02	5,9E-02	3,6E-02	5,3E+00	1,20	7,7	953,33
01/07/21	72	≤ 1,4E-02	1,7E-01	≤ 1,2E-01	4,3E+00	1,88	7,7	174,06

NR : pas d'écoulement sur la période, analyses non réalisées

Date de Prélèvement	Durée	Indice alpha global	Indice bêta global	bêta hors ^{40}K	Tritium	Potassium	pH	Volume rejeté
		Bq/L	Bq/L	Bq/L	Bq/L	mg/L	-	m^3
04/07/21	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
07/07/21	72	≤ 1,4E-02	9,8E-02	6,0E-02	5,1E+00	1,36	7,5	68,30
10/07/21	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
13/07/21	72	≤ 1,4E-02	9,6E-02	5,5E-02	4,4E+00	1,46	7,5	40,87
16/07/21	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
19/07/21	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
22/07/21	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
25/07/21	72	≤ 1,4E-02	8,9E-02	5,7E-02	2,6E+00	1,14	7,3	656,86
28/07/21	72	≤ 1,4E-02	8,1E-02	4,9E-02	≤ 2,3E+00	1,14	7,8	206,73
01/08/21	96	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
04/08/21	72	1,6E-02	7,7E-02	4,2E-02	4,8E+00	1,24	7,7	11,03
07/08/21	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
10/08/21	72	≤ 1,4E-02	4,3E-02	≤ 3,6E-02	6,1E+00	1,05	7,3	89,44
13/08/21	72	≤ 1,4E-02	≤ 3,6E-02	≤ 3,6E-02	8,7E+00	1,05	7,5	20,51
16/08/21	72	≤ 1,4E-02	7,1E-02	≤ 3,6E-02	7,2E+00	1,64	7,7	10,66
19/08/21	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
22/08/21	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
25/08/21	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
28/08/21	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
01/09/21	96	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
04/09/21	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
07/09/21	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
10/09/21	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
13/09/21	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
16/09/21	72	2,0E-02	8,6E-02	≤ 3,6E-02	≤ 2,2E+00	1,81	7,5	111,48
19/09/21	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
22/09/21	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
25/09/21	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
28/09/21	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
01/10/21	72	≤ 1,4E-02	6,4E-02	≤ 3,6E-02	≤ 2,3E+00	1,61	7,3	206,79
04/10/21	72	≤ 1,5E-02	8,5E-02	4,0E-02	≤ 2,2E+00	1,61	7,4	398,21
07/10/21	72	2,0E-02	1,0E-01	4,7E-02	2,9E+00	1,90	7,4	251,12
10/10/21	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
13/10/21	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
16/10/21	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
19/10/21	72	≤ 1,5E-02	9,8E-02	0,0414	≤ 2,3E+00	2,03	7,7	21,80
22/10/21	72	≤ 1,5E-02	8,8E-02	≤ 3,6E-02	≤ 2,4E+00	1,94	7,7	390,16
25/10/21	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
28/10/21	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
01/11/21	96	2,5E-02	1,1E-01	6,2E-02	2,8E+00	1,76	7,9	319,90
04/11/21	72	≤ 1,4E-02	8,3E-02	≤ 3,6E-02	6,0E+00	1,73	7,8	1786,01
07/11/21	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
10/11/21	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
13/11/21	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
16/11/21	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
19/11/21	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
22/11/21	72	≤ 1,4E-02	6,1E-02	≤ 3,6E-02	9,3E+00	2,04	8,1	87,62
25/11/21	72	≤ 1,4E-02	7,1E-02	4,0E-02	5,6E+00	1,12	7,9	11,02
28/11/21	72	≤ 1,4E-02	7,2E-02	3,9E-02	4,0E+00	1,20	8,0	11,22
01/12/21	72	≤ 1,4E-02	6,5E-02	≤ 3,6E-02	9,5E+00	1,43	7,7	38,16
04/12/21	72	≤ 1,4E-02	9,6E-02	5,6E-02	5,1E+00	1,43	7,9	2391,13
07/12/21	72	≤ 1,4E-02	1,2E-01	8,0E-02	6,9E+00	1,59	7,8	558,56
10/12/21	72	≤ 1,4E-02	9,7E-02	6,4E-02	6,2E+00	1,19	7,8	1858,73
13/12/21	72	≤ 1,4E-02	1,3E-01	9,0E-02	8,3E+00	1,52	7,9	546,85
16/12/21	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
19/12/21	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
22/12/21	72	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0,00
25/12/21	72	≤ 1,4E-02	1,6E-01	1,2E-01	7,5E+00	1,70	8,2	6,27
28/12/21	72	≤ 1,4E-02	9,6E-02	6,0E-02	3,8E+00	1,28	7,9	361,10
01/01/22	96	2,2E-02	1,4E-01	8,9E-02	4,7E+00	1,70	8,0	844,75

NR : pas d'écoulement sur la période, analyses non réalisées

Tableau 9-13 Résultats des analyses radiologiques mensuelles des eaux pluviales à leur exutoire (CMG)

Point de prélèvement	Période	Information prélèvement		Analyses radiologiques				Analyses physico-chimiques			Relâchements et flux				
		Date de prélèvement	Volume rejeté	Indice alpha global	Indice bêta global	Indice bêta insoluble	Tritium	Potassium	pH	MES*	Alpha	Bêta	Tritium	Potassium	MES
			m³	Bq/L	Bq/L	Bq/L	Bq/L	mg/L	-	mg/L	MBq	MBq	MBq	kg	kg
CMG	Janvier	01/02/2021	14011	≤1,5E-02	1,0E-01	≤1,7E-02	7,0E+00	1,43	7,8	3,4	2,1E-01	1,5E+00	9,8E+01	2,0E+01	4,8E+01
	Février	01/03/2021	1293	≤1,5E-02	9,3E-02	≤1,7E-02	5,3E+00	1,24	7,7	2,8	1,9E-02	1,2E-01	6,9E+00	1,6E+00	3,6E+00
	Mars	01/04/2021	256	≤1,5E-02	1,2E-01	≤1,7E-02	5,1E+00	2,08	7,7	1,4	3,8E-03	3,0E-02	1,3E+00	5,0E-01	4,0E-01
	Avril	01/05/2021	49	≤1,5E-02	1,2E-01	NR	4,6E+00	2,35	7,8	<1,0	7,4E-04	6,1E-03	2,3E-01	1,0E-01	≤4,9E-02
	Mai	01/06/2021	700	≤1,5E-02	8,3E-02	≤1,7E-02	4,2E+00	1,53	7,6	3,0	1,1E-02	5,8E-02	2,9E+00	1,1E+00	2,1E+00
	Juin	01/07/2021	4338	≤1,4E-02	8,1E-02	≤1,7E-02	3,6E+00	1,71	7,5	2,6	6,1E-02	3,5E-01	1,6E+01	7,4E+00	1,1E+01
	Juillet	01/08/2021	973	≤1,4E-02	9,4E-02	≤3,8E-02	3,9E+00	1,39	7,8	4,0	1,4E-02	9,1E-02	3,8E+00	1,4E+00	4,0E+00
	Août	01/09/2021	132	≤1,4E-02	4,7E-02	≤1,9E-02	5,1E+00	1,41	7,5	2,6	1,8E-03	6,0E-03	6,7E-01	2,0E-01	3,5E-01
	Septembre	01/10/2021	318	1,9E-02	7,7E-02	1,8E-02	≤2,2E+00	1,86	7,5	1,6	6,0E-03	2,5E-02	7,0E-01	6,0E-01	5,0E-01
	Octobre	01/11/2021	1381	≤1,5E-02	6,3E-02	≤1,7E-02	≤2,3E+00	1,85	7,5	2,2	2,1E-02	9,0E-02	3,2E+00	2,6E+00	3,0E+00
	Novembre	01/12/2021	1934	≤1,4E-02	7,8E-02	≤1,7E-02	6,5E+00	1,67	7,6	1,2	2,7E-02	1,5E-01	1,3E+01	3,2E+00	2,0E+00
	Décembre	01/01/2022	6567	≤1,4E-02	1,1E-01	≤1,7E-02	9,4E+00	1,70	7,8	2,6	9,2E-02	7,2E-01	6,2E+01	1,1E+01	1,7E+01
Somme			31952								4,7E-01	3,1E+00	2,1E+02	5,0E+01	9,2E+01

* : les MES et le bêta insoluble sont mesurés après filtration de 500 mL d'échantillon sur un filtre de porosité de 0,45 µm

Tableau 9-14 Résultats des analyses radiologiques à bas seuil des eaux pluviales à leur exutoire (CMG)

	CMG 1er semestre V1=20647 m³	CMG 2nd semestre V2 = 11305 m³	*Cumul annuel Vtotal = 31952 m³*
	Activité volumique (Bq/L)	Activité volumique (Bq/L)	Activité relâchée (MBq)
Spectrométrie gamma			
^{40}K	≤1,5E-01	2,1E-01	*5,5E+00*
^{60}Co	≤8,0E-03	≤8,2E-03	*2,6E-01*
^{94}Nb	≤8,4E-03	≤8,8E-03	*2,7E-01*
^{108m}Ag	≤9,0E-03	≤9,5E-03	*2,9E-01*
^{110m}Ag	≤9,7E-03	≤1,1E-02	*3,2E-01*
^{134}Cs	≤1,0E-02	≤1,0E-02	*3,2E-01*
^{137}Cs	≤9,1E-03	≤9,3E-03	*2,9E-01*
^{210}Pb	≤9,8E-02	≤1,1E-01	*3,3E+00*
^{212}Pb	≤1,4E-02	1,2E-02 +/- 6,0E-03	*4,2E-01*
^{214}Pb	≤2,1E-02	≤2,1E-02	*6,7E-01*
^{226}Ra	≤1,6E-01	≤1,6E-01	*5,1E+00*
^{228}Ra	≤3,3E-02	≤3,2E-02	*10E+00*
^{234}Th	≤8,9E-02	≤9,5E-02	*2,9E+00*
^{235}U	≤4,1E-02	≤4,8E-02	*14E+00*
^{241}Am	≤1,2E-02	≤1,2E-02	*3,8E-01*
Spectrométrie alpha			
^{226}Ra	≤5,0E-03	≤7,0E-03	*18E-01*
^{234}U	4,4E-03 +/- 3,9E-03	5,9E-03 +/- 1,8E-03	*16E-01*
^{235}U	≤1,9E-03	9,0E-04 +/- 7,0E-04	*4,9E-02*
^{238}U	≤1,8E-03	4,7E-03 +/- 1,6E-03	*9,0E-02*
^{238}Pu	≤1,5E-04	≤2,2E-04	*5,6E-03*
^{239}Pu+^{240}Pu	≤1,0E-04	≤1,3E-04	*3,5E-03*
^{241}Am	≤9,1E-05	≤2,1E-04	*4,3E-03*
^{244}Cm	≤9,1E-05	≤1,5E-04	*3,6E-03*
Scintillation liquide			
^{3}H	5,9E+00 +/- 3,2E+00	1,1E+01 +/- 3,3E+00	*2,5E+02*
^{14}C	≤7,1E+00	≤1,4E+00	*16E+02*
^{36}Cl	≤1,3E-01	≤1,9E-01	*4,8E+00*
^{63}Ni	≤3,6E-02	≤3,0E-02	*1,1E+00*
^{90}Sr	≤7,7E-03	≤2,6E-02	*4,5E-01*
^{99}Tc	≤4,0E-02	≤2,5E-02	*1,1E+00*
^{151}Sm	≤4,0E-02	≤2,7E-02	*1,1E+00*
^{241}Pu	≤8,4E-03	≤3,4E-02	*5,6E-01*
Spectrométrie X			
^{59}Ni	≤6,5E-02	≤7,4E-02	*2,2E+00*
ICP-MS			
^{232}Th	≤1,1E-03	≤1,1E-03	*3,5E-02*

Tableau 9-15 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	11	2	<100	14 011	154,0	28,0	0,700
Février	10	4	<100	1 293	12,9	5,2	0,065
Mars	9	25	<100	256	2,3	6,4	0,013
Avril	11	13	<100	49	0,5	0,6	0,002
Mai	15	7	<100	700	10,5	4,9	0,035
Juin	28	8	<100	4 338	121,0	34,7	0,217
Juillet	16	2	<100	973	15,6	2,0	0,049
Août	10	<2	<100	132	1,3	0,1	0,007
Septembre	13	5	<100	318	4,1	1,6	0,016
Octobre	15	12	<100	1 381	20,7	16,6	0,069
Novembre	15	9	<100	1 934	29,0	17,4	0,097
Décembre	11	<2	<100	6 567	72,0	6,6	0,328
totaux				**31 952**	**444**	**124**	**1,60**

Tableau 9-16 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	7,6 +/- 0,1	7,7 +/- 0,1	-
	Conductivité	µS/cm	276 +/- 8	72 +/- 2	-
	Oxygène dissous	mgO_2/L	11 +/- 1	8,2 +/- 0,1	-
	Température	°C	9,0 +/- 0,5	18 +/- 1	-
	Potentiel redox	mV/ENH	451 +/- 18	398 +/- 16	-
	COT	mg/L	4,0 +/- 0,4	5,8 +/- 0,5	-
	DCO	mg/L	15 +/- 1	13 +/- 1	-
	MES	mg/L	10 +/- 1	5,0 +/- 0,3	-
Eléments majeurs	Calcium	mg/L	24 +/- 1	26 +/- 1	789
	Chlorures	mg/L	28 +/- 1	28 +/- 1	895
	Potassium	mg/L	1,5 +/- 0,1	1,8 +/- 0,1	51
	Sulfates	mg/L	11 +/- 1	10 +/- 1	340
	Nitrates	mg/L	2,4 +/- 0,1	1,5 +/- 0,1	67
Substances indésirables	Nitrites	µg/L	40 +/- 2	13 +/- 1	1,0
	Azote NTK	mg/L	<0,5	<0,5	8,0
	Azote global	mg/L	<1	<1	16
	Phosphates	mg/l	0,027 +/- 0,001	0,084 +/- 0,004	1,5
	Aluminium	µg/L	69 +/- 4	170 +/- 9	3,3
	Baryum	µg/L	19 +/- 1	20 +/- 1	0,62
	Bore	µg/L	11 +/- 1	14 +/- 1	0,39
	Cuivre	µg/L	11 +/- 1	19 +/- 1	0,44
	Fer	µg/L	51 +/- 3	94 +/- 5	2,1
	Manganèse	µg/L	5,0 +/- 0,3	11 +/- 1	0,23
Substances toxiques	Arsenic	µg/L	<1	<1	0,016
	Cadmium	µg/L	<0,5	<0,2	0,0063
	Chrome	µg/L	<5	<1	0,057
	Etain	µg/L	<5	<5	0,080
	Mercure	µg/L	<0,01	<0,05	0,000039
	Nickel	µg/L	7,0 +/- 0,6	3,8 +/- 0,3	0,19
	Plomb	µg/L	<1	<1	0,016
	Uranium	µg/L	<4	<4	0,064
	Zinc	µg/L	43 +/- 2	<1	0,89
	Hydrocarbures	µg/L	<100	<100	1,6

Tableau 9-17 Résultats des analyses radiochimiques des sédiments de la fosse de tranquillisation de la CMG

Echantillon annuel prélevé le 8 juin 2021

Spectrométrie gamma	Activité en Bq/kg sec	Spectrométrie alpha	Activité en Bq/kg sec
^{40}K	**3,2E+02 +/- 4,6E+01**	^{234}U	**9,0E+00 +/- 1,3E+00**
^{60}Co	≤9,8E-02	^{235}U	**3,9E-01 +/- 1,4E-01**
^{94}Nb	≤1,0E-01	^{238}U	**7,0E+00 +/- 1,1E+00**
^{108m}Ag	≤1,1E-01	^{238}Pu	≤7,1E-02
^{110m}Ag	≤1,2E-01	^{239}Pu+^{240}Pu	≤7,1E-02
^{134}Cs	≤1,1E-01	^{241}Am	≤5,1E-02
^{137}Cs	**6,9E-01 +/- 1,0E-01**	^{244}Cm	≤3,0E-02
^{210}Pb	**2,3E+02 +/- 3,3E+01**	**Scintillation liquide**	**Activité en Bq/kg sec**
^{212}Pb	**1,6E+01 +/- 1,9E+00**	^{14}C	≤2,8E+01
^{214}Pb	**7,8E+00 +/- 1,0E+00**	^{36}Cl	≤1,4E+01
^{226}Ra	**4,6E+00 +/- 2,3E+00**	^{63}Ni	≤3,9E+00
^{228}Ra	**1,8E+01 +/- 2,4E+00**	^{90}Sr	≤1,6E+00
^{234}Th	**2,7E+01 +/- 4,4E+00**	^{99}Tc	≤3,8E+00
^{235}U	≤6,5E-01	^{151}Sm	≤3,3E+00
^{241}Am	≤4,0E-01	^{241}Pu	≤5,9E+00
Spectrométrie X	**Activité en Bq/kg sec**	**ICP-MS**	**Activité en Bq/kg sec**
^{59}Ni	≤2,4E+01	^{232}Th	1,0E+01 +/- 1,1E+00

Tableau 9-18 Résultats des analyses physico-chimiques des sédiments de la fosse de tranquillisation de la CMG

Echantillon annuel prélevé le 8 juin 2021

Paramètres	Unités	Concentration
Paramètres physico-chimiques classiques		
Granulométrie < 2 mm	% MS	**91 +/- 27**
Granulométrie <63 µm	% MS	<0,1
Substances indésirables		
Bore	mg/kg MS	**5,3 +/- 1,6**
Substances toxiques		
Cadmium	mg/kg MS	**0,60 +/- 0,18**
Chrome	mg/kg MS	**7,1 +/- 2,1**
Cyanures	mg/kg MS	<0,3
Mercure	mg/kg MS	<0,05
Nickel	mg/kg MS	**73 +/- 22**
Plomb	mg/kg MS	**20 +/- 6**
Uranium	mg/kg MS	**0,12 +/- 0,04**
Somme des HAP	mg/kg MS	**0,91 +/- 0,27**

9.8.3 Résultats du point de contrôle BDS

Tableau 9-19 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	11/01/21	1,9E-02	2,4E-01	1,6E+01	1,65	7,8	4 105
	18/01/21	≤ 1,5E-02	1,8E-01	3,1E+01	1,56	8,0	1668
	25/01/21	≤ 1,5E-02	1,5E-01	2,2E+01	1,47	8,0	2 538
	01/02/21	≤ 1,5E-02	2,1E-01	2,1E+01	1,61	8,0	3 530
	08/02/21	≤ 1,5E-02	1,3E-01	2,1E+01	1,53	7,8	3 272
	15/02/21	3,4E-02	1,2E-01	3,8E+01	1,62	7,9	982
	22/02/21	3,8E-02	1,3E-01	3,4E+01	1,81	8,1	642
	01/03/21	2,8E-02	1,7E-01	1,0E+01	1,90	8,1	497
	08/03/21	3,4E-02	2,1E-01	1,7E+01	1,79	8,1	307
	15/03/21	2,4E-02	3,0E-01	2,0E+01	1,71	8,0	464
	22/03/21	2,2E-02	1,3E-01	8,5E+00	1,82	8,1	369
	29/03/21	2,8E-02	4,8E-01	1,3E+01	2,17	8,1	313
	05/04/21	3,5E-02	2,8E-01	9,9E+00	2,16	8,1	234
	12/04/21	7,3E-02	5,5E-01	3,7E+01	2,33	8,1	169
	19/04/21	4,6E-02	2,9E-01	2,0E+01	2,51	8,1	131
	26/04/21	6,9E-02	2,6E-01	1,8E+01	3,35	8,2	120
	03/05/21	5,3E-02	3,3E-01	2,4E+01	3,43	8,0	111
	10/05/21	4,2E-02	4,1E-01	2,3E+01	2,88	8,0	114
	17/05/21	5,0E-02	4,3E-01	1,8E+01	2,62	8,0	157
	24/05/21	4,1E-02	4,0E-01	2,0E+01	2,45	8,1	127
	31/05/21	2,8E-02	2,4E-01	1,4E+01	1,95	8,0	337
	07/06/21	7,2E-02	3,7E-01	1,9E+01	2,36	8,0	170
	14/06/21	3,9E-02	2,4E-01	1,5E+01	2,09	8,0	125
	21/06/21	2,2E-02	5,5E-01	1,6E+01	3,34	8,0	166
	28/06/21	**2,0E-02**	**2,4E-01**	**1,4E+02**	**2,75**	**8,0**	**2 509**
	05/07/21	2,3E-02	3,9E-01	1,0E+01	1,63	8,1	1370
	12/07/21	2,1E-02	2,5E-01	8,5E+00	1,53	8,0	534
	19/07/21	3,2E-02	3,0E-01	1,2E+01	2,31	8,2	362
	26/07/21	2,3E-02	2,3E-01	9,2E+00	2,34	8,0	485
	02/08/21	3,3E-02	3,5E-01	1,0E+01	2,08	8,1	499
	09/08/21	2,8E-02	2,2E-01	1,1E+01	2,29	8,1	246
	16/08/21	2,8E-02	4,7E-01	2,0E+01	2,60	8,1	237
	23/08/21	4,3E-02	2,1E-01	1,4E+01	2,84	8,1	154
	30/08/21	5,0E-02	4,7E-01	1,6E+01	3,21	8,1	136
	06/09/21	6,0E-02	4,2E-01	1,8E+01	3,09	8,0	116
	13/09/21	5,9E-02	7,7E-01	4,1E+01	3,15	8,2	121
	20/09/21	5,9E-02	4,0E-01	1,8E+01	3,33	8,2	112
	27/09/21	5,9E-02	6,1E-01	2,4E+01	4,03	8,2	94
	04/10/21	6,1E-02	4,8E-01	1,9E+01	3,74	8,2	146
	11/10/21	2,2E-02	7,0E-01	1,5E+01	2,51	8,1	312
	18/10/21	3,7E-02	6,7E-01	1,9E+01	2,68	8,1	129
	25/10/21	3,0E-02	2,2E-01	8,8E+00	2,03	8,1	471
	01/11/21	3,4E-02	4,1E-01	1,1E+01	1,94	8,2	424
	08/11/21	1,9E-02	2,2E-01	4,9E+00	1,73	8,2	2 069
	15/11/21	5,4E-02	1,9E-01	7,1E+00	1,91	8,3	634
	22/11/21	2,9E-02	4,0E-01	9,4E+00	2,04	8,3	501
	29/11/21	2,9E-02	2,0E-01	6,4E+00	1,53	8,2	673
	06/12/21	1,7E-02	2,8E-01	9,8E+00	1,51	8,1	2 195
	13/12/21	≤ 1,5E-02	3,3E-01	1,3E+01	1,60	8,2	2 713
	20/12/21	4,5E-02	2,9E-01	1,3E+01	1,85	8,3	1066
	27/12/21	**2,7E-02**	**6,2E-01**	**1,1E+03**	**9,70**	**8,3**	**598**
	03/01/22	1,7E-02	2,2E-01	9,3E+00	1,70	8,3	2 343
Volume total							**41895**

Tableau 9-20 Résultats des analyses radiologiques mensuelles des effluents à risques à leur exutoire (BDS)

Point de prélèvement	Période	Information prélèvement		Analyses radiologiques				Analyses physico-chimiques			Relâchements et flux				
		Date de prélèvement	Volumes m^3	Indice alpha global Bq/L	Indice bêta global Bq/L	Indice bêta insoluble* Bq/L	Tritium Bq/L	Potassium mg/L	pH UpH	MES* mg/L	Alpha MBq	Bêta MBq	Tritium MBq	Potassium kg	MES kg
BDS	janvier	01/02/2021	11840	≤1,50E-02	1,7E-01	≤1,68E-02	2,4E+01	1,78	7,9	1,8	1,8E-01	2,0E+00	2,9E+02	2,1E+01	2,1E+01
	février	01/03/2021	5393	≤1,50E-02	1,6E-01	≤1,68E-02	2,4E+01	1,90	8,0	1,8	8,1E-02	8,7E-01	1,3E+02	1,0E+01	1,0E+01
	mars	29/03/2021	1453	3,7E-02	3,1E-01	≤1,68E-02	1,5E+01	2,08	8,1	1,0	5,4E-02	4,5E-01	2,2E+01	3,0E+00	1,5E+00
	avril	03/05/2021	765	5,5E-02	3,4E-01	≤1,68E-02	2,1E+01	2,79	8,0	1,0	4,2E-02	2,6E-01	1,6E+01	2,1E+00	8,0E-01
	mai	31/05/2021	735	3,3E-02	3,2E-01	≤1,68E-02	1,7E+01	2,66	8,1	2,80	2,4E-02	2,4E-01	1,3E+01	2,0E+00	2,1E+00
	juin	28/06/2021	2970	2,5E-02	3,1E-01	≤1,68E-02	1,2E+02	3,11	8,0	3,6	7,0E-02	9,2E-01	3,5E+02	9,2E+00	1,1E+01
	juillet	02/08/2021	3250	3,3E-02	2,5E-01	≤1,68E-02	1,5E+01	1,99	8,1	1,6	1,1E-01	8,1E-01	4,7E+01	6,5E+00	5,0E+00
	août	30/08/2021	773	4,1E-02	3,3E-01	≤1,68E-02	1,5E+01	2,85	8,2	1,2	3,2E-02	2,6E-01	1,2E+01	2,2E+00	9,0E-01
	septembre	04/10/2021	589	5,5E-02	5,0E-01	≤1,68E-02	2,2E+01	3,74	8,1	2,0	3,2E-02	2,9E-01	1,3E+01	2,2E+00	1,2E+00
	octobre	01/11/2021	1336	2,1E-02	4,4E-01	≤1,68E-02	1,3E+01	2,21	8,2	2,6	2,8E-02	5,9E-01	1,7E+01	3,0E+00	3,5E+00
	novembre	29/11/2021	3877	3,3E-02	2,2E-01	≤1,68E-02	7,4E+00	1,70	8,2	1,2	1,3E-01	8,5E-01	2,9E+01	6,6E+00	5,0E+00
	décembre	03/01/2022	8914	2,9E-02	2,7E-01	≤1,68E-02	1,5E+02	2,75	8,2	1,4	2,6E-01	2,4E+00	1,3E+03	2,5E+01	1,2E+01
Somme			41895								1,0E+00	9,9E+00	2,2E+03	9,3E+01	7,2E+01

* : les MES et le bêta insoluble sont mesurés après filtration de 500 mL d'échantillon sur un filtre de porosité de 0,45 µm.

Tableau 9-21 Résultats des analyses radiologiques à bas seuil des effluents à risques à leur exutoire (BDS)

	BDS 1er semestre V_1 = 23156 m³	**BDS 2nd semestre V_2 =18739 m³**	***Cumul annuel V_{total} = 41895 m³***
	Activité volumique (Bq/L)	**Activité volumique (Bq/L)**	**Activité relâchée (MBq)**
Compteur proportionnel			
Indice alpha global	2,4E-02 +/- 1,6E-02	5,8E-02 +/- 2,4E-02	*1,6E+00*
Indice alpha sur MES	≤3,0E-03	≤3,7E-03	*1,4E-01*
Indice bêta global	1,8E-01+/- 3,6E-02	8,8E-02 +/- 2,9E-02	*5,8E+00*
Indice beta sur MES	1,8E-02 +/- 7,0E-03	≤1,1E-02	*6,2E-01*
Spectrométrie gamma			
^{40}K	≤1,5E-01	2,4E-01+/- 1,7E-01	*8,0E+00*
^{60}Co	≤8,0E-03	≤8,4E-03	*3,4E-01*
^{94}Nb	≤8,4E-03	≤8,9E-03	*3,6E-01*
^{108m}Ag	≤7,1E-03	≤9,7E-03	*3,5E-01*
^{110m}Ag	≤8,6E-03	≤1,1E-02	*4,1E-01*
^{129}I	≤5,7E-02	≤5,7E-02	*2,4E+00*
^{134}Cs	≤1,0E-02	≤9,9E-03	*4,2E-01*
^{137}Cs	≤9,1E-03	≤9,6E-03	*3,9E-01*
^{210}Pb	≤9,8E-02	≤1,1E-01	*4,3E+00*
^{212}Pb	≤1,4E-02	2,2E-02 +/- 7,0E-03	*7,4E-01*
^{214}Pb	≤2,1E-02	≤2,2E-02	*9,0E-01*
^{226}Ra	≤1,6E-01	≤1,6E-01	*6,7E+00*
^{228}Ra	≤3,0E-02	≤3,2E-02	*1,3E+00*
^{234}Th	≤8,2E-02	≤9,6E-02	*3,7E+00*
^{235}U	≤3,2E-02	≤4,8E-02	*1,6E+00*
^{241}Am	≤1,2E-02	≤1,2E-02	*5,0E-01*
Spectrométrie alpha			
^{226}Ra	7,0E-03 +/- 6,0E-03	≤7,0E-03	*2,9E-01*
^{234}U	1,4E-02 +/- 6,0E-03	2,2E-02 +/- 3,7E-03	*7,4E-01*
^{235}U	≤1,1E-03	9,8E-04 +/- 5,5E-04	*4,4E-02*
^{238}U	9,9E-03 +/- 4,6E-03	2,2E-02 +/- 3,7E-03	*6,4E-01*
^{238}Pu	≤1,5E-04	≤1,8E-04	*6,8E-03*
^{239}Pu+^{240}Pu	≤1,0E-04	≤1,3E-04	*4,8E-03*
^{241}Am	≤1,6E-04	≤3,7E-04	*1,1E-02*
^{244}Cm	≤9,1E-05	≤2,1E-04	*6,0E-03*
Scintillation liquide			
^{3}H	5,9E+00 +/- 3,2E+00	5,2E+01+/- 8,0E+00	*1,1E+03*
^{14}C	≤7,2E+00	≤1,4E+00	*1,9E+02*
^{36}Cl	≤1,3E-01	≤1,9E-01	*6,6E+00*
^{63}Ni	≤3,6E-02	≤2,9E-02	*1,4E+00*
^{90}Sr	≤6,3E-03	≤2,4E-02	*6,0E-01*
^{99}Tc	≤3,9E-02	≤2,0E-02	*1,3E+00*
^{151}Sm	≤3,9E-02	≤2,6E-02	*1,4E+00*
^{241}Pu	≤5,9E-03	≤3,4E-02	*7,7E-01*
Spectrométrie X			
^{59}Ni	≤6,5E-02	NR	*2,7E+00*
ICP-MS			
^{232}Th	≤1,1E-03	≤1,1E-03	*4,6E-02*

NR : analyses non réalisées

Tableau 9-22 *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)*

		Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	totaux
CMG	Volume (m^3)	14011	1293	256	49	700	4338	973	132	318	1381	1934	6567	**31952**
Activité (MBq)	Alpha	0,21	0,019	0,0038	0,00074	0,011	0,061	0,014	0,0018	0,0060	0,021	0,027	0,092	**0,47**
	Bêta	1,5	0,12	0,030	0,0061	0,058	0,35	0,091	0,0060	0,025	0,090	0,15	0,72	**3,1**
	Tritium	98	6,9	1,3	0,23	2,9	16	3,8	0,67	0,70	3,2	13	62	**209**
Flux en kg	Potassium	20	1,6	0,50	0,10	1,1	7,4	1,4	0,20	0,60	2,6	3,2	11	**50**
BRS0	Volume (m^3)	1,4	1,0	0,70	0,70	0,45	0,55	0,70	0,60	0,60	0,50	0,55	1,0	**8,8**
Activité (MBq)	Alpha	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	**0,012**
	Bêta	0,046	0,032	0,030	0,041	0,024	0,028	0,021	0,020	0,025	0,021	0,024	0,039	**0,35**
	Tritium	64	49	40	49	32	41	70	55	59	51	63	81	**654**
Flux en kg	Potassium	0,70	0,61	0,67	0,88	0,49	0,66	0,51	0,47	0,60	0,47	0,47	0,80	**7,3**
BRS0BIS	Volume (m^3)	89	46	28	18	17	30	40	17	11	21	37	72	**426**
Activité (MBq)	Alpha	0,0032	0,0019	0,0013	0,00070	0,00070	0,0014	0,0017	0,00080	0,00040	0,00090	0,0015	0,0026	**0,017**
	Bêta	0,34	0,19	0,18	0,13	0,17	0,20	0,26	0,12	0,10	0,20	0,26	0,45	**2,6**
	Tritium	14	3,5	2,8	4,0	1,7	4,5	4,1	1,7	1,5	3,5	4,2	8,4	**54**
Flux en kg	Potassium	0,18	0,089	0,057	0,038	0,059	0,065	0,091	0,042	0,028	0,051	0,093	0,17	**0,96**
RD012	Volume (m^3)	1889	622	8,5	0,0	1,2	62,2	21,9	1,7	0,0	2,8	139	515	**3 263**
Activité (MBq)	Alpha	0,062	0,0093	0,00019	NR	0,000046	0,0013	0,0007	0,000071	NR	0,000070	0,0033	0,019	**0,096**
	Bêta	0,87	0,25	0,0050	NR	0,0010	0,036	0,020	0,0010	NR	0,0030	0,11	0,42	**1,7**
	Tritium	219	147	3,5	NR	0,20	1,8	0,85	0,11	NR	0,12	4,0	11	**388**
Flux en kg	Potassium	8,20	3,08	0,04	NR	0,01	0,216	0,092	0,01	NR	0,02	0,49	1,7	**13,8**
RP300	Volume (m^3)	13894	5205	1333	610	619	2995	2925	592	390	1106	3689	8887	**42 245**
Activité (MBq)	Alpha	0,21	0,078	0,048	0,022	0,018	0,042	0,070	0,045	0,020	0,031	0,12	0,12	**0,83**
	Bêta	0,80	0,43	0,23	0,13	0,18	0,69	0,76	0,14	0,13	0,28	0,52	1,9	**6,2**
	Tritium	108	36	13	7,0	8,9	17	30	7,7	9,0	9	22	61	**329**
Flux en kg	Potassium	17	7,7	2,8	1,4	1,3	5,1	5,3	1,9	1,5	2,5	5,0	14	**66**
BDS	Volume (m^3)	11840	5393	1453	765	735	2970	3250	773	589	1336	3877	8914	**41 895**
Activité (MBq)	Alpha	0,18	0,081	0,054	0,042	0,024	0,070	0,11	0,032	0,032	0,028	0,13	0,26	**1,0**
	Bêta	2,0	0,87	0,45	0,26	0,24	0,92	0,81	0,26	0,29	0,59	0,85	2,4	**9,9**
	Tritium	290	127	22	16	13	350	47	12	13	17	29	1310	**2 245**
Flux en kg	Potassium	21,1	10,2	3,0	2,1	2,0	9,2	6,5	2,2	2,2	3,0	6,6	25	**93**

Tableau 9-23 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	**7,4 +/- 0,1**	**8,0 +/- 0,1**	-
	Conductivité	µS/cm	**443 +/- 13**	**652 +/- 20**	-
	Oxygène dissous	mgO2/L	**11 +/- 1**	**8,7 +/- 0,1**	-
	Température	°C	**9,0 +/- 0,5**	**17,0 +/- 0,5**	-
	Potentiel redox	mV/ENH	**455 +/- 18**	**509 +/- 20**	-
	COT	mg/L	**3,8 +/- 0,3**	**5,4 +/- 0,5**	-
	DCO	mg/L	**10 +/- 1**	**NR**	-
	MES	mg/L	**4,0 +/- 0,2**	**3,0 +/- 0,2**	-
Eléments majeurs	Calcium	mg/L	**60 +/- 3**	**60 +/- 3**	2514
	Chlorures	mg/L	**25 +/- 1**	**23 +/- 1**	1010
	Potassium	mg/L	**1,6 +/- 0,1**	**2,2 +/- 0,1**	78
	Sulfates	mg/L	**110 +/- 6**	**110 +/- 6**	4608
	Nitrates	mg/L	**2,3 +/- 0,1**	<0,5	63
Substances indésirables	Nitrites	µg/L	<1	<1	0,021
	Azote NTK	mg/L	<0,5	<0,5	10
	Azote global	mg/L	<0,9	<0,6	16
	Phosphore	mg/L	<0,01	**0,02 +/- 0,01**	0,49
	Aluminium	µg/L	**120 +/- 6**	**200 +/- 10**	6,5
	Baryum	µg/L	**26 +/- 1**	**29 +/- 2**	1,1
	Bore	µg/L	**18 +/- 1**	**34 +/- 2**	1,1
	Cuivre	µg/L	**13 +/- 1**	**16 +/- 1**	0,60
	Fer	µg/L	**19 +/- 1**	**39 +/- 2**	1,2
	Manganèse	µg/L	**12 +/- 1**	**9,0 +/- 0,5**	0,45
Substances toxiques	Arsenic	µg/L	<0,5	<0,5	0,010
	Cadmium	µg/L	<0,5	**0,30 +/- 0,11**	0,011
	Chrome	µg/L	**8,0 +/- 0,4**	<1	0,19
	Cyanures totaux	µg/L	<5	<5	0,10
	Etain	µg/L	<5	<5	0,10
	Mercure	µg/L	<0,01	<0,05	0,00058
	Nickel	µg/L	**26 +/- 2**	**36 +/- 3**	1,3
	Plomb	µg/L	**6,0 +/- 0,3**	<1	0,15
	Uranium	µg/L	<4	<4	0,084
	Zinc	µg/L	**70 +/- 4**	**62 +/- 3**	2,8
	Hydrocarbures	µg/L	<100	<100	2,1
	HAP Benzo(a)pyrène	µg/L	<0,005	<0,005	-
	HAP Benzo(b)fluoranthène	µg/L	<0,005	<0,005	-
	HAP Benzo(ghi)pérylène	µg/L	<0,005	<0,005	-
	HAP Benzo(k)fluoranthène	µg/L	<0,005	<0,005	-
	HAP Fluoranthène	µg/L	<0,005	<0,005	-
	HAP Indéno(1,2,3-cd)pyrène	µg/L	<0,005	<0,005	-
	Somme des HAP	µg/L	<0,012	<0,012	-

NR : analyses non réalisées

Tableau 9-24 Résultats des analyses du nickel au BDS

	BDS (µg/L)		
	Concentration (µg/L)	Volume (m3)	Flux (kg)
Janvier	25	11840	0,30
Février	25	5393	0,14
Mars	32	1453	0,05
Avril	47	765	0,04
Mai	45	735	0,03
Juin	34	2970	0,10
Juillet	32	3250	0,10
Août	33	773	0,03
Septembre	47	589	0,03
Octobre	35	1336	0,05
Novembre	40	3877	0,16
Décembre	27	8914	0,24
MOYENNE	35	-	-
TOTAL	-	41 895	1,25

9.8.4 Résultats du point de contrôle RP300

Tableau 9-25 Résultats des analyses radiologiques des eaux de drainage de la couverture à l'exutoire RP300 (CMED)

Point de pélèvement	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	01/02/2021	≤ 1,5E-02	5,5E-02	≤3,6E-02	7,8E+00	1,25	13894
	Février	01/03/2021	≤ 1,5E-02	8,3E-02	≤8,4E-02	7,0E+00	1,48	5205
	Mars	29/03/2021	3,6E-02	1,7E-01	1,1E-01	9,8E+00	2,08	1333
	Avril	03/05/2021	3,6E-02	2,2E-01	1,6E-01	1,1E+01	2,26	610
	Mai	31/05/2021	2,9E-02	2,9E-01	2,3E-01	1,4E+01	2,13	619
	Juin	28/06/2021	≤ 1,4E-02	2,3E-01	1,8E-01	5,6E+00	1,70	2995
	Juillet	02/08/2021	2,3E-02	2,6E-01	2,1E-01	1,0E+01	1,82	2925
	Août	30/08/2021	7,6E-02	2,3E-01	1,4E-01	1,3E+01	3,12	592
	Septembre	04/10/2021	5,1E-02	3,4E-01	2,4E-01	2,3E+01	3,74	390
	Octobre	01/11/2021	2,8E-02	2,5E-01	1,9E-01	8,0E+00	2,30	1106
	Novembre	29/11/2021	3,3E-02	1,4E-01	1,0E-01	5,9E+00	1,36	3689
	Décembre	03/01/2022	≤ 1,4E-02	2,1E-01	1,7E-01	6,9E+00	1,61	8887
Volume total								42245

Tableau 9-26 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	**3,0 +/- 0,2**	<2	-
Eléments majeurs	Calcium	mg/L	**58 +/- 3**	**42 +/- 2**	2169
	Chlorures	mg/L	**29 +/- 2**	**32 +/- 2**	1278
	Potassium	mg/L	**1,6 +/- 0,1**	**1,5 +/- 0,1**	66
	Sulfates	mg/L	**62 +/- 3**	**46 +/- 2**	2338
Substances indésirables	Baryium	µg/L	**25 +/- 1**	**27 +/- 1**	1,1
	Bore	µg/L	**25 +/- 1**	**34 +/- 2**	1,2
Substances toxiques	Cadmium	µg/L	<0,5	**0,40 +/- 0,14**	0,013
	Chrome	µg/L	<5	<1	0,070
	Mercure	µg/L	<0,05	<0,05	0,0011
	Nickel	µg/L	**40 +/- 4**	**35 +/- 3**	1,6
	Plomb	µg/L	<1	<1	0,021
	Uranium	µg/L	<4	<4	0,084

9.8.5 Résultats du point de contrôle RD12

Tableau 9-27 Résultats des analyses radiologiques mensuelles des effluents à l'exutoire du réseau de drainage profond (RD12)

Point de prélèvement	Période de prélèvement	Volumes	Analyses radiologiques				Analyses physico-chimiques			Relâchements et flux				
			Indice alpha global	Indice bêta global	Indice bêta insoluble*	Tritium	pH	Potassium	MES*	Alpha	Bêta	Tritium	Potassium	MES
		m³	Bq/L	Bq/L	Bq/L	Bq/L	UpH	mg/L	mg/L	MBq	MBq	MBq	kg	kg
RD012	Janvier	1889	3,3E-02	4,6E-01	≤1,68E-02	1,2E+02	8,0	4,34	2,00	6,2E-02	8,7E-01	2,2E+02	8,2E+00	4,0E+00
	Février	622	≤1,5E-02	4,0E-01	≤1,68E-02	2,4E+02	8,0	4,95	1,00	9,3E-03	2,5E-01	1,5E+02	3,1E+00	6,0E-01
	Mars	8,5	2,3E-02	5,6E-01	≤1,68E-02	4,1E+02	8,1	4,44	1,40	1,9E-04	4,7E-03	3,5E+00	3,8E-02	1,0E-02
	Avril	0,0	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
	Mai	1,2	3,7E-02	5,1E-01	2,1E-01	1,6E+02	8,3	4,76	69,60	4,6E-05	6,3E-04	2,0E-01	5,9E-03	9,0E-02
	Juin	62,2	2,1E-02	5,8E-01	3,0E-02	3,0E+01	8,1	3,48	22,80	1,3E-03	3,6E-02	1,8E+00	2,2E-01	1,4E+00
	Juillet	21,9	3,3E-02	9,1E-01	≤1,68E-02	3,9E+01	8,2	4,22	2,80	7,0E-04	2,0E-02	8,5E-01	9,2E-02	6,0E-02
	Août	1,7	4,3E-02	7,8E-01	≤1,68E-02	6,5E+01	8,3	5,07	1,40	7,1E-05	1,3E-03	1,1E-01	8,4E-03	0,0E+00
	Septembre	0,0	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
	Octobre	2,8	2,5E-02	1,1E+00	2,4E-02	4,1E+01	8,3	5,79	10,00	7,0E-05	3,0E-03	1,2E-01	1,6E-02	3,0E-02
	Novembre	139	2,4E-02	8,0E-01	2,4E-02	2,9E+01	8,2	3,49	2,80	3,3E-03	1,1E-01	4,0E+00	4,9E-01	3,9E-01
	Décembre	515	3,6E-02	8,2E-01	≤1,68E-02	2,2E+01	8,2	3,31	3,00	1,9E-02	4,2E-01	1,1E+01	1,7E+00	1,5E+00
Somme		3263								9,6E-02	1,7E+00	3,9E+02	1,4E+01	8,1E+00

* : les MES et le bêta insoluble sont mesurés après filtration de 500 mL d'échantillon sur un filtre de porosité de 0,45 µm
NR : pas d'écoulement sur la période, analyses non réalisées

Tableau 9-28 Résultats des analyses radiologiques hebdomadaires des effluents à l'exutoire du réseau de drainage profond (RD12)

Point de prélèvement	Date de prélèvement	pH	Tritium Bq/L	Vol. rejeté m^3	Relâchement tritium MBq
RD12	11/01/21	7,9	1,1E+02	750	8,0E+01
	18/01/21	8,0	2,7E+02	182	5,0E+01
	25/01/21	8,0	1,4E+02	326	4,7E+01
	01/02/21	7,9	1,3E+02	631	7,9E+01
	08/02/21	7,8	1,6E+02	529	8,3E+01
	15/02/21	7,8	4,2E+02	78	3,2E+01
	22/02/21	8,0	8,3E+02	14	1,2E+01
	01/03/21	8,1	8,6E+02	0,47	4,0E-01
	08/03/21	8,2	6,5E+02	0,57	3,7E-01
	15/03/21	7,9	4,0E+02	6,5	2,6E+00
	22/03/21	7,9	2,5E+02	1,4	3,5E-01
	29/03/21	NR	NR	0,0	NR
	05/04/21	NR	NR	0,0	NR
	12/04/21	NR	NR	0,0	NR
	19/04/21	NR	NR	0,0	NR
	26/04/21	NR	NR	0,0	NR
	03/05/21	NR	NR	0,0	NR
	10/05/21	NR	NR	0,1	NR
	17/05/21	NR	NR	0,0	NR
	24/05/21	NR	NR	0,0	NR
	31/05/21	8,3	1,6E+02	1,2	2,0E-01
	07/06/21	7,8	1,2E+02	0,4	5,1E-02
	14/06/21	NR	NR	0,0	NR
	21/06/21	8,1	5,4E+01	0,6	3,5E-02
	28/06/21	8,1	2,4E+01	61	1,4E+00
	05/07/21	7,7	3,0E+01	1,3	3,7E-02
	12/07/21	8,0	3,6E+01	4,2	1,5E-01
	19/07/21	8,1	2,8E+01	2,5	6,9E-02
	26/07/21	8,2	3,6E+01	7,6	2,8E-01
	02/08/21	8,2	4,3E+01	6,4	2,7E-01
	09/08/21	8,2	8,5E+01	1,0	8,8E-02
	16/08/21	7,8	4,4E+01	0,6	2,8E-02
	23/08/21	NR	NR	0,0	NR
	30/08/21	NR	NR	0,0	NR
	06/09/21	NR	NR	0,0	NR
	13/09/21	NR	NR	0,0	NR
	20/09/21	NR	NR	0,0	NR
	27/09/21	NR	NR	0,0	NR
	04/10/21	NR	NR	0,0	NR
	11/10/21	8,3	3,5E+01	0,3	8,8E-03
	18/10/21	8,3	5,1E+01	0,5	2,4E-02
	25/10/21	8,1	4,7E+01	1,0	4,9E-02
	01/11/21	8,2	4,1E+01	1,1	4,3E-02
	08/11/21	8,2	2,4E+01	128	3,0E+00
	15/11/21	8,3	4,0E+01	4,1	1,7E-01
	22/11/21	8,3	4,7E+01	2,0	9,6E-02
	29/11/21	8,3	4,9E+01	4,9	2,4E-01
	06/12/21	8,2	2,0E+01	222	4,5E+00
	13/12/21	8,3	2,4E+01	184	4,5E+00
	20/12/21	8,4	3,3E+01	7,6	2,5E-01
	27/12/21	8,3	3,0E+01	1,8	5,4E-02
	03/01/22	8,2	3,0E+01	99	3,0E+00
Somme				**3263**	**406**

NR : pas d'écoulement sur la période, analyses non réalisées

Tableau 9-29 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	**8,0 +/- 0,1**	**8,1 +/- 0,1**	-
	Conductivité	µS/cm	**354 +/- 11**	**292 +/- 9**	-
	Oxygène dissous	mgO2/L	**10,8 +/- 0,1**	**6,5 +/- 0,1**	-
	Température	°C	**10 +/- 1**	**18 +/- 1**	-
	Potentiel redox	mV	**445 +/- 18**	**443 +/- 18**	-
	MES	mg/L	<2	<2	-
Eléments majeurs	Calcium	mg/L	**36 +/- 2**	**48 +/- 2**	126
	Chlorures	mg/L	**30 +/- 2**	**28 +/- 1**	97
	Potassium	mg/L	**4,3 +/- 0,2**	**3,2 +/- 0,2**	13
	Sulfates	mg/L	**24 +/- 1**	**19 +/- 1**	75
Substances indésirables	Bore	µg/L	**10 +/- 2**	**19 +/- 1**	0,039
Substances toxiques	Cadmium	µg/L	<0,5	<0,2	0,00071
	Chrome	µg/L	**7,0 +/- 0,4**	**1,0 +/- 0,5**	0,019
	Mercure	µg/L	<0,05	<0,05	0,000082
	Nickel	µg/L	<5	**1,2 +/- 0,1**	0,0073
	Plomb	µg/L	**4,0 +/- 0,2**	**0,50 +/- 0,30**	0,011
	Uranium	µg/L	<4	<4	0,0065

Tableau 9-30 Résultats des analyses radiologiques semestrielles des effluents du réseau de drainage profond aux 10 points de contrôle

Point de prélèvement	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	pH
RD003	11/03/2021	NR	NR	NR	NR	NR	NR
	08/10/2021	≤2,7E-02	4,5E-01	3,6E-01	3,1E+01	3,1E+00	8,2
RD013	11/03/2021	≤1,3E-02	1,8E+00	1,8E+00	1,2E+01	1,3E+00	8,4
	08/10/2021	≤2,7E-02	3,1E+00	3,0E+00	1,9E+01	2,3E+00	8,3
RD017	08/03/2021	NR	NR	NR	NR	NR	NR
	08/10/2021	NR	NR	NR	NR	NR	NR
RD018	08/03/2021	NR	NR	NR	NR	NR	NR
	08/10/2021	NR	NR	NR	NR	NR	NR
RD019	08/03/2021	3,8E-02	5,9E-01	4,1E-01	1,5E+03	6,3E+00	8,1
	08/10/2021	3,6E-02	1,0E+00	8,9E-01	6,7E+01	4,0E+00	8,3
RD020	08/03/2021	1,1E-01	6,5E-01	3,7E-01	2,0E+03	9,9E+00	8,1
	08/10/2021	4,8E-02	1,2E+00	1,1E+00	7,6E+01	4,7E+00	8,3
RD021	08/03/2021	4,6E-02	1,6E+00	1,5E+00	2,5E+01	1,9E+00	8,3
	08/10/2021	5,2E-02	9,2E-01	8,2E-01	2,9E+01	3,6E+00	8,3
RD022	08/03/2021	4,6E-02	1,4E+00	1,3E+00	2,6E+01	2,0E+00	8,3
	08/10/2021	6,0E-02	1,1E+00	1,0E+00	3,4E+01	3,7E+00	8,3
RD023	08/03/2021	≤1,3E-02	3,9E-01	2,3E-01	1,9E+01	5,6E+00	8,1
	08/10/2021	5,2E-02	9,6E-01	8,0E-01	3,2E+01	5,7E+00	8,3
RD024	08/03/2021	9,1E-02	4,8E-01	3,7E-01	4,3E+01	3,9E+00	8,2
	08/10/2021	5,2E-02	6,4E-01	5,1E-01	6,6E+01	4,7E+00	8,4

NR : pas d'écoulement sur la période, analyses non réalisées

9.8.6 Résultats du point de contrôle BRS0

Tableau 9-31 Résultats des analyses radiologiques des effluents à l'exutoire du RSGE (BRS0)

Point de prélèvement	Information prélèvement				Analyses radiologiques					Analyses physico-chimiques			Relâchements et flux						Rapport des relâchement des bêta insolubles sur les bêta totaux
	Période	Date	Volumes	Débit moyen	Indice alpha global	Indice bêta global	Bêta insoluble*		Tritium	Potassium	pH	MES*	Alpha	Bêta soluble	Bêta insoluble	Tritium	Potassium	MES	
			m^3	m^3/h	Bq/L	Bq/L	Bq/L	Bq/g	Bq/L	mg/L		mg/L	MBq	MBq	MBq	MBq	kg	kg	
BRS000	Janvier	01/02/2021	1,40	0,0021	6,9E-01	3,3E+01	≤1,7E-02	≤5,3E+00	4,5E+04	502	8,6	3,2	1,0E-03	4,6E-02	2,4E-05	6,4E+01	7,0E-01	4,5E-03	0,05%
	Février	01/03/2021	1,00	0,0015	7,3E-01	3,2E+01	≤1,7E-02	≤1,2E+01	4,9E+04	610	8,6	1,4	7,3E-04	3,2E-02	1,7E-05	4,9E+01	6,1E-01	1,4E-03	0,05%
	Mars	29/03/2021	0,70	0,0010	1,3E+00	4,3E+01	2,8E-02	1,6E+01	5,7E+04	950	8,8	1,8	9,1E-04	3,0E-02	2,1E-05	4,0E+01	6,7E-01	1,3E-03	0,07%
	Avril	03/05/2021	0,70	0,0008	1,6E+00	5,9E+01	1,0E-01	2,1E+01	7,0E+04	1260	8,9	4,8	1,1E-03	4,1E-02	7,1E-05	4,9E+01	8,8E-01	3,4E-03	0,17%
	Mai	31/05/2021	0,45	0,00067	1,5E+00	5,3E+01	8,8E-02	4,0E+01	7,1E+04	1080	8,8	2,2	6,8E-04	2,4E-02	4,0E-05	3,2E+01	4,9E-01	1,0E-03	0,17%
	Juin	28/06/2021	0,55	0,00082	1,9E+00	5,1E+01	5,4E-02	1,5E+01	7,4E+04	1200	9,0	3,6	1,1E-03	2,8E-02	3,0E-05	4,1E+01	6,6E-01	2,0E-03	0,11%
	Juillet	02/08/2021	0,70	0,00083	1,5E+00	2,9E+01	1,2E-01	5,0E+01	1,0E+05	730	8,6	2,2	1,1E-03	2,1E-02	7,5E-05	7,0E+01	5,1E-01	1,5E-03	0,36%
	Août	30/08/2021	0,60	0,00089	1,3E+00	3,3E+01	≤1,7E-02	≤1,2E+01	9,2E+04	780	8,8	1,4	7,7E-04	2,0E-02	9,6E-06	5,5E+01	4,7E-01	8,0E-04	0,05%
	Septembre	04/10/2021	0,60	0,00071	1,3E+00	4,2E+01	2,8E-02	2,0E+01	9,8E+04	1000	8,8	1,2	7,8E-04	2,5E-02	1,4E-05	5,9E+01	6,0E-01	7,0E-04	0,06%
	Octobre	01/11/2021	0,50	0,0007	1,4E+00	4,1E+01	9,2E-02	2,4E+01	1,0E+05	940	8,6	3,8	7,0E-04	2,1E-02	4,6E-05	5,1E+01	4,7E-01	1,9E-03	0,22%
	Novembre	29/11/2021	0,55	0,0008	1,2E+00	4,4E+01	8,0E-02	6,0E+01	1,1E+05	850	8,6	1,4	6,3E-04	2,4E-02	4,8E-05	6,3E+01	4,7E-01	8,0E-04	0,20%
	Décembre	03/01/2022	1,00	0,0012	1,2E+00	3,9E+01	NR	NR	8,1E+04	800	8,7	≤1	1,2E-03	3,9E-02	NR	8,1E+01	8,0E-01	1,0E-03	NR
Somme			8,75										1,06E-02	3,50E-01	3,95E-04	6,54E+02	7,33E+00	2,03E-02	

*les MES et le bêta insoluble sont mesurés après filtration de 500 mL d'échantillon sur un filtre de porosité 0,45µm.

Tableau 9-32 Résultats des analyses radiologiques à bas seuil des effluents à l'exutoire du RSGE (BRS0)

	BRS0 1er semestre V1= 4,8 m³		BRS0 2nd semestre V2 = 3,95 m³		Cumul annuel Vtotal = 8,75 m³
	Activité volumique de la fraction soluble (Bq/L)	Activité volumique de la fraction insoluble* (Bq/L)	Activité volumique de la fraction soluble (Bq/L)	Activité volumique de la fraction insoluble* (Bq/L)	Activité relâchée (MBq)
Compteur proportionnel					
Alpha global	1,2E+00 +/- 3,1E-01	8,3E-03 +/- 3,9E-03	2,2E+00 +/- 7,0E-01	4,4E-03 +/- 3,1E-03	*1,4E-02*
Bêta global	3,3E+01+/- 4,8E+00	8,4E-02 +/- 1,5E-02	3,6E+01+/- 5,0E+00	6,2E-02 +/- 1,1E-02	*3,0E-01*
Spectrométrie gamma					
^{40}K	1,9E+01+/- 2,7E+00	≤3,5E-02	2,3E+01+/- 3,3E+00	≤2,8E-02	*1,8E-01*
^{60}Co	≤1,2E-02	≤2,1E-03	≤1,1E-02	≤2,4E-03	*1,0E-04*
^{94}Nb	≤8,5E-03	≤2,1E-03	≤9,7E-03	≤2,3E-03	*7,9E-05*
^{108m}Ag	≤1,0E-02	≤2,3E-03	≤1,1E-02	≤2,6E-03	*9,1E-05*
^{110m}Ag	≤1,2E-02	≤2,7E-03	≤1,7E-02	≤3,2E-03	*1,2E-04*
^{129}I	≤5,0E-02	≤6,6E-03	≤1,0E-01	≤7,2E-03	*6,4E-04*
^{134}Cs	≤1,0E-02	≤2,5E-03	≤1,2E-02	≤2,5E-03	*8,8E-05*
^{137}Cs	6,8E+00 +/- 8,0E-01	≤2,1E-03	8,4E+00 +/- 9,0E-01	≤2,1E-03	*6,6E-02*
^{210}Pb	≤1,0E-01	≤1,3E-02	≤1,5E-01	≤1,5E-02	*1,1E-03*
^{212}Pb	≤1,4E-02	≤2,6E-03	≤2,0E-02	≤3,1E-03	*1,5E-04*
^{214}Pb	≤2,2E-02	≤4,3E-03	≤3,0E-02	≤5,5E-03	*2,2E-04*
^{226}Ra	≤2,2E-01	≤2,7E-02	≤2,6E-01	≤3,6E-02	*2,1E-03*
^{228}Ra	≤3,6E-02	≤7,4E-03	≤3,8E-02	≤7,4E-03	*3,2E-04*
^{234}Th	2,6E-01+/- 1,7E-01	3,3E-02 +/- 1,0E-02	7,7E-01+/- 1,6E-01	≤1,8E-02	*4,3E-03*
^{235}U	≤4,3E-02	≤6,7E-03	≤6,2E-02	≤9,3E-03	*4,5E-04*
^{241}Am	≤1,10E-02	≤1,6E-03	≤1,80E-02	≤1,8E-03	*1,2E-04*
Spectrométrie alpha					
^{226}Ra	2,0E-02 +/- 1,0E-02		≤8,00E-03		*4,1E-05*
^{234}U	6,6E-01+/- 1,1E-01	1,0E-03 +/- 9,0E-04	1,2E+00 +/- 1,7E-01	8,0E-04 +/- 6,0E-05	*7,9E-03*
^{235}U	3,7E-02 +/- 1,4E-02	≤3,2E-04	4,9E-02 +/- 1,4E-02	≤2,5E-04	*3,7E-04*
^{238}U	4,5E-01+/- 8,6E-02	≤3,2E-04	8,2E-01+/- 1,3E-01	≤2,5E-04	*5,4E-03*
^{238}Pu	≤1,5E-04	≤1,3E-04	≤4,3E-04	≤1,7E-04	*2,4E-06*
^{239}Pu+^{240}Pu	≤1,0E-04	≤1,3E-04	≤6,7E-04	≤1,7E-04	*3,1E-06*
^{241}Am	≤2,1E-04	≤1,6E-04	≤9,4E-05	≤1,3E-04	*1,4E-06*
^{244}Cm	≤3,7E-04	≤1,1E-04	≤6,7E-05	≤9,2E-05	*2,0E-06*
Scintillation liquide					
^{3}H	7,1E+04 +/- 1,1E+04	≤2,5E+00	1,1E+05 +/- 1,5E+04	≤2,3E+00	*7,8E+02*
^{14}C	9,9E+01+/- 1,7E+01	≤1,4E+00	7,1E+01+/- 1,0E+01	≤1,2E+00	*7,6E-01*
^{36}Cl	≤1,3E-01	≤1,3E-01	≤2,1E-01	≤2,0E-01	*1,5E-03*
^{63}Ni	5,3E-01+/- 1,3E-01	≤4,5E-02	4,8E-01+/- 1,2E-01	≤4,1E-02	*4,4E-03*
^{90}Sr	9,5E-02 +/- 2,4E-02	≤6,7E-03	6,6E-02 +/- 2,8E-02	≤1,9E-02	*7,2E-04*
^{99}Tc	≤1,1E-02	≤2,0E-02	5,4E-02 +/- 3,0E-02	≤2,4E-02	*1,9E-02*
^{151}Sm	≤4,1E-02	≤4,2E-02	≤3,3E-02	≤2,9E-02	*3,3E-04*
^{241}Pu	≤8,0E-03	≤1,4E-02	≤3,6E-02	≤4,4E-02	*1,8E-04*
Spectrométrie X					
^{59}Ni	≤1,7E-01	≤7,5E-02	≤4,1E-01	≤3,9E-01	*2,4E-03*
ICP-MS					
^{232}Th	≤1,1E-03	≤1,1E-03	≤1,1E-03	≤1,1E-03	*9,6E-06*

* le bêta insoluble est mesuré après filtration sur un filtre de porosité 0,45µm.

Tableau 9-33 Résultats des analyses physico-chimiques des effluents à l'exutoire du RSGE (BRS0)

Paramètres	Unités	Concentration du première semestre	Concentration du second semestre	Flux annuel en kg
pH	UpH	8,3 +/- 0,3	8,6 +/- 0,3	-
Conductivité	µS/cm	3420 +/- 100	4000 +/- 120	-
Oxygène dissous	mg/L	11 +/- 1	11 +/- 1	-
Température	°C	19 +/- 1	24 +/- 1	-
Potentiel redox	mV	396 +/- 20	407 +/- 20	-
MES	mg/L	<2	<2	-
Calcium	mg/L	39 +/- 2	31 +/- 2	0,31
Chlorures	mg/L	240 +/- 12	88 +/- 4	1,5
Potassium	mg/L	460 +/- 23	440 +/- 22	3,9
Sulfates	mg/L	830 +/- 42	630 +/- 32	6,5
Baryum	µg/L	22 +/- 1	20 +/- 1	0,00018
Bore	µg/L	240 +/- 12	280 +/- 14	0,0023
Cadmium	µg/L	<0,5	<0,2	0,0000016
Chrome	µg/L	25 +/- 1	47 +/- 2	0,00031
Cyanures	µg/L	7,0 +/- 0,4	<5	0,000043
Mercure	µg/L	<0,05	<0,1	0,00000032
Nickel	µg/L	5,1 +/- 0,5	<5	0,000034
Plomb	µg/L	<1	<1	0,0000044
Uranium	µg/L	38 +/- 2	63 +/- 3	0,00043
Zinc	µg/L	13 +/- 1	8,0 +/- 0,4	0,000094
HAP indéno pyrène	µg/L	<0,01	<0,01	-
HAP benzo (a) pyrène	µg/L	<0,01	<0,01	-
HAP benzo (b)	µg/L	<0,01	<0,01	-
HAP benzo	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	-

9.8.7 Résultats du point de contrôle BRS0bis

Tableau 9-34 Résultats des analyses radiologiques des effluents à l'exutoire du RSGEbis (BRS0bis)

Information prélèvement			Analyses radiologiques					Analyses physico-chimiques			Relâchements		Rapport des relâchements des bêta insolubles sur les bêta totals
Point de prélèvement	Date de prélèvement	Vol. rejeté	Indice alpha global	Indice bêta global soluble	BETA insoluble*		Tritium	Potassium	pH	MES*	Bêta soluble	Bêta insoluble	
		m^3	Bq/L	Bq/L	Bq/L	Bq/g	Bq/L	mg/L		mg/L	MBq	MBq	
BRS0bis	11/01/21	30,30	≤ 3,6E-02	3,3E+00	9,2E-01	6,2E+01	2,0E+02	2,01	7,2	14,8	1,0E-01	2,8E-02	21,8%
	18/01/21	14,40	≤ 3,6E-02	4,0E+00	8,8E-01	6,5E+01	6,7E+01	2,19	7,1	13,6	5,8E-02	1,3E-02	18,0%
	25/01/21	19,00	≤ 3,6E-02	4,3E+00	6,0E+00	6,2E+01	8,9E+01	1,83	7,1	97,8	8,2E-02	1,2E-01	58,4%
	01/02/21	25,00	≤ 3,6E-02	3,9E+00	9,6E-02	2,7E+01	2,0E+02	1,96	7,5	3,6	9,7E-02	2,4E-03	2,4%
	08/02/21	20,00	4,6E-02	3,5E+00	≤ 1,7E-02	≤1,7E+01	1,1E+02	1,89	7,2	1,0	7,0E-02	3,4E-04	0,5%
	15/02/21	10,20	≤ 3,6E-02	4,2E+00	3,6E-01	6,6E+01	3,9E+01	2,08	7,0	5,4	4,3E-02	3,6E-03	7,8%
	22/02/21	9,00	≤ 3,7E-02	4,5E+00	≤ 1,7E-02	≤1,7E+01	7,1E+01	1,81	7,4	1,0	4,1E-02	1,5E-04	0,4%
	01/03/21	6,50	3,8E-02	5,8E+00	4,3E-01	9,0E+01	2,8E+01	2,15	7,0	4,6	3,8E-02	2,7E-03	6,7%
	08/03/21	6,00	≤ 3,6E-02	5,8E+00	3,6E-02	3,0E+01	3,8E+01	2,12	7,5	1,2	3,5E-02	2,1E-04	0,6%
	15/03/21	10,00	≤ 3,6E-02	6,3E+00	≤ 1,7E-02	≤1,7E+01	7,8E+01	1,79	7,5	1,0	6,3E-02	1,7E-04	0,3%
	22/03/21	6,05	≤ 3,6E-02	6,5E+00	≤ 1,9E-02	≤1,7E+01	7,6E+01	2,08	7,7	1,1	3,9E-02	1,2E-04	0,3%
	29/03/21	6,40	8,0E-02	6,8E+00	1,2E+00	8,0E+01	2,0E+02	2,08	7,2	15,0	4,4E-02	7,7E-03	14,9%
	05/04/21	6,40	≤ 3,7E-02	6,4E+00	NR	NR	3,3E+02	2,16	7,9	<1	4,1E-02	NR	
	12/04/21	3,60	≤ 3,6E-02	6,8E+00	NR	NR	2,0E+02	2,00	7,8	<1	2,5E-02	NR	
	19/04/21	3,30	≤ 3,7E-02	7,0E+00	NR	NR	1,6E+02	2,08	7,7	<1	2,3E-02	NR	
	26/04/21	2,75	≤ 3,6E-02	8,1E+00	NR	NR	1,4E+02	2,16	7,7	<1	2,2E-02	NR	
	03/05/21	1,95	≤ 3,6E-02	7,7E+00	NR	NR	1,4E+02	1,92	7,7	<1	1,5E-02	NR	
	10/05/21	1,80	≤ 3,7E-02	8,6E+00	≤ 1,7E-02	≤1,7E+01	1,6E+02	2,10	7,9	1,0	1,6E-02	3,4E-05	0,2%
	17/05/21	4,90	≤ 3,6E-02	9,4E+00	NR	NR	1,0E+02	2,02	7,6	<1	4,6E-02	NR	
	24/05/21	4,10	5,0E-02	9,9E+00	1,8E-01	4,9E+01	9,2E+01	7,80	7,6	3,6	4,1E-02	7,4E-04	1,8%
	31/05/21	6,60	≤ 3,7E-02	9,6E+00	3,6E-02	2,0E+01	8,5E+01	2,04	7,6	1,8	6,3E-02	2,4E-04	0,4%
	07/06/21	3,80	≤ 3,5E-02	8,1E+00	≤ 1,7E-02	≤1,4E+01	8,8E+01	2,09	7,8	1,2	3,1E-02	7,0E-05	0,2%
	14/06/21	2,50	≤ 3,5E-02	8,8E+00	≤ 1,7E-02	≤1,4E+01	9,3E+01	2,80	7,8	1,2	2,2E-02	4,2E-05	0,2%
	21/06/21	3,60	4,3E-02	8,3E+00	≤ 1,7E-02	≤1,7E+01	1,0E+02	2,06	7,7	1,0	3,0E-02	6,7E-05	0,2%
	28/06/21	20,00	5,1E-02	5,9E+00	≤ 1,7E-02	≤1,7E+01	1,8E+02	2,13	7,6	1,0	1,2E-01	3,4E-04	0,3%
	05/07/21	11,60	3,9E-02	5,9E+00	NR	NR	1,6E+02	2,23	8,0	<1	6,8E-02	NR	
	12/07/21	7,80	4,8E-02	5,1E+00	1,1E+00	6,6E+01	8,0E+01	2,12	7,8	17,2	4,0E-02	8,8E-03	18,2%
	19/07/21	6,10	7,0E-02	1,1E+01	1,6E+00	5,3E+01	7,7E+01	2,40	7,9	31,2	6,6E-02	1,0E-02	13,3%
	26/07/21	6,70	≤ 3,5E-02	5,2E+00	NR	NR	7,6E+01	2,34	7,9	<1	3,5E-02	NR	
	02/08/21	7,50	≤ 3,5E-02	6,1E+00	NR	NR	8,6E+01	2,43	8,1	<1	4,6E-02	NR	
	09/08/21	5,45	≤ 3,5E-02	6,0E+00	≤ 1,7E-02	≤1,4E+01	9,4E+01	2,31	8,1	1,2	3,3E-02	9,8E-05	0,3%
	16/08/21	5,70	4,3E-02	8,0E+00	4,7E-01	6,2E+01	9,8E+01	2,51	8,2	7,6	4,6E-02	2,7E-03	5,5%
	23/08/21	3,50	≤ 3,5E-02	6,5E+00	5,2E-02	5,0E+01	9,6E+01	2,57	8,2	1,0	2,3E-02	2,0E-04	0,9%
	30/08/21	2,40	8,0E-02	7,1E+00	≤ 1,7E-02	≤1,4E+01	1,0E+02	2,49	8,0	1,2	1,7E-02	4,2E-05	0,2%
	06/09/21	1,90	≤ 3,6E-02	7,9E+00	≤ 1,7E-02	≤9,3E+00	1,4E+02	2,46	8,2	1,8	1,5E-02	2,8E-05	0,2%
	13/09/21	1,50	≤ 3,6E-02	8,2E+00	NR	NR	1,4E+02	2,42	8,2	<1	1,2E-02	NR	
	20/09/21	2,35	≤ 3,6E-02	8,6E+00	≤ 1,7E-02	≤9,3E+00	1,3E+02	2,55	8,1	1,8	2,0E-02	3,7E-05	0,2%
	27/09/21	1,65	≤ 3,6E-02	9,6E+00	≤ 1,7E-02	≤1,1E+01	1,5E+02	2,64	8,1	1,6	1,6E-02	2,7E-05	0,2%
	04/10/21	3,80	≤ 3,7E-02	1,0E+01	≤ 1,7E-02	≤1,7E+01	1,3E+02	2,55	8,0	1,0	3,9E-02	6,7E-05	0,2%
	11/10/21	5,50	≤ 3,7E-02	1,1E+01	≤ 1,7E-02	≤1,7E+01	2,1E+02	2,60	8,0	1,0	5,8E-02	1,0E-04	0,2%
	18/10/21	3,20	5,0E-02	9,8E+00	≤ 1,7E-02	≤1,2E+01	2,0E+02	2,51	8,1	1,4	3,1E-02	4,8E-05	0,2%
	25/10/21	6,20	≤ 3,7E-02	9,8E+00	≤ 1,7E-02	≤1,4E+01	1,8E+02	2,48	8,0	1,2	6,1E-02	9,8E-05	0,2%
	01/11/21	5,70	5,0E-02	8,1E+00	1,1E+00	6,3E+01	1,0E+02	2,30	7,7	18,2	4,6E-02	6,6E-03	12,5%
	08/11/21	13,90	5,1E-02	6,9E+00	3,2E-02	1,6E+01	1,1E+02	2,53	7,9	2,0	9,6E-02	4,5E-04	0,5%
	15/11/21	8,30	≤ 3,6E-02	6,9E+00	4,8E-02	2,2E+01	1,3E+02	2,44	8,0	2,2	5,7E-02	4,0E-04	0,7%
	22/11/21	6,80	≤ 3,6E-02	8,1E+00	NR	NR	1,2E+02	2,67	8,1	<1	5,5E-02	NR	
	29/11/21	8,40	≤ 3,6E-02	6,6E+00	NR	NR	9,3E+01	2,30	8,1	<1	5,5E-02	NR	
	06/12/21	16,30	≤ 3,6E-02	7,1E+00	NR	NR	6,0E+01	2,36	7,5	<1	1,2E-01	NR	
	13/12/21	20,25	≤ 3,6E-02	6,0E+00	NR	NR	2,0E+02	2,27	7,9	<1	1,2E-01	NR	
	20/12/21	10,75	≤ 3,6E-02	6,5E+00	NR	NR	1,0E+02	2,27	8,2	<1	7,0E-02	NR	
	27/12/21	7,70	≤ 3,6E-02	6,2E+00	NR	NR	1,0E+02	2,57	8,1	<1	4,8E-02	NR	
	03/01/22	16,70	≤ 3,5E-02	5,8E+00	NR	NR	8,4E+01	2,30	7,8	<1	9,7E-02	NR	
Somme		425,80									2,59E+00	2,04E-01	

* les MES sont mesurées après filtration à 0,45 µm

Tableau 9-35 Résultats des analyses physico-chimiques des vidanges de cuves des «effluents à risque» au BRS0bis

Paramètres	Unités	20/01/21	10/02/21	10/03/21	01/06/21	15/07/21	02/11/21	30/11/21	14/12/21	Limites réglementaires au BDS
METAUX LOURDS										
Bore	µg/L	11 +/- 1	8,0 +/- 1,3	14 +/- 1	16 +/- 1	16 +/- 1	16 +/- 1	20 +/- 1	17 +/- 1	**5000**
Cadmium	µg/L	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	**20**
Chrome	µg/L	1,1 +/- 0,6	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	**50**
Mercure	µg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	**1**
Nickel	µg/L	<1	<1	1,4 +/- 0,1	1,4 +/- 0,1	<1	<1	1,2 +/- 0,1	<1	**500**
Plomb	µg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	**50**
Uranium	µg/L	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	**50**
MICROPOLLUANTS										
Cyanures	µg/L	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	**100**
HAP										
Benzo(a)pyrène	µg/L	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	**50**
Benzo(k)fluoranthène	µg/L	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	
Fluoranthène	µg/L	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	
Benzo(ghi)pérylène	µg/L	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	
Benzo(b)fluoranthène	µg/L	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	µg/L	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	
Somme des HAP	µg/L	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	

9.8.8 Résultats du point de contrôle BRS-OU

Tableau 9-36 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	06/01/21	9,1E-01	3,4E+01	6,3E+04	476	8,3	30
	13/01/21	5,4E-01	3,0E+01	6,7E+04	402	8,2	30
	20/01/21	8,5E-01	5,4E+01	9,1E+04	550	7,6	27
	27/01/21	8,3E-01	4,0E+01	6,9E+04	522	7,5	28
	03/02/21	6,7E-01	3,7E+01	5,0E+04	416	7,9	38
	10/02/21	9,4E-01	4,7E+01	7,6E+04	546	7,4	22
	17/02/21	1,2E+00	5,1E+01	9,9E+04	590	8,2	23
	24/02/21	8,4E-01	4,3E+01	6,5E+04	520	8,2	27
	03/03/21	9,3E-01	4,9E+01	7,2E+04	600	7,6	20
	10/03/21	1,7E+00	8,3E+01	1,5E+05	1390	7,7	18
	17/03/21	1,0E+00	5,1E+01	1,0E+05	740	7,6	22
	24/03/21	1,2E+00	5,5E+01	9,9E+04	850	7,6	15
	31/03/21	1,2E+00	5,0E+01	1,2E+05	850	7,7	21
	07/04/21	3,1E-01	1,0E+01	1,2E+05	870	8,1	16
	14/04/21	2,7E-01	1,0E+01	1,2E+05	890	7,6	12
	21/04/21	1,5E+00	5,7E+01	1,2E+05	960	8,2	15
	28/04/21	1,5E+00	5,2E+01	1,3E+05	940	8,3	17
	05/05/21	1,2E+00	5,0E+01	1,4E+05	880	7,6	15
	12/05/21	1,2E+00	4,6E+01	1,5E+05	960	7,5	14
	19/05/21	1,3E+00	4,9E+01	1,4E+05	960	7,5	14
	25/05/21	1,3E+00	4,5E+01	1,6E+05	850	7,6	28
	02/06/21	1,8E+00	4,8E+01	1,5E+05	830	7,6	14
	09/06/21	1,3E+00	4,4E+01	1,4E+05	830	8,2	12
	17/06/21	1,4E+00	5,3E+01	1,4E+05	920	7,7	13
	23/06/21	4,0E+00	6,9E+01	1,4E+05	1670	7,7	17
	30/06/21	1,2E+00	2,8E+01	1,3E+05	480	7,6	15
	07/07/21	1,4E+00	3,3E+01	1,2E+05	590	7,7	22
	13/07/21	1,7E+00	3,3E+01	1,3E+05	630	8,3	23
	21/07/21	7,4E-01	2,5E+01	1,4E+05	600	7,6	14
	28/07/21	6,3E-01	2,6E+01	1,1E+05	500	7,5	25
	04/08/21	1,1E+00	3,1E+01	1,1E+05	530	7,4	23
	11/08/21	1,1E+00	3,6E+01	1,2E+05	690	8,4	16
	18/08/21	1,1E+00	4,1E+01	1,4E+05	740	8,4	19
	25/08/21	1,2E+00	4,8E+01	1,3E+05	830	7,9	25
	01/09/21	9,5E-01	4,3E+01	1,4E+05	790	8,4	19
	08/09/21	1,1E+00	4,7E+01	1,4E+05	820	8,0	19
	15/09/21	8,5E-01	4,0E+01	1,4E+05	640	8,0	13
	22/09/21	1,1E+00	3,8E+01	1,3E+05	670	7,9	15
	29/09/21	9,2E-01	4,1E+01	1,3E+05	640	8,2	16
	06/10/21	5,8E-01	3,8E+01	1,3E+05	740	8,0	13
	14/10/21	1,4E+00	5,4E+01	1,3E+05	960	7,7	10
	20/10/21	6,7E-01	4,3E+01	1,3E+05	590	8,2	15
	27/10/21	2,3E+00	4,8E+01	1,4E+05	800	7,9	15
	03/11/21	1,9E+00	4,3E+01	1,6E+05	750	8,4	22
	10/11/21	9,5E-01	3,8E+01	1,3E+05	620	8,3	22
	17/11/21	9,8E-01	3,7E+01	1,3E+05	610	7,9	20
	24/11/21	1,2E+00	4,2E+01	1,1E+05	640	8,3	16
	01/12/21	1,1E+00	3,9E+01	8,9E+04	540	7,6	22
	08/12/21	1,5E+00	4,6E+01	1,0E+05	820	8,0	26
	15/12/21	2,4E+00	5,7E+01	9,1E+04	1080	7,9	21
	22/12/21	9,2E-01	4,2E+01	1,1E+05	550	8,1	24
	29/12/21	1,5E+00	4,1E+01	8,8E+04	680	8,4	21
					Débit moyen		20

Tableau 9-37 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	13/10/2021	NR	NR	NR	NR	NR	0,10
BRS136	13/10/2021	NR	NR	NR	NR	NR	0,36
BRS027	13/10/2021	3,9E-01	1,1E+02	3,1E+04	990	8,9	0,91
BRS034	13/10/2021	5,9E-01	2,3E+01	2,3E+04	324	8,6	0,65
BRS041	13/10/2021	3,2E-01	1,4E+01	1,1E+04	115	8,5	5,43
BRS045	13/10/2021	NR	NR	NR	NR	NR	0,12
BRS137	13/10/2021	NR	NR	NR	NR	NR	0,02
BRS072	13/10/2021	NR	NR	NR	NR	NR	0,03
BRS139	13/10/2021	NR	NR	NR	NR	NR	0,34
BRS158	13/10/2021	NR	NR	NR	NR	NR	0,07
BRS047	13/10/2021	NR	NR	NR	NR	NR	0,02
BRS144	13/10/2021	6,5E-01	1,9E+01	6,0E+03	610	8,3	0,52
BRS108	13/10/2021	NR	NR	NR	NR	NR	0,07

NR : écoulement insuffisant, prélèvements et analyses non réalisés

Tableau 9-38 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	Trtium Bq/L	Potassium mg/L	pH	Débit mL/min
BRS033	12/10/2021	NR	NR	NR	NR	NR	0,05
BRS038	12/10/2021	NR	NR	NR	NR	NR	0,32
BRS032	12/10/2021	NR	NR	NR	NR	NR	0,02
BRS048	12/10/2021	1,7E+01	1,3E+02	5,0E+04	3710	7,4	0,43
BRS049	12/10/2021	NR	NR	NR	NR	NR	0,06
BRS081	12/10/2021	1,6E+00	9,0E+01	5,4E+04	2780	9,1	0,53
BRS082	13/10/2021	2,2E+01	1,5E+02	5,7E+04	3290	9,6	0,54
BRS086	12/10/2021	NR	NR	NR	NR	NR	0,02
BRS105	12/10/2021	NR	NR	NR	NR	NR	0,02
BRS107	12/10/2021	NR	NR	NR	NR	NR	0,30
BRS087	12/10/2021	NR	NR	NR	NR	NR	0,07
BRS088	12/10/2021	6,8E+01	1,3E+02	1,0E+05	2170	6,3	0,41

NR : écoulement insuffisant, prélèvements et analyses non réalisés

9.8.9 Résultats du point de contrôle BRS-ES

Tableau 9-39 Résultats des mesures de débits et des analyses radiologiques des effluents du RSGE au point exutoire de la branche est

Point de prélèvement	Date de prélèvement	Indice alpha Bq/L	Indice bêta global Bq/L	Tritium Bq/L	Potassium mg/L	pH	Débit mL/min
BRS-ES	06/01/21	9,50E-01	2,34E+01	1,56E+04	586	9,0	8
	13/01/21	6,60E-01	2,15E+01	1,09E+04	512	8,9	8
	20/01/21	5,10E-01	1,64E+01	6,60E+03	384	8,9	8
	27/01/21	5,10E-01	2,33E+01	6,10E+03	424	8,4	9
	03/02/21	5,20E-01	2,19E+01	7,70E+03	409	8,7	9
	10/02/21	5,30E-01	1,74E+01	8,50E+03	399	8,7	8
	17/02/21	7,10E-01	1,82E+01	1,33E+04	455	8,8	7
	24/02/21	7,30E-01	1,92E+01	1,40E+04	500	8,9	8
	03/03/21	6,50E-01	1,79E+01	1,27E+04	490	8,9	6
	10/03/21	9,40E-01	2,07E+01	1,22E+04	510	8,8	4
	17/03/21	8,90E-01	1,97E+01	1,16E+04	550	8,9	5
	24/03/21	8,60E-01	2,22E+01	1,08E+04	590	9,0	4
	31/03/21	9,30E-01	2,18E+01	1,14E+04	600	9,1	4
	07/04/21	6,70E-01	2,33E+01	1,11E+04	600	9,0	3
	14/04/21	8,70E-01	3,60E+01	1,26E+04	640	8,6	4
	21/04/21	9,20E-01	4,20E+01	1,28E+04	670	9,1	2
	28/04/21	7,70E-01	3,88E+01	1,49E+04	650	9,1	3
	05/05/21	1,20E+00	5,10E+01	1,74E+04	680	8,4	3
	12/05/21	8,40E-01	5,80E+01	1,69E+04	750	8,7	3
	19/05/21	1,10E+00	6,40E+01	1,78E+04	800	8,8	3
	25/05/21	1,20E+00	5,00E+01	2,06E+04	790	9,1	4
	02/06/21	1,70E+00	4,00E+01	2,55E+04	790	9,1	2
	09/06/21	1,80E+00	3,68E+01	2,53E+04	840	9,1	3
	17/06/21	2,20E+00	3,54E+01	2,72E+04	860	9,3	3
	23/06/21	2,50E+00	3,34E+01	2,16E+04	910	9,2	3
	30/06/21	2,00E+00	3,35E+01	1,91E+04	930	9,3	3
	07/07/21	2,20E+00	3,54E+01	1,92E+04	960	9,2	4
	13/07/21	2,30E+00	3,63E+01	1,78E+04	980	9,2	3
	21/07/21	2,20E+00	3,27E+01	2,18E+04	1000	9,4	3
	28/07/21	2,20E+00	3,57E+01	1,92E+04	1020	9,4	3
	04/08/21	2,10E+00	3,36E+01	1,94E+04	890	9,2	4
	11/08/21	1,90E+00	3,39E+01	1,47E+04	980	9,3	3
	18/08/21	2,00E+00	3,40E+01	1,52E+04	1030	9,3	3
	25/08/21	1,90E+00	3,95E+01	1,79E+04	1030	9,4	3
	01/09/21	2,70E+00	4,03E+01	1,74E+04	1130	9,4	3
	08/09/21	2,50E+00	3,85E+01	2,29E+04	1000	9,4	3
	15/09/21	2,70E+00	3,63E+01	2,64E+04	1230	9,5	3
	22/09/21	2,80E+00	3,97E+01	2,77E+04	1210	9,4	3
	29/09/21	3,20E+00	4,22E+01	2,70E+04	1340	9,4	2
	06/10/21	3,70E+00	5,00E+01	2,46E+04	1420	9,4	2
	14/10/21	3,90E+00	4,90E+01	2,19E+04	1490	9,4	2
	20/10/21	4,30E+00	4,70E+01	1,36E+04	1610	9,5	1
	27/10/21	3,90E+00	4,90E+01	3,01E+04	1330	9,5	3
	03/11/21	4,50E+00	5,10E+01	2,93E+04	1450	9,4	3
	10/11/21	4,90E+00	4,80E+01	4,03E+04	1340	9,5	3
	17/11/21	4,60E+00	4,70E+01	4,45E+04	1330	9,5	2
	24/11/21	4,10E+00	4,60E+01	3,05E+04	1520	9,4	2
	01/12/21	4,10E+00	4,90E+01	2,95E+04	1580	9,4	2
	08/12/21	3,80E+00	7,60E+01	2,31E+04	1640	9,2	1
	15/12/21	4,70E+00	8,10E+01	1,91E+04	1640	9,5	1
	22/12/21	4,50E+00	7,00E+01	2,12E+04	1900	9,4	1
	29/12/21	3,70E+00	5,30E+01	2,76E+04	1550	9,5	0
					Débit moyen		3,7

Tableau 9-40 Résultats des analyses radiologiques annuelles aux BRS situés dans la galerie est et sud

	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 Est	BRS122	12/10/2021	NR	NR	NR	NR	NR	0,02
	BRS123	12/10/2021	2,9E+00	1,0E+01	7,5E+03	242	8,5	0,70
	BRS124	12/10/2021	NR	NR	NR	NR	NR	0,26
	BRS125	12/10/2021	NR	NR	NR	NR	NR	0,05
	BRS126	12/10/2021	4,0E+00	1,2E+02	4,6E+03	2120	9,3	0,40
Galerie Sud	BRS131	11/10/2019	NR	NR	NR	NR	NR	0,12

NR : écoulement insuffisant, prélèvements et analyses non réalisés

9.8.10 Résultats des eaux souterraines

Tableau 9-41 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	06/01/2021	Mensuelle	7,9E-02	1,6E-01	5,1E+00	1,00	5,2	167,39	4,9E+00
	03/02/2021	Mensuelle	3,0E-01	3,2E-01	4,2E+00	0,81	5,3	168,16	
	01/03/2021	Mensuelle	1,4E-01	2,0E-01	5,6E+00	1,08	5,4	167,27	
	01/04/2021	Mensuelle	≤ 2,0E-02	1,6E-01	**7,2E+00**	0,88	4,8	165,78	
	04/05/2021	Mensuelle	5,0E-02	1,2E-01	3,2E+00	0,98	5,2	164,41	
	01/06/2021	Mensuelle	1,3E-01	2,1E-01	6,0E+00	0,93	5,3	164,01	
	02/07/2021	Mensuelle	6,5E-02	1,3E-01	6,8E+00	0,73	5,2	164,62	
	02/08/2021	Mensuelle	4,9E-02	1,1E-01	4,0E+00	1,12	5,1	164,61	
	01/09/2021	Mensuelle	2,6E-01	2,1E-01	≤ 2,0E+00	0,88	5,2	163,92	
	01/10/2021	Mensuelle	1,0E-01	1,8E-01	4,4E+00	0,96	5,3	163,11	
	03/11/2021	Mensuelle	1,3E-01	1,4E-01	3,9E+00	0,98	5,2	163,32	
	02/12/2021	Mensuelle	1,3E-01	1,5E-01	6,2E+00	0,96	5,2	163,69	
PO031	03/02/2021	Semestrielle	6,5E-02	2,3E-01	≤ 1,9E+00	2,17	6,3	168,09	≤ 2,1E+00
	03/08/2021	Semestrielle	4,7E-02	1,5E-01	≤ 2,2E+00	2,12	5,5	164,51	
PO120	06/01/2021	Mensuelle	1,0E-01	2,7E-01	1,6E+03	0,69	5,0	148,49	1,0E+04
	02/02/2021	Mensuelle	7,5E-01	7,6E-01	4,4E+03	0,99	5,3	149,58	
	01/03/2021	Mensuelle	3,4E-01	4,5E-01	3,5E+03	1,01	5,4	148,78	
	01/04/2021	Mensuelle	5,9E-01	1,1E+00	5,7E+03	0,71	4,9	147,72	
	04/05/2021	Mensuelle	1,5E-01	3,1E-01	7,8E+03	0,68	5,2	146,81	
	07/06/2021	Mensuelle	1,9E-01	3,8E-01	1,4E+04	0,77	5,7	146,58	
	01/07/2021	Mensuelle	1,4E-01	3,5E-01	**1,6E+04**	0,57	5,7	147,13	
	03/08/2021	Mensuelle	2,5E-01	3,3E-01	1,6E+04	0,71	5,6	148,37	
	01/09/2021	Mensuelle	1,8E-01	3,9E-01	1,5E+04	0,65	5,6	146,76	
	01/10/2021	Mensuelle	1,6E-01	3,3E-01	1,2E+04	0,67	6,3	146,17	
	04/11/2021	Mensuelle	1,1E-01	3,4E-01	1,3E+04	0,73	5,7	146,50	
	01/12/2021	Mensuelle	1,4E-01	3,5E-01	1,4E+04	0,65	5,4	146,81	
PO131	02/02/2021	Bimestrielle	1,5E-01	3,5E-01	3,5E+04	1,98	6,4	152,23	4,1E+04
	01/04/2021	Bimestrielle	1,6E-01	3,8E-01	4,5E+04	1,34	5,3	151,10	
	07/06/2021	Bimestrielle	1,9E-01	3,0E-01	3,8E+04	2,09	6,4	150,61	
	03/08/2021	Bimestrielle	9,5E-02	2,6E-01	3,9E+04	1,64	6,3	151,02	
	01/10/2021	Bimestrielle	1,2E-01	3,5E-01	4,2E+04	1,93	6,4	150,39	
	01/12/2021	Bimestrielle	1,6E-01	3,6E-01	**4,5E+04**	1,52	6,1	150,88	
PO132	02/02/2021	Bimestrielle	1,1E-01	2,4E-01	1,4E+03	0,63	5,1	148,60	1,7E+03
	01/04/2021	Bimestrielle	6,0E-02	2,2E-01	1,3E+03	0,58	4,8	146,24	
	07/06/2021	Bimestrielle	1,1E-01	2,2E-01	1,7E+03	0,69	5,4	145,14	
	03/08/2021	Bimestrielle	9,0E-02	1,6E-01	**2,1E+03**	0,57	5,4	146,03	
	01/10/2021	Bimestrielle	1,0E-01	1,5E-01	1,7E+03	0,58	5,2	144,68	
	01/12/2021	Bimestrielle	7,8E-02	1,8E-01	1,8E+03	0,58	5,1	146,41	
PO133	02/02/2021	Bimestrielle	5,2E-02	1,7E-01	2,2E+02	1,71	5,4	148,57	6,4E+02
	02/04/2021	Bimestrielle	3,0E-02	1,4E-01	7,3E+02	1,65	5,0	146,09	
	02/06/2021	Bimestrielle	3,6E-02	1,1E-01	4,3E+02	1,75	5,5	145,21	
	02/08/2021	Bimestrielle	2,0E-02	1,1E-01	3,5E+02	1,44	5,9	145,91	
	06/10/2021	Bimestrielle	3,9E-02	1,2E-01	**1,4E+03**	1,48	5,9	144,89	
	03/12/2021	Bimestrielle	4,0E-02	1,1E-01	7,4E+02	1,67	5,4	145,48	
PO134	06/01/2021	Mensuelle	≤ 1,5E-02	1,2E-01	1,2E+02	2,32	5,8	147,46	2,3E+02
	02/02/2021	Mensuelle	≤ 1,5E-02	1,3E-01	**4,8E+02**	1,89	6,1	147,34	
	03/03/2021	Mensuelle	≤ 1,5E-02	1,0E-01	1,1E+02	2,12	5,9	145,73	
	01/04/2021	Mensuelle	2,0E-02	1,1E-01	1,4E+02	2,24	5,4	145,04	
	04/05/2021	Mensuelle	≤ 1,5E-02	6,4E-02	1,5E+02	2,19	6,1	144,31	
	07/06/2021	Mensuelle	2,1E-02	7,1E-02	1,8E+02	2,44	6,3	144,32	
	01/07/2021	Mensuelle	≤ 1,4E-02	1,1E-01	1,4E+02	1,61	6,2	145,42	
	02/08/2021	Mensuelle	≤ 1,4E-02	1,0E-01	4,7E+02	2,20	6,1	145,05	
	01/09/2021	Mensuelle	≤ 1,4E-02	1,1E-01	3,6E+02	2,02	6,2	144,34	
	01/10/2021	Mensuelle	3,7E-02	1,1E-01	1,8E+02	2,36	6,0	143,99	
	04/11/2021	Mensuelle	≤ 1,7E-02	9,9E-02	1,8E+02	2,26	6,1	145,09	
	01/12/2021	Mensuelle	2,8E-02	9,9E-02	3,0E+02	2,02	5,9	144,85	
PO135	03/02/2021	Bimestrielle	3,5E-02	1,0E-01	1,8E+02	0,46	6,4	154,97	3,1E+02
	02/04/2021	Bimestrielle	≤ 2,0E-02	9,0E-02	2,1E+02	0,38	5,1	152,56	
	02/06/2021	Bimestrielle	2,5E-02	8,2E-02	2,7E+02	0,53	6,0	152,34	
	02/08/2021	Bimestrielle	3,4E-02	1,1E-01	3,6E+02	0,56	5,6	153,33	
	06/10/2021	Bimestrielle	2,2E-02	1,1E-01	**6,0E+02**	0,52	6,6	151,98	
	03/12/2021	Bimestrielle	3,2E-02	1,0E-01	2,6E+02	0,51	5,8	152,88	

Tableau 9-41 Résultats des analyses radiologiques courantes des eaux souterraines sous-jacentes au Centre (2/4)

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
PO136	07/01/21	Mensuelle	5,9E-02	4,0E-01	3,2E+03	4,26	5,3	147,32	3,5E+03
	02/02/21	Mensuelle	4,2E-02	3,0E-01	4,8E+03	0,39	5,5	147,29	
	03/03/21	Mensuelle	3,9E-02	2,8E-01	**4,8E+03**	3,73	5,5	145,87	
	02/04/21	Mensuelle	4,0E-02	3,4E-01	4,8E+03	2,92	5,0	144,97	
	03/05/21	Mensuelle	3,0E-02	1,9E-01	3,6E+03	2,62	5,6	144,15	
	02/06/21	Mensuelle	3,0E-02	2,3E-01	3,4E+03	2,90	5,5	144,24	
	05/07/21	Mensuelle	2,3E-02	1,8E-01	1,8E+03	2,74	5,5	144,98	
	04/08/21	Mensuelle	4,9E-02	2,4E-01	8,4E+02	3,24	5,7	144,84	
	01/09/21	Mensuelle	5,0E-02	2,4E-01	3,2E+03	2,55	5,5	144,14	
	06/10/21	Mensuelle	3,4E-02	1,5E-01	4,5E+03	2,10	5,7	144,15	
	04/11/21	Mensuelle	4,5E-02	2,0E-01	3,8E+03	2,53	5,7	144,57	
	03/12/21	Mensuelle	3,6E-02	1,9E-01	2,8E+03	2,78	5,4	144,63	
PO137	07/01/21	Mensuelle	≤ 1,5E-02	1,4E-01	3,2E+03	1,98	6,0	148,40	4,2E+03
	02/02/21	Mensuelle	≤ 1,5E-02	1,7E-01	**4,7E+03**	1,89	5,9	148,57	
	03/03/21	Mensuelle	≤ 1,5E-02	1,5E-01	4,6E+03	1,95	6,0	147,01	
	02/04/21	Mensuelle	4,0E-02	2,2E-01	3,7E+03	2,02	5,3	145,65	
	03/05/21	Mensuelle	≤ 1,5E-02	1,8E-01	4,4E+03	1,93	6,0	144,48	
	02/06/21	Mensuelle	≤ 1,4E-02	1,8E-01	4,5E+03	2,18	6,0	144,19	
	05/07/21	Mensuelle	2,1E-02	1,6E-01	4,4E+03	1,61	5,9	145,14	
	02/08/21	Mensuelle	2,1E-02	1,7E-01	4,3E+03	1,95	6,0	145,17	
	01/09/21	Mensuelle	≤ 1,4E-02	2,0E-01	4,2E+03	1,85	5,9	144,30	
	06/10/21	Mensuelle	1,8E-02	1,5E-01	4,1E+03	1,98	6,3	143,77	
	04/11/21	Mensuelle	≤ 1,7E-02	1,9E-01	4,2E+03	2,17	6,2	144,07	
	03/12/21	Mensuelle	1,8E-02	1,6E-01	4,2E+03	2,00	6,0	144,35	
PO138	07/01/21	Mensuelle	≤ 1,5E-02	1,9E-01	**8,5E+02**	2,59	5,2	148,93	5,7E+02
	02/02/21	Mensuelle	2,6E-02	1,6E-01	3,8E+02	2,45	5,2	149,12	
	03/03/21	Mensuelle	2,6E-02	1,8E-01	6,3E+02	2,63	5,4	147,38	
	02/04/21	Mensuelle	≤ 2,0E-02	4,1E-01	6,5E+02	2,78	4,9	145,70	
	03/05/21	Mensuelle	≤ 1,5E-02	1,6E-01	5,6E+02	2,62	5,4	144,28	
	02/06/21	Mensuelle	≤ 1,4E-02	1,6E-01	7,3E+02	2,90	5,4	143,79	
	05/07/21	Mensuelle	≤ 1,4E-02	1,6E-01	5,0E+02	2,94	5,3	144,76	
	02/08/21	Mensuelle	≤ 1,4E-02	1,3E-01	4,3E+02	2,47	5,7	144,98	
	01/09/21	Mensuelle	≤ 1,4E-02	1,8E-01	5,0E+02	2,55	5,3	144,02	
	06/10/21	Mensuelle	≤ 1,4E-02	1,6E-01	5,3E+02	2,60	5,6	143,12	
	04/11/21	Mensuelle	≤ 1,7E-02	1,6E-01	5,2E+02	2,89	5,4	143,46	
	03/12/21	Mensuelle	≤ 1,4E-02	1,7E-01	5,4E+02	2,60	5,3	143,84	
PO139	07/01/21	Mensuelle	1,1E-01	3,9E-01	3,3E+01	3,40	5,9	148,95	5,3E+02
	02/02/21	Mensuelle	2,3E-01	5,2E-01	1,9E+01	3,11	6,7	149,11	
	03/03/21	Mensuelle	1,1E-01	2,7E-01	7,6E+02	2,55	5,7	147,37	
	02/04/21	Mensuelle	2,1E-01	3,9E-01	7,8E+02	2,35	5,1	145,61	
	03/05/21	Mensuelle	5,7E-02	2,2E-01	8,1E+02	2,27	5,5	144,24	
	02/06/21	Mensuelle	2,5E-02	2,2E-01	7,2E+02	2,71	6,2	143,75	
	05/07/21	Mensuelle	7,8E-02	2,8E-01	6,5E+02	3,32	5,9	144,73	
	02/08/21	Mensuelle	9,0E-02	2,3E-01	**8,8E+02**	2,42	5,9	144,93	
	01/09/21	Mensuelle	5,5E-02	1,9E-01	6,5E+02	2,55	5,8	144,00	
	06/10/21	Mensuelle	3,2E-02	2,6E-01	2,5E+02	2,77	6,5	143,19	
	04/11/21	Mensuelle	5,1E-02	3,0E-01	2,5E+02	3,17	6,0	143,41	
	06/12/21	Mensuelle	8,3E-02	3,5E-01	5,0E+02	3,35	6,2	144,16	
PO140	07/01/21	Mensuelle	2,8E-02	3,3E-01	2,4E+03	2,24	5,4	148,91	1,6E+03
	02/02/21	Mensuelle	4,1E-02	4,9E-01	1,1E+03	2,45	5,4	149,16	
	02/03/21	Mensuelle	2,4E-02	4,6E-01	1,6E+03	2,55	5,7	147,58	
	02/04/21	Mensuelle	≤ 2,0E-02	2,3E-01	1,1E+03	2,64	5,0	145,89	
	03/05/21	Mensuelle	≤ 1,5E-02	4,0E-01	8,2E+02	2,62	5,5	144,55	
	02/06/21	Mensuelle	4,4E-02	3,8E-01	1,2E+03	2,80	5,7	144,10	
	05/07/21	Mensuelle	≤ 1,4E-02	3,1E-01	1,4E+03	2,67	5,4	145,04	
	02/08/21	Mensuelle	3,8E-02	4,2E-01	8,2E+02	2,66	5,4	145,23	
	01/09/21	Mensuelle	3,7E-02	3,4E-01	1,2E+03	2,37	5,5	144,29	
	06/10/21	Mensuelle	2,8E-02	3,0E-01	1,7E+03	2,62	5,8	143,51	
	04/11/21	Mensuelle	3,2E-02	2,4E-01	2,6E+03	2,44	5,8	143,78	
	06/12/21	Mensuelle	1,8E-02	2,4E-01	**2,8E+03**	2,19	5,7	144,50	
PO142	02/02/21	Bimestrielle	4,1E-02	2,0E-01	**7,7E+01**	2,26	5,4	155,35	5,0E+01
	02/04/21	Bimestrielle	6,0E-02	2,8E-01	3,6E+01	2,14	4,8	151,63	
	02/06/21	Bimestrielle	5,2E-02	1,7E-01	4,1E+01	2,27	5,3	148,96	
	02/08/21	Bimestrielle	5,7E-02	1,3E-01	2,9E+01	1,98	5,4	151,00	
	05/10/21	Bimestrielle	5,8E-02	1,6E-01	4,8E+01	2,19	5,5	149,05	
	02/12/21	Bimestrielle	5,3E-02	1,5E-01	6,7E+01	2,02	5,6	148,97	

Tableau 9-41 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	02/02/21	Bimestrielle	1,2E-01	1,9E-01	1,1E+02	0,90	5,5	156,83	1,0E+03
	02/04/21	Bimestrielle	1,7E-01	3,3E-01	1,2E+03	0,87	4,9	153,57	
	03/06/21	Bimestrielle	8,8E-02	1,5E-01	1,2E+03	0,93	5,5	151,75	
	02/08/21	Bimestrielle	7,8E-02	1,0E-01	1,1E+03	0,81	6,2	153,43	
	05/10/21	Bimestrielle	9,6E-02	1,8E-01	**1,8E+03**	0,88	5,8	150,58	
	02/12/21	Bimestrielle	6,5E-02	1,4E-01	9,1E+02	0,80	5,7	151,03	
PO150	03/02/21	Bimestrielle	7,7E-01	1,2E+00	1,1E+01	2,26	6,5	158,38	2,2E+01
	01/04/21	Bimestrielle	5,3E-01	6,3E-01	2,5E+01	2,77	5,7	156,10	
	07/06/21	Bimestrielle	2,6E-01	4,4E-01	**2,6E+01**	2,18	6,6	155,37	
	03/08/21	Bimestrielle	1,3E-01	1,9E-01	2,3E+01	1,89	6,6	156,13	
	01/10/21	Bimestrielle	9,1E-02	1,7E-01	2,2E+01	1,81	6,7	155,09	
	03/12/21	Bimestrielle	1,3E-01	1,8E-01	2,2E+01	1,67	6,5	155,96	
PO151	03/02/21	Bimestrielle	5,0E-02	1,3E-01	6,5E+00	0,63	6,3	157,83	7,8E+00
	01/04/21	Bimestrielle	4,0E-02	1,3E-01	**1,0E+01**	0,75	5,3	155,88	
	07/06/21	Bimestrielle	3,6E-02	1,2E-01	5,8E+00	0,85	6,4	155,32	
	03/08/21	Bimestrielle	4,2E-02	7,8E-02	8,3E+00	0,73	6,8	156,04	
	01/10/21	Bimestrielle	2,6E-02	7,4E-02	9,7E+00	0,88	6,2	155,12	
	01/12/21	Bimestrielle	4,2E-02	9,7E-02	6,2E+00	0,88	5,9	155,92	
PO152	02/02/21	Bimestrielle	2,0E-02	1,1E-01	2,4E+01	0,81	6,3	157,77	4,0E+01
	01/04/21	Bimestrielle	≤ 2,0E-02	7,0E-02	3,9E+01	0,91	5,5	155,90	
	07/06/21	Bimestrielle	2,3E-02	6,7E-02	**5,9E+01**	1,01	6,3	155,32	
	03/08/21	Bimestrielle	≤ 1,4E-02	5,9E-02	3,0E+01	0,81	6,4	156,03	
	01/10/21	Bimestrielle	2,8E-02	4,5E-02	5,6E+01	0,96	6,1	155,12	
	01/12/21	Bimestrielle	≤ 1,4E-02	5,4E-02	3,5E+01	0,88	6,4	155,94	
PO153	02/02/21	Bimestrielle	4,5E-02	1,3E-01	1,4E+03	2,26	6,6	157,01	1,6E+03
	01/04/21	Bimestrielle	≤ 2,0E-02	1,5E-01	2,0E+03	2,62	5,9	154,51	
	07/06/21	Bimestrielle	7,6E-02	2,0E-01	1,7E+03	2,71	7,1	153,95	
	03/08/21	Bimestrielle	3,6E-02	1,4E-01	1,0E+03	2,51	6,9	155,09	
	01/10/21	Bimestrielle	4,7E-02	1,5E-01	**2,0E+03**	2,89	7,0	153,70	
	01/12/21	Bimestrielle	5,9E-02	1,3E-01	1,6E+03	2,78	6,7	155,33	
PO154	02/02/21	Bimestrielle	3,5E-01	5,6E-01	4,3E+00	5,20	7,6	160,78	5,6E+00
	02/04/21	Bimestrielle	2,0E-01	4,8E-01	**7,9E+00**	4,88	6,1	156,31	
	03/06/21	Bimestrielle	1,5E-01	3,5E-01	6,2E+00	3,74	6,9	155,83	
	02/08/21	Bimestrielle	2,0E-01	3,9E-01	3,1E+00	5,36	7,5	156,64	
	01/10/21	Bimestrielle	2,4E-01	3,7E-01	4,9E+00	3,35	6,6	154,06	
	02/12/21	Bimestrielle	1,6E-01	3,1E-01	7,3E+00	4,61	7,1	156,31	
PO155	04/02/21	Bimestrielle	1,0E-01	1,6E-01	7,8E+00	0,81	5,7	159,92	1,8E+01
	02/04/21	Bimestrielle	5,0E-02	1,5E-01	8,5E+00	0,53	5,3	156,83	
	01/06/21	Bimestrielle	3,3E-02	8,4E-02	2,6E+01	0,61	6,0	155,94	
	02/08/21	Bimestrielle	6,3E-02	7,4E-02	2,2E+01	0,64	6,0	156,98	
	06/10/21	Bimestrielle	3,4E-02	7,9E-02	**2,6E+01**	0,59	6,2	154,82	
	06/12/21	Bimestrielle	3,2E-02	1,0E-01	1,5E+01	0,73	6,1	157,10	
PO156	04/02/21	Bimestrielle	1,7E-01	2,6E-01	1,8E+01	1,34	6,0	160,06	2,1E+02
	02/04/21	Bimestrielle	1,5E-01	3,1E-01	1,1E+02	0,69	5,1	157,06	
	01/06/21	Bimestrielle	4,2E-02	8,2E-02	1,3E+02	0,77	6,0	156,07	
	02/08/21	Bimestrielle	1,0E-01	1,2E-01	1,6E+02	0,65	6,1	157,17	
	06/10/21	Bimestrielle	8,9E-02	1,1E-01	**7,2E+02**	0,67	6,4	155,01	
	06/12/21	Bimestrielle	8,5E-02	1,1E-01	1,3E+02	0,73	5,9	157,24	
PO157	04/02/21	Bimestrielle	2,5E-01	3,3E-01	8,3E+00	1,44	6,7	161,21	2,6E+01
	02/04/21	Bimestrielle	5,0E-02	1,5E-01	3,3E+01	1,48	5,8	158,78	
	01/06/21	Bimestrielle	3,2E-02	1,2E-01	**3,7E+01**	1,25	6,7	157,52	
	02/08/21	Bimestrielle	2,1E-02	1,2E-01	2,3E+01	1,36	6,8	158,80	
	06/10/21	Bimestrielle	6,0E-02	1,2E-01	3,4E+01	1,31	6,9	156,91	
	06/12/21	Bimestrielle	6,0E-02	8,8E-02	2,2E+01	1,44	6,9	159,09	
PO158	04/02/21	Bimestrielle	5,0E-02	1,0E-01	1,1E+01	0,81	6,4	161,56	1,6E+01
	02/04/21	Bimestrielle	8,0E-02	1,6E-01	6,7E+00	0,77	5,8	159,06	
	01/06/21	Bimestrielle	5,7E-02	8,3E-02	1,7E+01	1,01	6,8	158,36	
	02/08/21	Bimestrielle	6,5E-02	8,6E-02	2,1E+01	0,81	7,0	159,47	
	06/10/21	Bimestrielle	3,9E-02	7,2E-02	1,7E+01	0,83	6,7	157,94	
	06/12/21	Bimestrielle	6,4E-02	1,0E-01	**2,2E+01**	0,88	6,6	160,07	
PO159	04/02/21	Bimestrielle	4,8E-02	1,0E-01	5,6E+00	0,90	6,3	161,87	4,1E+00
	02/04/21	Bimestrielle	3,0E-02	1,1E-01	**5,8E+00**	1,13	5,9	159,07	
	01/06/21	Bimestrielle	≤ 1,4E-02	7,2E-02	3,3E+00	1,09	6,4	158,57	
	02/08/21	Bimestrielle	≤ 1,4E-02	7,9E-02	≤ 2,1E+00	0,94	6,4	159,70	
	06/10/21	Bimestrielle	2,6E-02	7,3E-02	3,4E+00	1,07	6,8	158,28	
	06/12/21	Bimestrielle	≤ 1,4E-02	5,4E-02	4,2E+00	0,96	6,4	160,45	
PO160	04/02/21	Semestrielle	5,0E-01	3,9E-01	≤ 1,9E+00	0,81	6,6	162,12	≤ 2,1E+00
	02/08/21	Semestrielle	9,0E-02	1,1E-01	≤ 2,2E+00	0,73	6,0	159,47	

Tableau 9-41 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 m	Moyenne annuelle tritum en Bq/L
PO161	04/02/21	Semestrielle	7,0E-01	6,4E-01	3,6E+00	0,37	6,4	162,02	4,0E+00
	02/08/21	Semestrielle	5,2E-02	8,2E-02	**4,3E+00**	0,42	6,2	159,44	
PO162	02/02/21	Semestrielle	7,4E-02	1,6E-01	≤ 2,2E+00	0,90	6,1	161,81	≤ 2,3E+00
	02/08/21	Semestrielle	5,2E-02	1,2E-01	≤ 2,3E+00	0,94	6,2	159,16	
PO170	03/02/21	Semestrielle	1,1E-01	2,3E-01	**2,8E+00**	1,25	5,5	168,02	≤ 2,6E+00
	03/08/21	Semestrielle	2,1E-01	2,7E-01	≤ 2,3E+00	1,61	5,5	164,34	
PO171	03/02/21	Bimestrielle	1,8E-01	2,0E-01	7,3E+01	1,71	6,0	152,60	1,2E+02
	01/04/21	Bimestrielle	1,0E-01	1,7E-01	**1,6E+02**	1,82	5,4	152,23	
	02/06/21	Bimestrielle	4,6E-02	1,4E-01	1,1E+02	2,01	6,2	152,15	
	03/08/21	Bimestrielle	6,4E-02	9,2E-02	1,4E+02	1,72	6,1	152,19	
	01/10/21	Bimestrielle	6,9E-02	1,3E-01	9,4E+01	1,93	6,1	152,03	
	03/12/21	Bimestrielle	2,8E-02	1,0E-01	1,3E+02	1,75	6,1	152,11	
PO172	06/01/21	Mensuelle	5,7E-02	1,2E-01	8,5E+01	1,65	6,2	152,37	7,1E+01
	03/02/21	Mensuelle	5,9E-02	1,0E-01	3,3E+01	1,34	6,5	152,34	
	03/03/21	Mensuelle	3,5E-02	8,3E-02	3,8E+01	1,47	6,0	152,11	
	01/04/21	Mensuelle	1,3E-01	2,2E-01	5,3E+01	1,51	5,3	152,01	
	04/05/21	Mensuelle	7,4E-02	1,3E-01	5,2E+01	1,45	6,1	151,85	
	02/06/21	Mensuelle	5,1E-02	1,2E-01	7,4E+01	1,50	6,1	151,89	
	01/07/21	Mensuelle	3,2E-02	1,0E-01	7,5E+01	1,28	6,1	152,00	
	03/08/21	Mensuelle	5,9E-02	1,2E-01	8,0E+01	1,47	6,1	152,01	
	02/09/21	Mensuelle	6,2E-02	7,9E-02	9,2E+01	1,44	6,0	151,91	
	01/10/21	Mensuelle	6,2E-02	8,8E-02	8,4E+01	1,68	6,2	151,82	
	04/11/21	Mensuelle	4,9E-02	8,5E-02	8,7E+01	1,65	6,2	151,91	
	03/12/21	Mensuelle	4,3E-02	9,5E-02	**9,6E+01**	1,52	6,2	151,89	
PO173	06/01/21	Mensuelle	6,8E-02	1,5E-01	≤ 2,0E+00	1,81	6,2	152,36	≤ 6,2E+00
	03/02/21	Mensuelle	1,2E-01	1,9E-01	≤ 2,0E+00	1,62	6,9	152,47	
	03/03/21	Mensuelle	3,7E-02	1,1E-01	**4,8E+01**	1,71	6,3	152,16	
	01/04/21	Mensuelle	1,4E-01	1,8E-01	4,5E+00	1,72	5,6	152,00	
	04/05/21	Mensuelle	2,4E-02	1,2E-01	≤ 2,1E+00	1,77	6,4	151,89	
	07/06/21	Mensuelle	5,0E-02	1,3E-01	≤ 2,2E+00	1,67	6,4	151,89	
	01/07/21	Mensuelle	≤ 1,4E-02	1,4E-01	≤ 2,1E+00	1,45	6,3	152,01	
	03/08/21	Mensuelle	5,7E-02	1,7E-01	≤ 2,1E+00	1,47	6,6	151,98	
	02/09/21	Mensuelle	5,8E-02	1,2E-01	≤ 2,3E+00	1,52	6,3	151,89	
	01/10/21	Mensuelle	8,3E-02	1,5E-01	≤ 2,2E+00	1,77	6,3	151,82	
	04/11/21	Mensuelle	3,0E-02	1,1E-01	≤ 2,1E+00	1,82	6,7	151,92	
	03/12/21	Mensuelle	8,7E-02	1,5E-01	≤ 2,2E+00	1,68	6,5	151,93	
PO174	06/01/21	Mensuelle	9,2E-02	1,8E-01	**9,1E+01**	1,56	6,0	157,55	2,0E+01
	03/02/21	Mensuelle	2,7E-01	3,7E-01	1,0E+01	1,25	6,1	157,66	
	01/03/21	Mensuelle	2,0E-01	3,8E-01	6,2E+00	2,12	6,2	156,58	
	01/04/21	Mensuelle	4,7E-01	7,3E-01	1,3E+01	1,88	5,4	155,84	
	04/05/21	Mensuelle	1,0E-01	1,9E-01	1,9E+01	1,45	6,1	155,14	
	07/06/21	Mensuelle	7,8E-02	1,7E-01	8,5E+00	1,33	6,2	155,19	
	01/07/21	Mensuelle	5,7E-02	1,2E-01	3,8E+01	1,12	6,1	155,92	
	03/08/21	Mensuelle	5,1E-02	1,1E-01	9,9E+00	1,28	6,8	155,85	
	02/09/21	Mensuelle	1,0E-01	2,0E-01	8,4E+00	1,28	6,2	155,23	
	01/10/21	Mensuelle	6,2E-02	1,0E-01	9,2E+00	1,28	6,5	154,87	
	04/11/21	Mensuelle	2,7E-02	1,1E-01	9,0E+00	1,39	6,5	155,33	
	03/12/21	Mensuelle	2,3E-02	6,4E-02	1,4E+01	1,19	6,1	155,62	
PO175	02/02/21	Semestrielle	6,0E-01	7,2E-01	≤ 2,1E+00	0,99	5,7	161,20	≤ 2,1E+00
	02/08/21	Semestrielle	6,5E-02	1,3E-01	≤ 2,1E+00	1,13	6,1	158,69	
PO176	02/02/21	Semestrielle	6,8E-02	1,2E-01	**2,2E+00**	1,16	6,0	164,37	≤ 2,2E+00
	02/08/21	Semestrielle	4,9E-02	7,6E-02	≤ 2,2E+00	1,32	5,8	161,73	
PO177	02/02/21	Semestrielle	3,5E-02	1,1E-01	**2,9E+00**	1,53	6,7	167,85	≤ 2,6E+00
	02/08/21	Semestrielle	2,6E-02	7,5E-02	≤ 2,2E+00	1,55	5,8	164,42	
PO178	03/02/21	Semestrielle	1,0E-01	2,1E-01	**4,5E+00**	3,60	5,9	168,19	4,3E+00
	02/08/21	Semestrielle	7,9E-02	9,0E-02	4,0E+00	0,88	5,7	164,62	
PO179	03/02/21	Semestrielle	1,4E-01	3,2E-01	**3,5E+00**	3,31	6,6	168,16	≤ 2,8E+00
	03/08/21	Semestrielle	9,3E-02	1,7E-01	≤ 2,1E+00	1,86	5,6	164,23	
PO180	06/01/21	Mensuelle	5,4E-02	1,6E-01	5,6E+02	3,04	6,1	147,25	1,2E+03
	02/02/21	Mensuelle	1,2E-01	3,1E-01	1,5E+03	2,36	6,2	147,16	
	03/03/21	Mensuelle	7,2E-02	1,5E-01	9,5E+02	2,37	6,7	145,60	
	01/04/21	Mensuelle	1,6E-01	3,1E-01	7,5E+02	2,61	5,7	144,91	
	04/05/21	Mensuelle	7,0E-02	1,4E-01	1,2E+03	2,19	6,2	144,22	
	01/06/21	Mensuelle	1,1E-01	2,3E-01	1,7E+03	2,09	6,3	144,44	
	01/07/21	Mensuelle	5,5E-02	1,5E-01	1,3E+03	1,78	6,1	145,33	
	03/08/21	Mensuelle	8,2E-02	1,8E-01	**1,8E+03**	1,89	6,3	144,94	
	01/09/21	Mensuelle	1,6E-01	3,0E-01	1,5E+03	2,02	6,1	144,25	
	01/10/21	Mensuelle	1,1E-01	2,3E-01	1,4E+03	2,07	6,3	143,90	
	04/11/21	Mensuelle	7,3E-02	2,3E-01	1,2E+03	2,17	6,3	144,95	
	01/12/21	Mensuelle	8,1E-02	2,2E-01	1,0E+03	2,17	6,0	144,63	

Tableau 9-42 Résultats des analyses radiologiques courantes des eaux souterraines extérieures 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 tritum en Bq/L
PO113	07/01/21	Mensuelle	3,0E-02	7,8E-02	2,3E+01	2,68	5,9	148,90	7,9E+01
	03/02/21	Mensuelle	≤ 1,5E-02	1,2E-01	1,6E+01	2,64	6,2	149,01	
	02/03/21	Mensuelle	≤ 1,5E-02	1,6E-01	2,6E+01	2,55	6,0	147,38	
	02/04/21	Mensuelle	≤ 2,0E-02	1,1E-01	4,9E+01	2,37	5,3	145,62	
	05/05/21	Mensuelle	≤ 1,5E-02	1,1E-01	5,7E+01	2,10	6,0	144,13	
	02/06/21	Mensuelle	≤ 1,4E-02	1,3E-01	6,2E+01	2,18	6,1	143,72	
	02/07/21	Mensuelle	≤ 1,4E-02	9,1E-02	5,3E+01	1,53	5,9	144,55	
	04/08/21	Mensuelle	≤ 1,4E-02	1,4E-01	5,7E+01	1,72	6,1	144,81	
	01/09/21	Mensuelle	2,2E-02	1,3E-01	1,2E+02	1,85	5,9	143,93	
	05/10/21	Mensuelle	1,8E-02	1,3E-01	9,3E+01	2,07	6,4	143,14	
	04/11/21	Mensuelle	≤ 1,7E-02	9,2E-02	1,2E+02	2,17	6,0	143,38	
	03/12/21	Mensuelle	1,6E-02	1,1E-01	**2,7E+02**	1,85	6,1	143,76	
PO114	07/01/21	Mensuelle	5,9E-02	1,8E-01	2,6E+02	2,59	5,8	152,98	2,9E+02
	03/02/21	Mensuelle	2,2E-01	3,7E-01	3,9E+02	2,64	5,7	153,28	
	02/03/21	Mensuelle	1,0E-01	2,4E-01	**4,0E+02**	2,81	5,5	152,18	
	02/04/21	Mensuelle	2,6E-01	4,9E-01	3,3E+02	3,01	5,0	150,41	
	05/05/21	Mensuelle	1,4E-01	2,0E-01	3,2E+02	2,71	5,4	148,54	
	02/06/21	Mensuelle	1,2E-01	2,5E-01	2,9E+02	2,71	5,6	148,12	
	05/07/21	Mensuelle	8,9E-02	2,0E-01	2,9E+02	2,38	5,3	149,79	
	04/08/21	Mensuelle	1,2E-01	2,9E-01	2,8E+02	2,73	5,6	149,88	
	02/09/21	Mensuelle	1,6E-01	2,5E-01	3,1E+02	2,55	5,5	148,55	
	05/10/21	Mensuelle	1,1E-01	2,1E-01	1,7E+02	2,24	6,2	147,37	
	04/11/21	Mensuelle	1,4E-01	2,4E-01	2,7E+02	2,98	5,6	147,54	
	08/12/21	Mensuelle	1,3E-01	2,1E-01	1,7E+02	2,09	5,7	148,84	
PO115	07/01/21	Mensuelle	≤ 1,5E-02	1,4E-01	3,1E+01	2,24	5,7	148,36	3,4E+01
	03/02/21	Mensuelle	≤ 1,5E-02	1,1E-01	2,7E+01	1,89	5,8	148,22	
	03/03/21	Mensuelle	≤ 1,5E-02	1,5E-01	2,7E+01	2,20	6,0	145,69	
	01/04/21	Mensuelle	3,0E-02	1,9E-01	3,1E+01	2,31	5,4	143,47	
	05/05/21	Mensuelle	≤ 1,5E-02	1,1E-01	2,8E+01	2,10	6,1	141,38	
	01/06/21	Mensuelle	≤ 1,4E-02	1,2E-01	2,8E+01	2,53	6,2	140,68	
	01/07/21	Mensuelle	≤ 1,4E-02	1,2E-01	3,4E+01	2,03	6,0	141,71	
	04/08/21	Mensuelle	≤ 1,4E-02	1,2E-01	3,6E+01	2,29	6,2	142,26	
	01/09/21	Mensuelle	4,8E-02	2,2E-01	**4,3E+01**	2,11	6,0	141,09	
	05/10/21	Mensuelle	3,2E-02	1,3E-01	4,1E+01	2,54	6,1	139,91	
	04/11/21	Mensuelle	2,5E-02	1,2E-01	3,6E+01	2,53	6,1	140,02	
	07/12/21	Mensuelle	3,4E-02	1,2E-01	4,1E+01	2,43	6,0	141,03	
PO116	07/01/21	Mensuelle	≤ 1,5E-02	6,7E-02	3,9E+00	1,24	5,5	149,90	≤ 3,2E+00
	03/02/21	Mensuelle	1,8E-02	7,3E-02	3,6E+00	1,16	5,8	149,81	
	03/03/21	Mensuelle	≤ 1,5E-02	9,0E-02	≤ 2,2E+00	1,31	6,0	147,20	
	01/04/21	Mensuelle	≤ 2,0E-02	≤ 6,0E-02	**7,9E+00**	1,33	5,3	144,54	
	05/05/21	Mensuelle	≤ 1,4E-02	4,8E-02	2,9E+00	1,13	5,7	142,19	
	01/06/21	Mensuelle	≤ 1,4E-02	5,3E-02	≤ 2,2E+00	1,41	6,1	141,42	
	01/07/21	Mensuelle	≤ 1,4E-02	3,9E-02	3,2E+00	1,04	5,8	142,98	
	04/08/21	Mensuelle	≤ 1,4E-02	5,9E-02	≤ 2,2E+00	1,04	5,9	143,42	
	01/09/21	Mensuelle	≤ 1,4E-02	≤ 3,3E-02	≤ 2,9E+00	1,04	5,9	141,96	
	05/10/21	Mensuelle	2,2E-02	5,5E-02	≤ 2,4E+00	1,28	6,3	140,63	
	04/11/21	Mensuelle	≤ 1,7E-02	8,0E-02	≤ 2,2E+00	1,22	5,9	140,94	
	07/12/21	Mensuelle	≤ 1,4E-02	4,1E-02	≤ 2,4E+00	1,03	5,9	142,10	
PO117	07/01/21	Mensuelle	≤ 1,5E-02	2,0E-01	6,5E+02	3,22	6,5	148,25	8,4E+02
	03/02/21	Mensuelle	≤ 1,5E-02	2,2E-01	8,5E+02	2,08	6,3	148,33	
	02/03/21	Mensuelle	≤ 1,5E-02	1,3E-01	9,7E+02	2,37	6,5	146,84	
	01/04/21	Mensuelle	≤ 2,0E-02	1,5E-01	8,3E+02	2,55	5,8	145,53	
	05/05/21	Mensuelle	3,9E-02	2,1E-01	**1,1E+03**	2,53	6,6	144,24	
	02/06/21	Mensuelle	≤ 1,4E-02	1,3E-01	6,0E+02	2,71	6,7	144,02	
	01/07/21	Mensuelle	≤ 1,4E-02	1,6E-01	1,0E+03	2,76	6,5	144,83	
	04/08/21	Mensuelle	≤ 1,4E-02	1,3E-01	9,2E+02	2,33	6,6	144,94	
	01/09/21	Mensuelle	≤ 1,4E-02	1,5E-01	8,9E+02	2,20	6,6	144,13	
	05/10/21	Mensuelle	≤ 1,4E-02	1,7E-01	7,8E+02	2,33	6,6	143,55	
	04/11/21	Mensuelle	≤ 1,7E-02	1,8E-01	7,8E+02	2,71	6,6	143,90	
	02/12/21	Mensuelle	≤ 1,4E-02	1,5E-01	7,2E+02	2,43	6,6	144,11	
PO168	07/01/21	Mensuelle	≤ 1,5E-02	1,8E-01	**3,6E+01**	4,66	6,5	116,98	≤ 2,5E+01
	02/02/21	Mensuelle	7,5E-02	3,2E-01	2,4E+01	3,60	7,1	116,82	
	02/03/21	Mensuelle	≤ 1,6E-02	2,1E-01	2,7E+01	4,41	6,8	116,02	
	01/04/21	Mensuelle	7,0E-02	3,0E-01	2,3E+01	5,12	6,1	115,60	
	04/05/21	Mensuelle	≤ 1,5E-02	1,8E-01	2,2E+01	4,99	6,7	115,32	
	01/06/21	Mensuelle	≤ 1,5E-02	2,3E-01	2,5E+01	5,55	7,0	115,22	
	02/07/21	Mensuelle	≤ 1,5E-02	2,1E-01	1,9E+01	4,25	6,8	115,78	
	03/08/21	Mensuelle	2,0E-02	2,3E-01	2,5E+01	5,05	7,0	115,50	
	02/09/21	Mensuelle	3,7E-02	2,5E-01	1,9E+01	4,84	6,9	115,25	
	05/10/21	Mensuelle	3,3E-02	2,0E-01	2,3E+01	5,09	7,1	115,26	
	03/11/21	Mensuelle	3,7E-02	2,9E-01	2,4E+01	5,95	7,0	115,38	
	03/12/21	Mensuelle	2,1E-02	2,1E-01	3,0E+01	4,61	7,0	115,53	

Tableau 9-42 Résultats des analyses radiologiques courantes des eaux souterraines extérieures au Centre (2/4)

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 tritum en Bq/L
PZ320	06/01/21	Mensuelle	≤ 3,3E-02	9,0E-02	8,0E+00	1,90	5,0	146,56	1,2E+01
	03/02/21	Mensuelle	≤ 3,2E-02	1,4E-01	1,5E+01	2,10	5,4	146,51	
	08/03/21	Mensuelle	≤ 3,2E-02	≤ 7,8E-02	8,0E+00	2,00	5,3	144,92	
	07/04/21	Mensuelle	≤ 3,2E-02	≤ 7,2E-02	1,5E+01	2,00	5,1	144,40	
	07/05/21	Mensuelle	≤ 3,3E-02	≤ 7,1E-02	8,0E+00	1,90	5,1	143,96	
	03/06/21	Mensuelle	≤ 3,1E-02	≤ 7,2E-02	1,1E+01	2,10	5,1	144,21	
	01/07/21	Mensuelle	≤ 3,7E-01	≤ 2,3E-01	1,1E+01	1,90	5,2	145,10	
	04/08/21	Mensuelle	≤ 3,4E-02	≤ 7,1E-02	1,1E+01	1,90	5,1	144,62	
	07/09/21	Mensuelle	≤ 2,9E-02	1,3E-01	**1,7E+01**	1,90	5,0	143,86	
	04/10/21	Mensuelle	≤ 3,2E-02	1,1E-01	1,6E+01	1,90	5,1	144,11	
	09/11/21	Mensuelle	7,0E-02	1,1E-01	1,1E+01	1,90	5,2	144,51	
	14/12/21	Mensuelle	≤ 3,2E-02	≤ 7,2E-02	1,5E+01	2,10	5,1	144,24	
PZ321	06/01/21	Mensuelle	≤ 3,4E-02	1,3E-01	7,3E+01	2,80	6,0	147,31	1,0E+02
	05/02/21	Mensuelle	≤ 3,5E-02	≤ 7,1E-02	8,8E+01	3,00	6,0	146,56	
	05/03/21	Mensuelle	≤ 3,0E-02	1,2E-01	7,1E+01	3,00	6,0	144,91	
	07/04/21	Mensuelle	≤ 3,3E-02	1,6E-01	**1,7E+02**	2,60	6,1	144,35	
	07/05/21	Mensuelle	≤ 3,4E-02	≤ 7,2E-02	1,5E+02	2,60	6,0	143,91	
	03/06/21	Mensuelle	≤ 3,2E-02	1,2E-01	1,5E+02	2,60	6,1	144,16	
	01/07/21	Mensuelle	≤ 3,8E-02	1,1E-01	1,4E+02	2,30	6,2	144,99	
	04/08/21	Mensuelle	≤ 3,5E-02	1,4E-01	9,9E+01	2,80	6,1	144,50	
	07/09/21	Mensuelle	8,0E-02	8,0E-02	9,8E+01	2,70	5,8	143,86	
	04/10/21	Mensuelle	8,0E-02	1,3E-01	8,8E+01	2,90	5,9	144,26	
	09/11/21	Mensuelle	≤ 3,4E-02	1,5E-01	6,0E+01	2,90	6,0	144,41	
	13/12/21	Mensuelle	≤ 3,4E-02	1,4E-01	6,8E+01	3,30	6,1	145,23	
PZ322	06/01/21	Mensuelle	≤ 3,2E-02	1,1E-01	1,7E+01	2,40	5,9	146,99	1,4E+01
	08/02/21	Mensuelle	≤ 3,2E-02	1,1E-01	7,0E+00	2,30	5,7	146,77	
	05/03/21	Mensuelle	≤ 3,2E-02	≤ 7,2E-02	9,0E+00	2,30	5,8	145,29	
	07/04/21	Mensuelle	≤ 3,2E-02	≤ 7,1E-02	**7,0E+01**	2,40	5,4	144,82	
	07/05/21	Mensuelle	≤ 3,3E-02	1,7E-01	1,1E+01	2,30	5,5	143,89	
	03/06/21	Mensuelle	≤ 3,1E-02	1,2E-01	9,0E+00	2,20	5,4	143,99	
	02/07/21	Mensuelle	≤ 3,2E-02	1,4E-01	1,0E+01	2,10	5,5	144,89	
	05/08/21	Mensuelle	≤ 3,2E-02	9,0E-02	6,8E+00	2,10	5,5	144,59	
	07/09/21	Mensuelle	≤ 2,9E-02	1,2E-01	6,1E+00	2,00	5,5	143,79	
	06/10/21	Mensuelle	≤ 3,2E-02	2,2E-01	1,3E+01	2,20	5,3	144,09	
	09/11/21	Mensuelle	6,0E-02	1,2E-01	7,4E+00	2,10	5,5	144,29	
	16/12/21	Mensuelle	≤ 3,3E-02	8,0E-02	6,9E+00	2,20	5,9	145,05	
PZ324	06/01/21	Mensuelle	≤ 3,2E-02	≤ 7,2E-02	1,2E+01	1,50	5,5	157,01	1,2E+01
	05/02/21	Mensuelle	≤ 3,1E-02	9,0E-02	7,0E+00	2,00	6,1	156,81	
	05/03/21	Mensuelle	≤ 2,9E-02	1,2E-01	6,0E+00	2,00	6,1	154,51	
	07/04/21	Mensuelle	≤ 3,2E-02	≤ 7,2E-02	1,6E+01	1,60	5,7	153,54	
	07/05/21	Mensuelle	≤ 3,2E-02	≤ 7,1E-02	1,0E+01	1,60	5,7	152,91	
	03/06/21	Mensuelle	≤ 6,2E-02	1,3E-01	1,2E+01	1,60	5,6	153,61	
	01/07/21	Mensuelle	≤ 3,4E-02	1,0E-01	9,0E+00	1,70	5,8	155,81	
	04/08/21	Mensuelle	≤ 2,9E-02	≤ 7,1E-02	**1,6E+01**	1,60	5,7	154,26	
	07/09/21	Mensuelle	≤ 3,1E-02	9,0E-02	1,4E+01	1,80	5,8	153,06	
	04/10/21	Mensuelle	≤ 3,3E-02	1,4E-01	1,4E+01	2,40	5,9	153,44	
	09/11/21	Mensuelle	≤ 3,2E-02	1,6E-01	1,2E+01	2,20	6,0	154,81	
	16/12/21	Mensuelle	≤ 3,2E-02	≤ 7,2E-02	1,6E+01	2,20	6,1	155,71	
PZ326	08/01/21	Mensuelle	≤ 3,7E-02	1,2E-01	1,9E+02	1,90	5,6	152,00	1,7E+02
	02/02/21	Mensuelle	≤ 3,3E-02	≤ 7,1E-02	2,3E+02	2,00	5,6	152,04	
	04/03/21	Mensuelle	≤ 3,1E-02	1,0E-01	1,5E+02	2,00	5,6	151,80	
	02/04/21	Mensuelle	≤ 3,3E-02	1,3E-01	1,6E+02	2,00	5,6	151,65	
	06/05/21	Mensuelle	≤ 3,4E-02	9,0E-02	2,4E+02	1,90	5,5	151,55	
	02/06/21	Mensuelle	9,0E-02	2,7E-01	1,2E+02	1,90	5,5	151,60	
	05/07/21	Mensuelle	8,0E-02	≤ 7,2E-02	2,4E+02	1,80	5,5	151,70	
	04/08/21	Mensuelle	≤ 3,5E-02	≤ 7,1E-02	**2,6E+02**	2,00	5,4	151,65	
	09/09/21	Mensuelle	7,0E-02	≤ 7,2E-02	1,5E+02	1,90	5,4	151,55	
	11/10/21	Mensuelle	7,0E-02	1,2E-01	1,8E+02	2,10	5,4	151,55	
	09/11/21	Mensuelle	7,0E-02	1,0E-01	6,6E+01	1,80	5,4	151,55	
	08/12/21	Mensuelle	8,0E-02	2,0E-01	5,7E+01	1,90	5,6	151,65	
PZ340	08/01/21	Mensuelle	2,6E-01	2,8E-01	3,9E+01	1,10	5,5	154,09	5,2E+01
	03/02/21	Mensuelle	1,0E-01	1,3E-01	3,0E+01	1,40	5,6	154,14	
	05/03/21	Mensuelle	≤ 3,9E-02	≤ 7,2E-02	3,7E+01	0,90	5,9	152,84	
	08/04/21	Mensuelle	1,0E-01	1,1E-01	4,8E+01	0,60	5,9	152,18	
	07/05/21	Mensuelle	8,0E-02	≤ 7,3E-02	6,3E+01	0,60	5,9	151,84	
	04/06/21	Mensuelle	7,0E-02	≤ 7,8E-02	4,6E+01	0,70	6,0	152,09	
	02/07/21	Mensuelle	6,0E-02	≤ 7,2E-02	4,6E+01	0,70	5,9	152,79	
	05/08/21	Mensuelle	≤ 4,2E-02	1,7E-01	4,7E+01	0,60	5,9	152,49	
	08/09/21	Mensuelle	1,1E-01	≤ 7,2E-02	5,3E+01	0,60	5,9	151,89	
	06/10/21	Mensuelle	9,0E-02	≤ 7,2E-02	6,8E+01	0,70	5,8	152,19	
	09/11/21	Mensuelle	≤ 3,3E-02	≤ 7,4E-02	**8,4E+01**	0,60	5,9	152,49	
	20/12/21	Mensuelle	1,2E-01	9,0E-02	6,8E+01	0,90	5,9	152,79	

Tableau 9-42 Résultats des analyses radiologiques courantes des eaux souterraines extérieures 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 m	Moyenne annuelle tritum en Bq/L
PZ371	06/01/21	Mensuelle	3,0E-01	1,8E-01	3,4E+02	1,90	5,4	149,84	4,0E+02
	03/02/21	Mensuelle	3,1E-01	4,4E-01	2,4E+02	1,70	6,1	149,84	
	08/03/21	Mensuelle	2,3E-01	2,5E-01	3,4E+02	1,60	6,3	149,77	
	07/04/21	Mensuelle	2,1E-01	2,3E-01	4,1E+02	1,60	6,2	149,66	
	07/05/21	Mensuelle	3,1E-01	2,9E-01	4,5E+02	1,50	6,3	149,59	
	04/06/21	Mensuelle	3,3E-01	2,8E-01	4,4E+02	1,70	6,3	149,64	
	02/07/21	Mensuelle	2,8E-01	2,1E-01	**4,8E+02**	2,30	6,3	149,69	
	04/08/21	Mensuelle	3,2E-01	2,8E-01	4,5E+02	2,70	6,1	149,79	
	08/09/21	Mensuelle	2,3E-01	2,8E-01	4,3E+02	2,20	6,2	149,59	
	06/10/21	Mensuelle	1,7E-01	2,3E-01	4,2E+02	1,90	6,2	149,64	
	09/11/21	Mensuelle	1,3E-01	2,5E-01	4,3E+02	2,40	6,4	149,64	
	15/12/21	Mensuelle	1,3E-01	1,4E-01	4,2E+02	1,90	6,2	149,69	
PZ379	06/01/21	Mensuelle	≤ 4,2E-02	≤ 7,2E-02	4,3E+01	1,80		151,57	4,2E+01
	05/02/21	Mensuelle	≤ 3,2E-02	3,0E-01	**5,4E+01**	1,70	5,6	151,47	
	05/03/21	Mensuelle	≤ 3,4E-02	1,1E-01	3,3E+01	1,70	5,5	151,38	
	07/04/21	Mensuelle	≤ 3,0E-02	9,0E-02	5,4E+01	1,80	5,5	151,29	
	07/05/21	Mensuelle	≤ 3,5E-02	≤ 7,1E-02	4,5E+01	1,70	5,7	151,22	
	04/06/21	Mensuelle	≤ 3,4E-02	1,4E-01	4,4E+01	1,70	5,6	151,22	
	01/07/21	Mensuelle	≤ 3,4E-02	≤ 7,2E-02	4,0E+01	1,70	5,7	151,32	
	04/08/21	Mensuelle	≤ 3,5E-02	9,0E-02	4,1E+01	1,70	5,6	151,25	
	08/09/21	Mensuelle	≤ 3,3E-02	≤ 7,1E-02	3,3E+01	1,70	5,5	151,22	
	05/10/21	Mensuelle	≤ 3,6E-02	≤ 7,1E-02	4,7E+01	1,70	5,5	151,22	
	09/11/21	Mensuelle	≤ 3,5E-02	≤ 7,4E-02	3,6E+01	1,70	5,5	151,27	
	16/12/21	Mensuelle	≤ 3,3E-02	≤ 7,1E-02	3,5E+01	1,70	5,7	151,30	
PZ700	12/01/21	Mensuelle	≤ 3,3E-02	2,9E-01	1,4E+02	10,30	6,6	124,14	2,2E+02
	09/02/21	Mensuelle	≤ 3,4E-02	≤ 7,1E-02	1,3E+02	2,70	6,8	123,87	
	05/03/21	Mensuelle	≤ 3,3E-02	1,2E-01	1,8E+02	3,20	6,9	122,84	
	08/04/21	Mensuelle	≤ 3,4E-02	3,6E-01	2,1E+02	12,70	6,9	122,27	
	11/05/21	Mensuelle	≤ 3,4E-02	2,0E-01	2,7E+02	7,00	6,9	121,97	
	08/06/21	Mensuelle	≤ 3,1E-02	1,6E-01	2,7E+02	4,90	6,7	121,80	
	05/07/21	Mensuelle	≤ 3,3E-02	2,5E-01	2,2E+02	7,90	6,6	122,19	
	12/08/21	Mensuelle	≤ 3,4E-02	≤ 7,1E-02	2,1E+02	2,60	6,6	121,93	
	10/09/21	Mensuelle	≤ 3,3E-02	3,5E-01	2,7E+02	12,30	6,6	121,75	
	07/10/21	Mensuelle	≤ 3,0E-02	2,7E-01	**2,9E+02**	6,50	6,6	121,62	
	09/11/21	Mensuelle	≤ 3,4E-02	1,5E-01	2,5E+02	4,60	6,3	121,94	
	08/12/21	Mensuelle	≤ 3,8E-02	2,3E-01	2,4E+02	8,30	7,7	122,35	
PZ705	06/01/21	Mensuelle	≤ 3,1E-02	1,0E-01	≤ 5,0E+00	2,20	6,8	158,42	≤ 4,8E+00
	03/02/21	Mensuelle	≤ 3,1E-02	1,3E-01	5,0E+00	2,60	6,5	157,15	
	04/03/21	Mensuelle	≤ 3,1E-02	1,2E-01	5,0E+00	2,30	6,0	153,47	
	02/04/21	Mensuelle	≤ 3,0E-02	1,7E-01	≤ 4,3E+00	2,60	6,0	151,27	
	06/05/21	Mensuelle	≤ 3,3E-02	≤ 7,2E-02	≤ 4,3E+00	2,40	5,7	149,02	
	02/06/21	Mensuelle	7,0E-02	1,8E-01	≤ 4,4E+00	2,20	6,2	148,52	
	05/07/21	Mensuelle	8,0E-02	≤ 7,2E-02	≤ 4,3E+00	2,20	5,9	152,12	
	03/08/21	Mensuelle	≤ 3,3E-02	1,2E-01	≤ 3,9E+00	2,20	5,8	151,22	
	07/09/21	Mensuelle	7,0E-02	1,2E-01	**8,0E+00**	2,60	5,7	148,87	
	11/10/21	Mensuelle	1,1E-01	2,4E-01	≤ 3,9E+00	2,40	6,2	147,37	
	08/11/21	Mensuelle	1,0E-01	2,5E-01	≤ 4,1E+00	1,70	6,4	147,82	
	06/12/21	Mensuelle	6,0E-02	1,2E-01	5,2E+00	2,50	6,2	149,07	
PZ715	12/01/21	Mensuelle	≤ 3,7E-02	2,2E-01	2,1E+01	6,10	5,7	145,36	2,0E+02
	09/02/21	Mensuelle	≤ 3,5E-02	≤ 7,2E-02	5,2E+01	1,80	6,0	144,57	
	05/03/21	Mensuelle	≤ 3,5E-02	4,2E-01	5,5E+01	14,40	6,1	141,58	
	08/04/21	Mensuelle	≤ 3,4E-02	3,7E-01	3,6E+02	8,70	5,4	139,24	
	11/05/21	Mensuelle	≤ 3,5E-02	1,0E-01	4,5E+01	2,00	5,5	137,56	
	08/06/21	Mensuelle	≤ 3,5E-02	≤ 7,2E-02	7,3E+01	1,90	5,4	136,80	
	05/07/21	Mensuelle	≤ 3,3E-02	8,0E-02	4,8E+02	2,20	5,7	137,52	
	12/08/21	Mensuelle	≤ 3,6E-02	≤ 7,2E-02	2,0E+02	1,90	5,5	137,83	
	10/09/21	Mensuelle	≤ 3,3E-02	≤ 7,1E-02	1,1E+02	1,90	5,5	137,02	
	07/10/21	Mensuelle	≤ 3,6E-02	3,7E-01	3,0E+02	7,40	5,4	136,26	
	09/11/21	Mensuelle	≤ 3,5E-02	1,9E-01	**5,4E+02**	3,00	5,4	136,27	
	08/12/21	Mensuelle	≤ 3,6E-02	1,3E-01	1,2E+02	4,80	5,4	136,88	

Tableau 9-42 Résultats des analyses radiologiques courantes des eaux souterraines extérieures 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 m	Moyenne annuelle tritum en Bq/L
PZ711	12/01/21	Mensuelle	3,9E-01	4,0E-01	8,0E+00	1,8E+00	5,6	121,43	8,1E+00
	09/02/21	Mensuelle	1,1E-01	2,4E-01	1,1E+01	6,1E+00	5,7	120,64	
	05/03/21	Mensuelle	1,5E-01	2,3E-01	≤ 4,4E+00	2,6E+00	5,8	118,15	
	08/04/21	Mensuelle	1,5E-01	3,1E-01	9,0E+00	5,7E+00	5,8	117,31	
	11/05/21	Mensuelle	1,2E-01	1,4E-01	5,7E+00	2,8E+00	5,9	116,97	
	08/06/21	Mensuelle	2,0E-01	2,2E-01	9,0E+00	2,4E+00	5,9	116,80	
	05/07/21	Mensuelle	1,7E-01	1,4E-01	8,0E+00	3,5E+00	6,0	116,92	
	12/08/21	Mensuelle	1,1E-01	1,5E-01	6,6E+00	2,6E+00	5,8	116,88	
	08/09/21	Mensuelle	NR	NR	NR	NR	NR	NR	
	07/10/21	Mensuelle	NR	NR	NR	NR	NR	NR	
	09/11/21	Mensuelle	3,0E-01	4,2E-01	5,1E+00	4,6E+00	5,7	116,65	
	08/12/21	Mensuelle	4,1E-01	5,9E-01	**1,4E+01**	7,1E+00	5,9	116,80	
PZ712	06/01/21	Mensuelle	5,0E-02	1,2E-01	≤ 4,3E+00	8,0E-01	5,5	161,55	≤ 6,6E+00
	03/02/21	Mensuelle	1,8E-01	2,5E-01	7,0E+00	7,0E-01	5,5	161,70	
	04/03/21	Mensuelle	≤ 3,0E-02	8,0E-02	6,0E+00	5,0E-01	5,7	160,15	
	02/04/21	Mensuelle	≤ 3,0E-02	≤ 7,2E-02	≤ 4,3E+00	7,0E-01	5,7	158,90	
	06/05/21	Mensuelle	≤ 3,1E-02	≤ 7,1E-02	≤ 4,3E+00	8,0E-01	6,0	157,30	
	02/06/21	Mensuelle	6,0E-02	≤ 7,3E-02	≤ 4,3E+00	9,0E-01	5,7	157,65	
	05/07/21	Mensuelle	1,4E-01	3,6E-01	≤ 4,3E+00	4,8E+00	5,8	159,15	
	03/08/21	Mensuelle	6,0E-02	1,6E-01	≤ 4,0E+00	3,6E+00	5,7	159,00	
	06/09/21	Mensuelle	1,3E-01	2,0E-01	1,0E+01	3,9E+00	5,8	157,41	
	11/10/21	Mensuelle	6,0E-02	1,1E-01	1,2E+01	3,4E+00	5,7	157,15	
	08/11/21	Mensuelle	8,0E-02	1,4E-01	≤ 4,2E+00	2,1E+00	5,8	158,25	
	06/12/21	Mensuelle	1,1E-01	1,2E-01	**1,4E+01**	9,0E-01	6,0	159,15	
PO165	07/01/21	Mensuelle	6,5E-02	2,5E-01	**8,2E+00**	1,7E+00	6,3	123,26	4,6E+00
	02/02/21	Mensuelle	1,0E-01	1,7E-01	7,0E+00	1,3E+00	6,5	121,87	
	03/03/21	Mensuelle	3,7E-02	1,2E-01	2,7E+00	1,8E+00	6,3	117,73	
	01/04/21	Mensuelle	7,0E-02	1,6E-01	5,0E+00	1,9E+00	5,7	116,81	
	05/05/21	Mensuelle	5,8E-02	1,1E-01	4,8E+00	1,9E+00	6,4	116,31	
	02/06/21	Mensuelle	5,2E-02	1,2E-01	5,2E+00	1,9E+00	6,5	116,02	
	01/07/21	Mensuelle	3,3E-02	9,6E-02	6,2E+00	2,1E+00	6,3	117,64	
	03/08/21	Mensuelle	6,7E-02	2,0E-01	3,2E+00	1,9E+00	6,5	116,79	
	02/09/21	Mensuelle	1,1E-01	1,7E-01	2,5E+00	1,9E+00	6,4	116,29	
	05/10/21	Mensuelle	3,8E-02	1,1E-01	≤ 2,3E+00	2,0E+00	6,5	115,89	
	03/11/21	Mensuelle	5,1E-02	1,2E-01	5,3E+00	2,1E+00	6,7	115,82	
	02/12/21	Mensuelle	3,9E-02	1,4E-01	2,7E+00	1,9E+00	6,6	115,81	
PO166	07/01/21	Mensuelle	4,8E-02	8,9E-02	6,0E+00	1,9E+00	6,2	122,42	2,6E+01
	02/02/21	Mensuelle	8,2E-02	1,8E-01	1,5E+01	1,7E+00	6,1	122,15	
	03/03/21	Mensuelle	3,7E-02	1,2E-01	5,1E+00	2,1E+00	6,2	120,45	
	01/04/21	Mensuelle	4,0E-02	1,7E-01	1,8E+01	2,2E+00	5,5	119,85	
	05/05/21	Mensuelle	3,5E-02	8,1E-02	1,9E+01	2,0E+00	6,2	119,45	
	02/06/21	Mensuelle	2,6E-02	1,2E-01	3,2E+01	2,4E+00	6,4	119,26	
	01/07/21	Mensuelle	2,6E-02	1,0E-01	3,6E+01	2,5E+00	6,2	119,88	
	03/08/21	Mensuelle	4,1E-02	8,6E-02	3,4E+01	2,2E+00	6,5	119,57	
	02/09/21	Mensuelle	5,5E-02	1,6E-01	3,6E+01	2,2E+00	6,3	119,26	
	05/10/21	Mensuelle	3,1E-02	1,3E-01	3,8E+01	2,2E+00	6,9	119,07	
	03/11/21	Mensuelle	5,7E-02	1,3E-01	3,9E+01	2,5E+00	6,5	119,05	
	02/12/21	Mensuelle	2,4E-02	1,3E-01	**4,0E+01**	2,3E+00	6,4	119,15	
PO167	07/01/21	Mensuelle	2,4E-02	1,2E-01	**6,9E+01**	2,3E+00	6,2	116,14	6,0E+01
	02/02/21	Mensuelle	≤ 1,5E-02	1,4E-01	5,5E+01	1,9E+00	6,7	115,97	
	02/03/21	Mensuelle	≤ 1,5E-02	1,1E-01	5,4E+01	2,0E+00	6,4	115,14	
	01/04/21	Mensuelle	≤ 2,0E-02	1,0E-01	5,2E+01	2,2E+00	5,7	115,00	
	05/05/21	Mensuelle	≤ 1,5E-02	9,5E-02	6,6E+01	2,0E+00	6,3	114,95	
	01/06/21	Mensuelle	≤ 1,4E-02	1,3E-01	5,6E+01	2,4E+00	6,5	114,91	
	02/07/21	Mensuelle	≤ 1,4E-02	1,1E-01	5,7E+01	2,3E+00	6,4	115,03	
	03/08/21	Mensuelle	2,3E-02	9,6E-02	5,6E+01	1,9E+00	6,4	114,99	
	01/09/21	Mensuelle	2,2E-02	9,7E-02	6,0E+01	1,9E+00	6,3	114,94	
	05/10/21	Mensuelle	1,7E-02	1,4E-01	6,2E+01	2,2E+00	6,4	114,93	
	03/11/21	Mensuelle	≤ 1,7E-02	9,8E-02	6,8E+01	2,3E+00	6,6	114,95	
	02/12/21	Mensuelle	≤ 1,4E-02	8,4E-02	6,6E+01	2,0E+00	6,5	114,95	

Tableau 9-43 Résultats des analyses radiologiques courantes des eaux souterraines extérieures issus d'EVT-7 et volume pompé

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	06/01/2021	≤ 3,2E-01	≤ 7,2E-01	2,3E+01	9,8	6,7	9250
	03/02/2021	≤ 3,2E-01	≤ 7,3E-01	2,9E+01	4,7	6,1	8200
	03/03/2021	≤ 3,2E-01	≤ 7,2E-01	3,1E+01	2,9	6,1	4850
	08/04/2021	≤ 3,2E-01	≤ 7,3E-01	2,9E+01	2,9	6,2	7200
	06/05/2021	≤ 3,2E-01	≤ 7,2E-01	2,5E+01	2,9	6,0	5000
	03/06/2021	≤ 3,5E-01	≤ 7,2E-01	2,9E+01	3,3	5,9	4250
	01/07/2021	≤ 3,5E-01	≤ 7,2E-01	3,0E+01	3,4	6,1	4950
	04/08/2021	≤ 3,0E-01	≤ 7,5E-01	3,4E+01	3,1	6,2	6400
	03/09/2021	≤ 3,2E-01	≤ 7,4E-01	3,1E+01	2,8	6,1	5200
	06/10/2021	≤ 3,2E-01	≤ 7,4E-01	3,5E+01	4,1	6,0	5000
	02/11/2021	≤ 3,2E-01	≤ 7,4E-01	3,1E+01	6,6	6,1	4200
	09/12/2021	≤ 3,2E-01	≤ 7,4E-01	3,4E+01	3,8	6,1	6250
Somme							70750

Tableau 9-44 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	0,12	0,02	0,30	0,17	0,11	0,32	4,9	2,0	7,2
PO031	0,06	0,05	0,07	0,19	0,15	0,23	2,1	1,9	2,2
PO113	0,02	0,01	0,03	0,12	0,08	0,16	79	16	269
PO114	0,14	0,06	0,26	0,26	0,18	0,49	291	171	401
PO115	0,02	0,01	0,05	0,14	0,11	0,22	34	27	43
PO116	0,02	0,01	0,02	0,06	0,03	0,09	3,2	2,2	7,9
PO117	0,02	0,01	0,04	0,17	0,13	0,22	842	600	1070
PO120	0,26	0,10	0,75	0,45	0,27	1,08	10146	1570	15900
PO131	0,15	0,10	0,19	0,33	0,26	0,38	40800	35300	45400
PO132	0,09	0,06	0,11	0,19	0,15	0,24	1677	1330	2100
PO133	0,04	0,02	0,05	0,13	0,11	0,17	640	222	1360
PO134	0,02	0,01	0,04	0,10	0,06	0,13	234	110	475
PO135	0,03	0,02	0,04	0,10	0,08	0,11	313	180	600
PO136	0,04	0,02	0,06	0,25	0,15	0,40	3452	840	4830
PO137	0,02	0,01	0,04	0,17	0,14	0,22	4221	3150	4720
PO138	0,02	0,01	0,03	0,18	0,13	0,41	568	383	850
PO139	0,09	0,03	0,23	0,30	0,19	0,52	525	19	880
PO140	0,03	0,01	0,04	0,35	0,23	0,49	1568	820	2830
PO142	0,05	0,04	0,06	0,18	0,13	0,28	50	29	77
PO143	0,10	0,07	0,17	0,18	0,10	0,33	1043	110	1830
PO150	0,32	0,09	0,77	0,46	0,17	1,17	22	11,4	26
PO151	0,04	0,03	0,05	0,10	0,07	0,13	7,8	5,8	10
PO152	0,02	0,01	0,03	0,07	0,05	0,11	40	24	59
PO153	0,05	0,02	0,08	0,15	0,13	0,20	1600	1000	1980
PO154	0,22	0,15	0,35	0,41	0,31	0,56	5,6	3,1	7,9
PO155	0,05	0,03	0,10	0,11	0,07	0,16	18	7,8	26
PO156	0,11	0,04	0,17	0,17	0,08	0,31	212	18	720
PO157	0,08	0,02	0,25	0,15	0,09	0,33	26	8	37
PO158	0,06	0,04	0,08	0,10	0,07	0,16	16	6,7	22
PO159	0,02	0,01	0,05	0,08	0,05	0,11	4,1	2,1	5,8
PO160	0,30	0,09	0,50	0,25	0,11	0,39	2,1	1,9	2,2
PO161	0,38	0,05	0,70	0,36	0,08	0,64	4,0	3,6	4,3
PO162	0,06	0,05	0,07	0,14	0,12	0,16	2,3	2,2	2,3
PO165	0,06	0,03	0,11	0,15	0,10	0,25	4,6	2,3	8,2
PO166	0,04	0,02	0,08	0,12	0,08	0,18	26	5	40
PO167	0,02	0,01	0,02	0,11	0,08	0,14	60	52	69
PO168	0,03	0,02	0,08	0,23	0,18	0,32	25	19	36
PO170	0,16	0,11	0,21	0,25	0,23	0,27	2,8	2,3	3,6
PO171	0,08	0,03	0,18	0,14	0,09	0,20	104	66	164
PO172	0,06	0,03	0,13	0,11	0,08	0,22	65	33	96
PO173	0,06	0,01	0,14	0,14	0,11	0,19	5,3	2,0	48,0
PO174	0,13	0,02	0,47	0,23	0,06	0,73	20	6,2	91
PO175	0,33	0,07	0,60	0,42	0,13	0,72	2,1	2,1	2,1
PO176	0,06	0,05	0,07	0,10	0,08	0,12	2,2	2,2	2,2
PO177	0,03	0,03	0,04	0,09	0,08	0,11	2,6	2,2	2,9
PO178	0,09	0,08	0,10	0,15	0,09	0,21	4,3	4,0	4,5
PO179	0,12	0,09	0,14	0,24	0,17	0,32	2,8	2,1	3,5
PO180	0,09	0,05	0,16	0,22	0,14	0,31	1248	560	1800
PZ320	0,06	0,03	0,37	0,10	0,07	0,23	12,2	8,0	17,0
PZ321	0,04	0,03	0,08	0,12	0,07	0,16	105	60	170
PZ322	0,03	0,03	0,06	0,12	0,07	0,22	14	6,1	70
PZ324	0,03	0,03	0,06	0,10	0,07	0,16	12	6	16
PZ326	0,06	0,03	0,09	0,12	0,07	0,27	170	57	260
PZ340	0,09	0,03	0,26	0,11	0,07	0,28	52	30	84
PZ355	0,39	0,33	0,43	0,62	0,39	1,00	6,9	4,2	9
PZ358	0,13	0,07	0,20	0,16	0,08	0,42	3308	3100	3500
PZ359	0,15	0,04	0,30	0,29	0,17	0,41	9,7	4,3	21
PZ371	0,25	0,13	0,33	0,26	0,14	0,44	404	240	480
PZ379	0,03	0,03	0,04	0,10	0,07	0,30	42	33	54
PZ700	0,03	0,03	0,04	0,21	0,07	0,36	223	130	290
PZ705	0,06	0,03	0,11	0,14	0,07	0,25	4,8	3,9	8,0
PZ711	0,21	0,11	0,41	0,28	0,14	0,59	8	4,4	14
PZ712	0,08	0,03	0,18	0,15	0,07	0,36	6,6	4,0	14
PZ715	0,03	0,03	0,04	0,18	0,07	0,42	196	21	540
Moyenne	**0,10**			**0,19**			**1165,6**		
Min		**0,01**			**0,03**			**1,9**	
Max			**0,77**			**1,17**			**45400**

Tableau 9-45 Résultats des analyses radiologiques annuelles à bas seuils par spectrométrie gamma des eaux souterraines

	Piézomètre	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)	PO001	12/04/2021	≤1,00E-01	≤8,00E-03	≤7,60E-03	≤8,60E-03	≤8,60E-03	≤4,00E-02	≤8,40E-03	≤8,00E-03
	PO159	13/04/2021	≤1,00E-01	≤7,90E-03	≤7,40E-03	≤7,30E-03	≤8,80E-03	≤3,10E-02	≤7,90E-03	≤7,40E-03
Zone Sud-Ouest (zone 2)	PO173	12/04/2021	≤1,00E-01	≤8,10E-03	≤7,60E-03	≤8,60E-03	≤9,10E-03	≤4,00E-02	≤8,30E-03	≤7,70E-03
	PO174	12/04/2021	≤1,50E-01	≤8,40E-03	≤8,90E-03	≤9,60E-03	≤1,10E-02	≤5,80E-02	≤1,00E-02	≤9,50E-03
Zone nord-est (zone 3)	PO113	15/04/2021	≤1,50E-01	≤8,10E-03	≤8,40E-03	≤9,00E-03	≤1,00E-02	≤5,90E-02	≤1,00E-02	≤9,20E-03
	PO137	12/04/2021	≤1,00E-01	≤7,90E-03	≤7,60E-03	≤8,40E-03	≤9,70E-03	≤3,90E-02	≤8,30E-03	≤7,80E-03
	PO138	12/04/2021	**1,40E-01 +/- 1,30E-01**	≤8,10E-03	≤7,50E-03	≤8,60E-03	≤9,50E-03	≤4,00E-02	≤8,10E-03	≤7,70E-03
	PO140	13/04/2021	≤9,90E-02	≤8,60E-03	≤7,50E-03	≤6,90E-03	≤9,20E-03	≤3,10E-02	≤8,00E-03	≤7,20E-03
	PZ700	14/04/2021	**3,10E-01 +/- 2,70E-01**	≤7,70E-03	≤7,20E-03	≤7,00E-03	≤9,50E-03	≤3,00E-02	≤8,00E-03	≤7,30E-03
Zone nord-ouest (zone 4)	PO131	15/04/2021	≤1,00E-01	≤8,40E-03	≤7,30E-03	≤7,00E-03	≤9,40E-03	≤3,00E-02	≤8,20E-03	≤7,10E-03
	PO168	14/04/2021	**2,50E-01 +/- 1,40E-01**	≤8,10E-03	≤7,70E-03	≤8,60E-03	≤9,50E-03	≤4,00E-02	≤8,30E-03	≤8,10E-03
	PO180	14/04/2021	**3,20E-01 +/- 2,80E-01**	≤8,10E-03	≤7,40E-03	≤7,20E-03	≤9,20E-03	≤3,10E-02	≤7,80E-03	≤6,90E-03

	Piézomètre	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)	PO001	12/04/2021	≤8,90E-02	≤1,40E-02	**4,20E-02 +/- 3,00E-02**	≤1,50E-01	≤3,00E-02	≤8,50E-02	≤9,80E-03	≤4,40E-02
	PO159	13/04/2021	≤6,90E-02	≤9,80E-03	**3,50E-02 +/- 3,00E-02**	≤1,60E-01	**6,40E-02 +/- 1,90E-02**	≤8,20E-02	≤7,10E-03	≤3,20E-02
Zone Sud-Ouest (zone 2)	PO173	12/04/2021	≤8,90E-02	≤1,40E-02	≤2,10E-02	≤1,50E-01	≤2,80E-02	≤8,20E-02	≤9,70E-03	≤4,40E-02
	PO174	12/04/2021	≤1,10E-01	≤1,60E-02	≤2,20E-02	≤1,70E-01	≤3,30E-02	≤9,70E-02	≤1,20E-02	≤4,90E-02
Zone nord-est (zone 3)	PO113	15/04/2021	≤1,00E-01	≤1,40E-02	≤2,20E-02	≤1,50E-01	≤3,30E-02	≤9,20E-02	≤1,10E-02	≤4,10E-02
	PO137	12/04/2021	≤8,70E-02	≤1,40E-02	≤2,00E-02	≤1,50E-01	≤2,60E-02	≤8,20E-02	≤9,70E-03	≤4,30E-02
	PO138	12/04/2021	≤8,70E-02	≤1,40E-02	≤2,10E-02	≤1,50E-01	≤2,70E-02	≤8,20E-02	≤9,80E-03	≤4,40E-02
	PO140	13/04/2021	≤6,90E-02	≤9,70E-03	≤1,50E-02	≤1,60E-01	≤2,90E-02	≤8,10E-02	≤8,40E-03	≤3,20E-02
	PZ700	14/04/2021	≤6,90E-02	≤9,40E-03	≤1,50E-02	≤1,60E-01	**3,10E-02 +/- 1,50E-02**	≤8,10E-02	≤7,00E-03	≤3,10E-02
Zone nord-ouest (zone 4)	PO131	15/04/2021	≤6,80E-02	≤9,80E-03	≤1,50E-02	≤1,60E-01	**1,50E-01 +/- 1,20E-01**	≤8,20E-02	≤7,10E-03	≤3,20E-02
	PO168	14/04/2021	≤8,80E-02	≤1,40E-02	≤2,00E-02	≤1,50E-01	≤2,70E-02	≤8,20E-02	≤9,80E-03	≤4,40E-02
	PO180	14/04/2021	≤6,90E-02	≤9,40E-03	≤1,60E-02	≤1,60E-01	**5,80E-02 +/- 2,40E-02**	≤8,30E-02	≤7,00E-03	≤3,20E-02

Tableau 9-46 Résultats des analyses radiologiques annuelles à bas seuils par scintillation liquide des eaux souterraines

	Piézomètre	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)	PO001	12/04/2021	≤2,90E+00	≤3,50E+00	≤2,70E-01	≤3,30E-02	≤4,00E-02	≤3,80E-02
	PO159	13/04/2021	**4,70E+00 +/- 2,80E+00**	≤1,40E+00	≤2,70E-01	≤3,30E-02	≤4,00E-02	≤3,80E-02
Zone Sud-Ouest (zone 2)	PO173	12/04/2021	≤3,20E+00	≤1,60E+00	≤1,40E-01	≤3,30E-02	≤2,50E-02	≤2,70E-02
	PO174	12/04/2021	**1,01E+01 +/- 3,70E+00**	**2,60E+00 +/- 1,70E+00**	≤1,40E-01	≤4,10E-02	≤3,10E-02	≤2,60E-02
Zone nord-est (zone 3)	PO113	15/04/2021	**3,70E+01 +/- 7,00E+00**	≤1,40E+00	≤2,70E-01	≤3,30E-02	≤3,50E-02	≤3,80E-02
	PO137	12/04/2021	**4,40E+03 +/- 6,00E+02**	≤3,40E+00	≤2,70E-01	≤4,00E-02	≤2,70E-02	**8,10E-02 +/- 3,20E-02**
	PO138	12/04/2021	**6,20E+02 +/- 1,00E+02**	**5,00E+00 +/- 2,30E+00**	≤1,40E-01	≤3,90E-02	≤3,40E-02	≤2,60E-02
	PO140	13/04/2021	**1,12E+03 +/- 1,70E+02**	≤3,40E+00	≤1,40E-01	≤4,10E-02	≤2,90E-02	≤2,90E-02
	PZ700	14/04/2021	**2,51E+02 +/- 4,20E+01**	≤1,60E+00	≤2,70E-01	≤3,90E-02	≤2,50E-02	≤2,40E-02
Zone nord-ouest (zone 4)	PO131	15/04/2021	**3,10E+04 +/- 5,00E+03**	≤4,10E+00	≤2,70E-01	≤3,80E-02	≤2,80E-02	≤2,50E-02
	PO168	14/04/2021	**2,14E+01 +/- 4,70E+00**	≤1,40E+00	≤1,40E-01	≤3,30E-02	≤2,20E-02	≤2,50E-02
	PO180	14/04/2021	**8,50E+02 +/- 1,40E+02**	≤3,70E+00	≤2,70E-01	≤4,30E-02	≤2,60E-02	≤2,50E-02

Tableau 9-47 Résultats des analyses physico-chimiques semestrielles des eaux souterraines de la zone 1

			Zone 1					
			Piezomètres intérieurs					
	Paramètres	Unités	PO001		PO160		PO175	
Paramètres physico-chimiques	Date de prélèvement		23/02/2021	15/09/2021	23/02/2021	15/09/2021	23/02/2021	15/09/2021
	pH	UpH	5,3 +/- 0,2	4,9 +/- 0,2	5,9 +/- 0,2	5,6 +/- 0,2	5,4 +/- 0,2	5,5 +/- 0,2
	Conductivité	µS/cm	339 +/- 10	342 +/- 10	181 +/- 5	175 +/- 5	266 +/- 8	224 +/- 7
	Oxygène dissous	mg/L	4,2 +/- 0,1	6,6 +/- 0,1	9,5 +/- 0,1	8,8 +/- 0,1	9,4 +/- 0,1	7,9 +/- 0,1
	Température	°C	12 +/- 1	13 +/- 1	11 +/- 1	13 +/- 1	11 +/- 1	13 +/- 1
	Potentiel redox	mV/ENH	496 +/- 20	570 +/- 23	483 +/- 19	499 +/- 20	492 +/- 20	543 +/- 22
	COD	mg/L	1,5 +/- 0,1	2,9 +/- 0,3	0,9 +/- 0,2	2,1 +/- 0,2	0,6 +/- 0,1	2,3 +/- 0,2
	DCO	mg/L	19,0 +/- 1,5	13,0 +/- 1,0	8,0 +/- 1,0	6,0 +/- 0,7	<5	<5
	MES	mg/L	10 +/- 1	6,0 +/- 0,3	9,0 +/- 0,5	10 +/- 1	54 +/- 3	66 +/- 3
Eléments majeurs	Calcium	mg/L	5,5 +/- 1,3	4,9 +/- 1,2	3,1 +/- 0,7	3,3 +/- 0,8	3,2 +/- 0,8	3,2 +/- 0,8
	Chlorures	mg/L	69, +/- 4	68 +/- 3	33 +/- 2	34 +/- 2	52 +/- 3	47 +/- 2
	Nitrates	mg/L	22 +/- 1	19 +/- 1	6,2 +/- 0,3	5,1 +/- 0,3	12 +/- 1	11 +/- 1
	Potassium	mg/L	1,6 +/- 0,5	1,0 +/- 0,3	1,1 +/- 0,4	1,0 +/- 0,3	1,0 +/- 0,3	1,7 +/- 0,6
	Sulfates	mg/L	23 +/- 1	31 +/- 2	14 +/- 1	10 +/- 1	16 +/- 1	5,9 +/- 0,3
Substances indésirables	Aluminium dissous	µg/L	100 +/- 5	140 +/- 7	12 +/- 1	11 +/- 1	13 +/- 1	16 +/- 1
	Azote NTK	mgN/L	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
	Azote global	mg/L	<5,5	<4,8	<1,9	<1,7	<3,2	<3,0
	Baryum dissous	µg/L	25 +/- 1	22 +/- 1	7,0 +/- 1,4	6,0 +/- 1,2	30 +/- 2	27 +/- 1
	Bore dissous	µg/L	23 +/- 1	21 +/- 1	26 +/- 1	19 +/- 1	20 +/- 1	14 +/- 1
	Cuivre dissous	µg/L	2,1 +/- 0,3	1,5 +/- 0,2	1,6 +/- 0,2	<1,0	<1,0	<1,0
	Fer dissous	µg/L	6,0 +/- 0,3	6,0 +/- 0,3	3,9 +/- 0,7	12 +/- 1	2,6 +/- 0,5	7,6 +/- 0,4
	Manganese dissous	µg/L	40 +/- 2	40 +/- 2	8,0 +/- 0,4	6,0 +/- 0,3	8,0 +/- 0,4	7,0 +/- 0,4
	Nitrites	µg/L	<1	<1	<1	2,0 +/- 0,1	<1	<1
	Phosphore total	mg/L	0,052 +/- 0,003	0,071 +/- 0,004	0,065 +/- 0,003	0,026 +/- 0,001	0,018 +/- 0,005	0,027 +/- 0,001
	Phosphates	mg/L	0,067 +/- 0,003	0,017 +/- 0,001	0,150 +/- 0,008	<0,01	0,023 +/- 0,001	0,070 +/- 0,004
Toxiques chimiques	Arsenic dissous	µg/L	1,8 +/- 0,2	2,4 +/- 0,2	<0,8	<0,2	<0,8	<0,2
	Cadmium dissous	µg/L	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
	Chrome dissous	µg/L	<1	<1	<1	1,7 +/- 0,9	<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	0,046 +/- 0,002	0,099 +/- 0,005	<0,01	<0,01	0,30 +/- 0,02	0,29 +/- 0,02
	Mercure total	µg/L	0,66 +/- 0,03	0,79 +/- 0,04	<0,01	<0,01	0,75 +/- 0,04	0,52 +/- 0,03
	Nickel dissous	µg/L	4,4 +/- 0,4	4,0 +/- 0,4	3,0 +/- 0,3	2,5 +/- 0,2	3,9 +/- 0,4	3,2 +/- 0,3
	Plomb dissous	µg/L	1,1 +/- 0,7	0,6 +/- 0,35	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
	Uranium dissous	µg/L	<4	<4	<4	<4	<4	<4
	Zinc dissous	µg/L	97 +/- 5	23 +/- 1	6,9 +/- 0,4	1,9 +/- 0,8	5,1 +/- 0,3	5,4 +/- 0,3
	Hydrocarbures totaux	µg/L	<10	<10	<10	<10	<10	<10
	HAP Benzo(a)pyrène	µg/L	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
	HAP Benzo(b)fluoranthène	µg/L	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
	HAP Benzo(ghi)pérylène	µg/L	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
	HAP Benzo(k)fluoranthène	µg/L	<0,005	<0,008	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
	HAP Fluoranthène	µg/L	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
	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	<0,014	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012

valeurs inférieures aux valeurs seuils de l'arrêté modifié du 17/12/2008

Tableau 9-48 Résultats des analyses physico-chimiques semestrielles des eaux souterraines de la zone 2

			Zone 2					
			Piezomètres intérieurs				Piézomètre extérieur	
	Paramètres	Unités	PO172		PO174		EVT-7	
Paramètres physico-chimiques	Date de prélèvement		23/02/2021	15/09/2021	23/02/2021	15/09/2021	23/02/2021	15/09/2021
	pH	UpH	5,70 +/- 0,23	5,70 +/- 0,23	5,70 +/- 0,23	5,80 +/- 0,23	6,10 +/- 0,24	6,10 +/- 0,24
	Conductivité	µS/cm	192 +/- 6	222 +/- 7	189 +/- 6	190 +/- 6	279 +/- 8	281 +/- 8
	Oxygène dissous	mg/L	9,2 +/- 0,1	8,0 +/- 0,1	8,4 +/- 0,1	6,7 +/- 0,1	9,2 +/- 0,1	8,1 +/- 0,1
	Température	°C	12 +/- 1	13 +/- 1	12 +/- 1	13 +/- 1	13 +/- 1	20 +/- 1
	Potentiel redox	mV/ENH	467 +/- 19	531 +/- 21	463 +/- 19	506 +/- 20	472 +/- 19	474 +/- 19
	COD	mg/L	0,5 +/- 0,1	1,9 +/- 0,2	0,7 +/- 0,1	1,8 +/- 0,2	0,50 +/- 0,10	1,8 +/- 0,2
	DCO	mg/L	<5	<5	<5	<5	<5	<5
	MES	mg/L	5,0 +/- 0,3	3,0 +/- 0,2	860 +/- 43	73 +/- 4	2,0 +/- 0,2	<2
Eléments majeurs	Calcium	mg/L	3,7 +/- 0,9	4,3 +/- 1,0	4,2 +/- 1,0	3,9 +/- 0,9	8,8 +/- 2,1	8,2 +/- 2,0
	Chlorures	mg/L	37 +/- 2	45 +/- 2	36 +/- 2	35 +/- 2	51 +/- 3	51 +/- 3
	Nitrates	mg/L	9,5 +/- 0,48	12 +/- 0,6	8,1 +/- 0,41	7,1 +/- 0,36	9,2 +/- 0,5	9,40 +/- 0,47
	Potassium	mg/L	1,5 +/- 0,5	1,5 +/- 0,5	2,3 +/- 0,8	1,3 +/- 0,4	3,0 +/- 1,0	3,7 +/- 1,3
	Sulfates	mg/L	14 +/- 1	11 +/- 1	12 +/- 1	10 +/- 0	23 +/- 1	21 +/- 1
Substances indésirables	Aluminium dissous	µg/L	6,0 +/- 0,3	9,0 +/- 0,5	11,0 +/- 0,6	10,0 +/- 0,5	8,8 +/- 0,4	17 +/- 1
	Azote NTK	mgN/L	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
	Azote global	mg/L	<2,6	<3,2	<2,3	<2,1	<2,6	<2,6
	Baryum dissous	µg/L	20 +/- 1	23 +/- 1	20 +/- 1	20 +/- 1	33 +/- 2	31 +/- 2
	Bore dissous	µg/L	18 +/- 1	14 +/- 1	19 +/- 1	14 +/- 1	21 +/- 1	19 +/- 1
	Cuivre dissous	µg/L	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
	Fer dissous	µg/L	2,5 +/- 0,5	<2,0	3,6 +/- 0,7	2,5 +/- 0,5	3,1 +/- 0,6	7,0 +/- 0,4
	Manganese dissous	µg/L	1,8 +/- 0,36	1,7 +/- 0,34	2,1 +/- 0,11	1,0 +/- 0,2	3,0 +/- 0,2	2,0 +/- 0,4
	Nitrites	µg/L	<1	<1	<1	<1	<1	6,0 +/- 0,3
	Phosphore total	mg/L	0,010 +/- 0,003	<0,010	0,090 +/- 0,005	0,023 +/- 0,001	0,037 +/- 0,002	0,043 +/- 0,002
	Phosphates	mg/L	0,019 +/- 0,001	0,021 +/- 0,001	0,023 +/- 0,001	<0,010	0,055 +/- 0,003	0,017 +/- 0,001
Toxiques chimiques	Arsenic dissous	µg/L	<0,8	<0,2	<0,8	<0,2	<0,8	0,40 +/- 0,04
	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	1,6 +/- 0,8
	Cyanures dissous	µg/L	<5	<5	<5	<5	<5	<5
	Etain dissous	µg/L	<5	<5	<5	<5	<5	<5
	Mercure dissous	µg/L	0,016 +/- 0,001	<0,010	0,012 +/- 0,001	<0,010	0,018 +/- 0,001	0,018 +/- 0,001
	Mercure total	µg/L	0,018 +/- 0,001	0,021 +/- 0,001	0,068 +/- 0,003	0,012 +/- 0,001	0,330 +/- 0,017	0,150 +/- 0,008
	Nickel dissous	µg/L	1,2 +/- 0,1	1,9 +/- 0,2	1,8 +/- 0,2	1,9 +/- 0,2	1,9 +/- 0,2	1,9 +/- 0,2
	Plomb dissous	µg/L	<0,4	<0,4	0,40 +/- 0,24	<0,4	<0,4	<0,4
	Uranium dissous	µg/L	<4	<4	<4	<4	<4	<4
	Zinc dissous	µg/L	2,6 +/- 1,0	2,2 +/- 0,9	4,1 +/- 1,6	2,1 +/- 0,8	54 +/- 3	21 +/- 1
	Hydrocarbures totaux	µg/L	<10	<10	<10	<10	<10	<10
	HAP Benzo(a)pyrène	µg/L	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
	HAP Benzo(b)fluoranthène	µg/L	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010	<0,005	<0,005
	HAP Benzo(ghi)pérylène	µg/L	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010	<0,005	<0,005
	HAP Benzo(k)fluoranthène	µg/L	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010	<0,005	<0,005
	HAP Fluoranthène	µg/L	<0,005	<0,010	<0,005	<0,010	<0,005	<0,005
	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	<0,021	<0,012	<0,021	<0,012	<0,012

valeurs inférieures aux valeurs seuils de l'arrêté modifié du 17/12/2008

Tableau 9-49 Résultats des analyses physico-chimiques semestrielles des eaux souterraines de la zone 3

			Zone 3																	
			Piezomètres intérieurs								Piezomètres extérieurs									
	Paramètres	Unités	PO139		PO142		PO156		PO158		PO113		PO114		PO115		PZ700		PZ715	
Paramètres physico-chimiques	Date de prélèvement		23/02/2021	07/10/2020	23/02/2021	07/10/2020	23/02/2021	15/09/2021	23/02/2021	15/09/2021	23/02/2021	15/09/2021	23/02/2021	15/09/2021	23/02/2021	15/09/2021	23/02/2021	15/09/2021	23/02/2021	15/09/2021
	pH	UpH	5,50 +/- 0,22	5,40 +/- 0,22	5,10 +/- 0,20	5,00 +/- 0,20	5,80 +/- 0,23	5,60 +/- 0,22	6,30 +/- 0,25	6,00 +/- 0,24	5,70 +/- 0,20	5,60 +/- 0,22	5,70 +/- 0,20	5,10 +/- 0,20	6,00 +/- 0,20	5,80 +/- 0,23	7,10 +/- 0,30	6,90 +/- 0,28	6,10 +/- 0,24	5,50 +/- 0,22
	Conductivité	µS/cm	200 +/- 6	192 +/- 6	163 +/- 5	187 +/- 6	177 +/- 5	185 +/- 6	191 +/- 6	207 +/- 6	187 +/- 6	186 +/- 6	213 +/- 6	252 +/- 8	209 +/- 6	218 +/- 7	282 +/- 9	275 +/- 8	241 +/- 7	280 +/- 8
	Oxygène dissous	mg/L	7,4 +/- 0,1	7,2 +/- 0,1	8,5 +/- 0,1	8,5 +/- 0,1	10,1 +/- 0,1	6,1 +/- 0,1	9,6 +/- 0,1	6,4 +/- 0,1	9,3 +/- 0,1	7,5 +/- 0,1	8,4 +/- 0,1	7,6 +/- 0,1	7,8 +/- 0,1	5,4 +/- 0,1	4,0 +/- 0,1	3,3 +/- 0,1	9,7 +/- 0,1	9,1 +/- 0,1
	Température	°C	12,0 +/- 0,5	13,0 +/- 0,5	12,0 +/- 0,5	13,0 +/- 0,5	11,0 +/- 0,5	13,0 +/- 0,5	12,0 +/- 0,5	13,0 +/- 0,5	12,0 +/- 1,0	13,0 +/- 0,5	12,0 +/- 1,0	13,0 +/- 0,5	12,0 +/- 1,0	13,0 +/- 0,5	12,0 +/- 1,0	13,0 +/- 0,5	12,0 +/- 0,5	13,0 +/- 0,5
	Potentiel redox	mV/ENH	241 +/- 10	535 +/- 21	506 +/- 20	532 +/- 21	488 +/- 20	493 +/- 20	466 +/- 19	497 +/- 20	470 +/- 20	462 +/- 18	444 +/- 18	440 +/- 18	382 +/- 15	240 +/- 10	63 +/- 3	227 +/- 9	474 +/- 19	511 +/- 20
	COD	mg/L	1,2 +/- 0,1	2,3 +/- 0,2	0,9 +/- 0,2	2,8 +/- 0,3	0,4 +/- 0,1	1,8 +/- 0,2	0,5 +/- 0,1	2,0 +/- 0,2	1,1 +/- 0,1	2,3 +/- 0,2	1,2 +/- 0,1	2,3 +/- 0,2	1,6 +/- 0,1	2,2 +/- 0,2	0,6 +/- 0,1	1,8 +/- 0,2	0,9 +/- 0,2	1,9 +/- 0,2
	DCO	mg/L	11,0 +/- 0,9	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	8,0 +/- 1,0	9,0 +/- 1,1	6,0 +/- 0,7	6,0 +/- 0,7	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
	MES	mg/L	12,0 +/- 0,6	<2,0	<2,0	3,0 +/- 0,2	7,0 +/- 0,4	7,0 +/- 0,4	4,0 +/- 0,2	22,0 +/- 1,1	28,0 +/- 1,0	9,0 +/- 0,5	18,0 +/- 1,0	33,0 +/- 1,7	9,0 +/- 0,5	3,0 +/- 0,2	31,0 +/- 2,0	23,0 +/- 1,2	4,0 +/- 0,2	<2,0
Eléments majeurs	Calcium	mg/L	6,0 +/- 1,4	3,3 +/- 0,8	1,1 +/- 0,3	1,3 +/- 0,3	3,5 +/- 0,8	3,6 +/- 0,9	9,2 +/- 2,2	10,0 +/- 2,4	2,5 +/- 0,6	3,4 +/- 0,8	3,9 +/- 0,9	2,9 +/- 0,7	4,1 +/- 1,0	4,3 +/- 1,0	9,6 +/- 2,3	9,4 +/- 2,3	7,6 +/- 1,8	4,4 +/- 1,1
	Chlorures	mg/L	32,0 +/- 1,6	33,0 +/- 1,7	32,0 +/- 1,6	29,0 +/- 1,5	38,0 +/- 1,9	36,0 +/- 1,8	34,0 +/- 1,7	35,0 +/- 1,8	35,0 +/- 2,0	35,0 +/- 1,8	44,0 +/- 2,0	48,0 +/- 2,4	42,0 +/- 2,0	39,0 +/- 2,0	50,0 +/- 3,0	49,0 +/- 2,5	35,0 +/- 1,8	47,0 +/- 2,4
	Nitrates	mg/L	13 +/- 0,7	14 +/- 0,7	8 +/- 0,4	8,9 +/- 0,45	8,1 +/- 0,41	8,5 +/- 0,43	4,6 +/- 0,23	4,1 +/- 0,21	7,3 +/- 0,4	9,5 +/- 0,48	21 +/- 1	23 +/- 1,2	20 +/- 1	20 +/- 1	<0,500	1,1 +/- 0,06	33 +/- 1,7	31 +/- 1,6
	Potassium	mg/L	2,60 +/- 0,90	2,50 +/- 0,90	2,10 +/- 0,70	2,00 +/- 0,70	1,10 +/- 0,37	0,80 +/- 0,27	0,90 +/- 0,31	0,90 +/- 0,31	2,80 +/- 1,00	1,80 +/- 0,60	2,40 +/- 0,80	2,60 +/- 0,90	2,30 +/- 0,80	2,20 +/- 0,80	2,50 +/- 0,90	2,40 +/- 0,80	1,90 +/- 0,70	1,90 +/- 0,70
	Sulfates	mg/L	14 +/- 1	10 +/- 1	19 +/- 1	21 +/- 1	3 +/- 0	6 +/- 0	10 +/- 1	10 +/- 0	16 +/- 1	8 +/- 0	5 +/- 0	7 +/- 0	6 +/- 0	6 +/- 0	7 +/- 0	4 +/- 0	17 +/- 1	15 +/- 1
Substances indésirables	Aluminium dissous	µg/L	28,0 +/- 1,4	21,0 +/- 1,1	81,0 +/- 4,1	140,0 +/- 7,0	11,0 +/- 0,6	15,0 +/- 0,8	6,0 +/- 0,3	8,0 +/- 0,4	12,0 +/- 1,0	11,0 +/- 0,6	16,0 +/- 1,0	42,0 +/- 2,1	11,0 +/- 1,0	13,0 +/- 0,7	<5,0	10,0 +/- 0,5	7,0 +/- 0,4	10,0 +/- 0,5
	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	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
	Azote global	mg/L	<3,4	<3,7	<2,3	<2,5	<2,3	<2,4	<1,5	<1,4	<2,1	<2,6	<5,2	<5,7	<5,0	<5,0	<0,6	<0,7	<8,0	<7,5
	Baryum dissous	µg/L	41 +/- 2	50 +/- 3	65 +/- 3	72 +/- 4	3 +/- 1	4 +/- 1	5 +/- 1	7 +/- 1	14 +/- 1	14 +/- 1	75 +/- 4	85 +/- 4	30 +/- 2	32 +/- 2	16 +/- 1	24 +/- 1	17 +/- 1	23 +/- 1
	Bore dissous	µg/L	22 +/- 1	13 +/- 1	17 +/- 1	25 +/- 1	15 +/- 1	12 +/- 1	20 +/- 1	16 +/- 1	16 +/- 1	11 +/- 1	13 +/- 1	11 +/- 1	16 +/- 1	12 +/- 1	19 +/- 1	15 +/- 1	21 +/- 1	16 +/- 1
	Cuivre dissous	µg/L	<1,0	<1,0	1,5 +/- 0,2	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	1,2 +/- 0,2	<1,0	1,2 +/- 0,2	<1,0	<1,0	<1,0	1,9 +/- 0,3	<1,0
	Fer dissous	µg/L	5,0 +/- 1,0	4,3 +/- 0,8	4,5 +/- 0,9	7,0 +/- 0,4	2,6 +/- 0,5	3,0 +/- 0,6	3,7 +/- 0,7	2,8 +/- 0,5	4,1 +/- 0,8	2,7 +/- 0,5	6,7 +/- 0,3	20 +/- 1	15 +/- 1	4,0 +/- 0,8	910 +/- 50	2200 +/- 110	3,4 +/- 0,7	3,7 +/- 0,7
	Manganese dissous	µg/L	32 +/- 1,6	12 +/- 0,6	9,3 +/- 0,47	10 +/- 0,5	5 +/- 0,25	10 +/- 0,5	1 +/- 0,2	29 +/- 1,5	3,1 +/- 0,2	30 +/- 1,5	29 +/- 2	42 +/- 2,1	16 +/- 1	13 +/- 0,7	190 +/- 10	61 +/- 3,1	15 +/- 0,8	4,7 +/- 0,24
	Nitrites	µg/L	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	1,0 +/- 0,1	2,0 +/- 0,1	<1,0	3,0 +/- 0,2	<1,0	2,0 +/- 0,1
	Phosphore total	mg/L	<0,01	0,017 +/- 0,005	<0,01	0,015 +/- 0,004	<0,01	0,043 +/- 0,002	<0,01	0,140 +/- 0,007	<0,01	<0,01	0,017 +/- 0,005	0,010 +/- 0,003	0,068 +/- 0,003	0,088 +/- 0,004	<0,01	<0,01	<0,01	0,081 +/- 0,004
	Phosphates	mg/L	<0,01	0,021 +/- 0,001	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,013 +/- 0,001	<0,01	0,030 +/- 0,002	0,15 +/- 0,01	0,089 +/- 0,005	<0,01	<0,01	<0,01	0,240 +/- 0,012
Toxiques chimiques	Arsenic dissous	µg/L	<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	<0,2
	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	6 +/- 2	<5	<5	<5	5 +/- 2	<1	<5	<5	10 +/- 3
	Mercure dissous	µg/L	0,250 +/- 0,013	0,200 +/- 0,010	0,014 +/- 0,001	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,072 +/- 0,004	0,079 +/- 0,004	0,150 +/- 0,010	0,520 +/- 0,026	0,022 +/- 0,001	0,030 +/- 0,002	<0,01	<0,01	0,013 +/- 0,001	0,028 +/- 0,001
	Mercure total	µg/L	0,740 +/- 0,037	0,420 +/- 0,021	0,043 +/- 0,002	0,015 +/- 0,001	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,23 +/- 0,01	0,150 +/- 0,008	0,90 +/- 0,05	1,40 +/- 0,07	0,43 +/- 0,02	0,220 +/- 0,011	<0,01	<0,01	0,069 +/- 0,004	0,093 +/- 0,005
	Nickel dissous	µg/L	1,1 +/- 0,1	1,3 +/- 0,1	2,2 +/- 0,2	1,6 +/- 0,1	2,4 +/- 0,2	4,1 +/- 0,4	2,5 +/- 0,2	5,9 +/- 0,5	1,2 +/- 0,1	<1	3,4 +/- 0,3	3,2 +/- 0,3	2,4 +/- 0,2	3,0 +/- 0,3	<1	<1	1,5 +/- 0,1	<1
	Plomb dissous	µg/L	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	7,7 +/- 0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
	Uranium dissous	µg/L	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	4 +/- 0	<4	<4
	Zinc dissous	µg/L	2,5 +/- 1,0	1,2 +/- 0,5	11,0 +/- 0,6	2,5 +/- 1,0	3,0 +/- 1,2	2,7 +/- 1,1	4,2 +/- 1,7	6,0 +/- 0,3	2,0 +/- 0,8	1,1 +/- 0,4	17,0 +/- 1,0	2,6 +/- 1,0	13,0 +/- 1,0	7,0 +/- 0,4	2,4 +/- 1,0	1,2 +/- 0,5	13,0 +/- 0,7	2,5 +/- 1,0
	Hydrocarbures totaux	µg/L	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<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	<0,005	<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(ghi)pérylène	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(k)fluoranthène	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 Fluoranthène	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 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	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012

valeurs inférieures aux valeurs seuils de l'arrêté modifié du 17/12/2008

Tableau 9-50 Résultats des analyses physico-chimiques semestrielles des eaux souterraines de la zone 4

		Zone 4											
		Piezomètres intérieurs								Piezomètres extérieurs			
Paramètres	Unités	PO131		PO136		PO153		PO180		PO168		PZ322	
Date de prélèvement		23/02/2021	15/09/2021	23/02/2021	15/09/2021	23/02/2021	15/09/2021	23/02/2021	15/09/2021	23/02/2021	15/09/2021	23/02/2021	15/09/2021
pH	UpH	6,10 +/- 0,24	5,70 +/- 0,23	5,20 +/- 0,21	5,20 +/- 0,21	6,30 +/- 0,25	6,20 +/- 0,25	6,00 +/- 0,24	5,80 +/- 0,23	6,40 +/- 0,30	6,50 +/- 0,26	5,80 +/- 0,23	5,60 +/- 0,22
Conductivité	µS/cm	206 +/- 6	221 +/- 7	230 +/- 7	223 +/- 7	200 +/- 6	195 +/- 6	229 +/- 7	232 +/- 7	341 +/- 10	378 +/- 11	175 +/- 5	173 +/- 5
Oxygène dissous	mg/L	6,9 +/- 0,1	5,9 +/- 0,1	5,4 +/- 0,1	5,0 +/- 0,1	7,7 +/- 0,1	6,9 +/- 0,1	5,2 +/- 0,1	5,9 +/- 0,1	4,1 +/- 0,1	3,4 +/- 0,1	9,1 +/- 0,1	8,6 +/- 0,1
Température	°C	12,0 +/- 0,5	13,0 +/- 0,5	12,0 +/- 0,5	13,0 +/- 0,5	12,0 +/- 0,5	13,0 +/- 0,5	12,0 +/- 0,5	13,0 +/- 0,5	11,0 +/- 1,0	14,0 +/- 0,5	13,0 +/- 0,5	20,0 +/- 0,5
Potentiel redox	mV/ENH	414 +/- 17	483 +/- 19	502 +/- 20	567 +/- 23	438 +/- 18	482 +/- 19	363 +/- 15	483 +/- 19	444 +/- 18	356 +/- 14	482 +/- 19	467 +/- 19
COD	mg/L	0,7 +/- 0,1	2,7 +/- 0,2	1,3 +/- 0,1	2,7 +/- 0,2	0,9 +/- 0,2	2,6 +/- 0,2	1,0 +/- 0,2	2,3 +/- 0,2	1,9 +/- 0,2	3,3 +/- 0,3	0,8 +/- 0,2	2,3 +/- 0,2
DCO	mg/L	<5	<5	5,0 +/- 0,6	<5	6,0 +/- 0,7	<5	<5	<5	<5	6,0 +/- 0,7	<5	6,0 +/- 0,7
MES	mg/L	5,0 +/- 0,3	<2	3,0 +/- 0,2	<2	<2	<2	4,0 +/- 0,2	11 +/- 1	29 +/- 2	16,0 +/- 0,8	16,0 +/- 0,8	3,0 +/- 0,2
Calcium	mg/L	8,3 +/- 2,0	5,5 +/- 1,3	6,4 +/- 1,5	3,8 +/- 0,9	11,0 +/- 2,6	9,6 +/- 2,3	5,9 +/- 1,4	8,1 +/- 1,9	15,0 +/- 4,0	16,0 +/- 3,8	3,7 +/- 0,9	2,7 +/- 0,7
Chlorures	mg/L	36,0 +/- 1,8	45,0 +/- 2,3	38,0 +/- 1,9	36,0 +/- 1,8	27,0 +/- 1,4	24,0 +/- 1,2	34,0 +/- 1,7	38,0 +/- 1,9	58,0 +/- 3,0	52,0 +/- 2,6	31,0 +/- 1,6	30,0 +/- 1,5
Nitrates	mg/L	11 +/- 1	12 +/- 1	8,5 +/- 0,4	7,3 +/- 0,4	6,4 +/- 0,3	5,8 +/- 0,3	4,6 +/- 0,2	3,4 +/- 0,2	6,1 +/- 0,3	4,0 +/- 0,2	6,9 +/- 0,4	7,1 +/- 0,4
Potassium	mg/L	2,70 +/- 0,90	1,90 +/- 0,70	4,00 +/- 1,40	2,20 +/- 0,80	2,60 +/- 0,90	2,50 +/- 0,90	2,80 +/- 1,00	2,00 +/- 0,70	4,30 +/- 1,50	4,90 +/- 1,70	2,10 +/- 0,70	1,80 +/- 0,60
Sulfates	mg/L	6,7 +/- 0,3	7,0 +/- 0,4	26 +/- 1	23 +/- 1	16 +/- 1	16 +/- 1	16 +/- 1	7,4 +/- 0,4	18 +/- 1	12 +/- 1	17 +/- 1	16 +/- 1
Aluminium dissous	µg/L	14 +/- 1	32 +/- 2	300 +/- 15	120 +/- 6	8,0 +/- 0,4	20 +/- 1	6,0 +/- 0,3	7,0 +/- 0,4	7,2 +/- 0,4	8,0 +/- 0,4	24 +/- 1	24 +/- 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	<3,0	<3,2	<2,4	<2,1	<1,9	<1,8	<1,5	<1,3	<1,9	<1,4	<2,1	<2,1
Baryum dissous	µg/L	10 +/- 2	10 +/- 2	46 +/- 2	44 +/- 2	12 +/- 1	10 +/- 2	44 +/- 2	52 +/- 3	30 +/- 2	20 +/- 1	40 +/- 2	35 +/- 2
Bore dissous	µg/L	15 +/- 1	12 +/- 1	18 +/- 1	13 +/- 1	21 +/- 1	17 +/- 1	20 +/- 1	15 +/- 1	24 +/- 1	20 +/- 1	19 +/- 1	15 +/- 1
Cuivre dissous	µg/L	1,6 +/- 0,2	1,0 +/- 0,1	<1	<1	1,2 +/- 0,2	<1	1,2 +/- 0,2	<1	<1	1,8 +/- 0,2	<1	<1
Fer dissous	µg/L	8,0 +/- 0,4	6,0 +/- 0,3	2,8 +/- 0,5	3,5 +/- 0,7	4,0 +/- 0,8	14 +/- 1	58 +/- 3	190 +/- 10	10 +/- 1	18 +/- 1	7,2 +/- 0,4	5,2 +/- 0,3
Manganese dissous	µg/L	5,6 +/- 0,28	7 +/- 0,35	37 +/- 1,9	45 +/- 2,3	<1,000	<1,000	12 +/- 0,6	60 +/- 3	970 +/- 49	6400 +/- 320	20 +/- 1	20 +/- 1
Nitrites	µg/L	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	2,0 +/- 0,1	<1,0	9,0 +/- 0,5	<1,0	2,0 +/- 0,1	<1,0	<1,0
Phosphore total	mg/L	0,041 +/- 0,002	0,040 +/- 0,002	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,020 +/- 0,006	0,014 +/- 0,004	0,042 +/- 0,002	0,011 +/- 0,003	<0,010
Phosphates	mg/L	0,095 +/- 0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,049 +/- 0,003	<0,010	0,095 +/- 0,005	0,031 +/- 0,002	<0,010
Arsenic dissous	µg/L	1,1 +/- 0,1	1,3 +/- 0,1	<0,8	<0,2	<0,8	<0,2	<0,8	<0,2	<0,8	<0,2	<0,8	<0,2
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	<1,000	<1,000	<1,000	<1,000	<1,000	<1,000	<1,000	<1,000	<1,000	<1,000	<1,000	<1,000
Cyanures dissous	µg/L	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Etain dissous	µg/L	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<1	<5	<5	<5
Mercure dissous	µg/L	0,021 +/- 0,001	0,024 +/- 0,001	1,9 +/- 0,1	3,6 +/- 0,2	0,011 +/- 0,001	<0,010	0,075 +/- 0,004	0,32 +/- 0,02	<0,010	<0,010	<0,010	0,07 +/- 0,0035
Mercure total	µg/L	0,24 +/- 0,012	0,16 +/- 0,008	2,3 +/- 0,12	4,1 +/- 0,21	0,091 +/- 0,0046	0,056 +/- 0,0028	0,68 +/- 0,034	1,6 +/- 0,08	0,023 +/- 0,001	<0,010	0,076 +/- 0,0038	0,15 +/- 0,008
Nickel dissous	µg/L	2,4 +/- 0,2	2,3 +/- 0,2	1,6 +/- 0,1	1,8 +/- 0,2	1,6 +/- 0,1	1,3 +/- 0,1	2,0 +/- 0,2	2,6 +/- 0,2	<1,0	1,6 +/- 0,1	1,0 +/- 0,1	1,1 +/- 0,1
Plomb dissous	µg/L	<0,4	<0,4	0,4 +/- 0,24	<0,4	<0,4	<0,4	0,7 +/- 0,41	<0,4	0,40 +/- 0,24	<0,4	<0,4	<0,4
Uranium dissous	µg/L	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4
Zinc dissous	µg/L	23,0 +/- 1,2	11,0 +/- 0,6	3,7 +/- 1,5	1,5 +/- 0,6	11,0 +/- 0,6	2,4 +/- 1,0	14,0 +/- 0,7	6,6 +/- 0,3	2,7 +/- 1,1	3,0 +/- 1,2	6,7 +/- 0,3	6,7 +/- 0,3
Hydrocarbures totaux	µg/L	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<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	0,010 +/- 0,005	<0,005
HAP Benzo(b)fluoranthène	µg/L	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,010 +/- 0,005	<0,005
HAP Benzo(ghi)pérylène	µg/L	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,006 +/- 0,003	<0,005
HAP Benzo(k)fluoranthène	µg/L	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,007 +/- 0,004	<0,005
HAP Fluoranthène	µg/L	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,019 +/- 0,010	<0,005
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 +/- 0,003	<0,005
Somme des HAP(6)	µg/L	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	0,057 +/- 0,029	<0,012

valeurs inférieures aux valeurs seuils de l'arrêté modifié du 17/12/2008

valeurs supérieures aux valeurs seuils de l'arrêté modifié du 17/12/2008

9.8.11 Résultats des eaux de surface

Tableau 9-51 Résultats des analyses radiologiques courantes hebdomadaires des eaux des Roteures 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	05/01/2021	≤ 1,50E-02	9,20E-02	≤ 2,20E+00	2,50E+00	7,0
	12/01/2021	≤ 1,50E-02	8,30E-02	≤ 2,20E+00	2,76E+00	7,0
	19/01/2021	≤ 1,50E-02	1,05E-01	≤ 2,10E+00	2,19E+00	7,4
	26/01/2021	≤ 1,50E-02	9,90E-02	≤ 2,10E+00	2,33E+00	7,3
	02/02/2021	≤ 1,50E-02	4,80E-02	≤ 2,10E+00	2,17E+00	7,1
	09/02/2021	2,20E-02	7,30E-02	3,70E+00	2,36E+00	7,1
	16/02/2021	2,40E-02	8,60E-02	≤ 2,10E+00	2,32E+00	7,3
	23/02/2021	≤ 1,50E-02	4,70E-02	≤ 2,10E+00	1,98E+00	7,5
	02/03/2021	≤ 1,50E-02	4,60E-02	≤ 2,20E+00	1,63E+00	7,5
	09/03/2021	≤ 1,50E-02	4,80E-02	≤ 2,20E+00	1,55E+00	7,5
	16/03/2021	≤ 1,50E-02	7,70E-02	≤ 2,20E+00	2,08E+00	7,6
	23/03/2021	≤ 1,50E-02	5,40E-02	2,50E+00	1,90E+00	7,5
	30/03/2021	2,90E-02	5,80E-02	2,80E+00	1,90E+00	7,7
	06/04/2021	≤ 1,50E-02	4,70E-02	≤ 2,10E+00	1,51E+00	7,6
	13/04/2021	≤ 1,50E-02	5,20E-02	≤ 2,10E+00	1,51E+00	7,6
	20/04/2021	≤ 1,50E-02	4,10E-02	≤ 2,10E+00	1,45E+00	7,6
	27/04/2021	≤ 1,50E-02	4,10E-02	≤ 2,10E+00	1,34E+00	7,5
	04/05/2021	≤ 1,50E-02	4,20E-02	≤ 2,10E+00	1,29E+00	7,4
	11/05/2021	≤ 1,50E-02	4,50E-02	≤ 2,10E+00	1,45E+00	7,5
	18/05/2021	≤ 1,50E-02	4,60E-02	≤ 2,20E+00	1,44E+00	7,6
	25/05/2021	≤ 1,50E-02	6,50E-02	≤ 2,20E+00	1,53E+00	7,4
	01/06/2021	≤ 1,40E-02	7,80E-02	≤ 2,40E+00	2,53E+00	7,2
	08/06/2021	≤ 1,40E-02	5,50E-02	≤ 2,20E+00	2,01E+00	7,4
	15/06/2021	≤ 1,40E-02	6,50E-02	≤ 2,20E+00	1,63E+00	7,5
	22/06/2021	1,80E-02	6,90E-02	≤ 2,40E+00	2,57E+00	7,7
	29/06/2021	≤ 1,40E-02	9,00E-02	≤ 2,20E+00	2,23E+00	7,6
	06/07/2021	≤ 1,40E-02	8,10E-02	5,40E+00	2,21E+00	7,5
	13/07/2021	≤ 1,40E-02	5,70E-02	≤ 2,20E+00	1,71E+00	7,7
	20/07/2021	2,10E-02	6,40E-02	≤ 2,30E+00	1,48E+00	7,5
	27/07/2021	≤ 1,40E-02	5,60E-02	≤ 2,30E+00	1,99E+00	7,6
	03/08/2021	≤ 1,40E-02	5,80E-02	2,80E+00	1,72E+00	7,7
	10/08/2021	2,00E-02	6,70E-02	≤ 2,50E+00	1,89E+00	7,5
	17/08/2021	≤ 1,40E-02	5,90E-02	≤ 2,30E+00	1,71E+00	7,7
	24/08/2021	≤ 1,40E-02	6,50E-02	≤ 2,30E+00	1,80E+00	7,5
	31/08/2021	≤ 1,40E-02	6,20E-02	≤ 2,20E+00	1,93E+00	7,5
	07/09/2021	2,20E-02	8,70E-02	≤ 2,50E+00	1,90E+00	7,3
	14/09/2021	4,40E-02	1,56E-01	≤ 2,40E+00	3,43E+00	7,0
	21/09/2021	≤ 1,40E-02	5,20E-02	≤ 2,20E+00	1,95E+00	7,5
	28/09/2021	1,70E-02	6,70E-02	≤ 2,40E+00	2,12E+00	7,4
	05/10/2021	2,00E-02	1,26E-01	≤ 2,50E+00	3,26E+00	7,4
	12/10/2021	≤ 1,50E-02	1,01E-01	≤ 2,20E+00	2,42E+00	7,6
	19/10/2021	≤ 1,50E-02	9,10E-02	≤ 2,30E+00	3,23E+00	7,6
	26/10/2021	≤ 1,50E-02	9,20E-02	≤ 2,40E+00	2,76E+00	7,7
	02/11/2021	≤ 1,40E-02	7,20E-02	≤ 2,40E+00	2,98E+00	7,6
	09/11/2021	≤ 1,40E-02	7,30E-02	≤ 2,30E+00	2,35E+00	7,7
	16/11/2021	≤ 1,40E-02	8,30E-02	≤ 2,20E+00	2,22E+00	7,7
	23/11/2021	≤ 1,40E-02	6,60E-02	≤ 2,20E+00	1,95E+00	7,7
	30/11/2021	≤ 1,40E-02	8,60E-02	2,50E+00	2,18E+00	7,6
	07/12/2021	≤ 1,40E-02	5,90E-02	3,00E+00	2,34E+00	7,6
	14/12/2021	≤ 1,40E-02	7,70E-02	≤ 2,30E+00	2,36E+00	7,6
	21/12/2021	≤ 1,40E-02	6,60E-02	≤ 2,20E+00	2,13E+00	7,6
	28/12/2021	≤ 1,40E-02	9,70E-02	≤ 2,40E+00	2,30E+00	7,7

Tableau 9-52 Résultats des analyses radiologiques courantes hebdomadaires des eaux des Roteures 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	05/01/2021	≤ 1,50E-02	9,80E-02	≤ 2,10E+00	2,32E+00	7,0
	12/01/2021	≤ 1,50E-02	6,60E-02	3,60E+00	2,59E+00	7,0
	19/01/2021	≤ 1,50E-02	6,00E-02	3,50E+00	2,29E+00	7,3
	26/01/2021	≤ 1,50E-02	8,10E-02	3,80E+00	2,33E+00	7,2
	02/02/2021	≤ 1,50E-02	9,30E-02	4,30E+00	2,08E+00	7,1
	09/02/2021	≤ 1,50E-02	7,30E-02	6,10E+00	2,26E+00	7,1
	16/02/2021	2,70E-02	1,65E-01	≤ 2,40E+00	2,76E+00	7,0
	23/02/2021	≤ 1,50E-02	6,00E-02	3,50E+00	2,07E+00	7,3
	02/03/2021	≤ 1,50E-02	5,70E-02	2,70E+00	1,79E+00	7,4
	09/03/2021	≤ 1,50E-02	5,80E-02	5,40E+00	1,79E+00	7,4
	16/03/2021	≤ 1,50E-02	8,20E-02	4,70E+00	2,43E+00	7,4
	23/03/2021	2,40E-02	1,49E-01	9,60E+00	2,35E+00	7,1
	30/03/2021	≤ 1,50E-02	9,00E-02	6,30E+00	2,17E+00	7,4
	06/04/2021	≤ 1,50E-02	6,20E-02	5,20E+00	1,91E+00	7,5
	13/04/2021	≤ 1,50E-02	5,50E-02	8,00E+00	1,91E+00	7,5
	20/04/2021	≤ 1,50E-02	5,00E-02	9,20E+00	2,16E+00	7,5
	27/04/2021	≤ 1,50E-02	4,80E-02	7,60E+00	1,75E+00	7,5
	04/05/2021	≤ 1,50E-02	4,50E-02	9,20E+00	1,53E+00	7,5
	11/05/2021	≤ 1,50E-02	5,40E-02	9,40E+00	1,69E+00	7,5
	18/05/2021	≤ 1,50E-02	6,70E-02	6,90E+00	1,77E+00	7,5
	25/05/2021	≤ 1,50E-02	7,40E-02	4,40E+00	1,78E+00	7,3
	01/06/2021	≤ 1,40E-02	6,00E-02	6,50E+00	1,92E+00	7,4
	08/06/2021	≤ 1,40E-02	5,30E-02	6,90E+00	2,09E+00	7,4
	15/06/2021	≤ 1,40E-02	8,30E-02	6,30E+00	1,98E+00	7,4
	22/06/2021	≤ 1,40E-02	6,30E-02	3,10E+00	2,57E+00	7,4
	29/06/2021	≤ 1,40E-02	6,40E-02	5,90E+00	2,32E+00	7,5
	06/07/2021	≤ 1,40E-02	7,60E-02	4,30E+00	2,03E+00	7,3
	13/07/2021	≤ 1,40E-02	5,10E-02	5,20E+00	2,05E+00	7,5
	20/07/2021	≤ 1,40E-02	7,10E-02	6,40E+00	1,90E+00	7,4
	27/07/2021	≤ 1,40E-02	7,60E-02	4,60E+00	1,99E+00	7,4
	03/08/2021	≤ 1,40E-02	5,20E-02	4,80E+00	1,89E+00	7,6
	10/08/2021	≤ 1,40E-02	8,00E-02	5,00E+00	2,15E+00	7,4
	17/08/2021	≤ 1,40E-02	7,10E-02	4,20E+00	2,31E+00	7,4
	24/08/2021	≤ 1,40E-02	5,40E-02	4,10E+00	1,97E+00	7,4
	31/08/2021	≤ 1,40E-02	6,10E-02	7,70E+00	2,20E+00	7,5
	07/09/2021	≤ 1,40E-02	1,03E-01	7,10E+00	1,98E+00	7,4
	14/09/2021	7,10E-02	2,10E-01	4,50E+00	3,15E+00	7,3
	21/09/2021	≤ 1,40E-02	7,10E-02	8,70E+00	2,29E+00	7,5
	28/09/2021	≤ 1,40E-02	5,80E-02	6,90E+00	2,38E+00	7,6
	05/10/2021	2,10E-02	1,10E-01	≤ 2,50E+00	3,35E+00	7,3
	12/10/2021	≤ 1,50E-02	6,90E-02	1,40E+01	2,33E+00	7,4
	19/10/2021	≤ 1,50E-02	9,00E-02	5,30E+00	2,85E+00	7,5
	26/10/2021	1,80E-02	8,90E-02	7,30E+00	2,76E+00	7,5
	02/11/2021	≤ 1,40E-02	9,70E-02	≤ 2,40E+00	2,98E+00	7,5
	09/11/2021	≤ 1,40E-02	8,00E-02	6,50E+00	2,44E+00	7,5
	16/11/2021	≤ 1,40E-02	7,00E-02	6,80E+00	2,31E+00	7,5
	23/11/2021	≤ 1,40E-02	7,10E-02	4,60E+00	2,04E+00	7,5
	30/11/2021	≤ 1,40E-02	7,50E-02	7,60E+00	2,53E+00	7,4
	07/12/2021	≤ 1,40E-02	7,30E-02	4,90E+00	2,34E+00	7,4
	14/12/2021	≤ 1,40E-02	7,50E-02	6,30E+00	2,27E+00	7,5
	21/12/2021	≤ 1,40E-02	6,90E-02	4,80E+00	2,30E+00	7,5
	28/12/2021	≤ 1,40E-02	8,90E-02	4,20E+00	2,48E+00	7,5

Tableau 9-53 Résultats des analyses physico-chimiques des eaux des Roteures (R1) et des eaux du Grand Bel (R3)

	Paramètres	Unités	R1		R3	
	Date de prélèvement		**23/02/2021**	**14/09/2021**	**23/02/2021**	**14/09/2021**
Paramètres physico-chimiques	pH	**UpH**	7,50 +/- 0,05	7,40 +/- 0,05	6,90 +/- 0,05	7,30 +/- 0,05
	Conductivité	**µS/cm**	228 +/- 7	246 +/- 7	279 +/- 8	289 +/- 9
	Oxygène dissous	**mgO2/L**	11 +/- 1	9,0 +/- 0,1	10,6 +/- 0,1	9,3 +/- 0,1
	Température	**°C**	10 +/- 1	17 +/- 1	11 +/- 1	15 +/- 1
	Potentiel redox	**mV/ENH**	496 +/- 20	441 +/- 18	436 +/- 17	409 +/- 16
	DBO5	**mg/L**	<2	3,0 +/- 0,2	<2	<2
	DCO	**mg/L**	8,0 +/- 1,0	25 +/- 2	<5	<5
	COD	**mg/L**	3,1 +/- 0,3	7,0 +/- 0,6	1,1 +/- 0,1	2,1 +/- 0,2
	Biodégradabilité	**-**	<4	8,0 +/- 0,8	<3	<3
	MES	**mg/L**	6,0 +/- 0,3	31,0 +/- 1,6	<2,0	3,0 +/- 0,2
	Potassium	**mg/L**	1,9 +/- 0,1	3,4 +/- 0,2	2,8 +/- 0,1	2,9 +/- 0,2
Substances indésirables	Nitrates	**mg/L**	7,6 +/- 0,4	3,7 +/- 0,2	25 +/- 1	24 +/- 1
	Nitrites	**µg/L**	27 +/- 1	120 +/- 6	<1	8,0 +/- 0,4
	Azote NTK	**mg/L**	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
	Azote global	**mg/L**	<2,2	<1,4	<6,1	<5,9
	Phosphates	**mg/L**	<0,01	0,55 +/- 0,03	0,16 +/- 0,01	0,24 +/- 0,01
	Aluminium dissous	**µg/L**	53 +/- 3	110 +/- 6	7,2 +/- 0,4	12 +/- 1
	Baryum dissous	**µg/L**	21 +/- 1	40 +/- 2	42 +/- 2	37 +/- 2
	Bore dissous	**µg/L**	19 +/- 1	23 +/- 1	20 +/- 1	18 +/- 1
	Cuivre dissous	**µg/L**	1,0 +/- 0,1	2,8 +/- 0,4	<1	2,0 +/- 0,3
	Fer dissous	**µg/L**	120 +/- 6	900 +/- 45	3,9 +/- 0,7	4,5 +/- 0,9
	Manganèse dissous	**µg/L**	17 +/- 0,9	2,2 +/- 0,1	3,7 +/- 0,2	<1
Substances toxiques	Arsenic dissous	**µg/L**	0,30 +/- 0,03	0,80 +/- 0,08	<0,2	0,20 +/- 0,02
	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	10 +/- 3	<5	<5
	Mercure dissous	**µg/L**	0,061 +/- 0,0031	<0,01	<0,01	<0,01
	Mercure total	**µg/L**	0,086 +/- 0,004	0,035 +/- 0,002	<0,01	<0,01
	Nickel dissous	**µg/L**	1,8 +/- 0,2	1,6 +/- 0,1	1,2 +/- 0,1	1,0 +/- 0,1
	Plomb dissous	**µg/L**	<0,4	0,9 +/- 0,5	<0,4	<0,4
	Uranium dissous	**µg/L**	<4	<4	<4	<4
	Zinc dissous	**µg/L**	7,4 +/- 0,4	6,2 +/- 0,3	1,9 +/- 0,8	5,1 +/- 0,3
	Cyanures dissous	**µg/L**	<5	<5	<5	<5
	Hydrocarbures totaux	**µg/L**	<10	<10	<10	<10

valeurs inférieures aux NQE de l'arrêté modifié du 25/01/2010
valeurs supérieures aux NQE de l'arrêté modifié du 25/01/2010

Tableau 9-54 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	05/01/2021	≤ 1,50E-02	7,40E-02	1,91E+02	2,68E+00	6,7
	12/01/2021	≤ 1,50E-02	7,60E-02	1,86E+02	3,22E+00	6,6
	19/01/2021	≤ 1,50E-02	8,30E-02	1,95E+02	2,75E+00	7,0
	26/01/2021	≤ 1,50E-02	1,06E-01	1,94E+02	2,98E+00	6,8
	02/02/2021	≤ 1,50E-02	5,20E-02	1,70E+02	2,54E+00	6,5
	09/02/2021	≤ 1,50E-02	8,00E-02	1,86E+02	2,83E+00	6,5
	16/02/2021	≤ 1,50E-02	9,40E-02	1,77E+02	3,12E+00	6,7
	23/02/2021	≤ 1,50E-02	9,30E-02	1,90E+02	3,03E+00	6,9
	02/03/2021	2,60E-02	1,70E-01	1,86E+02	2,63E+00	7,1
	09/03/2021	≤ 1,50E-02	8,90E-02	1,95E+02	2,63E+00	7,2
	16/03/2021	≤ 1,50E-02	9,80E-02	1,94E+02	3,06E+00	7,2
	23/03/2021	≤ 1,50E-02	9,50E-02	1,98E+02	3,08E+00	7,3
	30/03/2021	≤ 1,50E-02	8,00E-02	1,87E+02	2,99E+00	7,3
	06/04/2021	≤ 1,50E-02	6,10E-02	1,95E+02	2,77E+00	7,4
	13/04/2021	≤ 1,50E-02	1,00E-01	1,92E+02	2,86E+00	7,4
	20/04/2021	≤ 1,50E-02	1,19E-01	2,11E+02	2,98E+00	7,5
	27/04/2021	≤ 1,50E-02	7,60E-02	1,95E+02	2,52E+00	7,4
	04/05/2021	≤ 1,50E-02	7,60E-02	1,97E+02	2,53E+00	7,4
	11/05/2021	≤ 1,50E-02	1,05E-01	1,97E+02	2,53E+00	7,5
	18/05/2021	≤ 1,50E-02	6,70E-02	1,99E+02	2,10E+00	7,4
	25/05/2021	≤ 1,50E-02	6,60E-02	2,02E+02	2,39E+00	7,2
	01/06/2021	≤ 1,40E-02	7,60E-02	1,98E+02	2,71E+00	7,3
	08/06/2021	≤ 1,40E-02	7,30E-02	1,98E+02	2,62E+00	7,1
	17/06/2021	≤ 1,40E-02	8,30E-02	1,92E+02	2,69E+00	7,4
	22/06/2021	≤ 1,40E-02	1,02E-01	1,88E+02	3,02E+00	7,4
	29/06/2021	1,60E-02	8,40E-02	1,87E+02	2,94E+00	7,3
	06/07/2021	≤ 1,40E-02	7,50E-02	1,94E+02	2,29E+00	7,2
	13/07/2021	≤ 1,50E-02	8,00E-02	1,91E+02	2,94E+00	7,4
	20/07/2021	≤ 1,40E-02	1,00E-01	1,95E+02	2,61E+00	7,3
	27/07/2021	≤ 1,40E-02	1,05E-01	1,95E+02	2,70E+00	7,3
	03/08/2021	≤ 1,40E-02	7,80E-02	1,89E+02	2,66E+00	7,5
	10/08/2021	≤ 1,40E-02	8,90E-02	1,84E+02	2,78E+00	7,4
	17/08/2021	≤ 1,40E-02	1,02E-01	1,94E+02	2,66E+00	7,4
	24/08/2021	≤ 1,40E-02	1,03E-01	1,94E+02	2,94E+00	7,5
	31/08/2021	≤ 1,40E-02	8,50E-02	1,96E+02	3,12E+00	7,6
	07/09/2021	≤ 1,50E-02	1,12E-01	1,92E+02	2,07E+00	7,4
	14/09/2021	3,00E-02	1,13E-01	1,92E+02	3,05E+00	7,5
	21/09/2021	1,70E-02	9,00E-02	1,88E+02	3,09E+00	7,5
	28/09/2021	≤ 1,40E-02	8,60E-02	1,92E+02	3,00E+00	7,5
	05/10/2021	≤ 1,50E-02	8,10E-02	1,77E+02	3,35E+00	7,4
	12/10/2021	≤ 1,50E-02	8,50E-02	1,92E+02	2,60E+00	7,5
	19/10/2021	≤ 1,50E-02	1,06E-01	1,96E+02	3,13E+00	7,6
	26/10/2021	≤ 1,50E-02	9,40E-02	1,84E+02	3,04E+00	7,5
	02/11/2021	≤ 1,40E-02	1,23E-01	1,86E+02	3,45E+00	7,5
	09/11/2021	≤ 1,40E-02	9,80E-02	1,94E+02	3,17E+00	7,5
	16/11/2021	≤ 1,40E-02	9,80E-02	2,09E+02	3,13E+00	7,5
	23/11/2021	≤ 1,40E-02	9,60E-02	1,96E+02	2,39E+00	7,5
	30/11/2021	≤ 1,40E-02	1,20E-01	1,93E+02	3,35E+00	7,4
	07/12/2021	≤ 1,40E-02	9,10E-02	1,90E+02	2,87E+00	7,3
	14/12/2021	≤ 1,40E-02	8,40E-02	1,87E+02	2,89E+00	7,4
	21/12/2021	≤ 1,40E-02	1,11E-01	1,89E+02	3,21E+00	7,5
	28/12/2021	≤ 1,40E-02	1,00E-01	1,89E+02	3,21E+00	7,5

Tableau 9-55 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	05/01/2021	≤ 1,5E-02	8,7E-02	1,7E+01	2,5E+00	7,3
	12/01/2021	≤ 1,5E-02	1,1E-01	6,7E+01	2,9E+00	7,3
	19/01/2021	≤ 1,5E-02	9,3E-02	5,5E+01	2,6E+00	7,7
	26/01/2021	≤ 1,5E-02	1,2E-01	9,3E+00	2,8E+00	7,6
	02/02/2021	1,7E-02	9,3E-02	9,4E+00	2,3E+00	7,3
	09/02/2021	≤ 1,5E-02	7,1E-02	8,3E+01	2,4E+00	7,4
	16/02/2021	≤ 1,5E-02	8,6E-02	8,0E+01	2,6E+00	7,6
	23/02/2021	2,4E-02	8,1E-02	1,5E+02	2,8E+00	7,7
	02/03/2021	≤ 1,5E-02	1,4E-01	1,4E+02	2,6E+00	7,7
	09/03/2021	≤ 1,5E-02	7,6E-02	6,3E+00	2,5E+00	7,7
	16/03/2021	≤ 1,5E-02	1,1E-01	5,4E+00	2,9E+00	7,8
	23/03/2021	≤ 1,5E-02	1,7E-01	6,2E+00	3,2E+00	7,7
	30/03/2021	≤ 1,5E-02	1,2E-01	6,2E+00	3,4E+00	7,8
	06/04/2021	≤ 1,5E-02	1,2E-01	6,3E+00	2,8E+00	7,8
	13/04/2021	≤ 1,5E-02	9,4E-02	7,3E+00	2,8E+00	7,9
	20/04/2021	≤ 1,5E-02	1,3E-01	9,0E+00	2,9E+00	7,9
	27/04/2021	≤ 1,5E-02	1,3E-01	1,1E+01	2,6E+00	7,8
	04/05/2021	≤ 1,5E-02	1,1E-01	9,8E+00	2,9E+00	7,8
	11/05/2021	≤ 1,5E-02	1,2E-01	7,7E+00	2,8E+00	7,8
	18/05/2021	≤ 1,5E-02	1,7E-01	1,0E+01	1,8E+00	7,8
	25/05/2021	≤ 1,5E-02	1,6E-01	9,7E+00	2,4E+00	7,7
	01/06/2021	≤ 1,4E-02	9,3E-02	7,6E+00	2,7E+00	7,6
	08/06/2021	≤ 1,4E-02	1,2E-01	1,3E+01	2,8E+00	7,7
	15/06/2021	≤ 1,4E-02	1,2E-01	1,4E+01	3,0E+00	7,7
	22/06/2021	≤ 1,4E-02	1,0E-01	1,2E+01	2,7E+00	7,7
	29/06/2021	3,1E-02	1,6E-01	6,1E+00	2,7E+00	7,6
	06/07/2021	≤ 1,4E-02	1,9E-01	9,1E+01	2,1E+00	7,7
	13/07/2021	≤ 1,4E-02	1,3E-01	1,2E+01	2,9E+00	7,9
	20/07/2021	≤ 1,4E-02	1,7E-01	1,2E+01	2,7E+00	7,8
	27/07/2021	≤ 1,4E-02	1,2E-01	1,1E+01	2,4E+00	7,8
	03/08/2021	≤ 1,4E-02	1,4E-01	1,2E+01	2,7E+00	7,9
	10/08/2021	≤ 1,4E-02	1,2E-01	1,3E+01	2,3E+00	7,8
	17/08/2021	≤ 1,4E-02	1,3E-01	5,8E+00	2,8E+00	7,8
	24/08/2021	≤ 1,4E-02	1,3E-01	8,9E+00	3,0E+00	7,9
	31/08/2021	≤ 1,4E-02	1,3E-01	9,5E+00	3,4E+00	7,9
	07/09/2021	≤ 1,4E-02	1,8E-01	5,6E+00	2,6E+00	7,8
	14/09/2021	5,0E-02	1,5E-01	6,9E+00	3,2E+00	8,0
	21/09/2021	≤ 1,4E-02	1,0E-01	1,2E+01	3,7E+00	8,0
	28/09/2021	≤ 1,4E-02	1,3E-01	1,7E+01	3,7E+00	8,0
	05/10/2021	≤ 1,5E-02	1,5E-01	4,2E+00	3,1E+00	7,8
	12/10/2021	≤ 1,5E-02	6,5E-02	5,9E+00	2,8E+00	7,8
	19/10/2021	≤ 1,5E-02	1,2E-01	8,1E+00	2,9E+00	7,8
	26/10/2021	≤ 1,5E-02	1,1E-01	4,6E+00	2,8E+00	7,9
	02/11/2021	≤ 1,4E-02	1,1E-01	3,8E+00	2,4E+00	7,9
	09/11/2021	≤ 1,4E-02	8,6E-02	6,6E+00	2,5E+00	7,9
	16/11/2021	≤ 1,4E-02	1,3E-01	7,7E+00	2,8E+00	7,9
	23/11/2021	≤ 1,4E-02	7,9E-02	6,5E+00	2,1E+00	7,9
	30/11/2021	≤ 1,4E-02	1,1E-01	7,2E+00	2,7E+00	7,8
	07/12/2021	≤ 1,4E-02	1,1E-01	4,4E+00	2,3E+00	7,8
	14/12/2021	≤ 1,4E-02	1,2E-01	1,0E+01	2,5E+00	7,9
	21/12/2021	≤ 1,4E-02	8,9E-02	7,1E+00	2,8E+00	7,9
	28/12/2021	≤ 1,4E-02	1,4E-01	4,6E+00	2,8E+00	7,9

Tableau 9-56 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	05/01/2021	< 1,5E-02	1,2E-01	1,3E+01	3,1E+00	7,2	693	134127
	12/01/2021	2,4E-02	1,3E-01	1,6E+01	3,8E+00	7,1	553	79888
	19/01/2021	< 1,5E-02	1,4E-01	2,5E+01	2,9E+00	7,5	538	113863
	26/01/2021	< 1,5E-02	1,0E-01	1,6E+01	3,0E+00	7,3	372	150800
	02/02/2021	< 1,5E-02	1,4E-01	1,4E+01	2,5E+00	7,2	642	114175
	09/02/2021	2,1E-02	9,0E-02	1,8E+01	2,8E+00	7,3	410	74451
	16/02/2021	< 1,5E-02	1,5E-01	1,9E+01	4,7E+00	6,9	350	61984
	23/02/2021	< 1,5E-02	1,5E-01	2,1E+01	3,1E+00	7,9	237	40317
	02/03/2021	< 1,5E-02	7,9E-02	2,6E+01	2,6E+00	7,5	223	30986
	09/03/2021	< 1,5E-02	9,7E-02	1,1E+01	2,5E+00	7,6	178	28232
	16/03/2021	< 1,5E-02	7,6E-02	1,2E+01	2,9E+00	7,6	153	24253
	23/03/2021	< 1,5E-02	1,1E-01	1,2E+01	2,9E+00	7,4	154	21234
	30/03/2021	< 1,5E-02	1,1E-01	1,6E+01	2,8E+00	7,7	132	18378
	06/04/2021	2,5E-02	8,5E-02	1,3E+01	2,5E+00	7,6	105	17134
	13/04/2021	< 1,5E-02	8,6E-02	1,2E+01	2,5E+00	7,7	105	15917
	20/04/2021	< 1,5E-02	1,0E-01	1,3E+01	2,7E+00	7,7	97	14812
	27/04/2021	3,3E-02	1,7E-01	1,1E+01	2,3E+00	7,7	86	14079
	04/05/2021	< 1,5E-02	1,3E-01	1,2E+01	2,6E+00	7,6	84	13469
	11/05/2021	3,1E-02	7,4E-02	9,0E+00	2,4E+00	7,7	77	15387
	18/05/2021	< 1,5E-02	1,1E-01	1,3E+01	2,0E+00	7,7	82	14331
	25/05/2021	< 1,5E-02	7,9E-02	1,2E+01	2,4E+00	7,5	84	14725
	01/06/2021	< 1,4E-02	1,2E-01	6,8E+00	2,9E+00	7,5	74	11964
	08/06/2021	< 1,4E-02	8,7E-02	9,5E+00	2,7E+00	7,5	72	7631
	15/06/2021	2,3E-02	9,6E-02	1,1E+01	2,8E+00	7,7	35	31170
	22/06/2021	2,5E-02	1,4E-01	1,3E+01	2,7E+00	7,6	516	30414
	29/06/2021	3,3E-02	1,4E-01	1,4E+01	3,2E+00	7,5	94	13522
	06/07/2021	< 1,4E-02	1,6E-01	3,3E+01	2,8E+00	7,6	78	11852
	13/07/2021	< 1,5E-02	1,1E-01	2,2E+01	2,9E+00	7,6	70	11101
	20/07/2021	< 1,4E-02	8,6E-02	1,7E+01	2,4E+00	7,6	72	12569
	27/07/2021	< 1,4E-02	7,5E-02	1,6E+01	2,6E+00	7,6	78	12263
	03/08/2021	< 1,4E-02	1,1E-01	1,3E+01	2,7E+00	7,7	67	11467
	10/08/2021	1,6E-02	1,1E-01	1,5E+01	3,3E+00	7,6	91	12184
	17/08/2021	2,1E-02	1,1E-01	1,1E+01	2,8E+00	7,7	112	11268
	24/08/2021	2,7E-02	9,5E-02	1,3E+01	2,8E+00	7,7	65	10450
	31/08/2021	2,0E-02	1,1E-01	1,2E+01	3,0E+00	7,7	61	9962
	07/09/2021	5,1E-02	1,5E-01	8,3E+00	2,8E+00	7,8	55	10873
	14/09/2021	5,7E-02	1,6E-01	1,1E+01	3,8E+00	7,8	62	9336
	21/09/2021	2,6E-02	1,2E-01	1,2E+01	2,8E+00	7,8	53	7180
	28/09/2021	2,8E-02	1,1E-01	1,4E+01	2,9E+00	7,9	49	12113
	05/10/2021	< 1,5E-02	9,9E-02	1,1E+01	3,9E+00	7,6	72	10050
	12/10/2021	1,8E-02	1,0E-01	1,1E+01	2,6E+00	7,8	64	9230
	19/10/2021	< 1,5E-02	1,0E-01	1,0E+01	3,2E+00	7,8	47	10397
	26/10/2021	< 1,5E-02	1,3E-01	1,1E+01	3,3E+00	7,8	55	13413
	02/11/2021	< 1,4E-02	1,1E-01	9,3E+00	3,9E+00	7,6	97	10202
	09/11/2021	< 1,4E-02	8,6E-02	1,1E+01	2,8E+00	7,8	58	7263
	16/11/2021	< 1,4E-02	9,0E-02	1,5E+01	2,9E+00	7,8	47	7920
	23/11/2021	1,9E-02	1,2E-01	1,3E+01	2,7E+00	7,8	52	8049
	30/11/2021	< 1,4E-02	1,3E-01	1,3E+01	3,3E+00	7,7	57	20378
	07/12/2021	< 1,4E-02	1,2E-01	1,4E+01	3,1E+00	7,6	86	35819
	14/12/2021	1,7E-02	1,2E-01	1,5E+01	2,9E+00	7,7	134	22855
	21/12/2021	< 1,4E-02	1,0E-01	1,5E+01	2,9E+00	7,7	107	16644
	28/12/2021	1,9E-02	1,4E-01	1,3E+01	3,2E+00	7,7	102	44378

Tableau 9-57 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	Activité en Bq/kg sec
Spectrométrie gamma					
^{40}K	≤1,5E-01	≤2,8E-02	≤1,0E-01	≤3,2E-02	**9,8E+02 +/- 1,4E+02**
^{60}Co	≤8,2E-03	≤2,4E-03	≤7,8E-03	≤2,2E-03	≤1,4E-01
^{94}Nb	≤8,7E-03	≤2,4E-03	≤7,4E-03	≤2,3E-03	≤1,4E-01
^{108m}Ag	≤9,5E-03	≤2,6E-03	≤7,0E-03	≤2,3E-03	≤1,5E-01
^{110m}Ag	≤1,1E-02	≤2,8E-03	≤8,8E-03	≤2,7E-03	≤1,6E-01
^{134}Cs	≤1,0E-02	≤2,5E-03	≤8,0E-03	≤2,5E-03	≤1,4E-01
^{137}Cs	≤9,6E-03	≤2,1E-03	≤7,2E-03	≤2,0E-03	**4,5E+00 +/- 5,0E-01**
^{210}Pb	≤1,1E-01	≤1,6E-02	≤6,8E-02	≤1,4E-02	**4,2E+01 +/- 8,0E+00**
^{212}Pb	≤1,5E-02	≤3,3E-03	≤9,5E-03	**3,9E-03 +/- 1,2E-03**	**3,1E+01 +/- 3,5E+00**
^{214}Pb	≤2,1E-02	**5,1E-02 +/- 1,0E-02**	≤2,5E-02	**3,5E-02 +/- 8,0E-03**	**2,6E+01 +/- 2,9E+00**
^{226}Ra	≤1,6E-01	≤3,4E-02	≤1,6E-01	≤3,9E-02	**2,5E+01 +/- 1,2E+01**
^{228}Ra	≤3,3E-02	≤7,9E-03	≤2,8E-02	≤7,6E-03	**3,5E+01 +/- 4,5E+00**
^{234}Th	≤9,2E-02	≤1,7E-02	≤8,2E-02	≤1,6E-02	**4,6E+01 +/- 7,0E+00**
^{235}U	≤4,8E-02	≤9,7E-03	≤3,2E-02	≤7,3E-03	≤1,0E+00
^{241}Am	≤1,2E-02	≤1,9E-03	≤7,0E-03	≤1,6E-03	≤5,9E-01
Spectrométrie alpha					
^{226}Ra	≤7,0E-03		≤4,5E-03		
^{234}U	≤4,1E-04	≤5,2E-04	**3,2E-03 +/- 2,3E-03**	**1,8E-03 +/- 8,0E-04**	**1,1E+01 +/- 2,6E+00**
^{235}U	≤1,9E-04	≤5,2E-04	≤3,6E-04	≤1,5E-04	**5,3E-01 +/- 3,4E-01**
^{238}U	≤2,8E-04	≤3,6E-04	≤3,6E-04	**1,7E-03 +/- 8,0E-04**	**7,7E+00 +/- 1,9E+00**
^{238}Pu	≤1,2E-04	≤1,7E-04	≤2,4E-04	≤1,1E-04	**6,0E-02 +/- 5,0E-02**
$^{239}Pu+^{240}Pu$	≤8,6E-05	≤1,6E-04	≤9,2E-05	≤1,5E-04	**1,0E-01 +/- 7,0E-02**
^{241}Am	≤7,1E-05	≤1,7E-04	≤2,0E-04	≤1,6E-04	≤2,2E-02
^{244}Cm	≤7,1E-05	≤2,5E-04	≤2,0E-04	≤1,6E-04	≤2,2E-02
Scintillation liquide					
^{3}H	**9,6E+00 +/- 3,3E+00**		**1,2E+01 +/- 3,6E+00**		
^{14}C	≤1,6E+00	**2,2E+00 +/- 9,0E-01**	≤1,6E+00	≤1,4E+00	≤2,5E+01
^{36}Cl	≤1,4E-01	≤1,4E-01	≤1,4E-01	≤1,4E-01	≤5,6E+00
^{63}Ni	≤3,9E-02	≤3,6E-02	≤4,0E-02	≤3,8E-02	≤4,1E+00
^{90}Sr	≤1,4E-02	≤1,4E-02	≤6,9E-03	≤7,4E-03	≤3,5E+00
^{99}Tc	≤6,1E-02	≤4,3E-02	≤5,3E-02	≤5,1E-02	≤4,8E+00
^{151}Sm	≤3,7E-02	≤4,5E-02	≤4,0E-02	≤3,8E-02	≤3,3E+00
^{241}Pu	≤1,3E-02	≤7,9E-03	≤7,7E-03	≤7,2E-03	≤1,7E+00
Spectrométrie X					
^{59}Ni	≤6,0E-02	≤6,0E-02	≤5,8E-02	≤6,0E-02	≤2,4E+01
ICP-MS					
^{232}Th	≤1,1E-03	≤1,1E-03	≤1,1E-03	≤1,1E-03	**4,0E+01 +/- 4,2E+00**

Tableau 9-58 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	15/01/2021	≤ 5,1E-02	≤ 7,1E-02	2,3E+01	≤ 5,2E-02	≤ 8,7E-01	≤ 1,3E-01	≤ 3,7E-02	≤ 5,0E-02	2,5E+00	74248
	01/02/2021	≤ 3,2E-02	≤ 7,1E-02	1,7E+01	≤ 4,5E-02	≤ 8,7E-01	≤ 1,2E-01	≤ 4,6E-02	≤ 5,2E-02	2,5E+00	83162
	14/02/2021	≤ 3,3E-02	1,3E-01	1,6E+01	≤ 5,5E-02	≤ 8,7E-01	≤ 1,4E-01	≤ 4,6E-02	≤ 5,5E-02	2,4E+00	45509
	01/03/2021	≤ 3,4E-02	1,5E-01	9,6E+00	≤ 5,0E-02	≤ 8,8E-01	≤ 1,5E-01	≤ 5,0E-02	≤ 5,4E-02	2,8E+00	20636
	14/03/2021	≤ 3,4E-02	1,4E-01	6,6E+00	≤ 5,2E-02	≤ 8,8E-01	≤ 1,4E-01	≤ 3,9E-02	≤ 5,1E-02	2,7E+00	11949
	01/04/2021	≤ 3,4E-02	1,2E-01	4,4E+00	≤ 4,4E-02	≤ 8,6E-01	≤ 1,5E-01	≤ 4,2E-02	≤ 4,4E-02	2,8E+00	10029
	15/04/2021	≤ 3,5E-02	1,4E-01	5,6E+00	≤ 5,1E-02	≤ 8,7E-01	≤ 1,2E-01	≤ 4,2E-02	≤ 5,0E-02	2,9E+00	8418
	01/05/2021	≤ 3,4E-02	1,3E-01	5,7E+00	≤ 5,1E-02	≤ 8,7E-01	≤ 1,3E-01	≤ 4,6E-02	≤ 5,2E-02	3,0E+00	9510
	15/05/2021	≤ 3,5E-02	2,0E-01	5,8E+00	≤ 5,4E-02	≤ 8,8E-01	≤ 1,5E-01	≤ 4,4E-02	≤ 5,0E-02	3,2E+00	8749
	01/06/2021	≤ 3,3E-02	1,1E-01	7,1E+00	≤ 5,2E-02	≤ 8,6E-01	≤ 1,4E-01	≤ 4,8E-02	≤ 4,8E-02	2,9E+00	11035
	15/06/2021	≤ 3,5E-02	1,7E-01	1,0E+01	≤ 4,2E-02	≤ 8,9E-01	≤ 1,3E-01	≤ 4,3E-02	≤ 5,1E-02	2,8E+00	8148
	01/07/2021	≤ 2,9E-02	≤ 7,1E-02	8,8E+00	≤ 5,1E-02	≤ 8,6E-01	≤ 1,5E-01	≤ 4,3E-02	≤ 5,7E-02	2,0E+00	41677
	15/07/2021	≤ 3,4E-02	1,1E-01	1,1E+01	≤ 5,9E-02	≤ 8,8E-01	≤ 1,4E-01	≤ 4,9E-02	≤ 4,7E-02	2,5E+00	10642
	01/08/2021	≤ 3,4E-02	1,4E-01	9,8E+00	≤ 4,4E-02	≤ 8,8E-01	≤ 1,3E-01	≤ 4,7E-02	≤ 5,5E-02	2,9E+00	14379
	15/08/2021	≤ 3,3E-02	1,7E-01	1,0E+01	≤ 6,0E-02	≤ 8,6E-01	≤ 1,4E-01	≤ 5,0E-02	≤ 5,3E-02	2,9E+00	10346
	01/09/2021	≤ 3,5E-02	1,8E-01	1,1E+01	≤ 4,7E-02	≤ 8,9E-01	≤ 1,3E-01	≤ 4,6E-02	≤ 4,7E-02	3,1E+00	14446
	15/09/2021	≤ 3,4E-02	1,4E-01	1,1E+01	≤ 4,5E-02	≤ 8,9E-01	≤ 1,3E-01	≤ 4,3E-02	≤ 5,3E-02	3,4E+00	11174
	01/10/2021	≤ 3,4E-02	1,6E-01	8,0E+00	≤ 5,4E-02	≤ 8,8E-01	≤ 1,4E-01	≤ 4,6E-02	≤ 6,2E-02	3,8E+00	10625
	15/10/2021	≤ 3,4E-02	1,6E-01	9,9E+00	≤ 4,7E-02	≤ 8,6E-01	≤ 1,5E-01	≤ 4,5E-02	≤ 5,2E-02	3,1E+00	10995
	01/11/2021	≤ 3,2E-02	1,7E-01	4,1E+00	≤ 6,1E-02	≤ 8,6E-01	≤ 1,4E-01	≤ 4,4E-02	≤ 5,7E-02	2,8E+00	14477
	15/11/2021	≤ 3,1E-02	1,8E-01	5,7E+00	≤ 5,1E-02	≤ 8,9E-01	≤ 1,2E-01	≤ 4,2E-02	≤ 4,7E-02	2,4E+00	13733
	01/12/2021	≤ 3,3E-02	8,5E-02	8,8E+00	≤ 4,4E-02	≤ 8,8E-01	≤ 1,5E-01	≤ 4,6E-02	≤ 5,6E-02	2,9E+00	12835
	15/12/2021	≤ 3,4E-02	9,3E-02	1,4E+01	≤ 5,2E-02	≤ 8,7E-01	≤ 1,4E-01	≤ 4,7E-02	≤ 4,9E-02	2,6E+00	36953
	01/01/2022	≤ 3,0E-02	1,5E-01	1,2E+01	≤ 5,1E-02	≤ 8,7E-01	≤ 1,5E-01	≤ 5,1E-02	≤ 5,6E-02	2,8E+00	24267
Somme											517940

Tableau 9-59 Résultats des analyses physico-chimiques des eaux de la Sainte Hélène en R6 et R6-10

	Paramètres	Unités	R6		R6-10	
	Date de prélèvement		**23/02/2021**	**14/09/2021**	**23/02/2021**	**14/09/2021**
Paramètres physico-chimiques	pH	**UpH**	7,50 +/- 0,05	8,20 +/- 0,05	7,20 +/- 0,05	7,70 +/- 0,05
	Conductivité	**µS/cm**	312 +/- 9	305 +/- 9	327 +/- 10	336 +/- 10
	Oxygène dissous	**mgO2/L**	11,8 +/- 0,1	9,1 +/- 0,1	10,9 +/- 0,1	9,4 +/- 0,1
	Température	**°C**	9,0 +/- 0,5	18,0 +/- 0,5	11,0 +/- 0,5	17,0 +/- 0,5
	Potentiel redox	**mV/ENH**	435 +/- 17	306 +/- 12	424 +/- 17	389 +/- 16
	DBO5	**mg/L**	<2	<2	<2	<2
	DCO	**mg/L**	6,0 +/- 0,7	7,0 +/- 0,8	8,0 +/- 1,0	14,0 +/- 1,1
	COD	**mg/L**	2,8 +/- 0,3	3,4 +/- 0,3	2,5 +/- 0,2	4,3 +/- 0,4
	Biodégradabilité	**-**	<3	<4	<4	<7
	MES	**mg/L**	7,0 +/- 0,4	<2,0	10 +/- 1	15 +/- 1
	Potassium	**mg/L**	2,6 +/- 0,1	3,1 +/- 0,2	2,8 +/- 0,1	3,5 +/- 0,2
Substances indésirables	Nitrates	**mg/L**	13 +/- 1	7,2 +/- 0,4	28 +/- 1	23 +/- 1
	Nitrites	**µg/L**	<1,0	4,0 +/- 0,2	39,0 +/- 2,0	89,0 +/- 4,5
	Azote NTK	**mg/L**	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
	Azote global	**mg/L**	<3,4	<2,1	<6,8	<5,7
	Phosphates	**mg/L**	0,023 +/- 0,001	0,013 +/- 0,001	0,13 +/- 0,01	0,14 +/- 0,01
	Aluminium dissous	**µg/L**	33 +/- 2	19 +/- 1	37 +/- 2	25 +/- 1
	Baryum dissous	**µg/L**	27 +/- 1,4	35 +/- 1,8	38 +/- 1,9	39 +/- 2
	Bore dissous	**µg/L**	24 +/- 1,2	25 +/- 1,3	26 +/- 1,3	24 +/- 1,2
	Cuivre dissous	**µg/L**	1,9 +/- 0,3	4,7 +/- 0,6	1,1 +/- 0,1	1,8 +/- 0,2
	Fer dissous	**µg/L**	31 +/- 2	16 +/- 1	52 +/- 3	38 +/- 2
	Manganèse dissous	**µg/L**	5,1 +/- 0,3	<1	16 +/- 1	1,3 +/- 0,3
Substances toxiques	Arsenic dissous	**µg/L**	0,30 +/- 0,03	0,40 +/- 0,04	<0,2	0,30 +/- 0,03
	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**	0,028 +/- 0,001	<0,01	<0,01	<0,01
	Mercure total	**µg/L**	0,042 +/- 0,0021	<0,01	<0,01	<0,01
	Nickel dissous	**µg/L**	1,7 +/- 0,2	1,5 +/- 0,1	<1	1,2 +/- 0,1
	Plomb dissous	**µg/L**	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
	Uranium dissous	**µg/L**	<4	<4	<4	<4
	Zinc dissous	**µg/L**	12 +/- 1	4,6 +/- 1,8	4,4 +/- 1,8	4,6 +/- 1,8
	Cyanures dissous	**µg/L**	<5	<5	<5	<5
	Hydrocarbures totaux	**µg/L**	<10	<10	<10	<10

valeurs inférieures aux NQE de l'arrêté modifié du 25/01/2010
valeurs supérieures aux NQE de l'arrêté modifié du 25/01/2010

Tableau 9-60 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	09/02/21	≤8,0E-01	≤5,6E+00	≤1,4E+00	≤5,7E-01	9,1E-01	≤5,8E-01	≤1,2E+00	≤5,0E-01
	11/05/21	≤1,2E+00	≤8,0E+00	≤2,1E+00	≤9,9E-01	1,3E+00	≤5,6E-01	≤6,0E-01	≤3,5E-01
	17/08/21	≤8,3E-01	≤6,2E+00	≤1,6E+00	≤7,2E-01	8,30E-01	≤5,0E-01	≤6,3E-01	≤3,8E-01
	09/11/21	≤8,0E-01	≤6,3E+00	≤1,6E+00	≤5,6E-01	≤8,1E-01	≤5,5E-01	≤6,9E-01	≤6,2E-01
SR6	10/02/21	≤2,5E-01	≤3,4E+00	≤4,8E-01	≤1,7E-01	5,0E+00	≤9,8E-02	2,4E-01	≤2,6E-01
	18/05/21	≤2,4E-01	≤3,3E+00	≤4,9E-01	≤1,6E-01	6,7E+00	≤7,7E-02	2,2E-01	≤3,1E-01
	11/08/21	≤3,2E-01	≤4,1E+00	≤6,0E-01	≤2,2E-01	1,0E+01	≤1,0E-01	3,1E-01	≤3,0E-01
	18/11/21	≤4,1E-01	≤5,6E+00	≤8,1E-01	≤2,8E-01	2,3E+01	6,3E-01	2,6E-01	7,80E-01
SR6-10	09/02/21	≤9,2E-01	≤6,0E+00	≤1,5E+00	≤6,1E-01	4,9E+00	≤1,6E+00	≤1,8E+00	≤3,1E-01
	11/05/21	≤1,2E+00	≤9,2E+00	≤2,4E+00	≤1,2E+00	9,2E+00	≤7,0E-01	≤4,9E-01	≤5,4E-01
	10/08/21	≤8,5E-01	≤6,4E+00	≤1,6E+00	≤7,6E-01	6,0E+00	≤8,5E-01	≤8,1E-01	≤5,0E-01
	09/11/21	≤7,9E-01	≤6,2E+00	≤1,7E+00	≤5,7E-01	7,5E+00	≤9,7E-01	≤9,7E-01	≤4,6E-01

Tableau 9-61 Résultats semestriels des analyses physico-chimiques des sédiments des ruisseaux

	Paramètre	Unités	SR1		SR3		SR6	
	Date de prélèvement		23/02/2021	14/09/2021	23/02/2021	14/09/2021	23/02/2021	14/09/2021
Caractérisation du sédiment	Fract<2mm	% MS	33 +/- 7	49 +/- 10	75 +/- 15	57 +/- 11	85 +/- 17	85 +/- 17
	Fract<63µm	% MS	1,2 +/- 0,24	2,7 +/- 0,5	4,6 +/- 0,9	2,6 +/- 0,5	5,3 +/- 1,1	3,1 +/- 0,6
	COT	gC/kg MS	7 +/- 1,4	38 +/- 8	6 +/- 1,2	9 +/- 1,8	7 +/- 1,4	31 +/- 6
Substances toxiques	Aluminium	mg/kg MS	9700 +/- 1900	12500 +/- 2500	9500 +/- 1900	6300 +/- 1300	25000 +/- 5000	8900 +/- 1800
	Arsenic	mg/kg MS	7,8 +/- 1,6	8,4 +/- 1,7	5,7 +/- 1,1	2,1 +/- 0,4	5,3 +/- 1,1	4,4 +/- 0,9
	Baryum	mg/kg MS	85 +/- 17	93 +/- 19	102 +/- 20	70 +/- 14	53 +/- 11	89 +/- 18
	Béryllium	mg/kg MS	<3	0,8 +/- 0,16	<3	0,47 +/- 0,09	<3	0,75 +/- 0,15
	Bore	mg/kg MS	3,6 +/- 0,7	1,9 +/- 0,4	4,0 +/- 0,8	2,2 +/- 0,4	<3	2,5 +/- 0,5
	Cadmium	mg/kg MS	0,53 +/- 0,11	0,15 +/- 0,03	0,13 +/- 0,03	0,13 +/- 0,03	0,28 +/- 0,06	0,28 +/- 0,06
	Chrome	mg/kg MS	15 +/- 3	12 +/- 2	13 +/- 3	5,9 +/- 1,2	9,3 +/- 1,9	11 +/- 2
	Cuivre	mg/kg MS	9,7 +/- 1,9	8,1 +/- 1,6	24 +/- 5	12 +/- 2	6,1 +/- 1,2	10 +/- 2
	Etain	mg/kg MS	<3	<0,3	18 +/- 4	0,31 +/- 0,06	<3	<0,3
	Fer	mg/kg MS	13600 +/- 2700	21400 +/- 4300	9800 +/- 2000	7900 +/- 1600	30000 +/- 6000	8800 +/- 1800
	Manganèse	mg/kg MS	810 +/- 160	450 +/- 90	270 +/- 50	111 +/- 22	360 +/- 70	310 +/- 60
	Mercure	mg/kg MS	0,27 +/- 0,05	0,10 +/- 0,02	0,10 +/- 0,02	<0,050	0,058 +/- 0,012	0,059 +/- 0,012
	Nickel	mg/kg MS	16 +/- 3	14 +/- 2,8	11 +/- 2	7 +/- 1,4	9,1 +/- 1,8	17 +/- 3,4
	Plomb	mg/kg MS	20 +/- 4	14 +/- 3	37 +/- 7	13 +/- 3	10 +/- 2	10 +/- 2
	Uranium	mg/kg MS	1,0 +/- 0,2	0,70 +/- 0,14	0,94 +/- 0,19	0,55 +/- 0,11	0,96 +/- 0,19	1,0 +/- 0,2
	Zinc	mg/kg MS	133 +/- 27	99 +/- 20	102 +/- 20	68 +/- 14	99 +/- 20	134 +/- 27
	Hydrocarbures totaux	mg/kg MS	<50	68 +/- 14	<50	<50	<50	110 +/- 22
	HAP Benzo(a)pyrène	µg/kg MS	<50	<50	230 +/- 46	170 +/- 34	<50	<50
	HAP Benzo(b)fluoranthène	µg/kg MS	<50	<50	340 +/- 70	280 +/- 60	<50	<50
	HAP Benzo(ghi)pérylène	µg/kg MS	<50	<50	180 +/- 36	140 +/- 28	<50	<50
	HAP Benzo(k)fluoranthène	µg/kg MS	<50	<50	110 +/- 22	98 +/- 20	<50	<50
	HAP Fluoranthène	µg/kg MS	<50	<50	750 +/- 150	470 +/- 90	<50	<50
	HAP Indéno(1,2,3-cd)pyrène	µg/kg MS	<50	<50	200 +/- 40	120 +/- 24	<50	<50
	Somme des HAP(6)	µg/kg MS	<300	<300	1810 +/- 360	1280 +/- 260	<300	<300

valeurs inférieures aux seuil de qualité des sédiments définis dans l'arrêté du 9 aout 2006

9.8.12 Résultats de la surveillance atmosphérique

Tableau 9-62 Résultats des analyses radiologiques des poussières dans l'air atmosphérique

(1/2)

Point de prélèvement	Date de prélèvement	Indice alpha global Bq/m³	Indice bêta global Bq/m³
AS1	01/01/2021	≤6,35E-06	1,90E-04
	04/01/2021	5,90E-06	2,00E-04
	05/01/2021	1,50E-05	2,30E-04
	06/01/2021	1,50E-05	3,00E-04
	07/01/2021	2,20E-05	3,70E-04
	08/01/2021	2,80E-05	5,30E-04
	11/01/2021	2,40E-05	3,80E-04
	12/01/2021	1,10E-05	1,50E-04
	13/01/2021	≤6,78E-06	2,06E-05
	14/01/2021	≤6,69E-06	2,33E-04
	15/01/2021	≤6,80E-06	1,03E-04
	18/01/2021	7,00E-06	2,30E-04
	19/01/2021	1,10E-05	2,60E-04
	20/01/2021	3,00E-05	7,10E-04
	21/01/2021	2,40E-05	6,00E-04
	22/01/2021	≤6,75E-06	1,91E-04
	25/01/2021	9,00E-06	2,20E-04
	26/01/2021	1,10E-05	2,20E-04
	27/01/2021	9,00E-06	1,50E-04
	28/01/2021	1,30E-05	6,00E-05
	29/01/2021	1,40E-05	1,60E-04
	01/02/2021	5,10E-06	1,30E-04
	02/02/2021	1,20E-05	1,80E-04
	03/02/2021	9,00E-06	1,40E-04
	04/02/2021	≤6,74E-06	1,00E-04
	05/02/2021	9,00E-06	1,20E-04
	08/02/2021	4,40E-06	2,20E-04
	09/02/2021	2,50E-05	4,30E-04
	10/02/2021	5,20E-05	8,00E-04
	11/02/2021	2,10E-05	3,60E-04
	12/02/2021	3,10E-05	6,40E-04
	15/02/2021	3,60E-05	6,60E-04
	16/02/2021	2,20E-05	5,60E-04
	17/02/2021	≤1,33E-05	2,70E-04
	18/02/2021	≤7,92E-06	3,13E-04
	19/02/2021	≤7,22E-06	2,55E-04
	22/02/2021	1,00E-04	9,00E-04
	23/02/2021	2,30E-05	2,70E-04
	24/02/2021	1,70E-05	2,60E-04
	25/02/2021	2,20E-05	4,30E-04
	26/02/2021	1,20E-05	2,40E-04
	01/03/2021	2,70E-05	2,10E-04
	02/03/2021	3,40E-05	5,20E-04
	03/03/2021	1,40E-04	1,40E-03
	04/03/2021	7,20E-05	1,00E-03
	05/03/2021	3,40E-05	5,00E-04
	08/03/2021	1,50E-05	3,40E-04
	09/03/2021	4,40E-05	6,20E-04
	10/03/2021	6,60E-05	6,60E-04
	11/03/2021	1,30E-05	3,30E-04
	12/03/2021	≤7,92E-06	1,53E-04
	15/03/2021	1,10E-05	2,60E-04
	16/03/2021	2,70E-05	3,30E-04
	17/03/2021	1,80E-05	2,40E-04
	18/03/2021	3,50E-05	4,60E-04
	19/03/2021	2,20E-05	3,70E-04
	22/03/2021	1,50E-05	2,20E-04
	23/03/2021	5,00E-05	5,00E-04
	24/03/2021	3,70E-05	5,80E-04
	25/03/2021	2,60E-05	4,30E-04
	26/03/2021	2,40E-05	4,90E-04
	29/03/2021	1,30E-05	2,90E-04
	30/03/2021	5,90E-05	1,00E-03
	31/03/2021	9,00E-05	1,60E-03

Point de prélèvement	Date de prélèvement	Indice alpha global Bq/m³	Indice bêta global Bq/m³
AS1	01/04/21	1,70E-04	1,90E-03
	02/04/21	4,50E-05	7,10E-04
	05/04/21	4,10E-05	6,40E-04
	06/04/21	3,30E-05	4,10E-04
	07/04/21	1,10E-05	1,40E-04
	08/04/21	3,00E-05	4,40E-04
	09/04/21	3,90E-05	6,20E-04
	12/04/21	2,70E-05	3,60E-04
	13/04/21	2,10E-05	2,40E-04
	14/04/21	3,50E-05	5,10E-04
	15/04/21	2,10E-05	4,00E-04
	16/04/21	2,30E-05	2,90E-04
	19/04/21	3,70E-05	5,00E-04
	20/04/21	4,60E-05	6,80E-04
	21/04/21	7,10E-05	7,00E-04
	22/04/21	6,60E-05	5,50E-04
	23/04/21	3,80E-05	3,40E-04
	26/04/21	4,90E-05	5,00E-04
	27/04/21	5,90E-05	6,20E-04
	28/04/21	8,00E-05	8,00E-04
	29/04/21	4,60E-05	7,30E-04
	30/04/21	6,00E-05	7,00E-04
	03/05/21	4,10E-05	6,20E-04
	04/05/21	3,40E-05	4,30E-04
	05/05/21	2,60E-05	2,80E-04
	06/05/21	2,60E-05	3,80E-04
	07/05/21	2,70E-05	4,90E-04
	10/05/21	2,90E-05	4,40E-04
	11/05/21	2,20E-05	2,90E-04
	12/05/21	2,00E-05	2,90E-04
	14/05/21	7,00E-06	1,70E-04
	17/05/21	7,00E-06	2,10E-04
	18/05/21	≤7,48E-06	1,70E-04
	19/05/21	≤7,02E-06	2,08E-04
	20/05/21	1,60E-05	2,40E-04
	21/05/21	1,20E-05	2,00E-04
	24/05/21	1,00E-05	2,30E-04
	25/05/21	1,40E-05	2,40E-04
	26/05/21	1,50E-05	2,50E-04
	27/05/21	2,70E-05	3,80E-04
	28/05/21	3,10E-05	4,20E-04
	31/05/21	2,90E-05	4,00E-04
	01/06/21	9,00E-05	1,10E-03
	02/06/21	6,70E-05	1,20E-03
	03/06/21	7,20E-05	1,30E-03
	04/06/21	1,60E-05	2,90E-04
	07/06/21	2,90E-05	3,60E-04
	08/06/21	1,60E-05	2,50E-04
	09/06/21	3,40E-05	4,80E-04
	10/06/21	1,90E-05	2,50E-04
	11/06/21	1,30E-05	8,00E-05
	14/06/21	3,20E-05	3,60E-04
	15/06/21	4,50E-05	5,60E-04
	16/06/21	6,50E-05	7,00E-04
	17/06/21	5,00E-05	5,50E-04
	18/06/21	1,80E-05	2,10E-04
	21/06/21	1,30E-05	2,10E-04
	22/06/21	2,60E-05	2,70E-04
	23/06/21	1,70E-05	2,90E-04
	24/06/21	2,20E-05	3,30E-04
	25/06/21	2,10E-05	2,50E-04
	28/06/21	1,50E-05	2,60E-04
	29/06/21	1,70E-05	4,90E-04
	30/06/21	2,20E-05	4,60E-04

Tableau 9-62 Résultats des analyses radiologiques des poussières dans l'air atmosphérique (2/2)

Point de prélèvement	Date de prélèvement	Indice alpha global Bq/m³	Indice bêta global Bq/m³
AS1	01/07/21	2,40E-05	4,20E-04
	02/07/21	2,90E-05	4,10E-04
	05/07/21	1,90E-05	3,80E-04
	06/07/21	8,00E-06	2,30E-04
	07/07/21	≤7,50E-06	2,25E-04
	08/07/21	9,00E-06	1,70E-04
	09/07/21	1,80E-05	2,20E-04
	12/07/21	1,70E-05	2,70E-04
	13/07/21	1,60E-05	2,50E-04
	15/07/21	2,90E-05	4,10E-04
	16/07/21	3,00E-05	3,00E-04
	19/07/21	3,60E-05	3,90E-04
	20/07/21	1,30E-04	1,20E-03
	21/07/21	1,70E-04	1,50E-03
	22/07/21	1,60E-04	1,50E-03
	23/07/21	1,50E-04	1,20E-03
	26/07/21	5,10E-05	3,90E-04
	27/07/21	9,00E-05	8,00E-04
	28/07/21	2,00E-05	5,00E-04
	29/07/21	1,10E-05	2,00E-04
	30/07/21	≤8,23E-06	1,79E-04
	02/08/21	9,00E-06	1,50E-04
	03/08/21	3,80E-05	4,70E-04
	04/08/21	4,10E-05	6,10E-04
	05/08/21	3,90E-05	8,00E-04
	06/08/21	1,00E-05	1,40E-04
	09/08/21	1,10E-05	1,30E-04
	10/08/21	2,00E-05	1,60E-04
	11/08/21	2,70E-05	3,60E-04
	12/08/21	3,20E-05	4,80E-04
	13/08/21	3,40E-05	3,90E-04
	16/08/21	3,20E-05	2,90E-04
	17/08/21	3,40E-05	5,60E-04
	18/08/21	1,80E-05	2,90E-04
	19/08/21	1,00E-05	1,80E-04
	20/08/21	2,90E-05	3,50E-04
	23/08/21	2,20E-05	2,70E-04
	24/08/21	2,70E-05	4,20E-04
	25/08/21	2,80E-05	4,70E-04
	26/08/21	3,90E-05	5,00E-04
	27/08/21	4,40E-05	4,30E-04
	30/08/21	3,40E-05	4,00E-04
	31/08/21	4,60E-05	5,80E-04
	01/09/21	8,00E-05	6,30E-04
	02/09/21	3,50E-05	5,90E-04
	03/09/21	4,60E-05	7,50E-04
	06/09/21	9,00E-05	9,00E-04
	07/09/21	1,90E-04	**2,20E-03**
	08/09/21	1,80E-04	**2,20E-03**
	09/09/21	5,90E-05	9,00E-04
	10/09/21	5,00E-05	8,00E-04
	13/09/21	1,80E-05	3,80E-04
	14/09/21	6,40E-05	7,70E-04
	15/09/21	3,80E-05	8,00E-04
	16/09/21	1,90E-05	3,90E-04
	17/09/21	3,00E-05	4,90E-04
	20/09/21	3,60E-05	6,70E-04
	21/09/21	1,90E-05	3,90E-04
	22/09/21	5,40E-05	1,00E-03
	23/09/21	7,30E-05	9,00E-04
	24/09/21	2,90E-05	4,50E-04
	27/09/21	3,60E-05	8,50E-04
	28/09/21	1,80E-05	2,90E-04
	29/09/21	1,60E-05	3,00E-04
	30/09/21	≤7,76E-06	2,06E-04

Point de prélèvement	Date de prélèvement	Indice alpha global Bq/m³	Indice bêta global Bq/m³
AS1	01/10/21	2,00E-05	3,60E-04
	04/10/21	1,00E-05	2,20E-04
	05/10/21	≤6,96E-06	1,19E-04
	06/10/21	1,40E-05	1,90E-04
	07/10/21	1,50E-05	2,10E-04
	08/10/21	2,40E-05	1,60E-04
	11/10/21	2,90E-05	3,70E-04
	12/10/21	1,80E-05	2,50E-04
	13/10/21	4,20E-05	3,20E-04
	14/10/21	7,00E-06	1,40E-04
	15/10/21	2,40E-05	4,10E-04
	18/10/21	5,40E-05	1,00E-03
	19/10/21	4,20E-05	7,10E-04
	20/10/21	1,20E-04	1,30E-03
	21/10/21	9,00E-06	2,40E-04
	22/10/21	1,50E-05	2,10E-04
	25/10/21	1,70E-05	4,40E-04
	26/10/21	1,00E-05	2,50E-04
	27/10/21	1,00E-05	3,30E-04
	28/10/21	1,40E-05	2,80E-04
	29/10/21	4,00E-05	1,10E-03
	01/11/21	6,00E-06	2,20E-04
	02/11/21	≤6,84E-06	1,24E-04
	03/11/21	8,00E-06	1,40E-04
	04/11/21	≤6,29E-06	1,05E-04
	05/11/21	≤6,47E-06	9,00E-05
	08/11/21	1,10E-05	3,20E-04
	09/11/21	7,00E-06	1,90E-04
	10/11/21	1,60E-05	1,20E-04
	12/11/21	2,60E-05	4,50E-04
	15/11/21	8,00E-06	2,00E-04
	16/11/21	3,30E-05	5,00E-04
	17/11/21	2,20E-05	2,90E-04
	18/11/21	5,10E-05	8,00E-04
	19/11/21	1,20E-05	2,70E-04
	22/11/21	8,00E-06	1,80E-04
	23/11/21	≤6,87E-06	1,46E-04
	24/11/21	1,20E-05	2,20E-04
	25/11/21	2,00E-05	3,00E-04
	26/11/21	7,00E-06	1,60E-04
	29/11/21	9,00E-06	1,90E-04
	30/11/21	1,40E-05	1,70E-04
	01/12/21	≤6,71E-06	4,43E-05
	02/12/21	9,00E-06	2,00E-04
	03/12/21	1,10E-05	1,20E-04
	06/12/21	4,20E-06	1,30E-04
	07/12/21	1,00E-05	2,40E-04
	08/12/21	2,20E-05	2,20E-04
	09/12/21	6,10E-05	2,70E-04
	10/12/21	≤6,39E-06	1,53E-04
	11/12/21	4,20E-06	1,40E-04
	13/12/21	NR	NR
	15/12/21	NR	NR
	16/12/21	3,10E-05	5,40E-04
	17/12/21	3,50E-05	7,00E-04
	20/12/21	1,50E-05	2,70E-04
	21/12/21	2,30E-05	3,50E-04
	22/12/21	6,60E-05	9,00E-04
	23/12/21	7,30E-05	1,20E-03
	24/12/21	3,60E-05	5,10E-04
	27/12/21	2,20E-05	2,90E-04
	28/12/21	≤7,96E-06	1,38E-04
	29/12/21	≤6,69E-06	8,50E-05
	30/12/21	≤6,82E-06	4,82E-05
	31/12/21	≤6,99E-06	1,75E-04

Tableau 9-63 Résultats des mesures complémentaires gamma sur les filtres ayant une valeur bêta global supérieur à 2mBq/m³

Point de prélèvement	Date de prélèvement	^{7}Be Bq/kg sec	^{40}K Bq/kg sec	^{60}Co Bq/kg sec	^{134}Cs Bq/kg sec	^{137}Cs Bq/kg sec	^{210}Pb Bq/kg sec
AS1	07/09/2021	**1,69E+01**	*≤8,8E-01*	*≤5,4E-02*	*≤4,6E-02*	*≤4,6E-02*	**3,1E+00**
	08/09/2021	**2,25E+01**	*≤8,6E-01*	*≤5,5E-02*	*≤4,7E-02*	*≤4,9E-02*	**3,0E+00**

Tableau 9-64 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/m³	HT Bq/m³	H3 global Bq/m³	Point de prélèvement	Date de prélèvement	HTO Bq/m³	HT Bq/m³	H3 global Bq/m³
AS1	11/01/2021	≤7,3E-02	**1,9E-01**	≤2,6E-01	AS1	12/07/2021	**2,1E-01**	≤8,3E-02	≤2,9E-01
	18/01/2021	**2,2E-01**	**8,4E-01**	**1,1E+00**		19/07/2021	≤8,3E-02	≤8,4E-02	≤1,7E-01
	25/01/2021	**1,8E-01**	**5,9E-01**	**7,7E-01**		26/07/2021	≤8,3E-02	≤8,4E-02	≤1,7E-01
	01/02/2021	**2,5E-01**	**2,8E-01**	**5,3E-01**		02/08/2021	**3,3E-01**	**1,1E-01**	**4,4E-01**
	08/02/2021	**1,1E-01**	**1,4E-01**	**2,5E-01**		09/08/2021	**2,2E-01**	**1,7E-01**	**3,9E-01**
	15/02/2021	≤6,8E-02	≤7,9E-02	≤1,5E-01		16/08/2021	≤8,6E-02	≤8,2E-02	≤1,7E-01
	22/02/2021	≤7,7E-02	≤7,9E-02	≤1,6E-01		23/08/2021	**3,2E-01**	**1,3E-01**	**4,5E-01**
	01/03/2021	≤7,6E-02	≤7,9E-02	≤1,6E-01		30/08/2021	≤8,9E-02	≤8,8E-02	≤1,8E-01
	08/03/2021	≤7,2E-02	≤7,8E-02	≤1,5E-01		06/09/2021	≤8,4E-02	≤8,3E-02	≤1,7E-01
	15/03/2021	**4,0E-01**	**3,4E-01**	**7,4E-01**		13/09/2021	**1,3E-01**	**1,7E-01**	**3,0E-01**
	22/03/2021	≤7,5E-02	≤7,7E-02	≤1,5E-01		20/09/2021	≤8,6E-02	≤8,5E-02	≤1,7E-01
	29/03/2021	**1,2E-01**	**2,6E-01**	**3,8E-01**		27/09/2021	**1,7E-01**	≤9,0E-02	≤2,6E-01
	05/04/2021	≤7,6E-02	**2,0E-01**	≤2,8E-01		04/10/2021	**2,1E-01**	**1,0E-01**	**3,1E-01**
	12/04/2021	≤7,2E-02	≤8,2E-02	≤1,5E-01		11/10/2021	≤8,9E-02	≤8,8E-02	≤1,8E-01
	19/04/2021	≤8,2E-02	≤8,2E-02	≤1,6E-01		18/10/2021	≤1,0E-01	≤9,9E-02	≤2,0E-01
	26/04/2021	≤7,4E-02	≤7,7E-02	≤1,5E-01		25/10/2021	≤8,8E-02	≤8,4E-02	≤1,7E-01
	03/05/2021	≤7,1E-02	**1,1E-01**	≤1,8E-01		01/11/2021	**2,2E-01**	≤8,3E-02	≤3,0E-01
	10/05/2021	**1,4E-01**	**1,5E-01**	**2,9E-01**		08/11/2021	**1,0E-01**	≤8,7E-02	≤1,9E-01
	17/05/2021	**1,7E-01**	**1,3E-01**	**3,0E-01**		15/11/2021	≤8,5E-02	≤8,0E-02	≤1,6E-01
	24/05/2021	**3,0E-01**	**2,5E-01**	**5,5E-01**		22/11/2021	≤7,8E-02	**1,1E-01**	≤1,9E-01
	31/05/2021	**1,5E-01**	≤8,1E-02	≤2,3E-01		29/11/2021	≤7,5E-02	≤8,0E-02	≤1,5E-01
	07/06/2021	**1,9E-01**	≤7,8E-02	≤2,7E-01		06/12/2021	**1,4E-01**	**3,6E-01**	**5,0E-01**
	14/06/2021	**1,1E-01**	≤8,2E-02	≤1,9E-01		13/12/2021	≤7,9E-02	**1,3E-01**	≤2,1E-01
	21/06/2021	≤8,7E-02	≤8,1E-02	≤1,7E-01		20/12/2021	≤7,9E-02	≤8,1E-02	≤1,6E-01
	28/06/2021	**1,1E-01**	≤8,1E-02	≤1,9E-01		27/12/2021	**9,0E-02**	≤8,0E-02	≤1,7E-01
	05/07/2021	≤8,3E-02	≤7,8E-02	≤1,6E-01		03/01/2022	**1,0E-01**	**3,9E-01**	**4,9E-01**

Tableau 9-65 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	08/01/21	1,42E+03 +/- 2,10E+02	9,50E+02 +/- 8,00E+01	≤6,40E-01	≤4,00E+00	≤1,40E+00	≤5,50E-01	≤4,60E-01
	11/02/21	9,20E+02 +/- 9,00E+01	9,70E+02 +/- 1,00E+02	≤6,00E-01	≤3,70E+00	≤1,10E+00	≤4,50E-01	≤4,20E-01
	09/03/21	7,40E+02 +/- 7,00E+01	9,20E+02 +/- 1,00E+02	≤5,90E-01	≤3,90E+00	≤1,20E+00	≤4,80E-01	≤4,30E-01
	07/04/21	3,16E+02 +/- 3,20E+01	8,10E+02 +/- 8,00E+01	≤5,40E-01	≤3,40E+00	≤1,10E+00	≤4,30E-01	≤4,00E-01
	06/05/21	2,27E+02 +/- 3,30E+01	6,20E+02 +/- 5,00E+01	≤6,00E-01	≤3,80E+00	≤1,20E+00	≤5,40E-01	≤4,30E-01
	09/06/21	1,19E+02 +/- 1,50E+01	8,60E+02 +/- 9,00E+01	≤4,90E-01	≤3,60E+00	≤8,90E-01	≤3,90E-01	≤4,10E-01
	02/07/21	3,90E+02 +/- 6,00E+01	7,20E+02 +/- 6,00E+01	≤5,90E-01	≤3,90E+00	≤1,20E+00	≤5,40E-01	≤4,50E-01
	09/08/21	3,06E+02 +/- 3,30E+01	1,03E+03 +/- 1,10E+02	≤4,90E-01	≤3,50E+00	≤9,00E-01	≤3,80E-01	≤4,10E-01
	02/09/21	1,64E+02 +/- 1,20E+01	9,40E+02 +/- 5,00E+01	≤5,10E-01	≤3,50E+00	≤8,60E-01	≤3,70E-01	≤4,00E-01
	08/10/21	4,60E+02 +/- 4,70E+01	1,21E+03 +/- 1,30E+02	≤5,10E-01	≤3,70E+00	≤9,30E-01	≤4,00E-01	≤4,30E-01
	05/11/21	7,20E+02 +/- 7,00E+01	8,30E+02 +/- 9,00E+01	≤4,30E-01	≤3,30E+00	≤8,60E-01	≤3,50E-01	≤3,70E-01
	03/12/21	6,90E+02 +/- 7,00E+01	8,80E+02 +/- 9,00E+01	≤4,80E-01	≤3,40E+00	≤9,20E-01	≤3,70E-01	≤4,00E-01
V2	08/01/21	1,14E+03 +/- 1,20E+02	1,09E+03 +/- 1,10E+02	≤6,20E-01	≤4,00E+00	≤1,20E+00	≤4,90E-01	≤4,50E-01
	11/02/21	1,32E+03 +/- 1,90E+02	1,13E+03 +/- 1,00E+02	≤6,70E-01	≤4,10E+00	≤1,40E+00	≤5,80E-01	≤4,80E-01
	09/03/21	9,20E+02 +/- 1,30E+02	1,00E+03 +/- 8,00E+01	≤6,40E-01	≤4,10E+00	≤1,30E+00	≤5,70E-01	≤4,60E-01
	07/04/21	4,00E+02 +/- 6,00E+01	7,50E+02 +/- 6,00E+01	≤6,00E-01	≤3,80E+00	≤1,20E+00	≤5,10E-01	≤4,40E-01
	07/05/21	1,40E+02 +/- 2,10E+01	6,80E+02 +/- 6,00E+01	≤6,00E-01	≤3,80E+00	≤1,20E+00	≤5,30E-01	≤4,20E-01
	09/06/21	1,28E+02 +/- 1,30E+01	8,00E+02 +/- 8,00E+01	≤4,70E-01	≤3,40E+00	≤8,50E-01	≤3,70E-01	≤3,90E-01
	02/07/21	4,23E+02 +/- 4,40E+01	6,50E+02 +/- 7,00E+01	≤4,70E-01	≤3,40E+00	≤8,70E-01	≤3,80E-01	≤4,00E-01
	09/08/21	2,60E+02 +/- 3,80E+01	1,13E+03 +/- 1,00E+02	≤6,50E-01	≤4,10E+00	≤1,30E+00	≤5,60E-01	≤4,70E-01
	02/09/21	1,63E+02 +/- 2,40E+01	8,00E+02 +/- 7,00E+01	≤5,50E-01	≤3,50E+00	≤1,10E+00	≤5,00E-01	≤4,00E-01
	08/10/21	3,61E+02 +/- 3,70E+01	1,07E+03 +/- 1,10E+02	≤5,10E-01	≤3,60E+00	≤9,20E-01	≤3,90E-01	≤4,00E-01
	05/11/21	8,50E+02 +/- 9,00E+01	7,30E+02 +/- 8,00E+01	≤4,60E-01	≤3,40E+00	≤9,10E-01	≤3,70E-01	≤3,80E-01
	03/12/21	8,80E+02 +/- 5,00E+01	8,50E+02 +/- 4,30E+01	≤4,90E-01	≤3,60E+00	≤9,50E-01	≤3,90E-01	≤4,20E-01

Tableau 9-66 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"	101	89	88	101	91	86	86	91	83	86	91	83
"05"	86	89	76	86	78	86	86	78	83	86	80	83
"07"	86	89	88	101	91	101	101	91	97	86	91	83
"09"	101	89	88	86	91	101	101	91	97	86	91	83
"11"	86	89	88	101	91	101	86	91	83	86	91	83
"14"	101	89	88	101	91	86	101	91	83	86	78	83
"17"	86	89	76	101	91	101	101	78	83	86	78	83
"18"	86	89	88	101	78	86	101	78	83	86	78	83
"19"	86	89	88	101	78	86	101	91	83	86	78	69
"21"	86	89	88	101	91	101	86	91	83	86	78	83
"STATION"	86	89	88	101	91	86	86	78	83	86	91	83

Tableau 9-67 Résultats des mesures de radon atmosphériques

Point de prélèvement	Date de prélèvement	Radon Bq/m^3
Rn1n	29/01/2021	1,4E+00
	26/02/2021	3,6E-01
	31/03/2021	2,6E+00
	30/04/2021	1,2E+00
	31/05/2021	1,7E+00
	30/06/2021	3,6E+00
	29/07/2021	3,1E+00
	31/08/2021	3,8E+00
	30/09/2021	4,3E+00
	29/10/2021	2,9E+00
	30/11/2021	2,5E+00
	31/12/2021	1,8E+00
Rn2s	29/01/2021	1,1E+00
	26/02/2021	1,1E+00
	31/03/2021	1,2E+00
	30/04/2021	1,5E+00
	31/05/2021	5,6E-01
	30/06/2021	≤2,68E-01
	29/07/2021	1,4E+00
	31/08/2021	9,8E-01
	30/09/2021	2,6E+00
	29/10/2021	1,8E+00
	30/11/2021	8,0E-01
	31/12/2021	1,3E+00

9.9 Annexe 9 : méthodologie d'estimation du calcul d'infiltration 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 BRS0 et BRS0bis) ;
- 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/m^2 et par an (valeur retenue comme domaine d'exploitation dans les RGE [20]).

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 conservative 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 2020

Erratum n°1 : page 103 § 4.7.2, lire RD12 au lieu de BDS.

*Les analyses radiologiques au **RD12** sont effectuées sur des prélèvements représentatifs des écoulements hebdomadaires et mensuels.*

Erratum n°2 : page 109 § 4.8.3.1, lire µg/L au lieu de mg/L pour la concentration en baryum.

*Les concentrations en baryum (23 et 17 **µg/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.*

Erratum n°3 : page 138 § 5.2.5.1, il y a une erreur de la valeur base des indices bêta global de la zone 3 en 2020.

*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 **0,02** et 0,36 Bq/L pour l'activité bêta global.*

Erratum n°4 : page 165, les unités du tableau 5-19 ne sont pas bonnes, les résultats présentés le sont en Bq/m^3 et non en mBq/m^3 comme écrit.

TABLES DES ILLUSTRATIONS

Figures

Figure 1-1	Représentation schématique de la couverture et des différents réseaux de gestion des effluents du CSM	18
Figure 1-2	Schéma de la configuration des réseaux de collecte des effluents du CSM	20
Figure 1-3	Représentation des réseaux de collecte de surfaces (pluviaux et réseau de drainage de la couverture) et réseaux profonds (RSGE et RD)	21
Figure 1-4	Localisation des BRS	22
Figure 1-5	Schéma du cheminement des "effluents à risques"	23
Figure 1-6	Localisation des points de contrôle du réseau de drainage profond et exutoires des branches est et ouest du RSGE	24
Figure 2-1	Localisation de la canalisation RS (réseau jaune)	30
Figure 2-2	Evolutions des débits du BRS2 suites aux investigations (02-03/2021)	32
Figure 2-3	Localisation des points et zones d'infiltrations des eaux collectées par le BRS002	33
Figure 3-1	Localisation des profils de piquets en talus et toit de la couverture	48
Figure 3-2	Localisation des talus confortés fin 2013 (zone rose)	50
Figure 3-3	Zonéographie des déplacements altimétriques entre le 12/07/2021 et la référence (1996 hors zones de confortement)	53
Figure 3-4	Zonéographie des déplacements planimétriques entre le 12/07/2021 et la référence (1996 hors zones de confortement)	54
Figure 3-5	Zonéographie des déplacements altimétriques entre le 29/07/2020 et le 12/07/2021	55
Figure 3-6	Zonéographie des déplacements planimétriques entre le 29/07/2020 et le 12/07/2021	56
Figure 3-7	Cibles 2122 et 2221 - Evolution des mouvements altimétriques depuis l'origine	58
Figure 3-8	Déplacements altimétriques des cibles situées au voisinage du tassement 107 Ouest (TBH) – Ecarts constatés entre le relevé du 12/07/2021 et les altitudes de référence (extrait de la carte présentée en Figure 3-3 sans échelle)	59
Figure 3-9	Tassement du panneau 107 Ouest - Localisation des profils de piquets	59
Figure 3-10	Tassement du panneau 107 Ouest - Profil de piquets Est-Ouest - Evolution altimétrique depuis 2018 avec ajout des tassements des cibles	60
Figure 3-11	Tassement panneau 107 Ouest - Profil de piquets Nord-Sud - Evolution altimétrique depuis 2018 avec ajout des tassements des cibles	60
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)	62
Figure 3-13	Tassement 102 Est – Vitesse moyenne de tassement (en mm/an) des anciens piquets 24 à 32, actuellement 45 à 52	62
Figure 3-14	Localisation du profil de piquets en croix 100-101E	63
Figure 3-15	Courbe de suivi des écarts altimétriques – profil principal	64
Figure 3-16	Courbe de suivi des écarts altimétriques – profil quadrillé 1	64
Figure 3-17	Talus 115Est - suivi altimétrique des piquets	66
Figure 3-18	Talus 117Est - suivi altimétrique des piquets	66
Figure 3-19	Talus 101/102Ouest - suivi altimétrique des piquets	66
Figure 3-20	Talus 109/110Est - Suivi altimétrique des piquets	67

Figure 3-21	Talus 110/111Est - Suivi altimétrique des piquets	67
Figure 3-22	Talus Nord - Suivi altimétrique des piquets	68
Figure 3-23	Talus 112b (F/G) - Suivi altimétrique des piquets	68
Figure 3-24	Carte de localisation des désordres de surface constatés lors de l'inspection des crêtes de talus 2021	69
Figure 4-1	Station météo	72
Figure 4-2	Hauteurs moyennes mensuelles sur la période 1994-2021 comparées à la pluviométrie de 2021	73
Figure 4-3	Schéma des principaux points de surveillance des réseaux du CSM	75
Figure 4-4	Répartition des volumes des différents contributeurs au BDS et à la CMG	77
Figure 4-5	Corrélation entre les volumes mesurés au BRS0bis et la pluviométrie associée depuis 2012	80
Figure 4-6	Evolution des débits ponctuels hebdomadaires au BRS-OU en 2021	84
Figure 4-7	Comparaison des écoulements à la CMED et au BRS002 en 2021	87
Figure 4-8	BRS149 - Ecoulements en 2021	88
Figure 4-9	Évolution des écoulements au cours de l'année 2021 des 2 drains sous-membrane dont les volume annuels sont les plus élevés : D11/P112b et D14/P110Ouest	90
Figure 4-10	Évolutions des écoulements au cours de l'année 2021 des 4 drains sous membrane dont les volumes annuels sont de quelques centaines de litres (CD4/P101E – CD9 P111E – CD10 P112E – CD11 P113)	91
Figure 4-11	Bassin d'orage du CSM	96
Figure 4-12	Comparaison de la concentration en tritium dans la pluie et dans les eaux pluviales	97
Figure 4-13	Evolution de la concentration en ^{137}Cs dans les sédiments de la CMG depuis 2012	100
Figure 4-14	Schéma des rejets des effluents du CSM dans l'environnement	102
Figure 4-15	Evolution des relâchements αG et βG en fonction des volumes rejetés au BDS (2012-2021)	104
Figure 4-16	Evolution des relâchements en tritium en fonction des volumes rejetés au BDS (2012-2021)	105
Figure 4-17	Evolution de la concentration en nickel au point de contrôle BDS (2012-2021)	108
Figure 4-18	Evolution de la concentration mensuelle en tritium au point de contrôle RD12 (2012-2021) et des volumes collectés	112
Figure 4-19	Evolution des quantités rejetées en alpha, bêta et tritium au point BRS0 depuis 2012	115
Figure 4-20	Evolution des quantités relâchées en alpha, bêta et tritium au point BRS0bis depuis 2012	116
Figure 4-21	Evolutions des concentrations des toxiques prioritaires au point de contrôle BRS0 depuis 2012	118
Figure 5-1	Localisation des piézomètres	125
Figure 5-2	Cumuls mensuels de recharge calculés en PO164	130
Figure 5-3	Fluctuations piézométriques observées sur PO164	131
Figure 5-4	Carte piézométrique de hautes eaux (janvier 2021)	133
Figure 5-5	Carte piézométrique de basses eaux (octobre 2021)	134
Figure 5-6	Directions des écoulements de la nappe en 2021 (hautes eaux de janvier 2021)	135
Figure 5-7	Directions des écoulements de la nappe en 2021 (basses eaux d'octobre 2021)	135
Figure 5-8	Evolution de la nappe au droit des sondes d'attention	137
Figure 5-9	Piézomètres de la zone 1	138
Figure 5-10	Piézomètres de la zone 2	140
Figure 5-11	Evolution depuis 2000 de la moyenne des activités tritium moyennes de chaque piézomètre de la zone 2 en comparaison à la décroissance radioactive naturelle du tritium	142

Figure 5-12	Evolution de l'activité en tritium dans les piézomètres de la zone Sud-Ouest (zone 2) depuis 1996	143
Figure 5-13	Piézomètres de la zone 3	144
Figure 5-14	Evolution depuis 2000 de la moyenne des activités tritium moyennes de chaque piézomètre de la zone 3 en comparaison à la décroissance radioactive naturelle du tritium	146
Figure 5-15	Evolution de l'activité moyenne en tritium dans les piézomètres de la zone nord-est amont (zone 3) depuis 1996	148
Figure 5-16	Evolution de l'activité moyenne en tritium dans les piézomètres de la zone Nord-Est aval (zone 3) depuis 1996	148
Figure 5-17	Piézomètres de la zone 4	149
Figure 5-18	Evolution depuis 2000 de la moyenne des activités tritium moyennes de chaque piézomètre de la zone 4 en comparaison à la décroissance radioactive naturelle du tritium	151
Figure 5-19	Evolution de l'activité moyenne en tritium dans les piézomètres intérieurs de la zone nord-ouest (zone 4) depuis 1996	152
Figure 5-20	Evolution de l'activité moyenne en tritium dans les piézomètres extérieurs de la zone nord-ouest (zone 4) depuis 1996	153
Figure 5-21	Evolution de la concentration de manganèse dissous dans le PO168 depuis 2012	154
Figure 5-22	Piézomètres de la zone 5	155
Figure 5-23	Evolution depuis 2000 de la moyenne des activités tritium moyennes de chaque piézomètre de la zone 5 en comparaison à la décroissance radioactive naturelle du tritium	156
Figure 5-24	Evolution de l'activité moyenne en tritium dans les piézomètres de la zone Nord (zone 5) depuis 1996	157
Figure 5-25	Indicateur de l'évolution de l'activité moyenne en tritium dans les piézomètres au droit du Centre depuis 1996	158
Figure 5-26	Localisation des points de contrôle de l'eau des ruisseaux	160
Figure 5-27	Evolution de la concentration tritium au point de contrôle R3 depuis 2012	163
Figure 5-28	Évolution de l'activité 3H au point R3 avec et sans correction de la décroissance radioactive (année de référence 1996)	163
Figure 5-29	Evolution de la concentration moyenne annuelle en tritium dans le ruisseau de la Sainte-Hélène en R6 et R6-10 depuis 2012	166
Figure 5-30	Evolution de la concentration massique de ^{137}Cs en SR6 et SR6-10 depuis 2012	169
Figure 5-31	Localisation de la station de contrôle atmosphérique pluviomètre et points de prélèvements de végétaux	171
Figure 5-32	Activités en HTO mesurées dans l'air et tritium dans l'eau de pluie	173
Figure 5-33	Localisation des dosimètres, balises et préleveurs de site	175
Figure 5-34	Hauteurs de nappe en PO173	177
Figure 5-35	Evolution de la concentration volumique en tritium en fonction de la hauteur de nappe dans les piézomètres : PO171, PO172, PO173 et PZ326	178
Figure 6-1	Principe du modèle de calcul d'impact radiologique des rejets en mer	182
Figure 6-2	Principe du modèle de calcul d'impact radiologique des eaux de la Sainte-Hélène	188
Figure 6-3	Répartition des contributions des différentes voies d'atteinte à l'impact radiologique pour un adulte	189
Figure 7-1	Illustration de l'évaluation de l'état écologique	203
Figure 7-2	Localisation des points de prélèvement (IRX, DRX, MRX) pour les campagnes du suivi biologique des cours d'eau	211
Figure 9-1	Exemple de matériels utilisés sur le CSM	225

Tableaux

Tableau 2-1	Liste des principaux prestataires du CSM en 2021	39
Tableau 2-2	Tableau récapitulatif de la surveillance des prestataires du CSM pour 2021	42
Tableau 3-1	Suivi topographique des profils de piquets	49
Tableau 4-1	Moyennes, maximales et minimales des concentrations volumiques du suivi radiologique au point de contrôle PH1	74
Tableau 4-2	Bilan des volumes collectés aux deux exutoires du CSM et comparaison à la pluviométrie depuis 2012	76
Tableau 4-3	Répartition des volumes des différents réseaux alimentant la CMG et le BDS depuis 2012	77
Tableau 4-4	Comparaison des volumes du RD12 à la pluviométrie depuis 2012	78
Tableau 4-5	Comparaison des volumes du BRS0 et du BRS0bis à la pluviométrie depuis 2012	79
Tableau 4-6	Bilan 2021 des volumes transférés à Orano en provenance du BRS0bis	80
Tableau 4-7	Résultats des mesures de débits ponctuels des BRS des galeries ouest et centrale	83
Tableau 4-8	Résultats des mesures de débits ponctuels des BRS des galeries est et sud	85
Tableau 4-9	Répartition des contributions du BRS-OU et du BRS-ES au BRS0	86
Tableau 4-10	Evolution des volumes d'eaux recueillis par les drains sous-membrane de 2012 à 2021	89
Tableau 4-11	Volumes d'eau recueillis par les drains sous membrane présentant des écoulements entre 2011 et en 2021	90
Tableau 4-12	Ratio du drainage sous membrane/drainage sur membrane de 2011 à 2021	92
Tableau 4-13	Périodes de SDI et valeur des coefficients de restitution de la pluie par le drainage sur membrane	93
Tableau 4-14	Contribution des différents apports aux infiltrations sous-membrane : calcul de performance 2021	95
Tableau 4-15	Moyennes, maximales et minimales des concentrations volumiques du suivi radiologique au point de contrôle CMG	96
Tableau 4-16	Comparaison des limites réglementaires radiologiques et volumétriques aux résultats 2021 à la CMG	98
Tableau 4-17	Comparaison des limites réglementaires physico-chimiques aux résultats 2021 à la CMG	99
Tableau 4-18	Résultats des mesures de HAP sur les sédiments de la fosse de tranquillisation de la CMG	101
Tableau 4-19	Moyennes, maximales et minimales des concentrations volumiques du suivi radiologique au point de contrôle BDS	103
Tableau 4-20	Activités des différents réseaux contributeurs du BDS	105
Tableau 4-21	Comparaison des limites réglementaires radiologiques et volumétriques aux résultats 2021 au point de rejet BDS	106
Tableau 4-22	Comparaison des teneurs en éléments majeurs entre le BDS et les différents réseaux contributeurs	108
Tableau 4-23	Comparaison des limites réglementaires physico-chimiques aux résultats 2021 au BDS	109
Tableau 4-24	Moyennes, maximales et minimales des concentrations volumiques du suivi radiologique au point de contrôle RP300	110
Tableau 4-25	Moyennes, maximales et minimales des concentrations volumiques du suivi radiologique au point de contrôle RD12	112
Tableau 4-26	Moyennes, maximales et minimales des concentrations volumiques du suivi radiologique au point de contrôle BRS0	114
Tableau 4-27	Moyennes, maximales et minimales des concentrations volumiques du suivi radiologique au point de contrôle BRS0bis	116

Tableau 4-28	Résultats des mesures mensuelles du ^{14}C au point de contrôle BRS0bis	117
Tableau 4-29	Moyennes, maximales et minimales des concentrations volumiques du suivi radiologique au point de contrôle BRS-OU	119
Tableau 4-30	Moyennes, maximales et minimales des concentrations volumiques du suivi radiologique au point de contrôle BRS-ES	120
Tableau 4-31	Résultats des mesures des prélèvements ponctuels annuels au BRS002 et au BRS149	121
Tableau 5-1	Répartition des piézomètres par secteur et par type de surveillance	126
Tableau 5-2	Valeurs seuils des paramètres mesurés dans les eaux souterraines du CSM (selon arrêté 17 décembre 2008 [34])	128
Tableau 5-3	Suivi des déclenchements des sondes d'attention dans les piézomètres de suivi des eaux souterraines du CSM	138
Tableau 5-4	Indicateurs radiologiques des piézomètres de la zone 1	139
Tableau 5-5	Indicateurs radiologiques des piézomètres de la zone 2	140
Tableau 5-6	Présentation de la tendance tritium des piézomètres de la zone 2	142
Tableau 5-7	Indicateurs radiologiques des piézomètres de la zone 3	145
Tableau 5-8	Présentation de la tendance tritium des piézomètres de la zone 3	147
Tableau 5-9	Indicateurs radiologiques des piézomètres de la zone 4	150
Tableau 5-10	Présentation de la tendance tritium des piézomètres de la zone 4	151
Tableau 5-11	Indicateurs radiologiques des piézomètres de la zone 5	155
Tableau 5-12	Présentation de la tendance tritium des piézomètres de la zone 5	156
Tableau 5-13	Moyenne de l'activité volumique tritium dans les piézomètres depuis 2012	158
Tableau 5-14	Activités volumiques des eaux du ruisseau des Roteures	161
Tableau 5-15	Activités volumiques des eaux du ruisseau du Grand-Bel	162
Tableau 5-16	Activités volumiques des eaux du ruisseau de la Sainte-Hélène	165
Tableau 5-17	Moyennes annuelles des activités tritium en Bq/L aux points GPNE et R6 depuis 2012	166
Tableau 5-18	Résultats des mesures radiologiques des poussières atmosphériques	172
Tableau 5-19	Résultats des mesures de tritium atmosphérique	172
Tableau 5-20	Comparaison des mesures tritium au BRS0bis et au PO173	176
Tableau 5-21	Résultats des mesures complémentaires de recherches des radionucléides naturels dans le PO120 et PO161	179
Tableau 5-22	Régime mensuel de ventilation des galeries du RSGE	180
Tableau 6-1	Impact radiologique des rejets en mer pour un adulte	184
Tableau 6-2	Impact radiologique des rejets en mer pour un enfant de 10 ans	186
Tableau 6-3	Evolution des facteurs de surestimation des relâchements entre le modèle et les mesures	191
Tableau 6-4	Facteur de surestimation des relâchements par le modèle	192
Tableau 6-5	Tableau de synthèse des facteurs concourant à l'estimation des doses pour l'année 2021	194
Tableau 6-6	Résultats détaillés – Tableaux analytiques des facteurs concourant à l'estimation des doses pour l'année 2021	195
Tableau 7-1	Valeur limite de classement d'état des cours d'eau par éléments de qualité	203
Tableau 7-2	Normes de qualité environnementale selon les annexes 3 et 8 de l'arrêté modifié du 25 janvier 2010 [38]	204
Tableau 7-3	Classe de l'état par élément de qualité pour la Sainte-Hélène	205
Tableau 7-4	Légende de couleur illustrant la classe d'état physico -chimique	205
Tableau 7-5	Classe de l'état par substance chimique ayant une NQE pour la Sainte-Hélène	205
Tableau 7-6	Légende de couleur illustrant la classe d'état des polluants spécifiques	205
Tableau 7-7	Classe de l'état par élément de qualité pour le Grand Bel	206
Tableau 7-8	Légende de couleur illustrant la classe d'état la classe d'état physico – chimique	206
Tableau 7-9	Classe de l'état par substances chimiques ayant une NQE pour Le Grand Bel	207

Tableau 7-10	Légende de couleur illustrant la classe d'état des polluants spécifiques	207
Tableau 7-11	Classe de l'état par élément de qualité pour Les Roteures	208
Tableau 7-12	Légende de couleur illustrant la classe d'état physico -chimique	208
Tableau 7-13	Classe de l'état par substance chimique ayant une NQE pour Les Roteures	208
Tableau 7-14	Légende de couleur illustrant la classe d'état des polluants spécifiques	208
Tableau 7-15	Caractéristiques générales des stations	212
Tableau 7-16	Qualité biologique des ruisseaux du point de vue de l'indice I2M2	213
Tableau 7-17	Echelle de valeur EQR et son interprétation	213
Tableau 7-18	Qualité biologique des ruisseaux du point de vue de l'indice IBD en note /20 et en l'EQR	214
Tableau 7-19	Echelle de valeur IBD et son interprétation	214
Tableau 7-20	Echelle de valeur EQR et son interprétation	214
Tableau 7-21	Qualité trophique des ruisseaux du point de vue de l'indice IBMR en note /20 et en EQR	215
Tableau 7-22	Echelle de valeur IBMR et son interprétation	215
Tableau 7-23	Echelle de valeur EQR et son interprétation	215
Tableau 9-1	Matrice et points de contrôle associés à la surveillance radiologique et chimique	223
Tableau 9-2	Liste des matériels utilisés pour la réalisation des prélèvements et des mesures in situ	224
Tableau 9-3	Liste des laboratoires participant à la surveillance du CSM	226
Tableau 9-4	Liste des méthodes utilisées pour les mesures radiologiques	228
Tableau 9-5	Liste des méthodes utilisés pour les mesures physico-chimiques	229
Tableau 9-6	Rapports naturels des activités des isotopes de l'uranium	230
Tableau 9-7	Niveaux relatifs aux éléments et composés traces dans les sédiments	231
Tableau 9-8	Nombre de résultats importés sur le site du RNM par type matrice et type d'analyse	233
Tableau 9-9	Résultats des analyses radiologiques hebdomadaires des eaux de pluie collectées à la station atmosphérique du Centre	234
Tableau 9-10	Résultats des analyses radiologiques mensuelles des eaux de pluie collectées à la station atmosphérique du Centre	235
Tableau 9-11	Résultats des analyses physico-chimiques des eaux de pluie collectées à la station atmosphérique du Centre	235
Tableau 9-12	Résultats des analyses radiologiques des eaux pluviales à leur exutoire (CMG)	236
Tableau 9-13	Résultats des analyses radiologiques mensuelles des eaux pluviales à leur exutoire (CMG)	238
Tableau 9-14	Résultats des analyses radiologiques à bas seuil des eaux pluviales à leur exutoire (CMG)	239
Tableau 9-15	Suivi mensuel de la qualité chimiques des eaux pluviales à leur exutoire (CMG)	240
Tableau 9-16	Résultats des analyses physico-chimiques des eaux pluviales à leur exutoire (CMG)	241
Tableau 9-17	Résultats des analyses radiochimiques des sédiments de la fosse de tranquillisation de la CMG	242
Tableau 9-18	Résultats des analyses physico-chimiques des sédiments de la fosse de tranquillisation de la CMG	242
Tableau 9-19	Résultats des analyses radiologiques des effluents à risque à leur exutoire (BDS)	243
Tableau 9-20	Résultats des analyses radiologiques mensuelles des effluents à risques à leur exutoire (BDS)	244
Tableau 9-21	Résultats des analyses radiologiques à bas seuil des effluents à risques à leur exutoire (BDS)	245
Tableau 9-22	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)	246

Tableau 9-23	Résultats des analyses physico-chimiques des effluents à risque à leur exutoire (BDS)	247
Tableau 9-24	Résultats des analyses du nickel au BDS	248
Tableau 9-25	Résultats des analyses radiologiques des eaux de drainage de la couverture à l'exutoire RP300 (CMED)	248
Tableau 9-26	Résultats des analyses physico-chimiques des eaux de drainage de la couverture à l'exutoire RP300 (CMED)	249
Tableau 9-27	Résultats des analyses radiologiques mensuelles des effluents à l'exutoire du réseau de drainage profond (RD12)	250
Tableau 9-28	Résultats des analyses radiologiques hebdomadaires des effluents à l'exutoire du réseau de drainage profond (RD12)	251
Tableau 9-29	Résultats des analyses physico-chimiques des effluents à l'exutoire du réseau de drainage profond (RD12)	252
Tableau 9-30	Résultats des analyses radiologiques semestrielles des effluents du réseau de drainage profond aux 10 points de contrôle	252
Tableau 9-31	Résultats des analyses radiologiques des effluents à l'exutoire du RSGE (BRS0)	253
Tableau 9-32	Résultats des analyses radiologiques à bas seuil des effluents à l'exutoire du RSGE (BRS0)	254
Tableau 9-33	Résultats des analyses physico-chimiques des effluents à l'exutoire du RSGE (BRS0)	255
Tableau 9-34	Résultats des analyses radiologiques des effluents à l'exutoire du RSGEbis (BRS0bis)	256
Tableau 9-35	Résultats des analyses physico-chimiques des vidanges de cuves des «effluents à risque» au BRS0bis	257
Tableau 9-36	Résultats des mesures de débits et des analyses radiologiques des effluents du RSGE au point exutoire de la branche ouest	258
Tableau 9-37	Résultats des analyses radiologiques annuelles aux BRS situés dans la galerie ouest	259
Tableau 9-38	Résultats des analyses radiologiques annuelles aux BRS situés dans la galerie centrale	259
Tableau 9-39	Résultats des mesures de débits et des analyses radiologiques des effluents du RSGE au point exutoire de la branche est	260
Tableau 9-40	Résultats des analyses radiologiques annuelles aux BRS situés dans la galerie est et sud	261
Tableau 9-41	Résultats des analyses radiologiques courantes des eaux souterraines sous-jacentes au Centre	262
Tableau 9-42	Résultats des analyses radiologiques courantes des eaux souterraines extérieures au Centre	266
Tableau 9-43	Résultats des analyses radiologiques courantes des eaux souterraines extérieures issus d'EVT-7 et volume pompé	270
Tableau 9-44	Calcul des ordres de grandeurs caractérisant les piézomètres du CSM	271
Tableau 9-45	Résultats des analyses radiologiques annuelles à bas seuils par spectrométrie gamma des eaux souterraines	272
Tableau 9-46	Résultats des analyses radiologiques annuelles à bas seuils par scintillation liquide des eaux souterraines	273
Tableau 9-47	Résultats des analyses physico-chimiques semestrielles des eaux souterraines de la zone 1	274
Tableau 9-48	Résultats des analyses physico-chimiques semestrielles des eaux souterraines de la zone 2	275
Tableau 9-49	Résultats des analyses physico-chimiques semestrielles des eaux souterraines de la zone 3	276
Tableau 9-50	Résultats des analyses physico-chimiques semestrielles des eaux souterraines de la zone 4	277
Tableau 9-51	Résultats des analyses radiologiques courantes hebdomadaires des eaux des Roteures au point de contrôle R1	278

Tableau 9-52 Résultats des analyses radiologiques courantes hebdomadaires des eaux des Roteures au point de contrôle R1-10 279
Tableau 9-53 Résultats des analyses physico-chimiques des eaux des Roteures (R1) et des eaux du Grand Bel (R3) 280
Tableau 9-54 Résultats des analyses radiologiques courantes hebdomadaires des eaux du Grand-Bel au point de contrôle R3 281
Tableau 9-55 Résultats des analyses radiologiques courantes hebdomadaires des eaux de la Sainte-Hélène au point de contrôle R6 282
Tableau 9-56 Résultats des analyses radiologiques courantes hebdomadaires des eaux à la confluence du Grand-Bel et de la Sainte-Hélène au point de contrôle R6-10 283
Tableau 9-57 Résultats des analyses radiologiques à bas seuil des eaux et des sédiments de la Sainte-Hélène aux points R6, R6-10 et SR6-10 284
Tableau 9-58 Résultats des analyses radiologiques courantes bimensuelles au point de contrôle GPNE (source de la Sainte-Hélène) 285
Tableau 9-59 Résultats des analyses physico-chimiques des eaux de la Sainte Hélène en R6 et R6-10 286
Tableau 9-60 Résultats des analyses radiologiques des sédiments aux points de contrôle SR3, SR6 et SR6-10 287
Tableau 9-61 Résultats semestriels des analyses physico-chimiques des sédiments des ruisseaux 288
Tableau 9-62 Résultats des analyses radiologiques des poussières dans l'air atmosphérique 289
Tableau 9-63 Résultats des mesures complémentaires gamma sur les filtres ayant une valeur bêta global supérieur à 2mBq/m^3 291
Tableau 9-64 Résultats des analyses de tritium global dans l'air et sous forme de vapeur d'eau (HTO) et gazeuse (HT) 292
Tableau 9-65 Résultats des analyses par spectrométrie gamma des végétaux de la couverture du CSM 293
Tableau 9-66 Résultats des mesures du rayonnement ambiant 294
Tableau 9-67 Résultats des mesures de radon atmosphériques 294

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] Décision n° 2016-DC-0569 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 29 septembre 2016 modifiant la décision n°2013-DC-0360 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 16 juillet 2013 relative à la maîtrise des nuisances et de l'impact sur la santé et l'environnement des installations nucléaires de base

[5] 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

[6] Dossier de demande d'autorisation de passage en phase de surveillance (SURRPADCS98003) Dossier d'enquête publique 700DO05-03

[7] Centre de stockage de la Manche (INB 66) – Année 2020 – Rapport environnemental et bilan annuel de la surveillance du Centre et de son environnement EXPBIACSM210001 – avril 2021

[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] 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)

[10] ENVPRACSM98004 - Plan réglementaire de la surveillance Centre de la Manche (INB 66) - Plan réglementaire de surveillance radiologique du Centre et de son environnement

[11] SURRPADCS97006 - Dossier de demande d'autorisation de rejets

[12] 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

[13] Décret n°2007-1557 du 2 novembre 2007 relatif aux installations nucléaires de base et au contrôle, en matière de sûreté nucléaire, du transport de substances radioactives

[14] Décision n° 2013-DC-0386 de l'ASN 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 nos 66 et 149) au regard de l'accident survenu à la centrale nucléaire de Fukushima Daiichi

[15] Décision n° 2017-DC-0616 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 30 novembre 2017 relative aux modifications notables des installations nucléaires de base

[16] EXPNTACSM210006 – Demande de modification notable relative à la mise à jour de l'étude d'impact du Centre de stockage de la Manche

[17] ENVNTACSM210005 – Etude d'Impact du Centre de Stockage de la Manche (INB n°66)

[18] 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, N° 12

[19] Arrêté du 28 juin 2021 relatif aux pôles de compétence en radioprotection

[20] QUARGEACSM170039 - Règles générales d'exploitation du Centre de stockage de la Manche (INB n°66)

[21] SECPRACSM980006 - Plan d'urgence interne du CSM

[22] 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

[23] QUAPRADCS995034 - Procédure de déclaration ou d'information d'évènement concernant un centre de stockage géré par la DOI

[24] 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 (UP2-400), 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)

[25] SURNTACSM200022 - Réflexions relatives au comportement hydraulique des BRS des galeries du CSM

[26] SURRPACSM080017 - Rapport définitif de sûreté du Centre de stockage de la Manche en phase de surveillance

[27] EXPBIACSM180001 - CSM (INB n°66) – Année 2017 – Rapport environnemental et bilan annuel de la surveillance du Centre et de son environnement

[28] EXPCNACSM120037 - 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 – EXPCNACSM120037

[29] 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

[30] Fiche radionucléide : Césium 137 et environnement, IRSN

[31] Bilan de l'état radiologique de l'environnement français de 2018 à 2020 – rapport de l'IRSN

[32] Courrier DISEF/DIR/20-0094 - CSM (INB n°66) – Instruction du réexamen de sûreté – Réponses aux questions relatives à la surveillance du Centre

[33] 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

[34] 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

[35] EXPBIACSM210001 - CSM (INB n°66) – Rapport environnemental et bilan annuel de la surveillance du Centre et de son environnement – Année 2020

[36] Arrêté du 12 mai 2004 fixant les modalités de contrôle de la qualité radiologique des eaux destinées à la consommation humaine

[37] SURRPACSM200042 - Rapport de sûreté 2021 du Centre de stockage de la Manche (INB n°66) - Partie III : Démonstration de sûreté - Volume VI : Maitrise des risques présentés par l'INB en phase de démantèlement-fermeture

[38] Arrêté du 25 janvier 2010 modifié par l'arrêté du 27 juillet 2015 et l'arrêté du 27 juillet 2018 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

[39] Directive n° 2000/60/CE du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau

[40] 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

[41] Les prélèvements d'air - Guide méthodologique inter-exploitants relatif à la qualité des prélèvements pour les mesures de radioactivité dans l'environnement, Andra, Areva, CEA, EDF, Marine Nationale, octobre 2011

[42] NF EN ISO 5667-3 – juin 2018 - Qualité de l'eau - Échantillonnage - Partie 3 : conservation et manipulation des échantillons d'eau

[43] NF EN ISO 18589-2 – mars 2018 - Mesurage de la radioactivité dans l'environnement- Sol – Partie 2 : Lignes directrices pour la sélection de la stratégie d'échantillonnage, l'échantillonnage et le prétraitement des échantillons

[44] 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

[45] Décision n°2008-DC-0099 modifiée 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

[46] ENVCNADAA170033 - Protocole d'échanges de données en matière de surveillance d'Orano Recyclage La Hague-Andra convention n° 2001-01