



Tableau 6 : Détermination de la valeur de référence hors influence minière pour les sédiments.

Localisation :		Ruisseau Le Chapelain							Statistiques Référence hors influence minière		
Position hydrologique :		Référence amont sites miniers (hors influence minière)									
Cadre de l'analyse		Suivi Orano					Contrôle IRSN				
Nom de l'échantillon		CHAP A					56S_CHA_A				
Date :		oct.-12	sept.-17	juil.-18	oct.-18	mars-19	juin-19	2015	Borne basse		Borne haute
Paramètres	Unité								min.	moy.	max.
Analyses radiologiques											
Uranium 238	Bq/kg MS	<25	60	40	20	70	36,6	<130	20	55	130
Radium 226	Bq/kg MS	<15	40	60	60	44	59,1	140	15	60	140
Analyses chimiques											
Arsenic (As)	mg/kg MS	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	5,97	n.a	5,97	5,97	5,97
Baryum (Ba)	mg/kg MS	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	522	n.a	522	522	522
Cadmium (Cd)	mg/kg MS	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	<4	n.a	<4	<4	<4
Chrome (Cr)	mg/kg MS	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	17	n.a	17,0	17,0	17,0
Cuivre (Cu)	mg/kg MS	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	<4	n.a	<4	<4	<4
Fer (Fe)	mg/kg MS	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	7 320	n.a	7 320	7 320	7 320
Mercure (Hg)	mg/kg MS	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	<1	n.a	<1	<1	<1
Manganèse (Mn)	mg/kg MS	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	108	n.a	108	108	108
Nickel (Ni)	mg/kg MS	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	5,61	n.a	5,61	5,61	5,61
Plomb (Pb)	mg/kg MS	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	25,4	n.a	25,4	25,4	25,4
Zinc (Zn)	mg/kg MS	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	45,9	n.a	45,9	45,9	45,9

Légende

n.a : substance non analysée

<0,1 : substance non détectée (valeur inférieure à la LQI du laboratoire)

en gras : valeurs supérieures à la LQI du laboratoire

Remarque : pour les analyses réalisées par Orano, les concentrations en éléments traces métalliques sont exprimées en métaux totaux (fraction dissoute + matières en suspension).

Les valeurs retenues sont cohérentes avec les données issues de la bibliographie qui indiquent que dans des conditions géologiques proches, les sédiments peuvent contenir des activités plus importantes que celles retrouvées en amont :

- L'IRSN [21] indique que les sédiments de rivières du massif central (dans un contexte similaire au site d'étude) peuvent présenter des concentrations en uranium jusqu'à 59 mg/kg (soit une activité de 730 Bq/kg).
- Dans son rapport de second niveau réalisés sur les anciens sites miniers du Finistère et du Morbihan en 2015 [7], l'IRSN précise qu'il dispose désormais de suffisamment de données issues des missions de terrain effectuées dans le cadre du programme MIMAUSA pour caractériser plus précisément le bruit de fond pour les sédiments autour de 200 Bq/kg pour chacun des radionucléides de la chaîne de l'uranium 238.
- Par ailleurs, dans le milieu naturel non impacté, le rapport isotopique $^{226}\text{Ra}/^{238}\text{U}$ est généralement voisin de 1. Ainsi de fortes activités massiques accompagnées d'un déséquilibre ($^{226}\text{Ra} / ^{238}\text{U} \ll 1$) pourront probablement être reliées à une influence minière.

Aucune autre donnée de référence n'est disponible pour le milieu sédiments.



6.7.2 Valeurs de gestion pour l'Homme

La valeur guide appliquée dans le cadre du suivi réglementaire du bassin versant de l'ancienne Division Minière de la Couzille et gérée par Orano peut être utilisée.

Il s'agit de l'arrêté préfectoral 2003-2552 du 31/12/2003, fixant ainsi pour les sédiments du bassin versant « Ritord - Couze - Saint Pardoux » une valeur seuil de **3700 Bq/kg** de matière sèche en uranium total. Au-delà de cette valeur, la mise en place de mesures de gestion doit être étudiée (réalisation d'un plan de gestion).

Aucune valeur de gestion n'existe pour le radium ni pour les éléments traces métalliques dans les sédiments.

6.8 Milieu air ambiant

La dégradation de la qualité du milieu air ambiant peut être causée par :

- La présence dans l'air de particules en suspension (empoussièrement) ;
- La présence dans l'air de substances volatiles (gaz, notamment le radon 222, gaz naturel produit par la dégradation du radium 226).

En l'absence d'usages et de bâtiment (absence de milieu confiné), le site ne présente pas de risque d'accumulation de radon).

Aucune investigation n'a été réalisée sur ce milieu. Aucune valeur de référence n'a été fixée dans le cadre de cette étude.

Par ailleurs, compte-tenu de la présence d'un couvert végétal au droit de l'ancien carreau minier (zone boisée) limitant l'érosion des sols superficiels et l'envol de poussières, et de l'absence d'usages recensés sur site, aucune investigation n'a été réalisée sur les particules en suspension dans l'air.

6.9 Denrées alimentaires

Les denrées alimentaires consommées peuvent être d'origine végétale (issues d'une culture ou bien de cueillette sauvage) et d'origine animale (issues d'élevage, de la chasse ou de la pêche).

Aucun usage sensible de type production agricole ou élevage n'a été recensé au droit de la zone à stériles qui est difficilement accessible ou au droit des zones du plan compteur présentant des valeurs un peu plus élevées.

Une partie des anciennes galeries se situe à l'aplomb d'un champ cultivé. Le plan compteur n'indiquant pas d'anomalies sur la zone cultivée, aucun prélèvement n'a été réalisé sur ce milieu. Aussi, aucune valeur de référence n'a été définie pour ce milieu dans le cadre de cette étude.

A noter que l'IEM est une démarche progressive : à ce stade, un prélèvement de sol a été réalisé à proximité immédiate du champ cultivé (parcelle ZD41) au niveau d'une zone du plan compteur présentant des valeurs un peu plus élevées (à proximité de l'ouvrage au jour). Les résultats sont présentés au **Paragraphe 7.2**.



6.10 Valeurs de référence pour l'Environnement

6.10.1 Valeurs NQE

Les 'NQE' sont issues de l'Arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface. Ces valeurs permettent d'évaluer l'état chimique d'une masse d'eau pour laquelle des objectifs sont fixés dans le cadre des SDAGE, Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux.

Précédemment, les valeurs SEQ-eaux permettaient d'apporter des précisions sur la qualité chimique en fonction de l'usage. Mais leur utilisation a été abandonnée progressivement (suite mise en place directive eau DCE/2000).

Concernant l'interprétation de la qualité des eaux souterraines, dans un premier temps, la priorité a été donnée à la comparaison amont / aval.

La comparaison aux 'NQE' est donc réalisée en second lieu et à titre indicatif.

Les valeurs références 'NQE' sont synthétisées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 7 : Synthèse des valeurs NQE pour la qualité des eaux superficielles.

Paramètres	Unité	NQE		
		NQE en moyenne annuelle - eaux douces de surface	NQE en moyenne annuelle - eaux de surfaces intérieures	NQE en concentration max. admissible - eaux de surface intérieures
Analyses radiologiques				
Uranium 238	µg/L	/	/	/
Radium 226	Bq/L	/	/	/
Analyses chimiques				
Arsenic (As)	µg/L	0,83		
Baryum (Ba)	µg/L			
Cadmium (Cd)	µg/L		0,08 - 0,25	0,45 - 1,5
Chrome (Cr)	µg/L	3,4		
Cuivre (Cu)	µg/L	1		
Fer (Fe)	µg/L			
Mercure (Hg)	µg/L			0,07
Manganèse (Mn)	µg/L			
Nickel (Ni)	µg/L		4	34
Plomb (Pb)	µg/L		1,2	14
Zinc (Zn)	µg/L	7,8		



6.10.2 Qualité hydro-écologique

De manière à évaluer l'impact potentiel du site sur les milieux aquatiques naturels, un diagnostic de la qualité hydroécologique des milieux aquatiques sur la méthode des indices biologiques est réalisé dans une logique de comparaison amont / aval par rapport au site.

L'objectif de cette étude est de réaliser, en amont et en aval de l'ancien site minier, les quatre principaux indicateurs biologiques utilisés dans le cadre des suivis nationaux de la qualité biologique des eaux de surfaces de type cours d'eau à savoir :

- L'Indice Biologique Diatomique ou IBD (norme NF T90-354),
- L'Indice Biologique Macrophytes Rivières ou IBMR (norme NF T90-395),
- Un indice Macroinvertébrés Petits Cours d'Eau ou MPCE avec calcul de l'Indice Invertébrés Multi-Métriques ou I2M2 (normes NF T90-333 phase terrain et XP T90-388 phase laboratoire),
- L'Indice Poisson Rivière ou IPR (norme NF T90-344),

Ces méthodes permettent de mesurer le potentiel biologique et d'évaluer l'état de l'écosystème aquatique du lit mineur d'un cours d'eau.

La détermination de la qualité biologique est basée sur l'étude des macro-invertébrés benthiques, colonisant la surface et les premiers centimètres des sédiments immergés de la rivière et dont la taille est supérieure ou égale à 500 µm.

Ce peuplement intègre dans sa structure toute modification, même temporaire, de son environnement (perturbation, physico-chimique ou biologique d'origine naturelle ou anthropique). Il constitue un maillon essentiel de la chaîne trophique de l'écosystème aquatique.

Cette étude hydrobiologique a été menée par Hydrosphère en 2020 [18] sur deux points, un point référence en amont et un point en aval, sur le cours d'eau récepteur des eaux potentiellement en provenance du site (ruisseau de Kernevez).

Les notes obtenues pour chaque indice sur la station aval sont comparées aux notes obtenues en amont station référence). Cette comparaison ne peut se faire que sur le même cours d'eau et lors de la même campagne. C'est donc un aperçu ponctuel et instantané de l'évolution de la qualité hydroécologique des milieux aquatiques sur le tronçon d'un même cours d'eau.

La synthèse de ce diagnostic écologique est présenté en **Annexe 12**.



6.11 Synthèse des valeurs références

La synthèse des valeurs références qui ont été discutées et présentées dans les paragraphes précédents sont présentées en page suivante.

Tableau 8 : Synthèse des valeurs références retenues pour les différents milieux d'expositions.

Milieux	SOLS			EAUX SUPERFICIELLES			SEDIMENTS		
	ELT		VG	Référence hors influence minière		VG	Référence hors influence minière		VG
	Borne basse	Borne haute		Borne basse	Borne haute		Borne basse	Borne haute	
Paramètres radiologiques	(en Bq/kg MS)			(en µg/L pour l'U en Bq/L pour le Ra)			(en Bq/kg MS)		
Uranium 238	52,07	à 58,1	1 000	0,87	à 5,9	30	20	à 130	3 700
Radium 226	83	à 85	-	<0,01	à 0,18	0,5	15	à 140	-
Paramètres chimiques	(en mg/kg MS)			(en µg/L)			(en mg/kg MS)		
Arsenic (As)	6,0	à 7,6	-		<10	100		5,97	-
Baryum (Ba)	292	à 319	-		21	1 000		522	-
Cadmium (Cd)	<1	à <1	-		<10	5		<4	-
Chrome (Cr)	17,7	à 28,2	-		<10	50		17	-
Cuivre (Cu)	5,7	à 12,0	-		<10	2 000		<4	-
Fer (Fe)	11 900	à 16 400	-		280	-		7 320	-
Mercuré (Hg)	<1	à <1	-		<0,5	1		<1	-
Manganèse (Mn)	121,0	à 425,0	-		<10	-		108	-
Nickel (Ni)	7,3	à 10,2	-		<10	20		5,61	-
Plomb (Pb)	23,0	à 28,8	100 / 300		<10	50		25,4	-
Zinc (Zn)	60,8	à 66,1	-		<10	5 000		45,9	-

ELT : environnement local témoin
VG : valeur de gestion



7 SYNTHÈSE DE L'ÉTAT DES MILIEUX

7.1 Plan compteur et calcul de la DEAA

Plusieurs campagnes de mesures radiométriques ont été réalisées sur le site de Kerjean :

- En 1994, par AREVA après les travaux de réaménagement du site dans le cadre du dossier de délaissement [4], par mesures à l'aide d'un SPP2 à 1 mètre du sol (surface concernée : emprise des travaux miniers) ;
- En 2009, par l'IRSN dans le cadre des contrôles radiologiques de niveau 1 des anciens sites miniers d'uranium de Bretagne [4] par mesures radiométriques à environ 50 cm du sol à l'aide d'une sonde gamma et X très bas flux couplée à un radiamètre ;
- En 2011, par Areva Mines dans le cadre des visites d'état des lieux du bilan environnemental [6], par mesures à l'aide d'un SPP γ à 1 mètre du sol et sonde non collimatée ;
- En 2012, par Algade, dans le cadre du recensement des stériles miniers [10] et de la vérification au sol des zones singulières mises en évidence lors du survol aérien réalisé en 2011, par mesures à l'aide d'un SPP γ à 1 mètre du sol ;
- En 2020, lors des prélèvements réalisés par Orano dans le cadre de la présente étude, par mesures radiométriques à environ 1 m du sol à l'aide d'une sonde SPP γ ;

La synthèse des différents relevés radiométriques est présentée dans le tableau en page suivante.

D'après le plan compteur réalisé en 1994 après réaménagement du site dans le cadre de la déclaration de délaissement (au SPP γ), les valeurs mesurées à 1 mètre sont comprises entre 80 et 550 chocs/s avec une moyenne de 180 chocs/s.

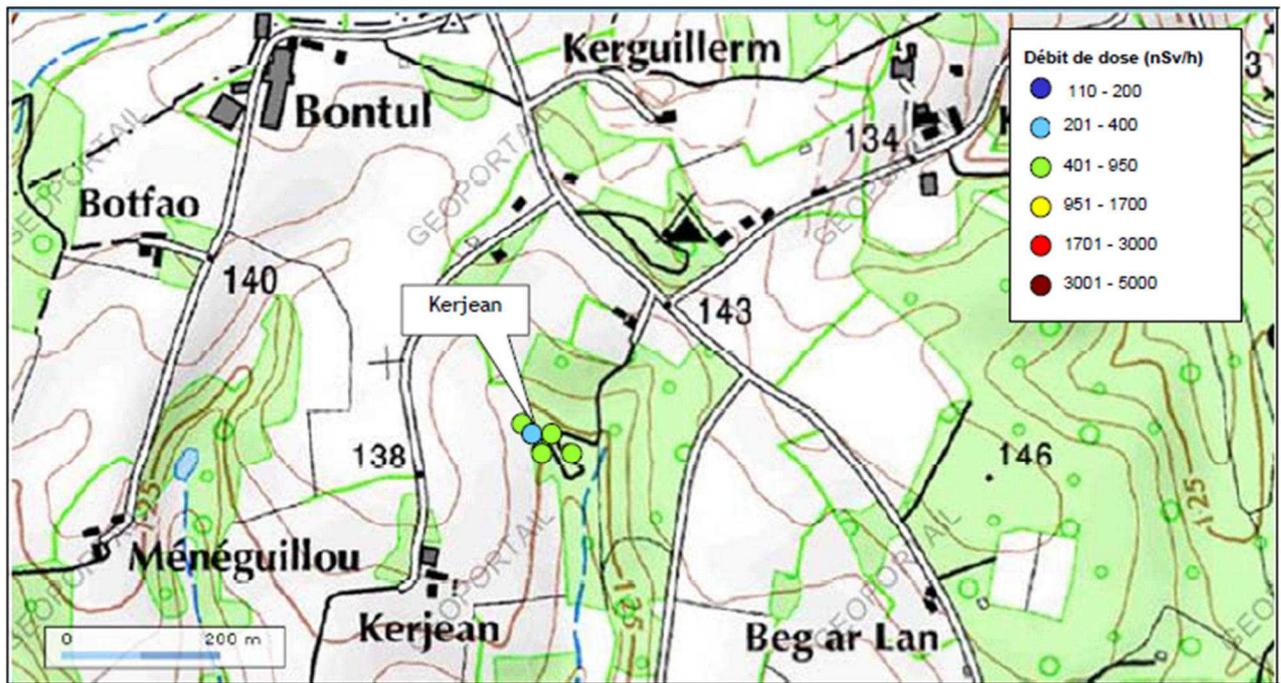
Les mesures radiométriques de surface (à 50 cm) réalisées sur les zones parcourues par l'IRSN en 2009 indiquent des débits de dose compris entre 250 et 723 nSv/h. L'emplacement de l'ancien puits présentait des débits de dose de l'ordre de 250 à 476 nSv/h. A proximité de la verse à stériles, les valeurs sont comprises entre 450 et 600 nSv/h (compte tenu de la densité de la végétation, aucune mesure n'a été réalisée directement sur la verse).

Ce site n'a pas été sélectionné par l'IRSN dans le cadre des contrôles de second niveau de 2015 [7]. En effet, parmi les critères retenus, deux sont apparus déterminants lors de l'analyse des données disponibles à savoir : l'usage, les niveaux radiométriques (exposition externe) et/ou radiologiques (radioactivité des eaux, des solides) ou une combinaison des deux. Ainsi, le site de Kerjean n'a pas été sélectionné.

La figure en page suivante présente la localisation des résultats de mesures radiométriques de surface réalisée par l'IRSN en 2009.



Figure 12 : Localisation des résultats de mesures radiométriques de surface (à 50 cm) réalisées sur le site de Kerjean (Source : IRSN [4]).



Les valeurs mesurées en 2011 par Areva Mines dans le cadre des visites de terrain sont comprises entre 120 et 750 chocs/s. Au droit de la verse à stériles, les mesures réalisées à 1 mètre du sol sont comprises entre 250 et 750 chocs/s.

La synthèse des relevés radiométriques est présentée dans le tableau suivant.

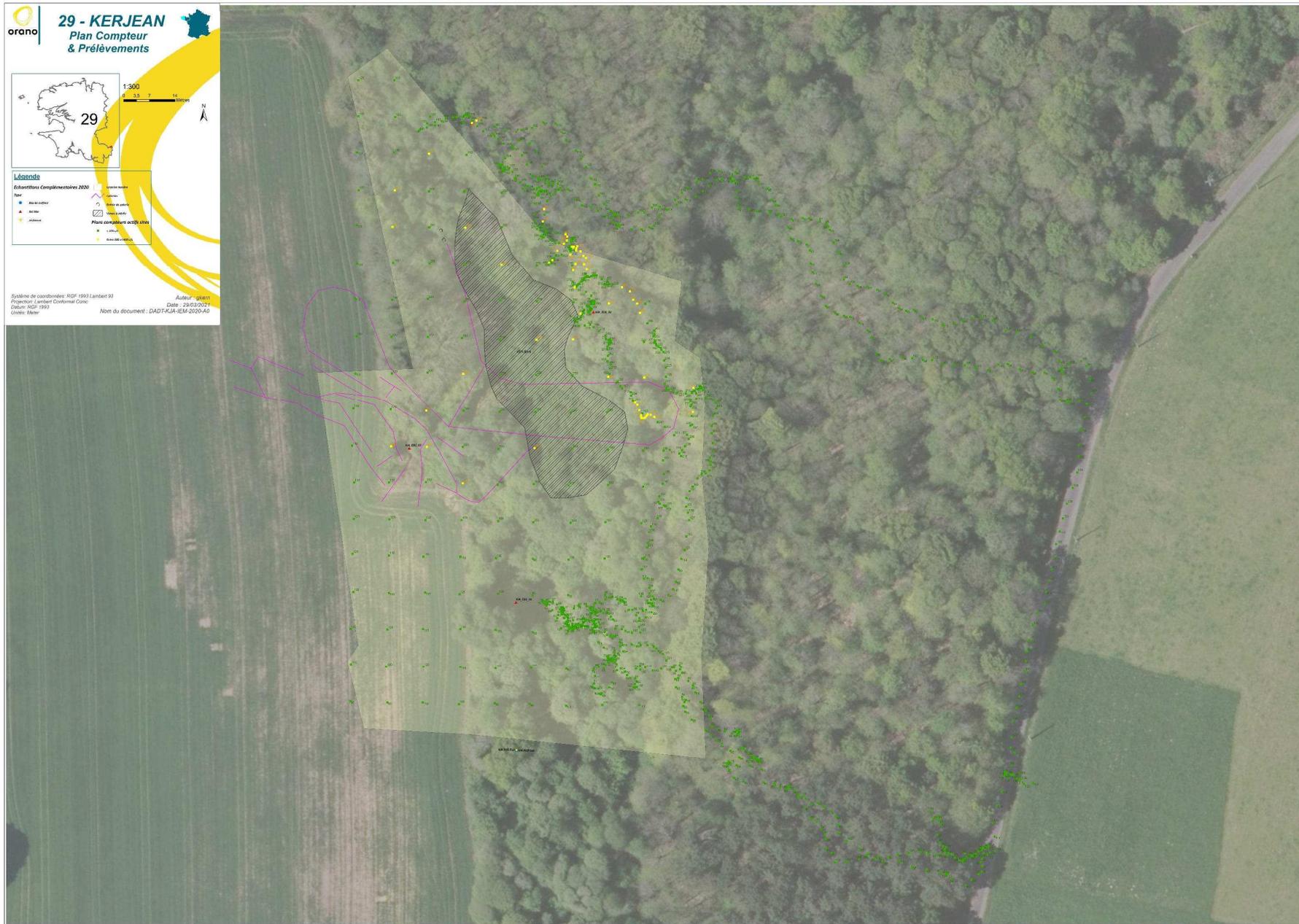


Tableau 9 : Synthèse des relevés radiométriques sur le site de Kerjean.

Zone investiguée	Après réaménagement AREVA 1994 (chocs/s à 1 m du sol)	Visite de terrain IRSN 2009 (nSv/h à 50 cm du sol)	Visite état des lieux AREVA 2011 (chocs/s à 1 m du sol)	Contrôle au sol Algade 2012 (chocs/s à 1 m du sol)	DADT Orano 2020 (chocs/s à 1 m du sol)
<i>Bruit de fond</i>	-	100 à 200	100 à 120	90	-
Emprise des travaux miniers	80 à 550 (moyenne de 190)	-	120 à 750	-	Minimum : 41 Maximum : 509 Moyenne : 136
Au niveau de l'ancien puits (surface concernée de 6 à 10 m ²)	-	250 à 476	-	-	-
Le long de l'ancien chemin d'accès à proximité du site	-	450 à 723	-	110 à 520 (moyenne 150)	-
Sur le chemin d'accès en s'éloignant du site vers le nord jusqu'à la parcelle avec habitation et pré pour pâturage (présence d'ovins)	-	Environ 200 (bruit de fond)	-		
A proximité des verses à stériles	-	450 à 612	-	-	-

Le plan compteur global du site est présenté en page suivante et en **Annexe 4**.

Figure 13 : Plan compteur après réaménagement du site du Sulliado (source : Orano [11]).





L'ensemble des données radiométriques relevées au cours des différentes investigations sont du même ordre de grandeur. **Ces mesures sont cohérentes avec les valeurs mesurées en 2020 dans le cadre de la présente étude (valeurs comprises entre 40 et 510 chocs/s).**

Aucune anomalie n'a été relevée dans le long de la route.

La valeur d'ELT retenue pour les débits de dose du plan compteur est de 0,120 Sv/h (soit 120 nSv/h).

Ainsi, la majorité des débits de dose mesurés sur le site est de l'ordre de grandeur de l'Environnement Local Témoin (ELT) ou légèrement supérieurs une moyenne de 0,14 μ Sv/h.

Sur l'emprise minière, les débits de doses les plus élevés, et supérieurs à la valeur d'ELT, sont situés :

- En bordure de l'ancienne verse à stériles, compris entre 0,3 et 0,75 μ Sv/h,
- Ainsi qu'à proximité de l'ancien montage compris entre 0,41 et 0,48 μ Sv/h.

Ces marquages sont délimités.

Ces dépassements de l'ELT sont constatés au droit de zones sans usages (zone boisée à végétation dense et dépourvue de chemin). Certains sont situés au niveau de l'ancien puits de montage dans la zone boisée à proximité immédiate du champ. Cependant, il n'y a pas de chemin dans cette zone qui est considérée sans usage car peu accessible. **Compte-tenu de l'absence d'usage au droit de ces zones, aucun calcul de dose n'a été réalisé sur l'emprise minière.**

Au niveau du champ cultivé, les débits de dose sont compris entre 0,1 et 0,17 μ Sv/h soit de l'ordre de grandeur de l'ELT ou bien très légèrement supérieur. En bordure de route, les débits de dose sont compris entre 0,1 et 0,13 μ Sv/h soit de l'ordre de grandeur de l'ELT. Aussi, aucun calcul de dose n'apparaît nécessaire.

En 2012, Algade a réalisé un balayage au sol sur et en dehors de l'emprise minière au droit de l'ancien chemin d'accès au Nord, dans le cadre de la vérification au sol de zones singulières. Les valeurs mesurées sont comprises entre 110 et 520 chocs/s avec une moyenne de 150 chocs/s. Ce chemin est devenu l'entrée d'une habitation fermée. La valeur maximale a été relevée dans le bois situé derrière l'habitation. Lors de ce relevé, l'ancienne emprise minière était déjà quasiment inaccessible depuis le hameau de Kerguillerm compte-tenu de la végétation très dense, confirmant le constat fait lors de la visite du site en décembre 2020.

Compte-tenu d'un dépassement plus notable de l'ELT au niveau de ce chemin (valeur maximale relevée en 2009 par l'IRSN), un calcul de dose est réalisé dans le cadre de cette étude selon la méthodologie Orano [20], selon les usages identifiés.

Le scénario retenu est de type chemin (type 1), avec un budget temps de 400 h/an.

Le débit d'équivalent de dose milieu naturel retenu est la valeur de l'ELT défini dans le cadre de cette étude (120 nSv/h).



Le tableau suivant présente le bilan de ce calcul de dose avec la présentation de la DEAA moyenne et de la DEAA maximale. A noter que ce calcul a été réalisé dans une approche sécuritaire, l'accès au site par ce chemin étant difficile compte-tenu de la végétation dense et que les valeurs mesurées par l'IRSN sur le chemin d'accès en s'éloignant du site vers le Nord et du pré pour pâturage étant de l'ordre de 0,2 $\mu\text{Sv/h}$ soit proche de la valeur d'ELT (0.12 $\mu\text{Sv/h}$).

Il apparaît que les DEAA moyenne et maximale sont strictement inférieures à 1 mSv/an.

Pour rappel, ces calculs de dose réalisés selon la méthodologie Orano présentée au paragraphe 6, prennent en compte l'exposition externe et l'ingestion de sol sur la base de différents scénarii d'exposition (habitation, route ou chemin).

La synthèse des calculs de dose réalisés dans le cadre de cette étude est présentée dans le tableau suivant.

Tableau 10 : Calculs de dose (DEAA) sur le chemin de l'habitation au Nord (ancien chemin d'accès au site).

Localisation	Scénario	DED en $\mu\text{Sv/h}$		Calcul de dose mSv/an	
		moyen	max.	DEAA moy.	DEAA max.
Ancien chemin d'accès au site	Type 1 – Chemin	0,130	0,606	0,09	0,43

Légende : DED : débit d'équivalent de dose à 1 mètre du sol.

-  DEAA < 1 mSv/an et DEAA maximale < 1 mSv/an
-  DEAA < 1 mSv/an, DEAA maximale > 1 mSv/an
-  DEAA > 1 mSv/an

Les résultats sont conformes aux doses efficaces ajoutées annuelles moyenne et maximale calculées par Algade dans le cadre des contrôles au sol de 2012. Aucune action complémentaire n'apparaît nécessaire au regard des usages constatés.



7.2 État du milieu sols

Des investigations sur les sols ont été réalisées en 2020 par Orano dans le cadre de la présente étude.

Les échantillons ont été réalisés au niveau de différents points d'intérêts, à savoir :

- Échantillon « KJA-ESIS-01 » réalisé au Sud de la verse à stériles, au niveau de la zone humide entre le champ cultivé et le fossé qui draine une grande partie des eaux de l'ancien carreau minier ;
- Échantillon « KJA-ESIS-02 » au pied de la verse à stériles au droit d'une zone du plan compteur présentant des valeurs légèrement plus élevées ;
- Échantillon « KJA-ESIS-03 » en bordure du champ, à proximité de l'ouvrage au jour, au niveau d'une zone du plan compteur présentant des valeurs plus élevées.

La localisation des différents points de prélèvements est présentée en **Annexe 5**.

Les bordereaux d'analyses des prélèvements réalisés en 2020 sont présentés en **Annexe 6**.

Le tableau ci-après présente la synthèse des résultats d'analyses obtenus sur ces prélèvements comparés aux valeurs références définies pour le site de Kerjean.

Tableau 11 : Résultats d'analyses des sols prélevés sur l'emprise de l'ancien site minier de Kerjean.

Nom de l'échantillon					KJA-ESIS-01	KJA-ESIS-02	KJA-ESIS-03	RMQS (maille n°660)
Localisation :					Sur site			
Date :					juin-20	juin-20	déc.-20	
Paramètres	Unité	ELT		VG				
		borne basse	à borne haute					
Analyses radiologiques								
Uranium 238	Bq/kg MS	52,07	à 58,1	1000	195,73	204,35	99,7	-
Radium 226	Bq/kg MS	83	à 85	-	490	370	134	-
Analyses chimiques								
Arsenic (As)	mg/kg MS	5,97	à 7,59	-	3,74	7,01	8,22	41,52
Baryum (Ba)	mg/kg MS	292	à 319	-	176	363	300	-
Cadmium (Cd)	mg/kg MS	<1	à <1	-	<1	<1	<1	0,35
Chrome (Cr)	mg/kg MS	17,7	à 28,2	-	10,3	6,81	31,9	180,40
Cuivre (Cu)	mg/kg MS	5,73	à 12	-	7,11	6,35	7,35	75,74
Fer (Fe)	mg/kg MS	11900	à 16400	-	462	9 270	17 500	-
Mercuré (Hg)	mg/kg MS	<1	à <1	-	<1	<1	<1	0,16
Manganèse (Mn)	mg/kg MS	121	à 425	-	76,3	57,9	166	-
Nickel (Ni)	mg/kg MS	7,25	à 10,2	-	2,62	2,88	15,7	49,66
Plomb (Pb)	mg/kg MS	23	à 28,8	-	23,4	32,6	24,1	72,60
Zinc (Zn)	mg/kg MS	60,8	à 66,1	-	47	64,4	57,5	161,30

Légende

n.a : substance non analysée

<4 : substance non détectée

en gras : valeurs supérieures à la LQI du laboratoire

en surligné beige : valeurs supérieures à l'ELT

en surligné orange foncé : valeurs supérieures à la VG

Concernant les paramètres radiologiques, les 3 prélèvements réalisés montrent des marquages avec un dépassement des valeurs de l'ELT.

Les prélèvements réalisés au droit de l'ancienne emprise minière indiquent respectivement des activités de l'ordre de 200 Bq/kg en uranium et de 400 Bq/kg en radium à proximité de



l'ancienne verse à stériles (KJA-ESIS-02) et des activités de l'ordre de 400 Bq/kg en uranium et de 500 Bq/kg en radium au niveau de la zone humide située au sud de l'emprise minière (KJA-ESIS-01).

Concernant le prélèvement KJA-ESIS-03 réalisé à proximité de l'ancien puits de montage et du champ cultivé (où des valeurs légèrement plus élevées) ont été mesurées au niveau du plan compteur, les valeurs sont moindres et se rapprochent de la valeur de l'ELT avec des activités de l'ordre de 100 Bq/kg en uranium et 130 Bq/kg en radium.

Ces valeurs sont néanmoins nettement inférieures à la valeur de gestion pour l'Homme (1000 Bq/kg). Elles sont associées à des activités en ^{226}Ra également supérieures à la valeur d'ELT, comprises entre 370 et 490 Bq/kg.

Concernant les éléments traces métalliques, les concentrations des 3 prélèvements de sols réalisés sont globalement inférieurs ou du même ordre de grandeur que l'ELT. Quelques dépassements de l'ELT sont parfois observés (arsenic, fer, manganèse, chrome, nickel et plomb), mais ils restent faibles et ces concentrations sont toujours inférieures à ce que les valeurs RMQS (INRA, 2006) indiquent localement.

7.3 État du milieu eaux superficielles

Différentes investigations sur les eaux superficielles ont été réalisées en aval du site de Kerjean :

- En 2011, par AREVA (prélèvement ponctuel au point KJA RUB) dans le cadre du bilan environnemental des sites miniers de Bretagne [6], avec recherche de l' ^{238}U et du ^{226}Ra , mais pas des éléments traces métalliques ;
- De 2012 à 2013 sur le ruisseau Le Kernevez par AREVA (suivi trimestriel au point KJA RUB et au point KRNZ B) dans le cadre du plan de surveillance mis en place dans l'environnement des sites miniers bretons [5], avec recherche de l' ^{238}U et du ^{226}Ra , mais pas des éléments traces métalliques ;
- De 2012 à 2016 sur le Scorff par AREVA (suivi trimestriel au point SCORFF B en aval éloigné) dans le cadre du plan de surveillance des sites miniers de Bretagne [14], avec recherche de l' ^{238}U et du ^{226}Ra , mais pas des éléments traces métalliques ;
- En 2015, par l'IRSN, sur le ruisseau le Kernevez (prélèvement ponctuel au point 29E_POU_RUB) et sur le Scorff (prélèvement ponctuel au point 56E_SCO_B en aval éloigné) dans le cadre des contrôles de second niveau sur les anciens sites miniers d'uranium du Morbihan et du Finistère [7], avec recherche de l' ^{238}U et du ^{226}Ra , mais pas des éléments traces métalliques ;
- En juin 2020 (prélèvement ponctuel au point KRNZ B) et décembre 2020 (prélèvement ponctuel au point KJA RUB) par Orano dans le cadre de la présente étude, avec la recherche de l'U et du ^{226}Ra et de 11 éléments traces métalliques. **L'interprétation de ces données doit cependant être réalisée avec attention, s'agissant d'un prélèvement unique concernant ces paramètres ;**
- En 2018, lors de campagnes mensuelles de surveillance de la qualité des cours par l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne : prélèvements mensuels sur la station n°4190000 située sur le Scorff à Arzano en aval éloigné du site de Kerjean avec la recherche de métaux et métalloïdes.

A noter qu'aucun prélèvement n'a pu être réalisé par l'IRSN en 2009 pour le site de Kerjean car le ruisseau au sud et en aval du site n'a pas été trouvé ou était à sec.



La localisation des différents points de prélèvements sont présentés ci-dessous :

- **KJA RUB** : en aval immédiat de l'ancien carreau minier, au Sud, dans le fossé drainant une grande partie des eaux de ruissellement (source du ruisseau le Kernevez). En juin 2020, aucun prélèvement n'a pu y être réalisé (ru à sec), tandis que lors de la visite de site réalisée en décembre 2020, le ru étant toujours à sec tandis que la zone humide était en eau, celle-ci a donc été prélevée en lieu et place du fossé ;
- KRNZ B et 29E_POU_RUB : sur le ruisseau Le Kernevez, en aval du site (à 1,5 km) et en aval du site minier de Poulbet ;
- SCORFF B et 56E_SCO_B : sur le Scorff à environ 9 km en aval du site minier, au lieu-dit « Pont Kerlo » entre les communes de Plouay et Arzano. Il s'agit du point de référence aval de l'ensemble des sites miniers du bassin versant ;
- Station de mesure n°4190000 de l'agence de l'eau Loire-Bretagne : sur le Scorff, en aval, au même point que SCORFF B ci-dessus.

La localisation des différents points de prélèvements est présentée en **Annexe 5**.

Le tableau en page suivante présente la synthèse des résultats d'analyses obtenus sur les différents points de prélèvements comparés aux valeurs références définies pour le site. Ces résultats sont présentés dans une logique amont / aval.

Pour rappel, aucun écoulement sur site n'a été observé lors de la visite de site réalisée en décembre 2020.

En aval immédiat du site, au niveau de la source du ruisseau de Kernevez (KJA RUB), les différents résultats d'analyses réalisés depuis 2011 montrent un marquage du ruisseau en uranium. Les activités observées sont globalement du même ordre de grandeur et montrent pour l' ^{238}U comprises entre 3 et 9.1 Bq/L (moyenne de 5,6 µg/l) qui sont supérieures à la valeur référence hors influence minière. mais inférieures à la valeur de gestion pour les eaux de boisson.

Pour le ^{226}Ra , les activités observées sont toutes inférieures à la valeur de la valeur référence hors influence minière.

Concernant les éléments traces métalliques, les résultats d'analyses sont du même ordre de grandeur que la valeur référence hors influence minière., seul le manganèse présente un léger dépassement de la valeur référence hors influence minière. (ce paramètre n'est pas concerné par une valeur de gestion pour les eaux de boisson).

En aval proche, sur le ruisseau le Kernevez (KRNZ B, en aval des sites de Kerjean et de Poulbet), les résultats d'analyses indiquent des concentrations en uranium et radium de l'ordre de grandeur de la valeur référence hors influence minière..

Concernant les éléments traces métalliques, les résultats d'analyses sont du même ordre de grandeur que la valeur référence hors influence minière. et que KJA RUB. Seul le baryum présente un très léger dépassement de la valeur référence hors influence minière. (ce paramètre n'est pas concerné par une valeur de gestion pour les eaux de boisson).



En aval éloigné, sur la rivière Scorff après la confluence avec le Kernevez (SCORFF B), au point de référence aval de tous les sites miniers de Bretagne, les résultats d'analyses indique des activités et des concentrations annuelles globalement du même ordre de grandeur que la valeur référence hors influence minière., cohérentes avec les concentrations observées en amont aux points KJA RUB et KRNZ B.

Ainsi, un léger marquage est mis en évidence dans les eaux superficielles en aval immédiat du site (au niveau de la zone humide de la source du ruisseau du Kernevez) au point KJA RUB pour l'uranium seulement. Les activités relevées en uranium restent nettement inférieures aux valeurs de gestion. Aucun marquage n'est identifié plus en aval sur le ruisseau du Kernevez ou bien sur la rivière Scorff.



Tableau 12 : Résultats d'analyses des eaux superficielles prélevées en aval du site de Kerjean.

Localisation :			Ru aval (source du Kernevez)										Ruisseau de Kernevez (au même point)						Le Scorff à Pont Kerlo (Arzano/Plouay)																							
Position hydrologique :			Aval proche										Aval du site ainsi que du site de Poulbet						Aval (référence aval tous sites)						Aval éloigné (env. 30 km)																	
Cadre de l'analyse			KJA RUB										KRNZ B						29E_POU_RUB						KRNZ B						Plan de surveillance septembre 2012 à décembre 2016 (Areva/Orano)						IRSN 2015			Surveillance de la qualité des cours d'eau - Agence de l'eau		
Nom de l'échantillon			IRSN		Etat des lieux AREVA		Plan de surveillance septembre 2012 à juin 2013 (AREVA)				DADT		Plan de surveillance septembre 2012 à juin 2013 (AREVA)				Contrôle IRSN		DADT		SCORFF B						56E_SCO_B			Code station 4190000												
Date :			août 2009		2011		sept.-12	déc.-12	mars-13	juin-13	03/06/20	08/12/20	sept.-12	déc.-12	mars-13	juin-13	2015	03/06/20	moy. 2012	moy. 2013	moy. 2014	moy. 2015	moy. 2016	2015	min. 2018	moy. 2018	max 2018															
Paramètres	Unité	Référence hors influence minière		VG																																						
		borne basse	à borne haute																																							
Analyses radiologiques																																										
Uranium 238	µg/L	0,87	à 5,9	30	*NR	5,7	3	6	4	6	*NR	9,1	<1	1	<1	1	1,26	1,05	<1	2,25	<1	<1	1,99999	<1	0,07	0,19	0,29															
Radium 226	Bq/L	<0,005	à 0,18	0,5	*NR	0,12	0,07	0,1	0,1	0,08	*NR	0,121	0,07	0,07	0,07	0,09	0,071	0,096	0,03	0,0275	0,0275	0,02	0,0225	0,009	n.a	n.a	n.a															
Analyses chimiques																																										
Arsenic (As)	µg/L	<10	100	*NR	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	*NR	<10	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	<10	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	0,58	1,08	1,61														
Baryum (Ba)	µg/L	21	1000	*NR	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	*NR	16	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	22	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	14,9	18,80	23,2														
Cadmium (Cd)	µg/L	<10	5	*NR	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	*NR	<10	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	<10	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	0,01	0,03	0,06														
Chrome (Cr)	µg/L	<10	50	*NR	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	*NR	<10	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	<10	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	<0,05	0,19	0,46														
Cuivre (Cu)	µg/L	<10	2000	*NR	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	*NR	<10	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	<10	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	<0,15	0,68	1,91														
Fer (Fe)	µg/L	280	-	*NR	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	*NR	249	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	121	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	48	162,91	306														
Mercure (Hg)	µg/L	<0,5	1	*NR	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	*NR	<0,5	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	<0,5	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	<0,01	<0,01	<0,01														
Manganèse (Mn)	µg/L	<10	-	*NR	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	*NR	16	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	<10	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	1,88	6,16	13,1														
Nickel (Ni)	µg/L	<10	20	*NR	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	*NR	<10	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	<10	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	0,57	1,25	2,14														
Plomb (Pb)	µg/L	<10	50	*NR	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	*NR	<10	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	<10	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	0,1	0,16	0,36														
Zinc (Zn)	µg/L	<10	5000	*NR	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	*NR	<10	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	<10	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	2,49	7,70	12,9														

Légende
 *NR : Prélèvement dans le milieu non réalisable
 n.a : substance non analysée
 <4 : substance non détectée
 en gras : valeurs supérieures à la LQI du
 en surligné beige : valeurs supérieures à l'ELT
 en surligné orange foncé : valeurs supérieures à la VG

Remarque :

- pour les données de suivis trimestriels de 2012 à 2016 réalisé par Orano sur le point de prélèvement SCORFF B, les valeurs étant relativement stables d'une campagne à l'autre, les valeurs indiquées dans le tableau sont les valeurs moyennes annuelles. A noter que lorsque que la mesure est inférieure à la limite de détection, celle-ci a été considérée dans la moyenne. L'ensemble des données du suivi est présenté en **Annexe 7**
- Par ailleurs, pour les données de suivis mensuels de l'agence de l'eau Loire-Bretagne (données de 2018), seules les concentrations minimales, moyennes et le maximales annuelles sont présentées. Le détail des toutes les campagnes est présenté en **Annexe 11**
- pour les analyses réalisées par Orano, les concentrations en éléments traces métalliques sont exprimées en métaux totaux (fraction dissoute + matières en suspension).



7.4 État du milieu sédiments

Des investigations sur les sédiments ont été réalisées sur différents points en aval du site de Kerjean :

- En 2020, par Orano sur le ruisseau Le Kernevez dans le cadre de l'établissement du dossier de DADT du site (prélèvements ponctuels au point KJA RUB et au point KRNZ B), avec la recherche de l'U et du ^{226}Ra **et de 11 éléments traces métalliques**. L'interprétation de ces données doit cependant être réalisée avec attention, s'agissant d'un prélèvement unique sur chaque point.
- En 2012, par AREVA sur le Scorff (prélèvement ponctuel au point SCORFF B) dans le cadre du bilan environnemental des sites miniers de Bretagne [6], avec recherche de l' ^{238}U et du ^{226}Ra , mais pas des éléments traces métalliques ;
- En 2018, lors de campagnes mensuelles de surveillance de la qualité des cours par l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne : prélèvement ponctuel sur la station n°4190000 située sur le Scorff à Arzano en aval éloigné du site de Kerjean avec la recherche de métaux et métalloïdes.

La localisation des différents points de prélèvements sont présentés ci-dessous :

- KJA RUB : en aval immédiat de l'ancien carreau minier, dans le fossé drainant une grande partie des eaux de ruissellement (source du ruisseau le Kernevez). A noter que les écoulements dans ce fossé apparaissent intermittents ;
- KRNZ B : en aval proche du site (à 1,5 km) sur le ruisseau Le Kernevez, et en aval du site minier de Poulbet ;
- SCORFF B : en aval éloigné sur la rivière Scorff à environ 9 km, au lieu-dit « Pont Kerlo » entre les communes de Plouay et Arzano. Il s'agit du point de référence aval de l'ensemble des miniers du bassin versant ;
- Station de mesure n°4190000 de l'agence de l'eau Loire-Bretagne : sur le Scorff, en aval, au même point que SCORFF B ci-dessus.

La localisation des différents points de prélèvements est présentée en **Annexe 5** et les bordereaux d'analyses des prélèvements réalisés en 2020 sont présentés en **Annexe 6**.

Le tableau en page suivante présente la synthèse des résultats d'analyses obtenus sur les différents points de prélèvements comparés aux valeurs références définies pour le site. Ces résultats sont présentés dans une logique amont / aval.

En aval immédiat du site (KJA RUB), au niveau du fossé qui draine une grande partie des eaux de l'ancien carreau minier (écoulements intermittents), les résultats d'analyses de 2020 mettent en évidence un **marquage des sédiments** avec des activités en ^{238}U et ^{226}Ra (respectivement 1034 et 530 Bq/kg) supérieures à la valeur référence hors influence minière. **Pour l' ^{238}U , la valeur reste inférieure à la valeur de gestion (3700 Bq/kg).**

Concernant les éléments traces métalliques, les résultats d'analyses sont globalement de l'ordre de grandeur de la valeur référence hors influence minière., avec quelques légers dépassements en arsenic et nickel. Seuls le cuivre et le plomb montrent un marquage avec des concentrations environ deux fois supérieures à la valeur référence hors influence minière.



En aval proche du site, sur le ruisseau de Kernevez (KRNZ B), les résultats d'analyses mettent en évidence une activité en ^{238}U de l'ordre de grandeur de la valeur référence hors influence minière. associée à une activité légèrement plus élevée en radium légèrement supérieure à la valeur référence hors influence minière. avec 180 Bq/kg. Concernant les éléments traces métalliques, les résultats d'analyses sont globalement inférieurs ou de l'ordre de grandeur de la valeur référence hors influence minière.. Le plomb dépasse très légèrement la valeur référence hors influence minière. mais montre une concentration moindre qu'au niveau de la source du ruisseau de Kernevez.

En aval éloigné sur la rivière Scorff à environ 9 km du site (SCORFF B et station de mesure 4190000 de l'Agence de l'Eau), au point de référence aval de tous les sites miniers de Bretagne, les résultats d'analyses montrent des activités inférieures ou de l'ordre de la valeur référence hors influence minière. pour l' ^{238}U et le ^{226}Ra .

Les résultats pour les éléments traces métalliques indiquent des concentrations en arsenic, cuivre, fer, manganèse, nickel et zinc supérieures à la valeur référence hors influence minière.. Néanmoins, les concentrations sont du même ordre de grandeur ou légèrement supérieures au point KJA RUB situé en aval immédiat de Kerjean et globalement supérieures aux concentrations mesurées sur le Kernevez (KRNZ B) ce qui implique l'absence d'impact du site de Kerjean sur le Scorff.

Ainsi, un léger marquage en radioéléments est identifié dans les sédiments au niveau de la source du ruisseau de Kernevez (KJA RUB) en ^{226}Ra et U, plomb et cuivre, et seulement en ^{226}Ra en aval plus éloigné (KRNZ B). Le marquage en uranium dans les sédiments de la source du Kernevez reste nettement inférieur à la valeur de gestion, quant aux autres marquages ne faisant pas l'objet de valeurs de gestion, les valeurs observées restent proche de la valeur référence hors influence minière. (hormis pour le radium au niveau de la source du ruisseau).

Ce marquage est cohérent avec les résultats des eaux superficielles.

Par ailleurs, aucun marquage n'est identifié plus en aval sur le Scorff en lien avec le site.

Tableau 13 : Résultats d'analyses des sédiments prélevés sur site et en aval du site de Kerjean.

Localisation :				Ruisseau Kernevez			Le Scorff (au lieu-dit Pont Kerlo à Arzano/Plouay)		
Position hydrologique :				Aval immédiat (source du Kernevez)		Aval proche	Aval (référence aval tous site)	Aval éloigné (à environ 9 km)	
Cadre de l'analyse				DADT			Suivi Orano	Surveillance de la qualité des cours d'eau - Agence de l'eau Loire-Bretagne	
Nom de l'échantillon				KJA RUB	KJA RUB	KRNZ B	SCORFF B	Code station 4190000	
Date :				03/06/20	11/12/20	03/06/20	30/10/12	juil.-18	
Paramètres	Unité	Valeur référence hors influence minière		VG					
		borne basse	à borne haute						
Analyses radiologiques									
Uranium 238	Bq/kg MS	20	à 130	3700	*NR	1034,05	45,4	<50	38,2
Radium 226	Bq/kg MS	15	à 140	-	*NR	530	180	80	n.a
Analyses chimiques									
Arsenic (As)	mg/kg MS	5,97	-	-	*NR	7,41	1,97	n.a	8,14
Baryum (Ba)	mg/kg MS	522	-	-	*NR	102	360	n.a	48,1
Cadmium (Cd)	mg/kg MS	<4	-	-	*NR	<1	<1	n.a	0,7
Chrome (Cr)	mg/kg MS	17	-	-	*NR	11,8	3,5	n.a	6,72
Cuivre (Cu)	mg/kg MS	<4	-	-	*NR	7,72	<1	n.a	4,38
Fer (Fe)	mg/kg MS	7320	-	-	*NR	6 520	3 210	n.a	8 730
Mercure (Hg)	mg/kg MS	<1	-	-	*NR	<1	<1	n.a	0,07
Manganèse (Mn)	mg/kg MS	108	-	-	*NR	97,1	86	n.a	228
Nickel (Ni)	mg/kg MS	5,61	-	-	*NR	6,91	2,04	n.a	5,99
Plomb (Pb)	mg/kg MS	25,4	-	-	*NR	43,3	26,7	n.a	17,1
Zinc (Zn)	mg/kg MS	45,9	-	-	*NR	35,1	23	n.a	79,4

Légende

*NR : Prélèvement dans le milieu non réalisable

n.a : substance non analysée

<4 : substance non détectée

en gras : valeurs supérieures à la LQI du laboratoire

en surligné beige : valeurs supérieures à l'ELT

en surligné orange foncé : valeurs supérieures à la VG



7.5 Qualité du milieu naturel

7.5.1 Comparaison aux NQE

Le tableau en page suivante présente la comparaison des résultats sur les eaux souterraines aux valeurs NQE.

Ne sont présentées que les investigations ayant donné lieu à la recherche des **11 éléments traces métalliques**. Des investigations des eaux superficielles ont été réalisées en aval du site de Kerhuenec :

Les différents points de prélèvements sont présentés ci-dessous :

- KJA RUN : en aval immédiat de l'ancien carreau minier, au Sud, dans le fossé drainant une grande partie des eaux de ruissellement (source du ruisseau le Kernevez). En juin 2020, aucun prélèvement n'a pu y être réalisé (ru à sec), tandis que lors de la visite de site de décembre 2020, le ru étant toujours à sec tandis que la zone humide était en eau, celle-ci a donc été prélevée en lieu et place du fossé ;
- KRNZ B : sur le ruisseau Le Kernevez, en aval du site (à 1,5 km) et en aval du site minier de Poulbet ;
- SCORFF sur la station de mesure n°4190000 de l'agence de l'eau Loire-Bretagne (données de suivi 2018-2019) : sur le Scorff, en aval, au lieu-dit « Pont Kerlo » entre les communes de Plouay et Arzano. Il s'agit du point de référence aval de l'ensemble des miniers du bassin versant.

Les limites de quantification pour les analyses réalisées par Orano en 2019 et 2020, sont supérieures aux valeurs NQE pour les éléments suivants : arsenic (As), baryum (Ba), cadmium (Cd), chrome (Cr), cuivre (Cu), mercure (Hg) et le zinc (Zn).

Des dépassements des valeurs NQE sont observées pour le zinc (Zn) en aval immédiat sur le ruisseau de Kernevez. En aval éloigné, le Scorff présente des concentrations supérieures aux valeurs NQE :

- Pour l'arsenic la majeure partie de l'année (avec une concentration moyenne supérieure à la concentration maximale admissible) ;
- Ponctuellement pour le cuivre et le zinc.

L'interprétation des données est compliquée par la limite de quantification du laboratoire pour les analyses réalisées par Orano qui est plus importante que les valeurs NQE sur plusieurs paramètres.

Néanmoins, les prélèvements de sols et de sédiments n'ont pas mis en évidence de marquage en éléments traces métalliques qui pourraient être en mesure de se transférer aux eaux superficielles.

De plus, en l'absence de rejet actuel ou passé (absence d'écoulement) depuis le site vers les eaux superficielles, ainsi qu'en l'absence de TMS envoyés en connexion hydrogéologique avec le cours d'eau véritablement développés, ou bien de verser à stériles, il n'existe pas non plus de voie de transfert privilégiée en direction du réseau hydrographique.



Table : Comparaison des concentrations dans les eaux superficielles aux valeurs NQE.

Localisation :		Ru aval (source du Kernevez)	Ruisseau de Kernevez (au même point)	Le Scorff (Arzano/Plouay)					
Position hydrologique :		Aval proche du site	Aval du site ainsi que du site de Poulbet	Aval éloigné (env. 30 km)					
Cadre de l'analyse		DADT Kerjean	DADT Kerjean	Surveillance de la qualité des cours d'eau - Agence de l'eau Loire-Bretagne					
Nom de l'échantillon		KJA RUB	KRNZ B	Code station 4190000					
Date :		08/12/20	03/06/20	min. 2018	moy. 2018	max 2018			
Paramètres	Unité	NQE							
		NQE en moyenne annuelle - eaux douces de surface	NQE en moyenne annuelle - eaux de surfaces intérieures	NQE en concentration max. admissible eaux de surface intérieures					
Analyses radiologiques									
Uranium 238	µg/L	/	/	/	9,1	1,05	0,07	0,19	0,29
Radium 226	Bq/L	/	/	/	0,121	0,096	n.s	n.s	n.s
Analyses chimiques									
Arsenic (As)	µg/L	0,83			<10	<10	0,58	1,08	1,61
Baryum (Ba)	µg/L				16	22	14,9	18,80	23,2
Cadmium (Cd)	µg/L		0,08 - 0,25	0,45 - 1,5	<10	<10	0,01	0,03	0,06
Chrome (Cr)	µg/L	3,4			<10	<10	<0,05	0,19	0,46
Cuivre (Cu)	µg/L	1			<10	<10	<0,15	0,68	1,91
Fer (Fe)	µg/L				249	121	48	162,91	306
Mercurure (Hg)	µg/L			0,07	<0,5	<0,5	<0,01	<0,01	<0,01
Manganèse (Mn)	µg/L				16	<10	1,88	6,16	13,1
Nickel (Ni)	µg/L		4	34	<10	<10	0,57	1,25	2,14
Plomb (Pb)	µg/L		1,2	14	<10	<10	0,1	0,16	0,36
Zinc (Zn)	µg/L	7,8			<10	<10	2,49	7,696	12,9

Légende

n.s : substance non analysée

<4 : substance non détectée

en gras : valeurs supérieures à la LQI du laboratoire

Remarque : pour les analyses réalisées par Orano, les concentrations en éléments traces métalliques sont exprimées en métaux totaux (fraction dissoute + matières en suspension).

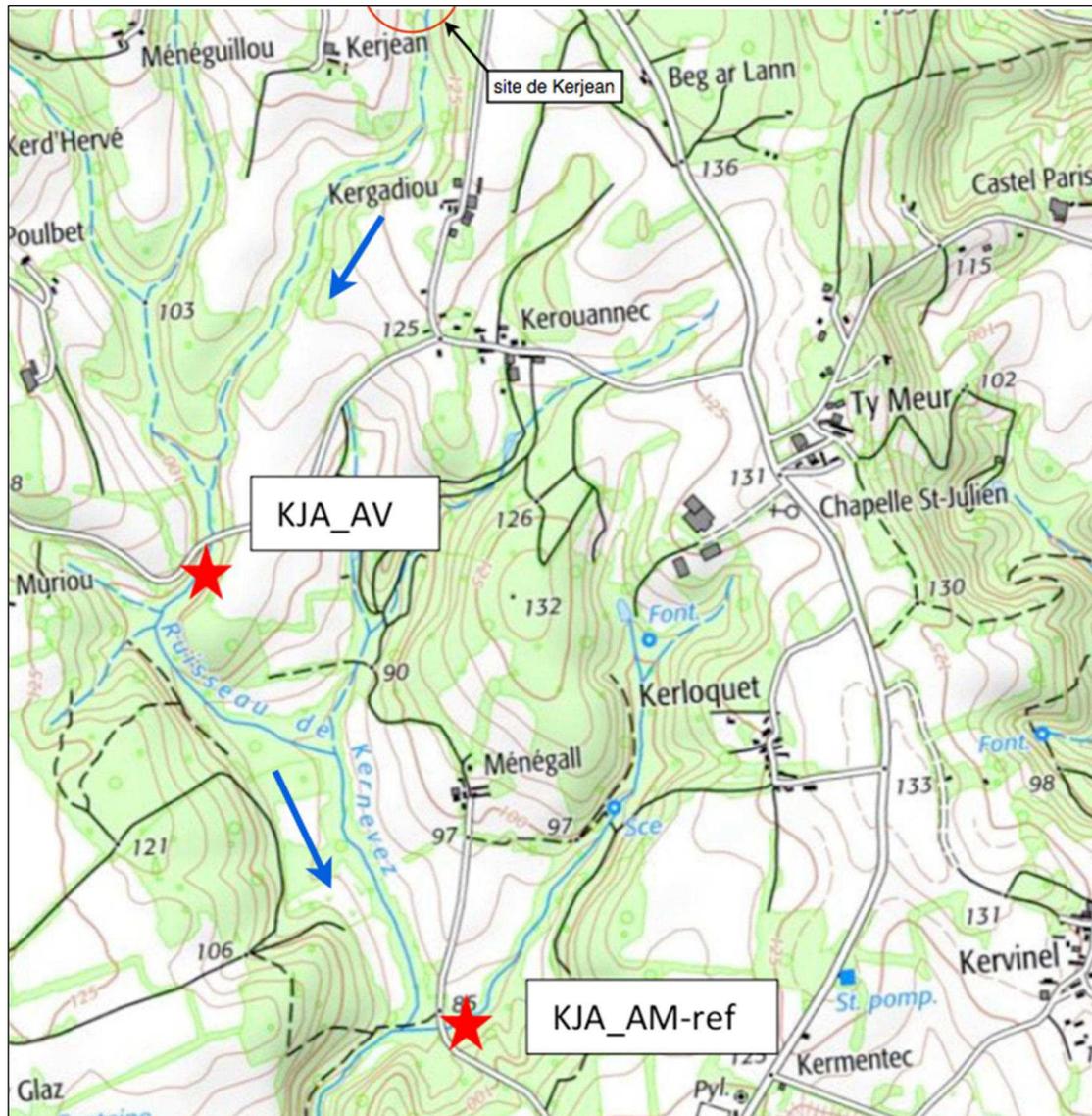
7.5.2 Diagnostic de la qualité hydro-écologique

En complément des investigations réalisées sur les différents milieux, un diagnostic de la qualité hydro-écologique des milieux aquatiques a été réalisé par Hydrosphère en 2020 [18]. Dans ce cadre, les quatre principaux indicateurs biologiques utilisés dans le cadre des suivis nationaux de la qualité biologique des eaux de surface de type cours d'eau ont été déterminés à savoir :

- L'Indice Biologique Diatomique ou IBD ;
- L'Indice Biologique Macrophytes Rivières ou IBMR ;
- Un indice macroinvertébrés Petits Cours d'Eau ou MPCE (équivalent IBGN), avec calcul de l'Indice Invertébrés Multi-Métriques ou I2M2 ;
- L'Indice Poisson Rivière ou IPR.

Ces indicateurs ont été réalisés sur la base du suivi de deux stations sur le ruisseau de Kernevez : une station amont constituant la référence sans influence minière notée KJA_AM et d'une station aval servant de suivi d'un impact potentiel de l'ancien site minier notée KJA_AV. Ces deux stations sont localisées sur la figure suivante.

Figure 14 : Localisation des stations (source : Hydrosphère [18])



A noter que la station amont ou référence est localisée sur un ruisseau à proximité sans rejet connu. En effet, en l'absence de secteur en amont de l'ancien site minier de Kerjean, cette station sert de comparaison en tant que station de référence non impactée par d'éventuels rejets issus du site.

Le rapport de l'étude est présenté en **Annexe 12**.

Il ressort de cette étude les éléments suivants :

- Les paramètres physico-chimiques mesurés *in situ* indiquent une très bonne qualité de l'eau lors des relevés biologiques sur les deux stations ;
- Indice Biologique Diatomique (IBD) : Quelle que soit la station considérée (référence amont ou station aval) l'IBD (comme l'IBMR), témoignent d'un milieu préservé, peu riche en nutriments et en matière organique. L'IBD avec la note maximale et des espèces caractéristiques de milieu non altéré, évalue les deux ruisseaux en « très bon état » ;
- Indice Macrophytes (IBMR) : L'IBMR indique, avec des écarts à une situation de référence très faibles, que le ruisseau de Kernevez comme son affluent présentent un



très bon état écologique. Le niveau trophique demeure faible sur les deux ruisseaux échantillonnés (milieu pauvre en éléments nutritifs) ;

- Indice Macroinvertébrés (équivalent IBGN et I2M2) : L'équivalent-IBGN indique ainsi une « très bonne » qualité sur la station amont et une « bonne qualité » en aval. Bien que l'I2M2 traduise un « très bon état » écologique sur les deux stations, l'indice calculé est supérieur sur la station amont. L'analyse de la structure des peuplements révèle aussi quelques différences entre les deux stations. Le peuplement de la station amont présente une importante part d'organismes polluo-sensibles et un effectif total plus important soulignant une meilleure capacité d'accueil pour la faune benthique. L'analyse de quelques traits écologiques montre également que le peuplement témoigne en amont d'un milieu particulièrement préservé (le caractère oligotrophe et oligosaprobe étant plus marqué en amont).
- Enfin l'I2M2, met en évidence sur la station aval, que les probabilités des effets possibles de la présence ponctuelle de matière organique, de nitrates et de pesticides sur la structure du peuplement sont supérieures à celles calculées en amont. De même, la possibilité que les paramètres liés à l'habitat aient un effet sur le peuplement macroinvertébrés sont légèrement plus significatifs à l'aval.

L'étude permet de conclure que l'ensemble des relevés biologiques évalue les deux milieux suivis vers un « très bon état biologique » pour les deux stations. Cependant, la station choisie comme « référence » sur un affluent du ruisseau du Kernevez, présente une meilleure capacité d'accueil qui explique les quelques différences observées au niveau des macroinvertébrés benthiques.

Les données recueillies dans la présente étude ne révèlent pas d'impact lié aux écoulements en provenance de l'ancien site minier de Kerjean sur ce secteur du ruisseau du Kernevez.

La synthèse du diagnostic hydroécologique est présentée en page suivante.



Tableau 14 : Synthèse du diagnostic écologique réalisé sur le ruisseau de Kernevez.

Paramètres	Station amont - KJA_AM_ref		Station aval - KJA_AV	
	Valeur	Commentaires	Valeur	Commentaires
Temp. de l'eau (en °C)	12.07		11.2	
Conductivité (en µS/cm)	166.8	Au niveau de cette station, la qualité physico-chimique de l'eau, pour les paramètres mesurés in situ, est évaluée à très bonne et ne limite pas le développement de la faune aquatique.	165.7	Sur cette station, la qualité physico-chimique de l'eau, pour les paramètres mesurés in situ, est évaluée à très bonne et ne limite pas le développement de la faune aquatique.
pH	6.9		7.6	
Saturation en O ₂ (%)	100.9		100.9	
Concentration en O ₂ (mg/l)	10.88		11.1	
IBD	20/20	Sur la station amont (affluent du ruisseau de Kernevez), deux taxons dominent le peuplement : Karayevia oblongella et Sellaphora raederae. Il s'agit d'espèces de petits cours d'eau préservés et légèrement acides. Elles témoignent d'une faible trophie (peu riche en nutriments) et d'une faible saprobie (très faible teneur en matière organique).	20/20	Sur la station aval, le peuplement diatomique est très proche de celui observé en amont. Les deux espèces dominantes (Karayevia oblongella et Sellaphora raederae) sont toujours les mieux représentées et reflètent comme en amont, un milieu bien préservé (faibles teneurs en nutriments et en matières organiques).
exprimé en EQR	1.160	L'IBD indique ici un très bon état biologique avec une note EQR de 1.160.	1.160	L'IBD indique ici un très bon état écologique avec une note EQR de 1.160.
IBMR	13.29/20	Le taux de recouvrement végétal de cet affluent du ruisseau du Kernevez est très faible (0.37%). Il est expliqué par un fort ombrage et une faible largeur en eau liée à une prospection réalisée en étiage estival sévère. Malgré le faible taux de colonisation, la diversité floristique est correcte (11 taxons recensés) et les espèces présentes soulignent un milieu non dégradé.	13.31/20	Le taux de recouvrement végétal est de 1.46% et reste donc faible. Il est toujours la conséquence d'un fort ombrage (couvert végétal important) noté sur cette station. La diversité demeure bonne pour ce type de ruisseau et identique à celle relevée en amont (11 taxa). Le cortège floristique témoigne d'une station ne présentant pas ou peu d'apports en matière et une faible teneur en éléments nutritifs.
exprimé en EQR	1.010	L'IBMR s'établit à 13.29 et traduit un niveau trophique « faible ». Exprimé en EQR, il traduit un très bon état écologique.	1.090	L'IBMR traduit un niveau trophique faible et un très bon état écologique sur cette station aval.
Equivalent IBGN	18/20	Sur cette station amont, la présence d'organismes les plus polluo-sensibles (GI9), témoigne d'une bonne qualité physico-chimique de l'eau.	15/20	Sur la station aval, le groupe indicateur présent (GI7) associé à une richesse taxonomique de 31 taxa permet à l'équivalent-IBGN d'atteindre une note de 15/20 conférant à la station aval une « bonne » qualité . A noter que des organismes appartenant au groupe indicateur 9 ont aussi été identifiés sur cette station mais ils restent numériquement trop peu représentés pour être pris en compte dans le calcul de la note IBGN.
exprimé en EQR	1.0625	La note indicelle pour l'équivalent IBGN est de 18/20 (très bonne qualité) . L'I2M2, indique que la station présente un très bon état biologique . Le peuplement est dominé par les crustacés et on note surtout une bonne représentativité des plécoptères (organismes polluo-sensibles). L'organisation du peuplement traduit comme les autres indicateurs suivis, un milieu oligotrophe et oligosaprobe.	0.8750	L'I2M2, s'établit à 0.6985 et traduit un très bon état biologique . Le peuplement est codominé par les diptères et les crustacés et les plécoptères y sont légèrement moins bien représentés par rapport à l'amont. L'organisation structurale du peuplement souligne dans une moindre mesure par rapport à l'amont, le caractère oligotrophe et préservé de ce secteur du ruisseau.
I2M2	0.8235		0.6985	Les quelques différences constatées entre les deux stations, sont expliquées par une moins bonne capacité d'accueil pour la faune macroinvertébrée de cette station comparée à la station considérée en référence.
Commentaire général sur la station / Comparaison amont - aval	<p>Quel que soit l'indicateur considéré, il témoigne d'un très bon état biologique.</p> <p>L'IBD, sensible à la qualité physico-chimique de l'eau, traduit un milieu préservé et légèrement acide.</p> <p>L'IBMR souligne aussi un niveau trophique faible et un très bon état écologique sur cette station.</p> <p>Enfin, l'équivalent-IBGN et l'I2M2, sont supérieurs au seuil du très bon état et la structure du peuplement indique, comme les autres indicateurs suivis, un milieu oligotrophe et oligosaprobe</p> <p>D'une manière générale, la station peut être qualifiée comme présentant un « très bon état écologique ».</p>		<p>Sur cette station aval les valeurs des bioindicateurs suivis témoignent d'un milieu en très bon état biologique.</p> <p>Cependant, par comparaison avec la station de référence amont, la station aval présente une moins bonne capacité d'accueil pour la faune benthique (écoulements et substrats présents moins diversifiés) qui se traduit par des notes indicelles légèrement moins élevées que celles enregistrées en amont.</p> <p>Les quelques différences observées entre l'amont et l'aval, sont donc expliquées par les conditions d'habitat de chaque station et ne traduisent donc pas une réelle altération de la qualité du ruisseau de Kernevez.</p> <p>Au regard de l'ensemble de ces résultats, aucun impact négatif notable des rejets du site minier de Kerjean n'est observé sur le ruisseau de Kernevez.</p>	



8 SYNTHÈSE TECHNIQUE

8.1 Conclusions

L'ancien site minier de Kerjean a été exploité de 1978 à 1980 pour l'extraction d'uranium. Il est situé sur la commune de Guilligomarc'h dans le département du Finistère (29). L'exploitation du gisement a consisté en la réalisation de travaux miniers souterrains.

Le site, d'une superficie d'1,4 hectare environ, non clôturé, est situé dans un paysage vallonné et constitué de prairies pour le pâturage et l'élevage, de bois et d'habitat dispersé, notamment les hameaux de Kerguillerm et de Kerjean, respectivement situés à 200 m au Nord-Est et à 200 m au Sud-Ouest en surplomb de l'ancien carreau minier.

Le site n'est plus exploité et a fait l'objet de travaux de réaménagement en 1993. La descenderie et le montage ont été remblayés. Le carreau minier a été débroussaillé, remodelé et recouvert par apport de terre arable. L'ancienne verse à stériles située au Nord du site a été remodelée pour former une plateforme.

Les parcelles situées dans l'emprise de l'ancien carreau minier sont toutes propriété d'Orano (parcelles cadastrales ZD41 à 45). Aucun usage n'a été constaté sur les parcelles ZD42 à 45 (zone en dépression et peu accessible compte-tenu de la végétation dense) sur lesquelles est située l'ancienne verse à stériles.

Les anciennes galeries sont situées à l'Ouest du site à l'aplomb de la parcelle ZD41 (propriété d'Orano) et de la parcelle ZD84 (appartenant à un tiers). La parcelle ZD41 est mise à disposition par Orano à un exploitant agricole qui exploite également les parcelles ZD84 et ZD67 (culture de blé d'hiver constatée lors de la visite de décembre 2020).

Par ailleurs, l'ancien chemin partant du hameau de Kerguillerm et desservant le haut de la verse à stériles apparaît abandonné, la nature ayant repris ses droits sur la quasi-totalité de son tracé. Aucun indice de passage ni par des engins, ni par des piétons n'y est visible.

A l'Est, un fossé longe la verse à stériles sur la partie Nord de la parcelle ZD42 et draine une grande partie des eaux de l'ancien carreau minier. Les écoulements sur ce fossé apparaissent intermittents. Une zone humide est présente à l'Ouest du fossé au Sud de la verse à stériles. Les eaux de cette zone humide rejoignent le fossé plus au Sud et donnent naissance à un ruisseau présentant lui aussi un écoulement intermittent. La confluence entre ce ruisseau et un autre ruisseau à 1,5 km au sud du site donne naissance au ruisseau de Kernevez (cours d'eau pérenne), qui rejoint ensuite le Scorff à environ 5 km au Sud/Sud-Est du site.

Aucun usage sensible des eaux (superficielles et/ou souterraines) n'est recensé en aval du site (notamment aucun captage pour l'alimentation en eau potable). Seul le Scorff (qui est une rivière plus conséquente) présente des usages avérés avec des usages récréatifs sur son cours ou le long de son tracé (kayak, pêche, VTT, randonnée ...) et possède un captage des eaux superficielles pour l'alimentation en eau potable à Pont-Scorff (environ 20 km en aval du site).

Au niveau du champ cultivé à l'Ouest (parcelle ZD41) ainsi qu'en bordure de route à l'Est où des usages sont constatés, les débits de dose sont de l'ordre de grandeur de l'ELT. Aussi, aucun calcul de dose n'apparaît nécessaire.



Les activités mesurées dans les **sols superficiels sur site** au niveau des zones d'intérêts (3 prélèvements réalisés en 2020) mettent en évidence un léger marquage en ^{238}U (de l'ordre de 200 Bq/kg) et un marquage en ^{226}Ra (compris entre 370 et 490 Bq/kg) à l'Est de la verse à stériles (KJA-ESIS-02) ainsi qu'au niveau de la zone humide située au sud de l'emprise minière (KJA-ESIS-01), mais sans dépassement de la valeur de gestion retenue pour l' ^{238}U (1000 Bq/kg). Ces marquages radiologiques ne sont pas associés à des anomalies en éléments traces métalliques notables.

Un très léger marquage en radioéléments est mis en évidence sur la parcelle ZD41 (KJA-ESIS-03) avec des activités de l'ordre de 100 Bq/kg en uranium et radium, à proximité du puits de montage qui présentait des valeurs plus élevées sur le plan compteur. L'activité en uranium reste inférieure à la valeur de gestion, tandis que ces valeurs restent dans l'ordre de grandeur des activités décrites par la bibliographie et généralement observées dans des contextes géologiques similaires. Aucune analyse complémentaire sur les denrées alimentaires n'apparaît donc nécessaire, ni aucune mesure de gestion sur la parcelle concernée.

Concernant les **eaux superficielles**, les données analytiques en aval proche et en aval éloigné n'indiquent aucun dépassement des valeurs de gestion pour les eaux de boissons destinées à la consommation humaine que ce soit pour l'uranium dissous, le ^{226}Ra ou pour les éléments traces métalliques (ces derniers étant inférieurs ou proches de la valeur de référence hors influence minière).

Néanmoins, en aval immédiat de l'ancien carreau minier au niveau de la source du ruisseau de Kernevez (dans le fossé drainant les eaux du site au point KJA RUB), les concentrations en uranium dissous montrent un marquage avec des valeurs supérieures à la valeur de référence hors influence minière.

Plus en aval sur le ruisseau du Kernevez (en aval du site de Kerjean mais aussi du site de Poulbet), puis en aval éloigné sur le Scorff, plus aucun marquage en radioéléments ou éléments traces métalliques.

En cohérence avec les eaux superficielles, les sédiments présentent un marquage en en aval immédiat du site (KJA RUB), avec des activités en ^{238}U et ^{226}Ra (respectivement 1034 et 530 Bq/kg) ainsi qu'avec des concentrations en cuivre et en plomb supérieures à la valeur de référence hors influence minière.

Concernant l' ^{238}U , la valeur reste inférieure à la valeur de gestion de 3700 Bq/kg),

Plus en aval sur le ruisseau de Kernevez (KRNZ B), un léger dépassement n'est plus observé que pour le ^{226}Ra . Aucun marquage n'est mis en évidence en aval éloigné sur le Scorff.

Concernant la qualité du milieu naturel, les relevés biologiques effectués dans le ruisseau de Kernevez en amont et en aval du site n'indiquent aucune dégradation de la qualité de l'eau entre les deux stations suivies. Ainsi, aucun impact lié aux écoulements en provenance de l'ancien site minier de Kerjean sur ce secteur du ruisseau du Kernevez n'est mis en évidence.

La comparaison des résultats d'analyses des eaux superficielles aux valeurs NQE n'indiquent pas de marquage en aval immédiat ou proche du site. Les limites de quantification plus importantes que les valeurs NQE pour certains paramètres lors des analyses réalisées par Orano rendent difficile l'interprétation. Néanmoins en l'absence de marquages notables dans les sols et les sédiments en éléments traces métalliques, ni d'écoulement visible depuis le site, aucune voie de transfert n'est identifiée pouvant dégrader la qualité des eaux superficielles.

En conclusion, l'étude met en évidence la présence de marquages en radioéléments dans au droit de l'ancien site minier de Kerjean (parcelles propriétés d'Orano) en lien avec la présence résiduelle de stériles miniers. Ces marquages se retrouvent dans les



sols, ainsi que dans les eaux superficielles et dans les sédiments en aval immédiat du site dans le fossé drainant les écoulements du site (KJA RUB) et dans une moindre mesure dans le ruisseau de Kernevez (uniquement pour le ^{226}Ra).

Aucun dépassement des valeurs de gestion n'est néanmoins observé.

Aucun marquage n'est observé ni dans les eaux superficielles, ni dans les sédiments plus en aval sur le Scorff.

Sur site, les marquages en radioéléments mis en évidence sont situés dans des zones boisées, sans usage (végétation dense, absence de chemin, accès difficile).

Concernant les débits de dose, la majorité des mesures réalisées est de l'ordre de grandeur de l'ELT avec une moyenne à l'échelle du site de $0,14 \mu\text{Sv/h}$.

Toutefois des valeurs plus élevées sont observées dans l'emprise minière au droit des parcelles propriétés d'Orano : en bordure de l'ancienne verse à stériles (entre $0,3$ et $0,75 \mu\text{Sv/h}$), et à proximité de l'ancien montage sur la parcelle ZD41 ($0,41$ et $0,48 \mu\text{Sv/h}$). Ces marquages sont délimités et sont par ailleurs constatés au droit de zones sans usages (forêt, absence de chemin, végétation dense). Certains sont situés vers l'ancien montage dans la zone boisée à proximité immédiate du champ mais considérée sans usage car peu accessible. Compte-tenu de l'absence d'usage au droit de ces zones, aucun calcul de dose n'a été réalisé sur l'emprise minière.

Par ailleurs, l'environnement proche de l'ancien site minier de Kerjean a fait l'objet d'un recensement des stériles par Algade en 2012 au droit de l'ancien chemin d'accès au nord dans le cadre de la vérification au sol de zones singulières. La valeur maximale a été relevée dans le bois situé derrière une habitation (hameau de Kerguillerm).

Compte-tenu du débit maximal relevé au droit de l'ancien chemin par l'IRSN en 2009 ($0,7 \mu\text{Sv/h}$) un calcul de dose a été réalisé pour un usage de type chemin et ce dans une approche sécuritaire, le chemin d'accès n'étant plus accessible (végétation dense). **Ce calcul de dose indique des DEAA moyenne ($0,09 \text{ mSv/an}$) et maximale ($0,43 \text{ mSv/an}$), inférieures à la valeur de gestion de 1 mSv/an .**

8.2 Schéma conceptuel

8.2.1 Objectifs et méthodologie

Dans le cadre d'une IEM, le schéma conceptuel s'attache à identifier les voies d'exposition pertinentes au regard des usages constatés, puis à les caractériser, afin d'évaluer la compatibilité entre l'état des milieux et les usages.

Le schéma conceptuel ou schéma de fonctionnement est réalisé selon la norme ISO/DIS 21365 (2019).

D'une manière générale, il doit permettre d'identifier, de caractériser et d'apprécier les relations entre :

- Les sources potentielles de substances dangereuses (nature, concentration, volume) ;
- Les voies de transfert qui correspondent aux voies, trajets ou autre chemin potentiels par lesquels des polluants ou des substances dangereuses peuvent être dispersés ou distribués depuis une source donnée de pollution ;
- Les récepteurs existants et/ou futurs devant être protégés, correspondant à tout ce qui est susceptible d'être influencé par l'exposition à des polluants, comme des personnes (par exemple, intrus, utilisateurs actuels et prévus, ouvriers du bâtiment), d'autres organismes ou des écosystèmes complets, milieux environnementaux ou construction artificielle.



Ainsi, on peut définir l'équation suivante : **Risque = f (Sources, Vecteurs/voies, Récepteurs)**.

8.2.2 Synthèse de l'état des milieux

La synthèse de l'état des milieux est présentée au paragraphe 8.1.

8.2.3 Synthèse des usages et récepteurs sur site et hors site

Tableau 15 : Synthèse des usages et récepteurs sur site et hors site.

Récepteurs / Enjeux / Usages	Sur site	Hors site
Rappel des usages passés	Ancien site minier exploité de 1978 à 1980 pour l'extraction d'uranium. L'exploitation du gisement a consisté en la réalisation de travaux miniers souterrains (creusement d'une descenderie, accompagnée d'un montage et d'un réseau de galeries sur 4 niveaux situées entre 15 et 40 m de profondeur). Site réaménagé en 1993 : remblaye de la descenderie et du montage, débroussaillage et remodelage du carreau minier qui a été recouvert par apport de terre arable, remodelage de l'ancienne verse à stériles sous forme de plateforme.	Site localisé dans un environnement vallonné et constitué de champs cultivés, de prairies pour le pâturage et l'élevage, de bois et d'habitat dispersé. Présence d'un champ de cultures à l'ouest du site sur une partie de la parcelle ZD41 (propriété d'Orano mise à disposition d'un agriculteur) et sur les parcelles ZD84 et ZD67.
Usages actuels	<ul style="list-style-type: none"> Parcelles ZD42 à 45 (propriétés d'Orano) : aucun usage n'y est constaté. Elles sont situées dans une zone en dépression, couvertes par une végétation dense peu ou pas entretenue les rendant peu accessibles. La verse à stériles occupe une partie des parcelles ZD42 et ZD45, où elle forme un replat, tandis que le pied de la verse est bien visible dans le relief avec un dévers important au centre de la parcelle ZD42 ; Parcelle ZD41 (propriété d'Orano) et parcelle ZD84 (appartenant à un tiers), situées à l'aplomb des anciennes galeries. La parcelle ZD41 est mise à disposition par Orano à un exploitant agricole qui exploite également les parcelles ZD84 et ZD67 (culture de blé d'hiver constatée lors de la visite de décembre 2020). <p>L'ancien chemin partant du hameau de Kerguillerm au Nord et desservant le haut de la verse à stériles apparait abandonné (végétation dense sur la quasi-totalité de son tracé, absence d'indice de passage ni par des engins, ni par des piétons). Le site n'est pas clôturé.</p>	Les parcelles situées à Nord, à l'Est et au Sud de l'ancien carreau minier (parcelles ZD07, ZD46, ZD47, ZD48, ZD49, ZD50 et ZD51) sont des parcelles boisées potentiellement utilisées pour l'obtention de bois de chauffe ou bien la pratique de la chasse. Aucun chemin ne traverse ces zones boisées.
Usage futur	Aucun projet d'aménagement et de changement d'usage du site n'est prévu.	Présence de plusieurs hameaux à proximité immédiate du site, notamment les hameaux de Kerguillerm et de Kerjean, respectivement situés à 200 m au Nord-Est et à 200 m au Sud-Ouest en surplomb de l'ancien carreau minier.
Enjeux environnementaux	Site localisé dans un vallon où un ruisseau intermittent prend parfois sa source : <ul style="list-style-type: none"> Présence d'un fossé qui longe l'ancienne verse à stériles à l'Est et draine une grande partie des eaux de l'ancien carreau minier. Les écoulements sur ce fossé apparaissent intermittents ; Présence d'une zone humide au sud de l'ancienne verse à stériles (à l'ouest du fossé) : les eaux de cette zone rejoignent le fossé plus au sud pour donner naissance à un ruisseau (écoulement intermittent). <p>Naissance du ruisseau de Kernevez (cours d'eau pérenne) 1,5 km plus au sud, qui rejoint ensuite le Scorff à environ 5 km au Sud/Sud-Est du site. Aucun usage des eaux superficielles n'est recensé sur site. Aucun usage des eaux souterraines n'est recensé sur site ou à proximité.</p>	Milieu vulnérable : Ruisseau intermittent en aval du site, source du ruisseau de Kernevez, mais peu sensible (absence d'usage sensible identifié). Absence de puits ou de captages recensés en aval immédiat du site.



8.2.4 Schéma conceptuel

Le schéma conceptuel de fonctionnement du site de Kerjean est présenté ci-après. Il tient compte de l'état actuel des connaissances du site et de son environnement (état des milieux et usages identifiés).

Les voies de transfert retenues sont :

- Le lessivage et la lixiviation des sols vers les eaux superficielles : cette voie de transfert est mise en évidence par la présence de radioéléments dépassant les valeurs d'ELT dans les eaux superficielles et dans les sédiments dans le fossé drainant les eaux d'écoulement du site (KJA RUB). Cette voie de transfert apparaît cependant limitée au regard de l'absence de dépassement des valeurs de gestion ;
- Le ruissellement via les eaux superficielles, compte-tenu de la présence d'un léger marquage en 226Ra dans les eaux superficielles plus en aval sur le ruisseau de Kernevez (KRNZ B). A noter que ce point de prélèvement se situe également en aval de l'ancien site minier de Poulbet. Cette voie de transfert apparaît cependant limitée au regard de l'absence d'impact dans les eaux superficielles et dans les sédiments plus en aval sur le Scorff (affluent du ruisseau de Kernevez).

Les voies de transfert non retenues sont les suivantes :

- L'envol de poussières au droit des sols superficiels présentant un léger marquage en radioéléments au regard de leur localisation dans des zones boisées présentant une végétation dense et non entretenue ce qui limite fortement ce type de transfert ;
- Le transfert racinaire depuis les sols de la parcelle ZD41 vers les végétaux cultivés (blé) en l'absence de marquage dans les sols ;

Au regard des usages constatés et des marquages identifiés dans les différents milieux, aucune voie d'exposition n'est retenue en l'état actuel du site de Kerjean.

Les voies d'exposition et de contamination non retenues sont les suivantes :

- L'exposition externe par irradiation, et l'exposition interne par ingestion de sols compte-tenu de l'absence d'usage au droit des zones présentant des marquages dans les sols superficiels (zones inaccessibles compte tenu de la végétation dense et de l'absence de chemin) ;
- L'exposition interne par inhalation de poussières en suspension dans l'air (liée à l'envol de particules de sols marqués) n'est pas retenue en l'absence de voie de transfert (sols avec couverture végétale dans les zones boisées) et en l'absence d'usage ;
- L'exposition interne par ingestion d'animaux aquatiques issus de la pêche en l'absence de ruisseau pérenne permettant cette pratique au droit du site et en aval proche ;
- L'exposition interne par ingestion de légumes (champ cultivé de la parcelle ZD41) en l'absence de marquage dans les sols et donc de transfert racinaire ;
- L'exposition interne par inhalation de radon compte-tenu de l'absence de bâtiment sur site (absence d'environnement confiné), des phénomènes de dilution atmosphériques en extérieur et du faible temps de présence sur la seule parcelle présentant un usage (parcelle ZD41 mise à disposition d'un agriculteur pour un usage de champ cultivé).

Néanmoins, des calculs de DEAA moyennes et maximales ont été réalisées dans le cadre de cette étude pour un usage de type chemin (intégrant les voies d'exposition externe par irradiation et interne par ingestion de sols) au niveau de l'ancien chemin d'accès au Nord menant au hameau de Kerguillerm qui se révèlent inférieures à la valeur

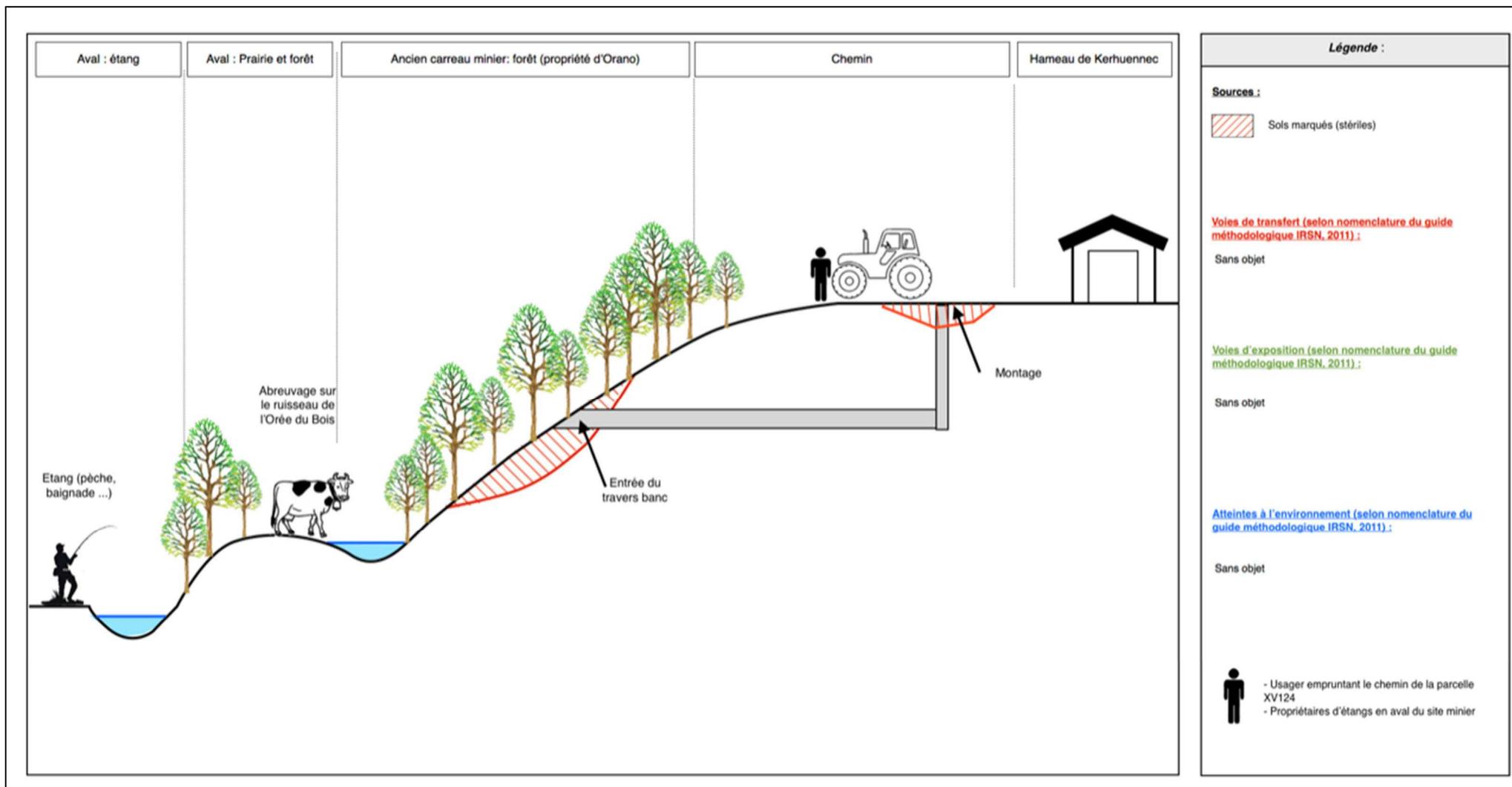


de gestion de 1 mSv/an. Cette approche sécuritaire, compte tenu que ce chemin est abandonnée et non praticable.

Aussi, il apparaît que la qualité des milieux est compatible avec les usages en l'état actuel du site.



Figure 15 : Schéma conceptuel du site de Kerjean.





8.3 Recommandations

L'ensemble des milieux d'exposition ayant été caractérisé, et l'étude ayant conclu que l'état des milieux est compatible avec les usages constatés dans le cadre du maintien de l'usage actuel, **aucune caractérisation complémentaire n'est recommandée pour le site de Kerjean.**

Néanmoins compte-tenu des marquages identifiés dans les sols de surface ou encore présents dans le sous-sol, nous recommandons que la Mémoire du site soit conservée afin de transmettre ces informations dans le cas d'un éventuel changement d'usage et/ou d'aménagement du site.

Ce dossier de conservation de la Mémoire devra s'accompagner de restrictions d'usages concernant l'usage des sols ou la réalisation de travaux, concernant la mise en place de bâtiments avec usage sensible (de type bureaux au regard du risque potentiel de radon), ainsi que de restrictions quant aux usages des eaux souterraines au droit du site.



9 INCERTITUDES

9.1 Incertitudes liées aux résultats

Concernant la chaîne de l'uranium 238, à partir du radium 226 sa chaîne de désintégration contient un passage à l'état gazeux (radon 222). Ce dernier peut potentiellement perturber les équilibres si le système n'est pas tout à fait fermé (ce qui est peut-être le cas pour les sols et sédiments peu profonds, et les eaux de surface).

9.2 Incertitudes liées à la technique de mesure ou d'analyse

Selon le laboratoire qui a réalisé les analyses en ^{238}U et ^{226}Ra dans le cadre du suivi environnemental, les limites de quantification ainsi que les incertitudes varient selon la technique analytique : soit par mesure directe de l'activité de ces radioéléments, soit par mesure de leurs descendants émetteurs gamma en supposant que l'équilibre séculaire est atteint. Les analyses réalisées par Orano portent sur la mesure directe de l'uranium et du radium.

Pour les analyses réalisées par Orano, les limites de quantification pour certains éléments traces métalliques (arsenic (As), Baryum (Ba), cadmium (Cd), chrome (Cr), cuivre (Cu), mercure (Hg) et le zinc (Zn)) sont supérieures aux valeurs référence 'NQE'.

Pour les analyses concernant les eaux superficielles réalisées par le laboratoire Orano :

- pour les radioéléments la fraction dissoute a été analysée ;
- pour les éléments traces métalliques, la fraction totale a été analysée.

Le résultat exprimé en fraction totale pour les éléments traces métalliques (et non en fraction dissoute) est dû au fait qu'Orano, par défaut dans son traitement d'échantillons « eaux de surface » effectue des analyses en total lorsque cela porte sur un métalloïde en particulier au rejet de ses stations de traitement de l'eau sur d'autres sites. Cela sera corrigé à l'avenir afin de respecter la norme Inéris en ne considérant que la phase soluble.

Il est cependant important de préciser que les résultats pour les eaux superficielles exprimés en métaux totaux (phase soluble et insoluble) sont donc majorants par rapport aux valeurs de références utilisées pour les eaux superficielles (valeurs de l'agence de l'eau sur le Scorff ; arrêté du 11/01/2007 pour les eaux de boissons et valeurs NQE).

Le plan compteur a été réalisé de la manière suivante : sonde gamma à 1 mètre de hauteur sans collimatage.

9.3 Incertitudes liées à la représentativité de la mesure

La plupart des données concernant les eaux superficielles sont des données issues de suivis réalisés par Orano dans le cadre de l'auto-surveillance du site permettant un aperçu « dans le temps » de l'évolution des concentrations et/ou des activités.

Les autres mesures disponibles pour cette étude (concernant les sols et les sédiments ainsi que les analyses en métaux dans les milieux) sont des mesures ponctuelles.



Concernant les eaux superficielles, la représentativité des résultats est aussi liée aux conditions climatiques sur la période précédant le prélèvement.

Concernant les sédiments, la représentativité des résultats est aussi liée à la nature du sédiment : sur un sédiment argileux, l'activité radiologique sera supérieure à celle d'un sédiment sableux sur lequel les radioéléments sont peu ou pas adsorbés.



GLOSSAIRE

ARS :	Agence Régionale de Santé
ASN :	Autorité de Sureté Nucléaire
AEP :	Alimentation en Eau Potable
BNPE :	Banque Nationale des Prélèvements en Eau
BRGM :	Bureau de Recherche Géologique et Minière
BSS :	Banque de données du Sous-Sol du BRGM
CFMU :	Compagnie Française des Minerais d'Uranium
COGEMA :	COmpagnie GENérale des MATières nucléaires
DEAA :	Dose Efficace Annuelle Ajoutée
DREAL :	Direction Régionale de l'Environnement de l'Aménagement et du Logement
ELT :	Environnement Local Témoin
EQER :	Évaluation Quantitative des Exposition Radiologiques
EQR :	Ecological Quality Ratio
GIS Sol :	Groupement d'intérêt scientifique Sol (groupe de travail
IBG DCE :	Indice Biologique Globalisé selon la Directive Cadre Eau
ICPE :	Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
IEM :	Interprétation de l'État des Milieux
IGN :	Institut Géographique National
IRSN :	Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire
MSNR :	Mission de la Sûreté Nucléaire et de la Radioprotection
MTES :	Ministère de la Transition Écologique et Solidaire (dénomination depuis 2017)
OMS :	Organisation Mondiale de la Santé
PG :	Plan de Gestion
RMQS :	Réseau de Mesures de la Qualité des Sols
SAGE :	Schéma d'Aménagement et de Gestion de l'Eau
SDAGE :	Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SIMURA :	Société Industrielle des Minerais d'URAnium
VGE :	Valeurs Guides Environnementales
VG :	Valeur de Gestion
ZICO :	Zone Importante pour la Conservation des Oiseaux
ZNIEFF :	Zone Naturelle d'Intérêt Écologique, Faunistique et Floristique



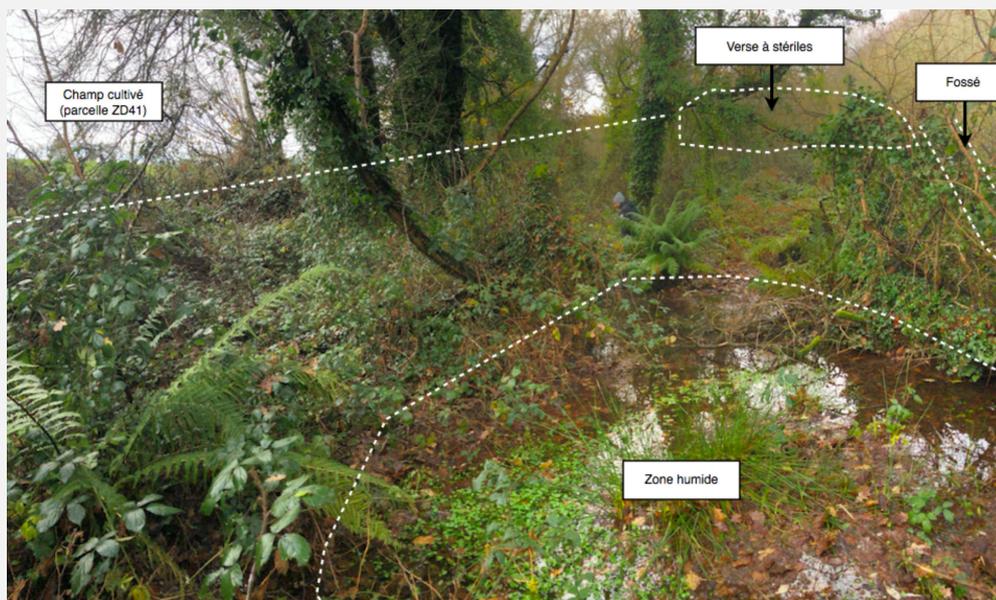
ANNEXES



Annexe 1 : Reportage photographique réalisé lors de la visite de site

Cliché	Commentaires
	<p>Site vu de l'Ouest : les parcelles qui étaient occupées par le carreau minier sont localisées dans une zone en dépression :</p> <ul style="list-style-type: none"> • La parcelle ZD45 où se trouvait la descendrière et une partie de la verse à stériles est totalement recouverte par la forêt ; • La parcelle ZD42 où se trouvait la verse est totalement recouverte par la forêt ; • La parcelle ZD41 qui était à l'aplomb des galeries et du puits de montage est occupée en grande partie par un champ cultivé.
	<p>Site vu de l'Ouest : les parcelles qui étaient occupées par le carreau minier sont localisées dans une zone en dépression :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Au niveau de la parcelle ZD41, au niveau de l'ancien puits de montage, hormis les coordonnées GPS permettant de le pointer, aucun indice ne permet sinon de la localiser. • La végétation présente sur la parcelle ZD42 est dense et ne fait l'objet d'aucun entretien particulier.

 <p>Verse à stériles</p>	<p>Au niveau de la parcelle ZD42 :</p> <ul style="list-style-type: none">• Le pied de la versée à stériles ressort bien de la topographie ;• Un fossé longe la versée à stériles sur la partie Est et prend une direction Nord / Sud.
	<p>Vue depuis la parcelle ZD42 : forêt en pied de la versée à stériles</p>



Vue depuis la parcelle ZD42 :

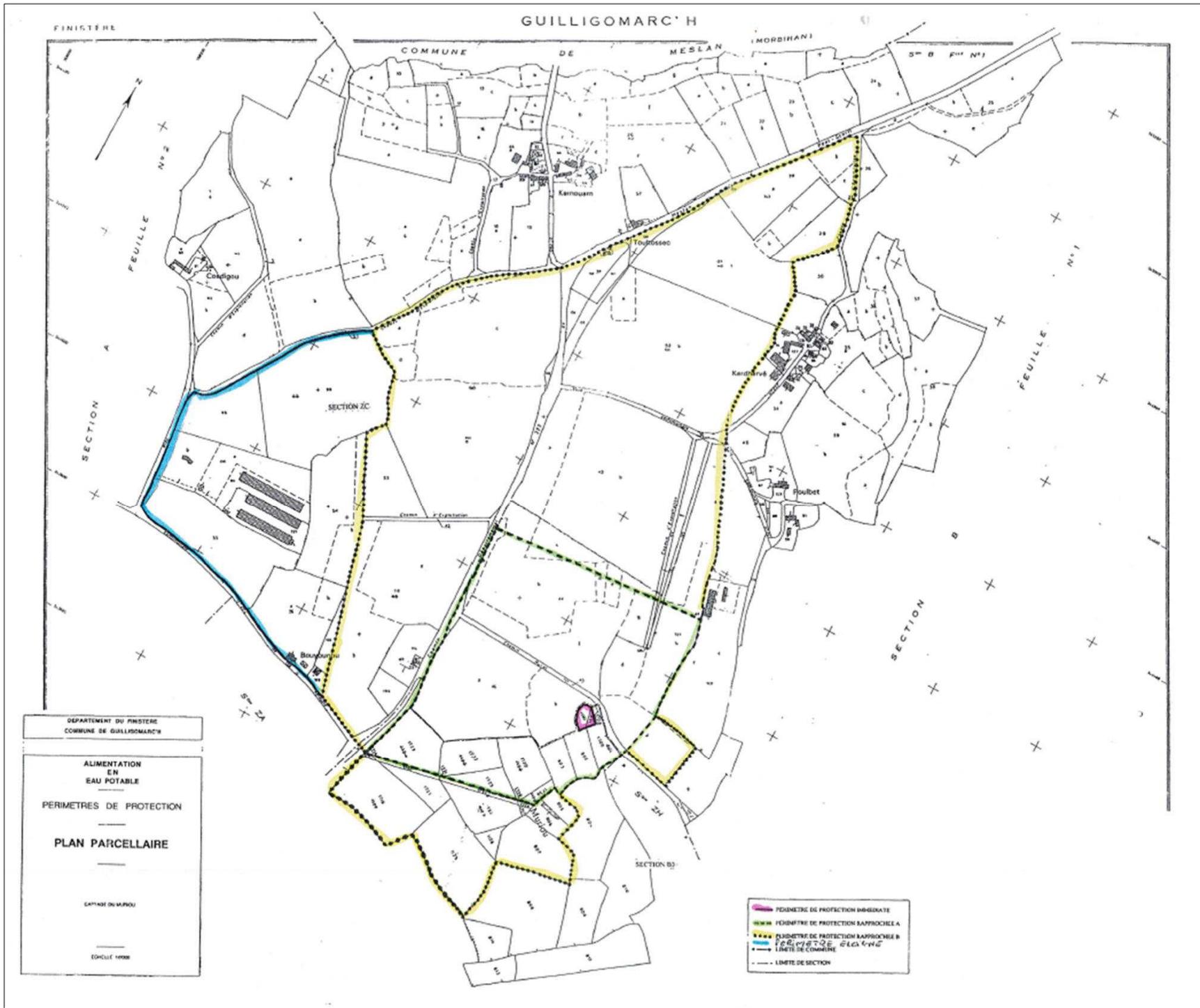
- A l'Ouest : le champ cultivé de la parcelle ZD41
- Au Nord : la versée à stériles ;
- A l'Est : un fossé dans lequel s'écoule le ruisseau longeant la versée à stériles. Il est séparé de la zone humide au premier plan par un talus.
- Au premier plan : une zone humide montrant un écoulement, elle récupère une partie des eaux de la versée à stériles et est drainée par le fossé qu'elle rejoint plus au Sud.



Ancien chemin d'accès à la versée à stériles, vue depuis l'entrée du chemin au niveau du hameau de Kerguillerm.



Annexe 2 : Périmètres de protection du captage de Kerven sur la commune de Lignol (sources : ARS).



DEPARTEMENT DU FINISTÈRE
 COMMUNE DE GUILLIGOMARC'H

 ALIMENTATION
 EN
 EAU POTABLE

 PERIMETRES DE PROTECTION

PLAN PARCELLAIRE

 CAPTURE DU MAJOU

 ÉCHELLE 1:5000

■■■■ PERIMÈTRE DE PROTECTION IMMÉDIATE
 ■■■■ PERIMÈTRE DE PROTECTION APPROCHÉE A
 ■■■■ PERIMÈTRE DE PROTECTION APPROCHÉE B
 ■■■■ PERIMÈTRE DE CAPTURE
 - - - - LIMITE DE COMMUNE
 - - - - LIMITE DE SECTION