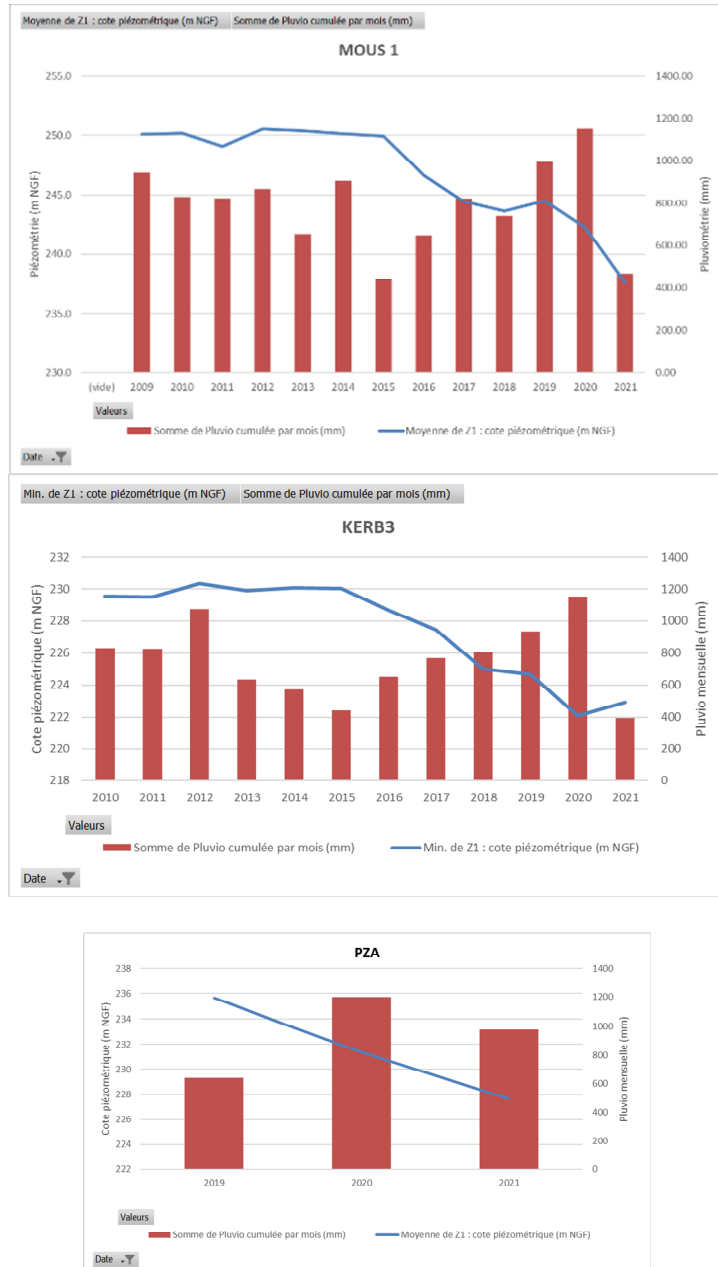


- Les ouvrages situés dans les vallons (KJ2, RO1, RO2, PF4, puits Kerzioc'h) présentent des battements plus faibles que les ouvrages situés plus en amont, en sommet ou à flanc de colline. En effet, plus un ouvrage est en aval, plus il est susceptible d'être drainé par une zone humide ou un ruisseau qui « amortissent » les variations de niveau.
- Le piézomètre PSA présente un très faible battement moyen annuel (0,44 m) qui peut s'expliquer par la localisation de cet ouvrage à la sortie du circuit de traitement des eaux et en aval de l'ancienne digue et à proximité du ruisseau de Kergroaz :
 - L'ancienne digue et les nombreux bassins de décantation pourraient maintenir l'ouvrage en charge ;
 - Un équilibre hydraulique pourrait se créer entre les eaux souterraines et le ruisseau de Kergroaz et la zone humide associée qui constituerait alors un exutoire (drain) de la nappe en hautes eaux.
- Les piézomètres PZB et PZC présentent également des battements faibles à très faibles (2,43 m pour PZB et 0,52 m pour PZC) à mettre en relation avec leur localisation en bordure de la zone humide du Kerzioc'h. En effet, la zone humide du Kerzioc'h étant alimentée, au moins en partie, par les eaux souterraines, elle est en équilibre avec les eaux souterraines et constitue un exutoire (drain) de la nappe en hautes eaux. Ceci est démontré par la parfaite corrélation entre les chroniques piézométriques du piézomètre profond PZC et du mini-piézomètre de zone humide Pz9 (Cf. Figure 26).
- La plupart des ouvrages présente des niveaux d'eau stables depuis 2002 et ne sont donc pas impactés par l'extraction du minerai d'andalousite et le pompage d'exhaure associé.
- Les piézomètres MOUS1 (en bordure Ouest de la Fosse 3) et KERB3 (à 100 m au Nord de l'extension Fosse 3) montrent une tendance à la baisse depuis 2016. Les graphiques ci-dessous donne l'évolution de la piézométrie moyenne annuelle. Ces tendances mettent en évidence un rabattement de la nappe par l'extraction d'andalousite et le pompage d'exhaure sur la Fosse 3 (8 m pour KERB3 et 12 m pour MOUS1). Ce rabattement semble limité aux abords immédiats de la Fosse 3 à l'Ouest (piézomètre PzB non impacté) et un peu plus étendu latéralement, sur une centaine de mètres vers le Nord.
- Le piézomètre PzA, également en bordure Ouest de la Fosse 3, implanté en 2016, ne permet pas de visualiser cette tendance, mais le niveau de la nappe, plus profond que dans les autres ouvrages (18 m de profondeur en moyenne) atteste d'un rabattement localisé de 5 à 8 m, que l'on peut visualiser sur la coupe de la Figure 28.



A noter que le piézomètre MOUS1 est celui qui avait réagi le plus fortement lors de l’essai de pompage de 2016 dans le piézomètre PZA. En effet, l’alignement entre PzA et MOUS1 est globalement parallèle à une faille qui a été identifiée dans le secteur. Celle-ci est d’orientation Sud-Est / Nord-Ouest. PzA et MOUS 1 se situent dans un axe de circulation préférentiel des eaux.

2.4.5.2 *Mini-piézomètres des zones humides de vallons de Kerzioc’h et de Kerroué*

Les chroniques piézométriques mensuelles présentées en **Figure 35** ne montrent aucune tendance générale à la baisse des niveaux d’eau décorrélée de la pluviométrie. Les zones humides ne sont donc pas impactées par l’exploitation d’IRMG (recul de 4 ans sur la Fosse 3 et la zone humide du Kerzioc’h).

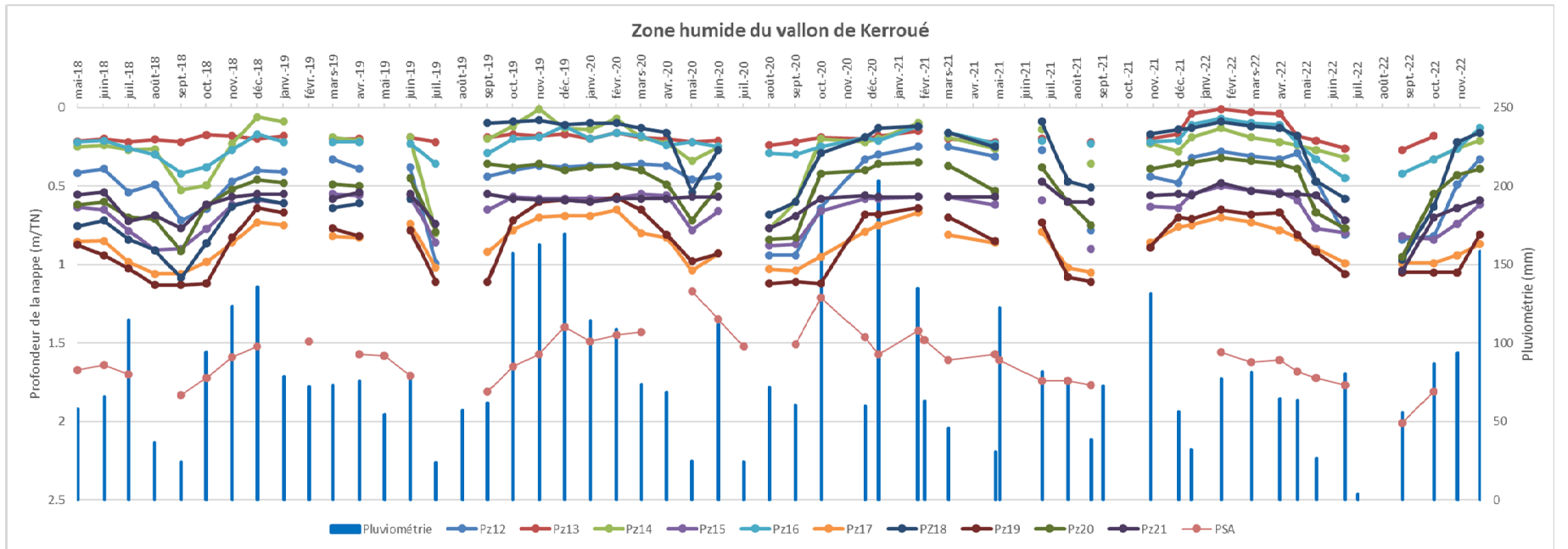
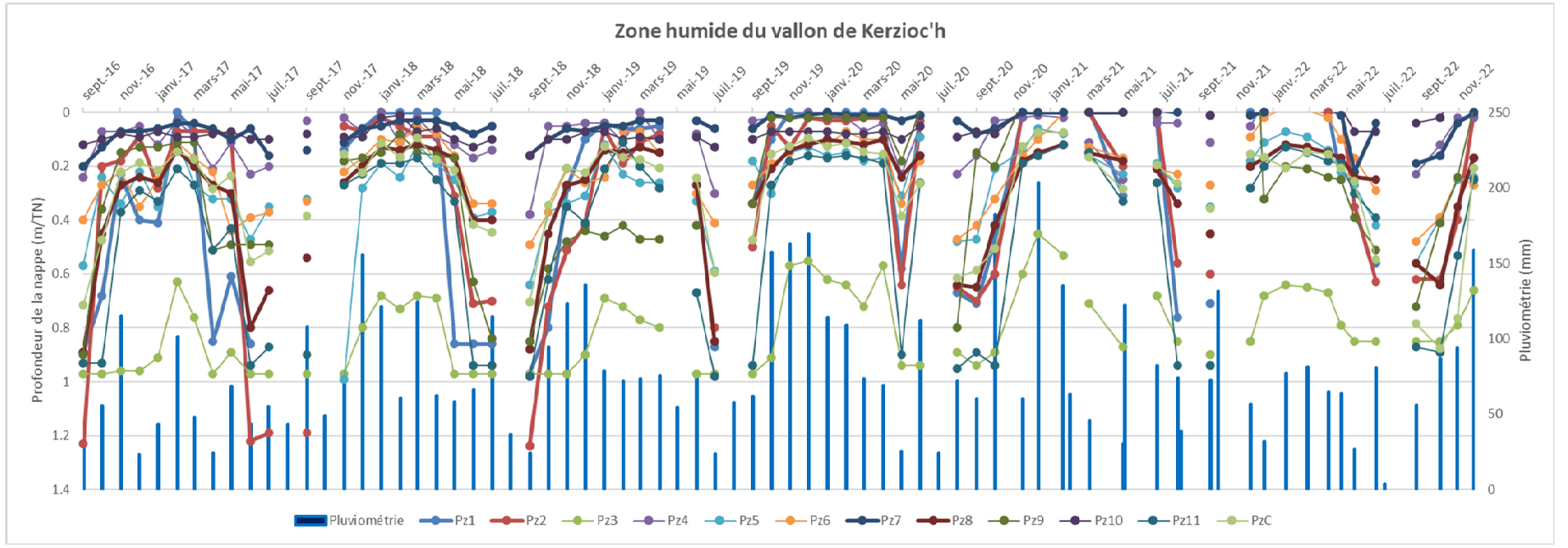
Ces mêmes chroniques piézométriques sont également utiles à la compréhension du fonctionnement des zones humides. On peut en tirer les points suivants :

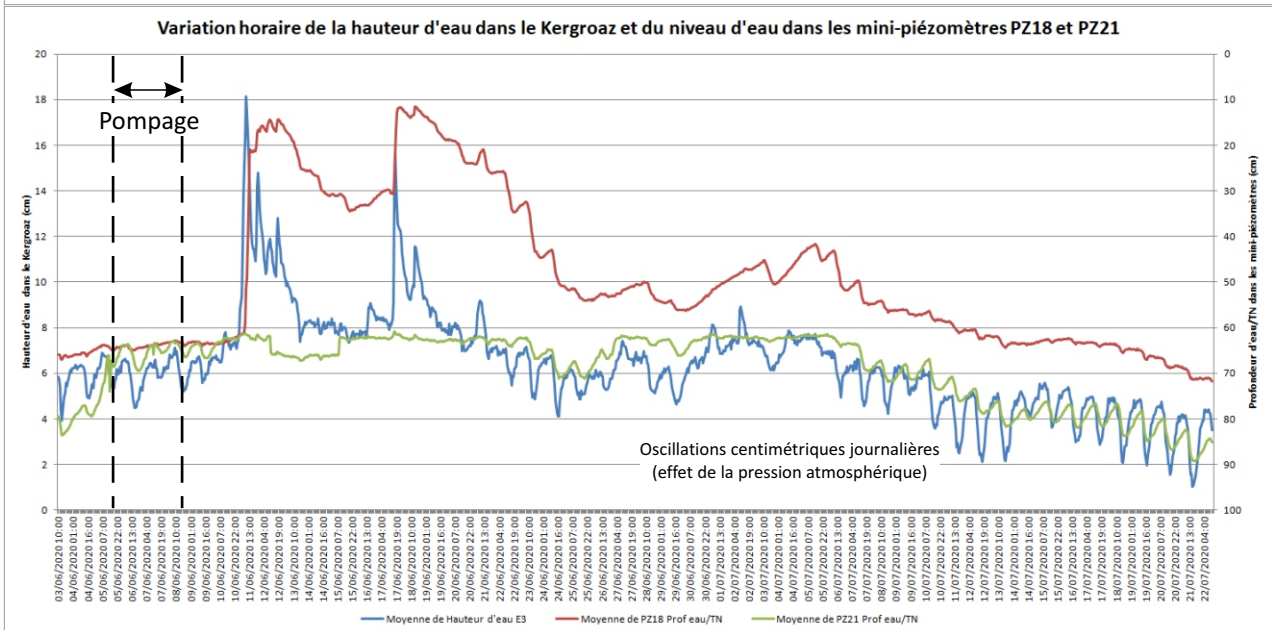
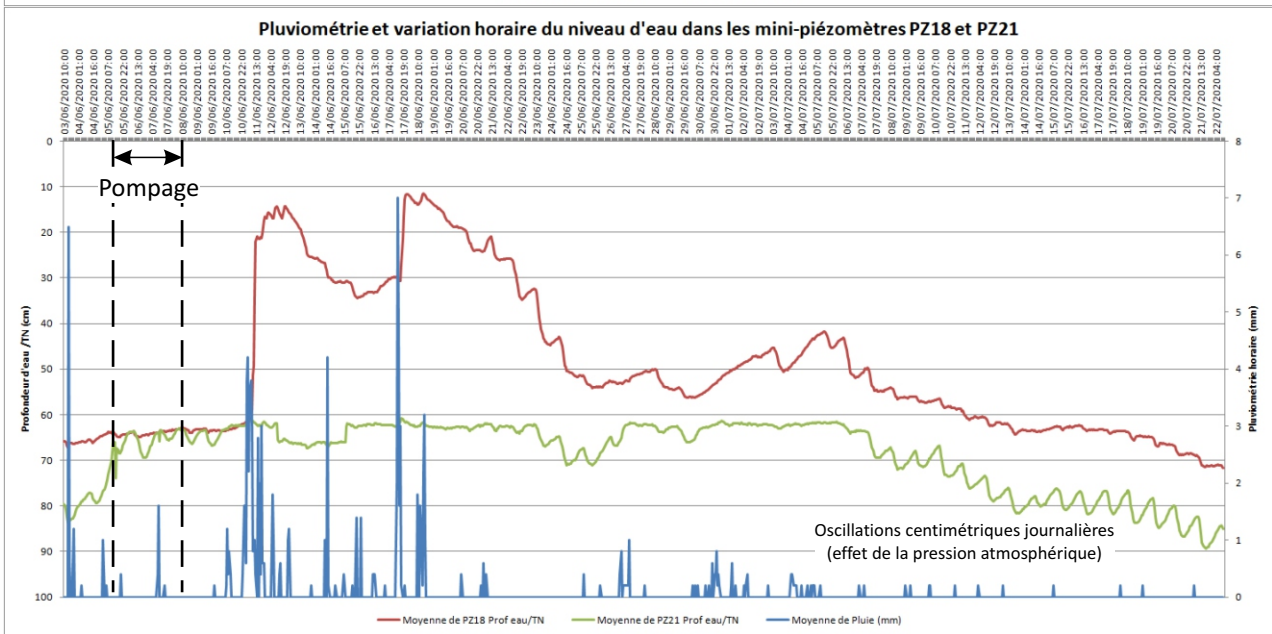
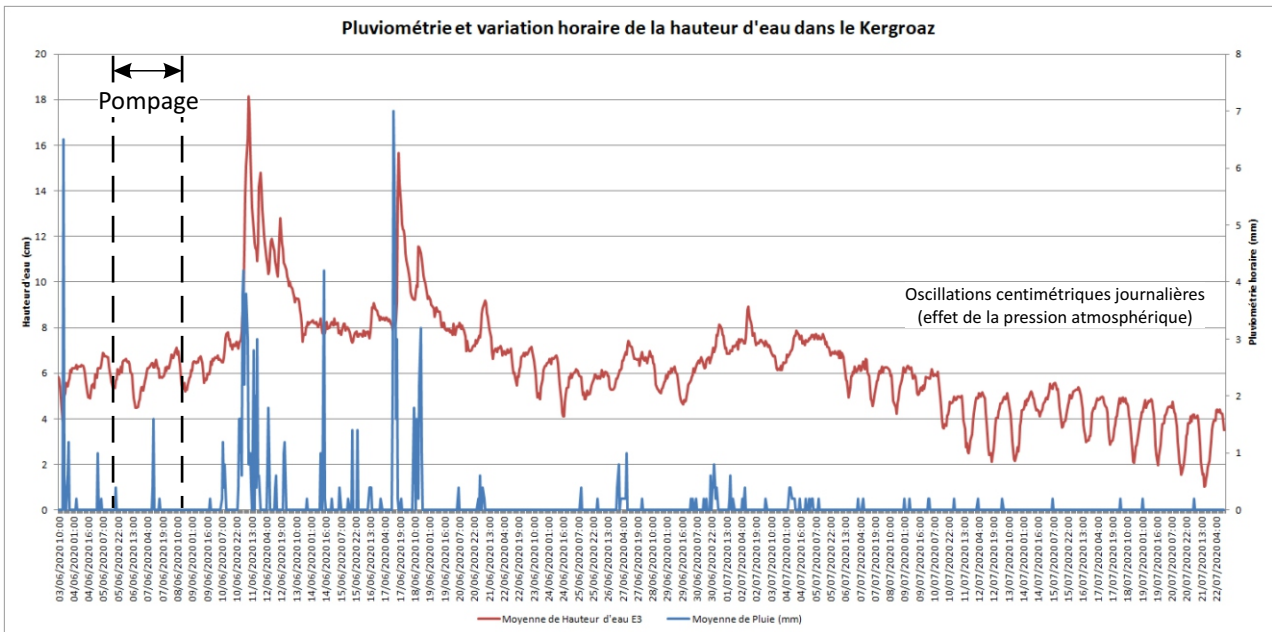
- **Le niveau de la nappe dans les zones humides est fortement dépendant de la pluviométrie :** hautes eaux d'octobre à mars-avril, forte baisse en mai-juin, basses eaux de juillet à septembre.
- Les mini-piézomètres situés dans l'axe des zones humides ou à proximité de zones d'alimentation (sources) et des ruisseaux ont un niveau relativement stable et indépendant de la pluviométrie (Pz4, 7, 10 dans le vallon de Kerzioc'h et Pz13, 16, 21 dans le vallon de Kerroué). Leur niveau est soutenu à l'étiage par des eaux de pluies infiltrées sur les pentes et les plateaux et qui ressortent à la faveur de la topographie.
- Les mini-piézomètres situés plus en périphérie s'assèchent plus vite (Pz1, 2, 3, 1 dans le vallon de Kerzioc'h et Pz12, 15, 17, 18, 19 dans le vallon de Kerroué) et **réagissent rapidement en cas de pluie.**
- Le piézomètre profond **PzC** est implanté dans la zone humide du Kerzioc'h, à proximité du mini-piézomètre **Pz9**. Le piézomètre PzC a été cimenté sur les 10 premiers mètres, ce qui l'isole partiellement des potentielles venues d'eau de la zone humide, et malgré tout, sa **chronique piézométrique est parfaitement corrélée à celle du mini piézomètre Pz9 (Cf. Figure 26)**. Ceci justifie l'hypothèse que la zone humide du fond de vallon de Kerzioc'h est au moins en partie (soutien à l'étiage essentiellement) alimentée par les eaux souterraines. **L'axe de cisaillement Est/Ouest** se prolongeant depuis la Fosse 3 et passant à proximité de l'ouvrage PzC pourrait être associé à l'émergence d'eau souterraines alimentant en partie la zone humide (limite de type drain).

Le suivi horaire des niveaux d'eau dans le ruisseau du Kergroaz (E3) et dans la zone humide du vallon de Kerroué (Pz18 et Pz21) entre le 03/06/2020 et le 22/07/2020 (voir graphiques en **Figure 36**) a permis d'analyser la réaction du ruisseau et de la zone humide à une pluviométrie importante entre le 11/06 et le 18/06, avec un cumul de 86 mm, dont 44 mm les 11/06 et 12/06 et 31,4 mm les 17/06 et 18/06 :

- Le niveau d'eau du **ruisseau de Kergroaz** est monté en quelques heures suite aux deux épisodes pluvieux (+10 cm en 7h le 11/06 et +8 cm en 6h) puis est redescendu à son niveau « initial » en 2 jours, avec quelques rebonds après chaque averse.
- **Le mini-piézomètre Pz18 a également fortement réagit à ces deux épisodes pluvieux** (+47 cm en 24h les 11/06 et 12/06 et +18 cm en 10h le 17/06) mais, à la différence du ruisseau, le niveau d'eau s'est stabilisé pendant 1 à 2 j et la baisse a été beaucoup moins rapide, le niveau d'eau « initial » du 8-9/06 n'étant retrouvé qu'un mois après environ.
- **Le mini-piézomètre Pz21 n'a pas réagi aux deux épisodes pluvieux** est resté relativement stable entre 62 et 65 cm de profondeur environ entre le 05/06 et 07/07. Les faibles fluctuations de niveau sur cette période sont néanmoins bien corrélées au niveau du ruisseau. Après le 07/07 une tendance à la baisse s'est amorcée qui est bien corrélée au mini-piézomètre Pz18 et au niveau du ruisseau.

Ces observations confirment les différences de comportement entre les mini-piézomètres situés dans l'axe de la zone humide (type Pz21) et ceux à proximité des zones d'alimentation (type Pz18).





2.4.6 Paramètres hydrodynamiques

Différentes études réalisées au cours de l'évolution historique du site de Guerphalès ont permis d'estimer les caractéristiques hydrauliques des cornéennes à andalousite exploitées, le but étant toujours de prévoir les débits exhaure et les impacts de l'exploitation.

Dans le cadre du projet d'ouverture de la Fosse 4 et de la présente étude hydrogéologique, un nouvel essai de pompage a été réalisé en juin 2020 afin de préciser les paramètres hydrodynamiques des terrains au niveau du projet de Fosse 4.

Ci-après sont rappelées les conclusions des études hydrogéologiques réalisées dans le cadre des demandes d'autorisation d'exploiter précédentes, ainsi que les nouvelles investigations.

2.4.6.1 Etude hydrogéologique de 1993 (LITHOLOGIC)

A l'époque, il s'agissait d'étudier l'impact potentiel du remplissage de la Fosse 1 par les stériles humides. Pour déterminer les paramètres hydrodynamiques des cornéennes à andalousite, un sondage de reconnaissance et 4 piézomètres avaient été forés en bordure de Fosse 1.

Un essai de pompage avait été effectué :

- Cet essai avait montré la présence de limites étanches compartimentant l'aquifère ;
- Les caractéristiques hydrauliques de l'aquifère avaient été calculées (transmissivité = capacité à transmettre l'eau et coefficient d'emmagasinement = eau libérable) :

| Ouvrage | Transmissivité (m ² /s) | Coefficient d'emmagasinement |
|---------|------------------------------------|------------------------------|
| F | 1.10 ⁻⁴ | - |
| P1 | 0,52.10 ⁻⁴ | 0,8.10 ⁻⁴ |
| P2 | 0,53.10 ⁻⁴ | 0,5.10 ⁻⁴ |
| P3 | 0,53.10 ⁻⁴ | 1.10 ⁻⁴ |
| P4 | 0,50.10 ⁻⁴ | 1.10 ⁻⁴ |

Ces résultats mettaient en évidence les mauvaises caractéristiques de l'aquifère (faibles circulations d'eau dans les cornéennes).

2.4.6.2 Etude hydrogéologique de 1996 (GEOARMOR Environnement)

Cette étude avait été réalisée dans le cadre de la demande d'autorisation d'ouverture de la Fosse 3 et avait porté sur l'hydrogéologie de ce secteur.

Autour de la Fosse 3, sept sondages avaient été forés (entre 50 et 124 m de profondeur) et un pompage d'essai d'un mois (du 14 septembre au 17 octobre 1995) avait été effectué avec un débit de pompage de 19 m³/h.

L'interprétation de l'essai avait montré :

- Que les rabattements dans l'ouvrage de pompage avaient atteint 55 m, mais qu'aucun piézomètre (10 ouvrages situés à l'Est dont 6 sur l'emprise de la Fosse 3 actuelle) n'avait réagi ;
- Un aquifère particulièrement cloisonné : pas de réaction des piézomètres dont certains à moins de 100 m, des effets de limites étanches bien visibles sur la courbe de pompage ;

- Une transmissivité estimée à $T = 1,75.10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$, c'est-à-dire du même ordre de grandeur que celles calculées par le bureau d’études LITHOLOGIC en 1993.

2.4.6.3 Etude hydrogéologique de 2009 (GEOARMOR Environnement)

Il s’agissait d’un essai de pompage, dans le cadre de l’étude d’extension de la Fosse 3, sur l’ouvrage F0 (qui n’existe plus aujourd’hui ; il se trouvait entre la Fosse 3 initiale et la zone d’extension au Sud-Ouest).

L’essai s’était déroulé du 6 juillet au 23 juillet 2009 à un débit de $13 \text{ m}^3/\text{h}$. L’interprétation de l’essai avait mis en évidence :

- Une évolution des niveaux piézométriques sur les ouvrages S1 et S3 s’expliquant par la baisse naturelle de la nappe en période estivale, les réactions étant extrêmement faibles ;
- Que les ouvrages S2 et S4, alignés avec F0 selon une direction N40°, réagissaient nettement et fortement ; il pouvait être constaté les observations suivantes :
 - Pas de présence de limite d’alimentation ou de zone à forte perméabilité comme on aurait pu s’y attendre si l’accident passant par le vallon jouait un rôle de drain important ;
 - Existences de limites étanches ou de structures se comportant comme telles, du fait de l’accélération systématique des rabattements en fin de pompage (aquifère cloisonné).

Les caractéristiques hydrodynamiques déduites étaient les suivantes :

| Ouvrage | Transmissivité (m^2/s) | Coefficient d’emmagasinement |
|---------|--|------------------------------|
| F0 | $2,2.10^{-4}$ | - |
| S2 | $2,2.10^{-4}$ | 3.10^{-4} |
| S4 | $2,2.10^{-4}$ | 1.10^{-4} |

Ces résultats mettaient à nouveau en évidence les mauvaises caractéristiques de l’aquifère (faibles circulations d’eau dans les cornéennes) et indiquaient des résultats du même ordre de grandeur que ceux obtenus lors des études précédentes.

2.4.6.4 Etude hydrogéologique de 2014 (GEOARMOR Environnement)

Cette étude a été réalisée en vue de l’ouverture de la Fosse 4. 2 piézomètres à 80 m de profondeur avaient été implantés à l’époque en vue d’un nouvel essai de pompage : le piézomètre Pi2, actuel PK, en limite Ouest du projet de fosse et le piézomètre Pi1, actuel PF4, en limite Sud-Est.

Les débits instantanés évalués au soufflage en fin de foration étaient de $10 \text{ m}^3/\text{h}$ dans le PF4 (4 venues d’eau à 15, 30, 50 et 60 m de profondeur) et de $1 \text{ m}^3/\text{h}$ dans le PK (1 venue d’eau à 70 m de profondeur).

Un **essai de pompage longue durée** a été réalisé dans le **piézomètre PK du 10 au 20 mars 2014**, à un débit moyen de $4,5 \text{ m}^3/\text{h}$. Les niveaux piézométriques ont été suivi pendant le pompage et lors de la remontée (jusqu’au 4 avril 2014) sur le puits de pompage (PK) et les piézomètres PF4, MO3 et PZ1_F1. L’échelle limnimétrique déjà présente sur le ruisseau de Kergroaz (E3) a également été suivie.

❖ Observations

Les niveaux mesurés dans les différents ouvrages pendant l'essai de pompage puis pendant la remontée sont présentés en **Figure 37**.

A titre de comparaison, le niveau piézométrique d'un ouvrage de référence (piézomètre ADES 03124X0088/F) situé à Rostrenen à 8,5 km au Nord-Est de l'exploitation de Guerphalès est également présenté. Cet ouvrage, non affecté par l'essai de pompage, illustre l'évolution naturelle de la piézométrie locale et l'influence de la pluviométrie sur celle-ci.

Les observations que l'on peut en tirer sont les suivantes :

- Au sein de l'ouvrage de pompage (PK), le niveau piézométrique a baissé rapidement dès le début de l'essai (-5,49 m le premier jour) puis plus lentement par la suite. Le rabattement maximum observé est de 7,86 m. À l'arrêt du pompage, le niveau est rapidement remonté. En une seule journée, le niveau initial (242 m NGF) a été rattrapé.
- Le niveau piézométrique de l'ouvrage de référence situé à 8,5 km au Nord-Est de l'exploitation de Guerphalès présente une baisse continue sur l'ensemble de la durée du pompage et de la remontée, qui atteignait -2 m par rapport au niveau initial au 4 avril 2014, jour d'arrêt des mesures.
- Les niveaux des ouvrages PF4, PZ1_F1 et MO3 ont enregistré une faible baisse tout au long du pompage. Cette baisse s'étant prolongée après l'arrêt du pompage dans Pi2 (baisses maximales respectives de -0,59 m, -0,21 m et -1,62 m), elle est à rapprocher de la baisse naturelle enregistrée au niveau du piézomètre de référence.
- **Aucun effet du pompage sur les niveaux et sur les débits du ruisseau de Kergroaz n'a été observé durant l'essai.** L'échelle était positionnée à la cote 202 m NGF, soit environ 40 m en dessous du niveau initial de l'ouvrage de pompage.

❖ Interprétation

L'interprétation de l'essai de pompage longue durée est proposée à partir de l'expression générale de THEIS (saisie des données dans le logiciel SHADDOK) a donné une transmissivité de $1,3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ pour l'aquifère intercepté par l'ouvrage PK.

Ces résultats mettaient à nouveau en évidence les mauvaises caractéristiques de l'aquifère (faibles circulation d'eau dans les cornéennes et fort cloisonnement) avec des résultats du même ordre de grandeur que ceux obtenus lors des études précédentes.

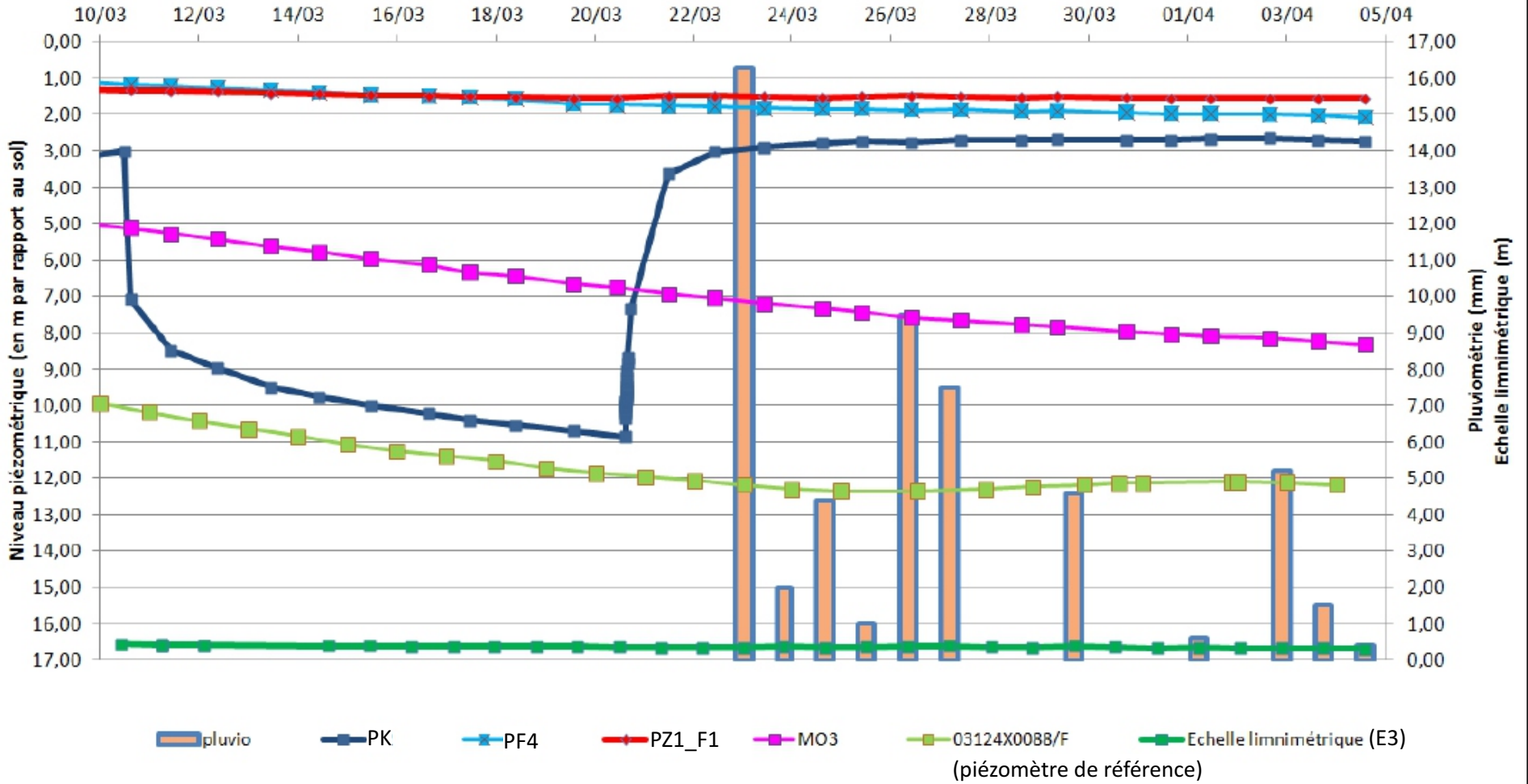


Figure 37

2.4.6.5 Etude hydrogéologique de 2016 (AXE Environnement)

Il s'agissait d'un nouvel essai de pompage, dans le cadre de la reprise de l'étude d'extension de la Fosse 3, sur le piézomètre PZA. L'essai longue durée s'est déroulé du 09/06/2016 au 12/07/2016 à un débit de pompage initial de 17,5 m³/h. Le débit de pompage a enregistré une baisse régulière pour atteindre 13 m³/h en fin d'essai.

Les constats ont été les suivants :

- Au sein de l'ouvrage de pompage (PzA), le niveau piézométrique a baissé rapidement dès le début de l'essai (près de 10 m le premier jour), puis plus lentement par la suite. Le rabattement maximum observé est de près de 30 m. À l'arrêt du pompage, le niveau est très rapidement remonté. Le niveau piézométrique initial était retrouvé au bout de 4 jours.
- Les niveaux des ouvrages suivis ont montré de très légères baisses qui se sont poursuivies au-delà de la période de pompage. Cette baisse est donc liée à la baisse naturelle du niveau des eaux à cette période de l'année et non pas au pompage.

A noter que le piézomètre MOUS1 est celui qui a réagi le plus fortement. L'alignement entre PzA et MOUS1 est globalement parallèle à une faille qui a été identifiée dans le secteur. Celle-ci est d'orientation Sud-Est / Nord- Ouest. PzA et MOUS 1 se situent donc dans un axe de circulation préférentiel des eaux.

Le fait que les autres ouvrages ne soient pas influencés par le pompage confirme le contexte d'aquifère cloisonné du secteur.

Aucun effet de l'essai de pompage sur les niveaux et sur les débits du ruisseau du Kerzioc'h n'a été observé durant l'essai.

Le suivi journalier des mini-piézomètres de la zone humides de Kerzioc'h pendant l'essai n'a montré aucune baisse imputable au pompage.

L'interprétation de l'essai longue durée a donné une **transmissivité de $1,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$** , du même ordre de grandeur que les précédentes études hydrogéologiques réalisées sur le site de Guerphalès et confirme les caractéristiques médiocres de l'aquifère.

2.4.6.6 Etude hydrogéologique 2020 (GéoPlusEnvironnement)


Afin de préciser le contexte hydrodynamique de l'emprise de la future Fosse 4 et évaluer les impacts potentiels de l'ouverture de cette nouvelle fosse sur la zone humide du vallon de Kerroué, un essai de pompage par paliers et un essai de pompage longue durée de 72 h ont été effectués en juin 2020. C'est dans ce cadre qu'ont été forés les deux piézomètres PZ1_F4 et PZ2_F4, localisés en **Figure 38** :

- Pz1_F4 (puits de pompage) : 80 m de profondeur, situé au centre de la future Fosse 4 ;
- Pz2_F4 : 30 m de profondeur, situés en limite Sud du projet de Fosse 4 et en bordure Nord de la zone humide du vallon de Kerroué.

Les coupes techniques de ces ouvrages sont présentées en **Annexe 8**.

Légende

Périmètre ICPE

 Sollicité à l'extension


 Autorisé et sollicité au renouvellement


Suivi des eaux souterraines


Essai de pompage

Piézomètre profond équipé de sonde de niveau

 Piézomètre de suivi

 Puits de pompage

 Mini piézomètre de zone humide équipé de sonde de niveau

 Suivi limnimétrique

Ouvrages de suivi existants

 Mini piézomètre de zone humide

 Piézomètre profond


 Puits

Infrastructures

 Existant

 Projet

Structures géologiques

 Contact cornéennes / socle briovérie - Grés armoricains

 Filon de dolérite

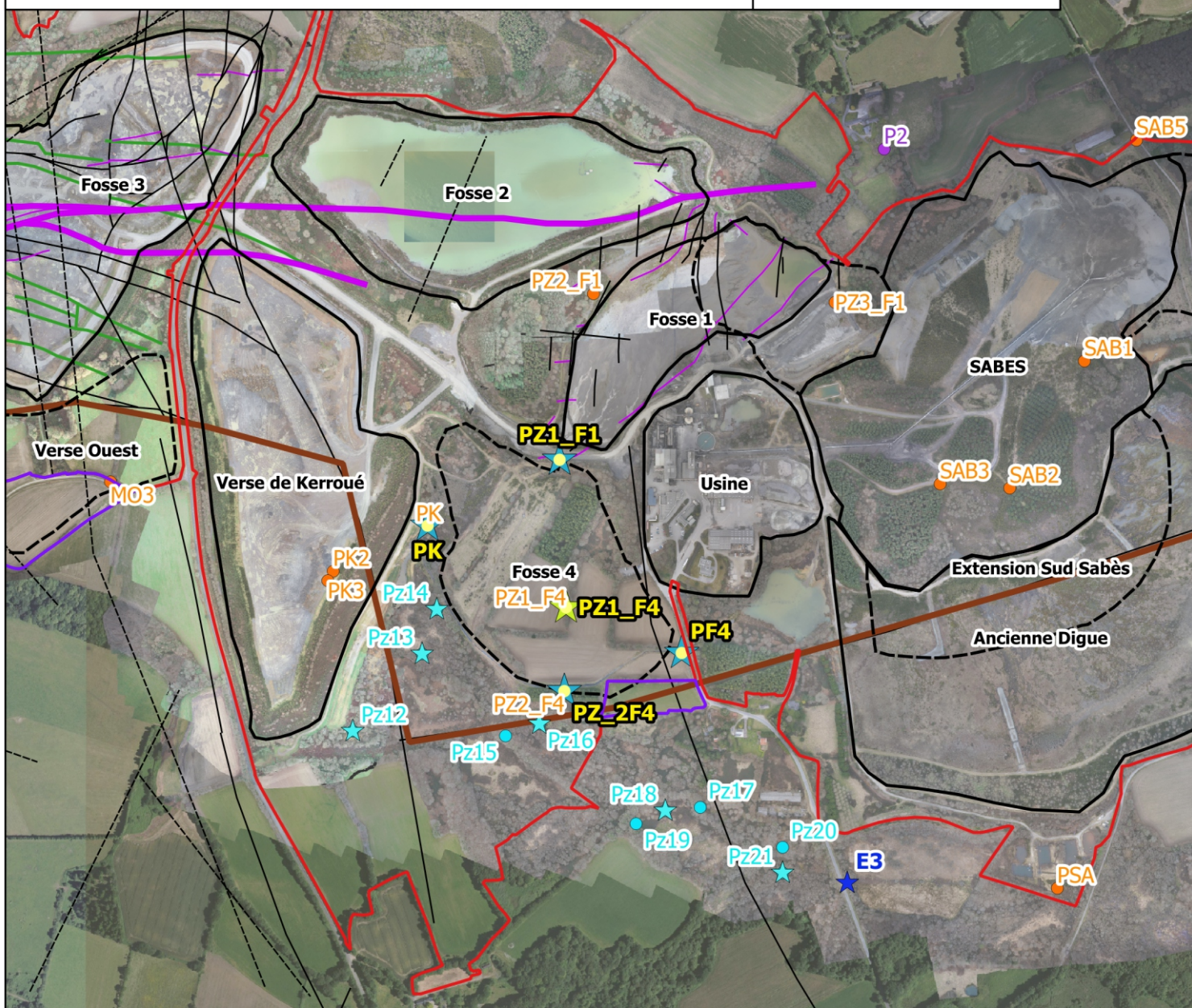
 Faille observée

 Faille "photo interprétée"

 Cisaillement

 Cisaillement majeur

100 0 100 200 300 m



Le niveau des arrivées d'eau et les débits associés ont été mesurés :

- PZ1_F4 (puits de pompage) : 1,5 m³/h à 12 m de profondeur / 0,5 m³/h à 21 m de profondeur et 0,5 m³/h à 33 m de profondeur ;
- PZ2_F4 (piézomètre de suivi) : 6 m³/h à 30 m de profondeur.

Les deux ouvrages traversent les cornéennes à andalousite. Aucune fracturation n'a été observée dans le puits de pompage PZ1_F4, à mettre en relation avec les faibles débits observés qui sont essentiellement liés à des circulations d'eau dans les altérites. En revanche, des veines de quartz productives ont été notées dans le piézomètre de suivi PZ2_F4, expliquant le débit plus important observé à 30 m. La fracturation importante du massif à 30 m de profondeur a conduit à un éboulement du forage, ce qui explique que le piézomètre PZ2_F4, initialement prévu à 60 m de profondeur, n'a été équipé que jusqu'à 30 m de profondeur.

La différence de productivité entre les deux forages apporte déjà un aperçu du **cloisonnement de l'aquifère**.

Les faibles arrivées d'eau dans l'ouvrage de pompage PZ1_F4 ont conduit à limiter la durée de l'essai de pompage à 72 h comme présenté ci-après dans l'interprétation des essais par paliers.

❖ **Essai de pompage par paliers**

- **Principe**

Un essai de pompage par paliers, ou « essai de puits », est réalisé par paliers successifs de débits croissants de préférence non enchaînés. Le temps de pompage de chaque palier est généralement d'une heure, mais doit être suffisamment long pour atteindre une stabilisation du niveau d'eau dans l'ouvrage (régime permanent). Le temps de repos entre chaque palier doit également être suffisamment long pour permettre un retour du niveau piézométrique à une valeur proche de l'état initial.

Ainsi, les paliers de débit et du rabattement induit peuvent être comparés entre eux avec pour objectif notamment de déterminer les caractéristiques du complexe aquifère/ouvrage. L'évolution des pertes de charge avec le débit permet effectivement de déterminer le débit critique de l'ouvrage au-delà duquel les écoulements sont majoritairement turbulents et non plus laminaires, induisant un risque de détérioration de l'équipement de pompage (entraînement de particules, oxydation).

- **Mise en œuvre**

L'essai de pompage par paliers a été réalisé le jeudi 4 juin 2020 avec l'objectif de vérifier la productivité du piézomètre profond PZ1_F4 et de définir ainsi le débit de l'essai de pompage longue durée permettant d'éviter le dénoyage de la pompe et de garantir un fonctionnement optimal du dispositif de pompage.

Etant donnés les faibles débits observés en foration, l'essai a consisté en un ensemble de 4 paliers de débits croissants (2, 4, 6 et 8 m³/h), non enchaînés et d'une durée d'une heure chacun. La durée de repos permettant à la nappe de retrouver à peu près son niveau statique avant pompage a également été choisie égale à une heure.

La société BONNIER Forages a équipé le piézomètre PZ1_F4 avec une pompe installée à 70 m de profondeur (aspiration) et équipé d'une colonne d'exhaure en inox suivie d'un flexible de refoulement. Le rejet des eaux pompées a été réalisé dans un fossé plus au Nord rejoignant le réseau des eaux de ruissellement du site.

Le débit a été suivi en continu à l'aide d'un débitmètre électromagnétique, préalablement étalonné, monté sur le dispositif de refoulement (Cf. Figure 39).

Chaque pompage a duré une heure, suivie d'une heure de remontée du niveau piézométrique.

- **Interprétation**

La courbe illustrant le rabattement du niveau piézométrique dans l'ouvrage PZ1_F4 lors des paliers de pompage est présentée en Figure 39. Les observations suivantes peuvent être faites :

- Les phases de remontée ne permettent jamais de revenir au niveau statique qui baisse progressivement (-0,60 m à la fin du 1^{er} palier ; -1,31 m à la fin du 2^{ème} ; -2,84 m à la fin du 3^{ème} ; -5,00 m à la fin du 4^{ème}). Ceci témoigne de la faible productivité de l'ouvrage.
- Les courbes de descente des 2^{ème} et 3^{ème} paliers marquent des ruptures de pente à 17 m de profondeur, liée à une limite d'alimentation, le niveau piézométrique ayant passé sous la venue d'eau principale située à 12 m de profondeur.
- La courbe de rabattement s'effondre au cours du dernier palier et le débit de pompage diminue dès les premières minutes pour atteindre 5,5 m³/h en fin de palier.

Le débit critique de l'ouvrage a donc été atteint au cours de cet essai.

L'interprétation de cet essai a été réalisée sur les trois premiers paliers à partir de la **méthode de JACOB implémentée dans le logiciel OUAIP®** (Cf. Figure 40). De manière assez schématique, JACOB estime que le rabattement total (s_{total}) mesuré lors d'un pompage est la somme d'un rabattement qui dépend des propriétés hydrodynamiques de l'aquifère (s_{aqui}) et d'un rabattement provoqué par l'équipement installé et l'environnement immédiat du captage (s_{equip}). Du fait de l'augmentation des vitesses de l'eau à proximité du forage, le premier terme varie généralement de manière linéaire par rapport au débit (conditions d'écoulement de Darcy où les écoulements sont schématisés par des filets d'eau parallèles entre eux) tandis que le second comporte une composante proportionnelle au carré du débit (pertes de charge quadratiques). Dans ce cas, les écoulements ne sont plus laminaires mais turbulents.

Ainsi, Jacob (1947) écrit la relation suivante :

$$s_{total} = BQ + CQ^2$$

Où B est le coefficient de pertes de charge linéaires et C est le coefficient de pertes de charge quadratiques. Ainsi, le terme BQ représente la part d'écoulement laminaire et le terme CQ² représente la part d'écoulement turbulent des écoulements souterrains sollicités par le pompage.

Sur la base de cette conceptualisation des écoulements, OUAIP® propose de déterminer le débit critique comme étant le débit à ne pas dépasser pour maintenir autour et à l'entrée dans l'ouvrage des écoulements majoritairement laminaires. Ce point est défini pour : BQ = CQ². C'est le point dit « d'égalité des pertes de charge ».

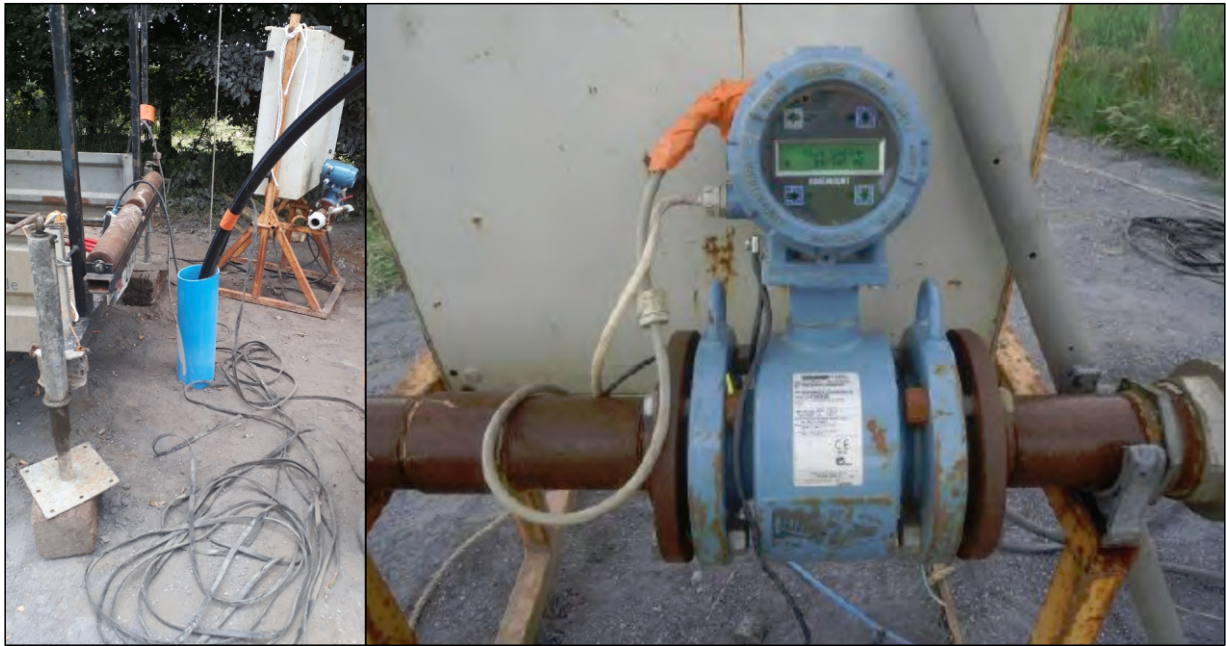
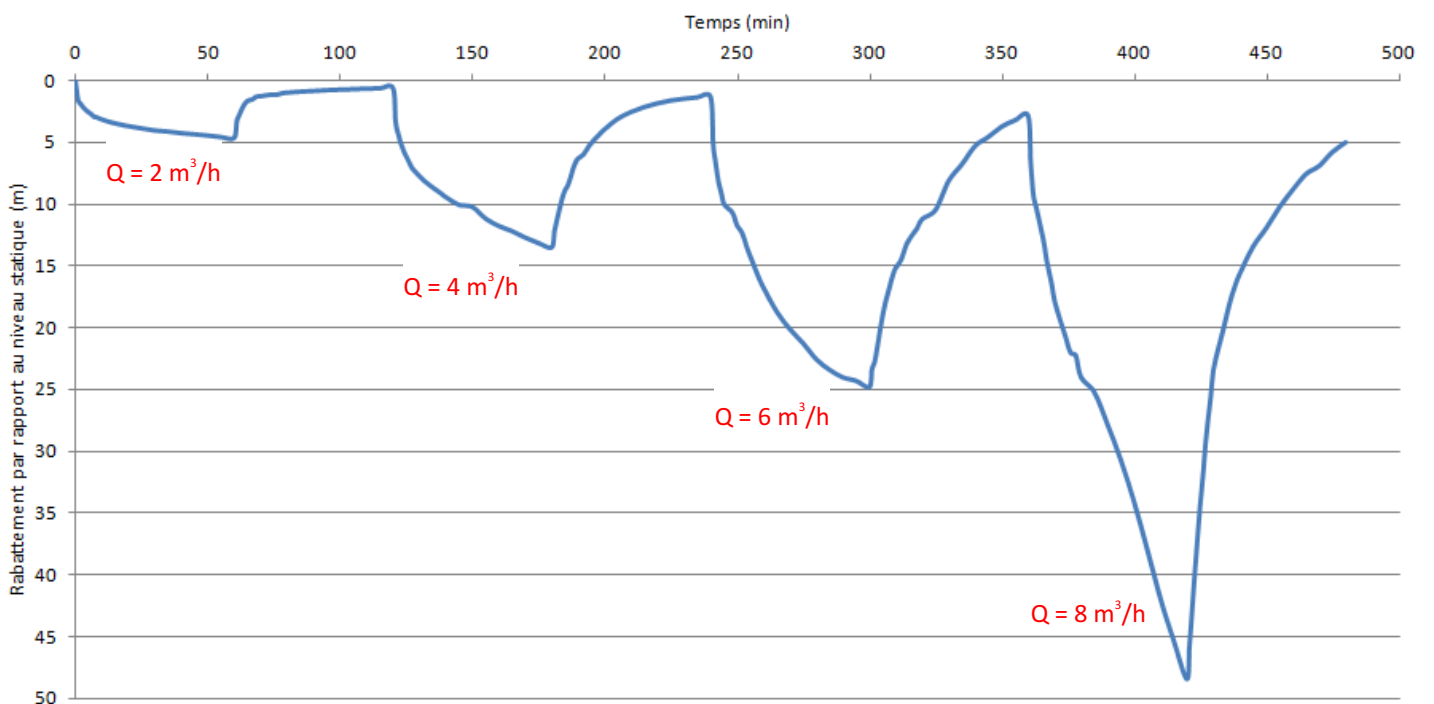


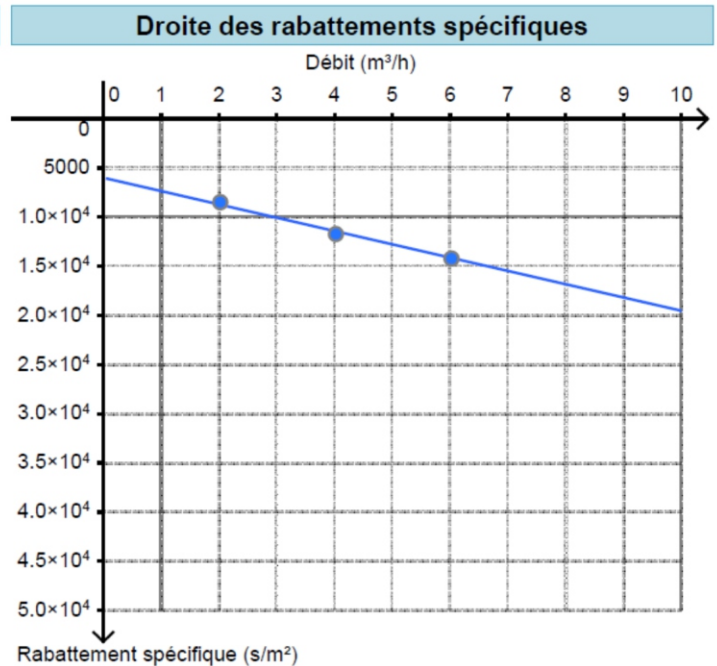
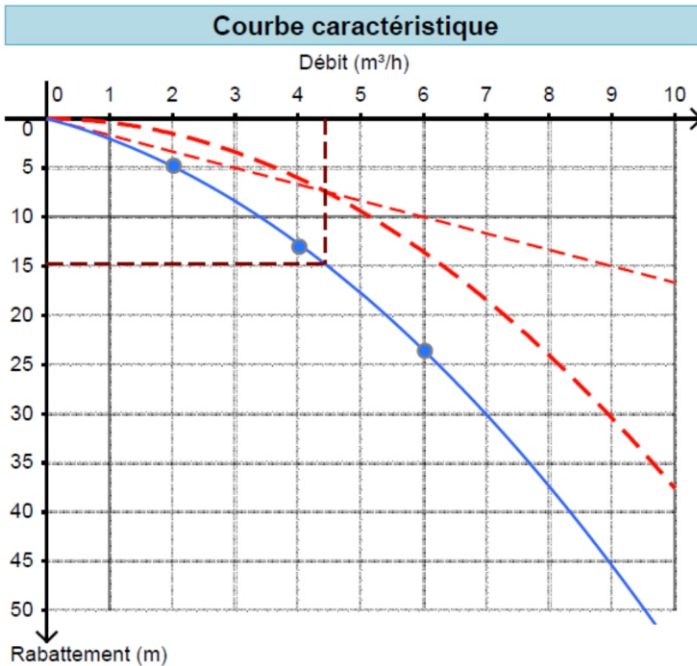
Illustration de l'équipement de pompage du puits de pompage PZ1_F4 (armoie électrique raccordée au réseau électrique de l'usine + conduite de refoulement) et du débitmètre (à droite)

Evolution du rabattement dans le puits (PZ1_F4) au cours de la série de 4 paliers de pompage



| | |
|--------|--|
| Site | Exploitation d'andalousite de Guerphalès |
| Date | 04/06/2020 |
| Projet | Fosse 4 |

| | |
|----------------|------------|
| Société | IRMG |
| Aquifère capté | Cornéennes |
| Type d'ouvrage | Puits |



Légende

| | |
|---|---------------------------------|
| ● | Points expérimentaux |
| --- | Débit critique |
| --- | PDC linéaires |
| --- | PDC quadratiques |
| — | Courbe caractéristique du puits |

Légende

| | |
|--|------------------------|
| ● | Points expérimentaux |
| — | Rabattement spécifique |

| Pompage par palier | Débit (m³/h) | Rabattement mesuré (m) | Temps de pompage (min) | Temps de remontée (min) | Rabattement linéaire calculé (m) | Rabattement quadratique calculé (m) | Rabattement spécifique mesuré (h/m²) | Rabattement spécifique calculé (h/m²) | Écart (sim-obs) (m) |
|--------------------|--------------|------------------------|------------------------|-------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|
| Palier 1 | 2 | 4.64 | 60 | 60 | 3.3 | 1.5 | 2.32 | 2.42 | 0.197 |
| Palier 2 | 4 | 12.88 | 60 | 60 | 6.7 | 6 | 3.22 | 3.17 | -0.197 |
| Palier 3 | 6 | 23.47 | 60 | 60 | 10 | 14 | 3.91 | 3.92 | 6.61×10 ⁻² |

Résultats de l'ajustement

| | | |
|---|--------------------------------------|---|
| Coef. de pertes de charges linéaires (B) | 1.67 h/m ² | 6 000 s/m ² |
| Coef. de pertes de charges quadratiques (C) | 0.376 h ² /m ⁵ | 4.87×10 ⁶ s ² /m ⁵ |
| Exposant (n) | 2.00 | |

Débit critique 4.43 m³/h

Les caractéristiques interprétées pour l'ouvrage PZ1_F4 sont les suivantes :

- Débit critique : **4,4 m³/h** ;
- Coefficient de pertes de charges linéaires : 1,67 h/m² ;
- Coefficient de pertes de charges quadratiques : 0,376 h²/m⁵.

Ces valeurs témoignent de la faible productivité du puits **PZ1_F4**. Il a donc été choisi de réaliser un **essai de pompage longue durée de 72 h à un débit de 3,5 m³/h**. Pour mémoire, l'essai de pompage réalisé en 2014 sur le piézomètre PK avait été également limité à un débit de 4,5 m³/h.

Les débits de pompage atteints dans le secteur du projet de Fosse 4 (ouvrages PK et PZ1_F4) sont très inférieurs aux débits obtenus lors des essais réalisés dans le secteur de la Fosse 3 (13 à 19 m³/h), témoignant d'une **moins bonne productivité de l'aquifère dans le secteur du projet de Fosse 4**.

❖ Essai de pompage longue durée

- Principe

Le pompage d'essai de longue durée est exécuté à débit constant. Cet essai présente 3 objectifs principaux :

- 1) Estimer les caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère testé, c'est-à-dire sa transmissivité et son coefficient d'emmagasinement ;
- 2) Etudier la structuration et le rôle de l'aquifère : cloisonnement, drainance...
- 3) Estimer par analogie l'effet potentiel de l'exploitation de la Fosse 4 sur l'aquifère, afin de prévoir l'évolution du rabattement en fonction des débits pompés et notamment l'influence sur la zone humide de Kerroué située en aval de la Fosse 4.

L'évolution de la piézométrie a été suivie dans plusieurs ouvrages (PZ2_F4, PK, PF4, PZ1_F1, PZ2_F1, PSA, RO1, RO2, KJ2, MO3, Puits de Kerzioc'h) ainsi que dans les piézomètres superficiels implantés au niveau de la zone humide de Kerroué. Le niveau d'eau du ruisseau de Kergroaz a également été suivi sur une échelle limnimétrique.

- Conditions de l'essai

Etant données les caractéristiques de l'ouvrage de pompage (PZ1_F4), cet essai a dû être limité à un débit de **3,5 m³/h et à une durée de 72 h**, du 05/06/2020 au 08/06/2020. Après l'arrêt du pompage, les niveaux piézométriques ont été suivis sur l'ensemble des ouvrages jusqu'au 12/06/2020.

De plus, un pluviomètre a été mis en place par IRMG sur le site de Glomel. Un total de **45,5 mm de précipitations a été enregistré entre le 05/06/2020 et le 12/06/2020**, dont 1,8 mm sur la période de pompage et **43,70 mm sur la période de remontée**.

- Interprétation de l'essai

L'interprétation de l'essai de pompage longue durée est proposée à partir de l'expression générale de THEIS (saisie des données dans le logiciel OUAIP®, Cf. **Figure 41**) :

$$s = \frac{Q}{4\pi T} W(u)$$

Avec :

- Q = débit de pompage (m^3/s)
- T = Transmissivité (m^2/s)
- W(u) = fonction de Theis ou fonction puits (avec $u = r^2S / 4Tt$),
- t = temps de pompage (s)
- S = coefficient d'emmagasinement sans dimension,

Les caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère traversé par le forage PZ1_F4, estimées par la méthode de THEIS, sont les suivantes :

| | Solution de THEIS (logiciel OUAIP) |
|------------------------------|------------------------------------|
| Transmissivité (m^2/s) | $0,4 \cdot 10^{-4} m^2/s$ |
| Coefficient d'emmagasinement | 0,053 (sans unité) |

Cet essai de pompage longue durée donne des résultats du même ordre de grandeur que les précédentes études hydrogéologiques réalisées sur le site de Guerphalès, avec malgré tout une **valeur de transmissivité faible**, proche de celle obtenue lors des essais de pompage de 1993.

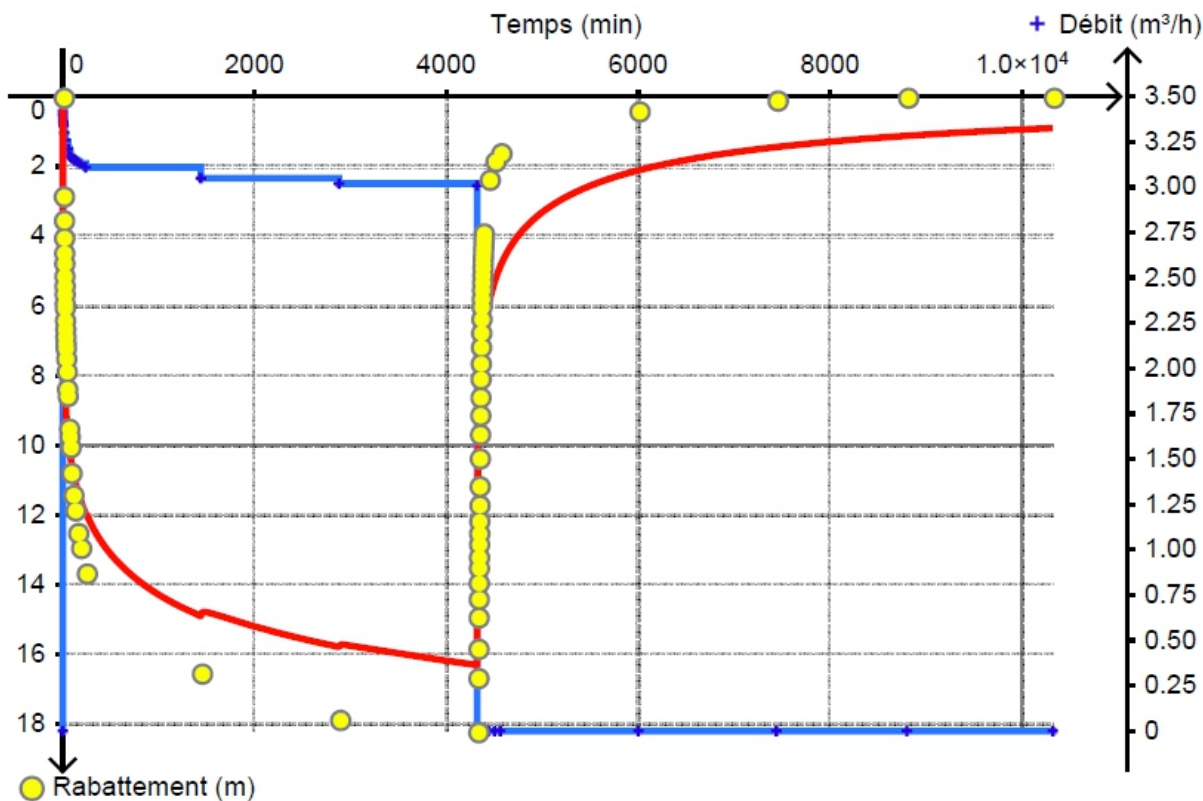
Le **coefficient d'emmagasinement est plus élevé** que les valeurs obtenues précédemment.

Les données de forage et l'interprétation des essais par paliers indiquent que **le forage de pompage PZ1_F4, positionné au centre du projet de Fosse 4, n'a traversé aucune faille productive et n'est alimenté que par la nappe superficielle des altérites**, d'où une transmissivité plus faible, mais un coefficient d'emmagasinement plus élevé.

Essai longue durée (72 h) PZ1_F4 Glomel

| | |
|----------------|--|
| Site | Exploitation d'andalousite de Guerphalès |
| Date | 05/06/2020 |
| Projet | Fosse 4 |
| Société | IRMG |

| | |
|----------------------------|------------|
| Aquifère capté | Cornéennes |
| Type d'ouvrage | Puits |
| Rayon d'observation | 0.15 m |



| Légende | |
|--|--|
| —+— | Débit |
| ● | Rabattement mesuré |
| — | Courbe théorique |
| Interprétation à l'aide de la solution | Theis |
| Type aquifère | Captif |
| Transmissivité | $4.06 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ |
| Coefficient d'emmagasinement | $5.31 \times 10^{-2} (-)$ |
| Coefficient d'ajustement de Nash -Sutcliffe | 0.831 (-∞..1) |

IMERYS REFRACTORY MINERALS GLOMEL - Commune de Glomel (22)
Exploitation d'andalousite de Guerphalès - Projet d'ouverture de la Fosse 4
Etude hydrologique et hydrogéologique
Interprétation de l'essai de pompage longue durée à l'aide du logiciel OUAIP

Sources : BRGM, GEO+

Figure 41

2.4.7 Qualité des eaux souterraines

Concernant la qualité des eaux souterraines, la légende de la carte géologique de ROSTRENEN (BRGM) indique : « En règle générale, les eaux profondes sont plus minéralisées, douces, acides et agressives, contenant très fréquemment du fer (et du manganèse) à teneur élevée ».

Conformément à l'arrêté préfectoral du 3 août 2018, IRMG effectue un **suivi mensuel** de la qualité des eaux souterraines sur les **10 piézomètres et 2 puits** utilisés pour le suivi piézométrique. Les paramètres analysés sont le **pH, la conductivité et les concentrations en sulfates, fer total, aluminium total, manganèse total et nickel total**.

Les tableaux suivants donnent les valeurs moyennes mensuelles de ces paramètres pour la période 2010-2019 (à noter que les ouvrages PZA, PZB, PZC, Min1 et Min2 ne sont suivis que depuis début 2019).

Tableau 19 : Moyennes annuelles 2010-2021 du pH des eaux souterraines des piézomètres suivis par IRMG

| Mois | KJ2 | MO1 | P1 (Guermeur) | P2 (Kerzioc'h) | PZA | PZB | PZC | Min1 | Min 2 | RO1 | RO2 | PSA |
|----------------|------------|------------|------------------|-------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 2010 | 6,4 | | 6,4 | 5,9 | | | | | | | 6,2 | 7,1 |
| 2011 | 6,0 | | 6,4 | 6,3 | | | | | | | 6,1 | 7,0 |
| 2012 | 6,2 | 4,8 | 6,2 | 6,2 | | | | | | 4,3 | 6,1 | 7,0 |
| 2013 | 6,1 | 4,7 | 6,2 | 5,8 | | | | | | 4,5 | 5,7 | 7,1 |
| 2014 | 6,1 | 5,1 | 6,4 | 5,7 | | | | | | 4,8 | 5,6 | 6,8 |
| 2015 | 6,2 | 5,0 | 6,5 | 6,1 | | | | | | 4,3 | 6,0 | 7,7 |
| 2016 | 6,3 | 4,7 | 6,3 | 5,9 | | | | | | 4,1 | 5,8 | 7,5 |
| 2017 | 5,2 | 4,8 | 6,3 | 6,3 | | | | | | 4,5 | 6,0 | 7,3 |
| 2018 | 6,3 | 4,7 | 6,1 | 5,9 | | | | | | 4,9 | 5,6 | 7,2 |
| 2019 | 6,3 | 4,6 | 6,2 | 6,1 | 5,9 | 5,6 | 6,6 | 6,3 | 6,2 | 4,5 | 6,0 | 7,4 |
| 2020 | 6,2 | 4,7 | 6,1 | 6,0 | 5,9 | 5,6 | 6,7 | 5,2 | 6,1 | 4,4 | 5,9 | 7,4 |
| 2021 | 6,1 | 4,5 | 6,0 | 6,0 | 6,1 | 5,5 | 6,5 | 4,8 | 5,9 | 4,2 | 5,8 | 7,1 |
| Moyenne | 6,1 | 4,7 | 6,2 | 6,0 | 6,0 | 5,6 | 6,6 | 5,3 | 6,0 | 4,4 | 5,9 | 7,2 |

Tableau 20 : Moyennes annuelles 2010-2021 de la conductivité (en µS/cm) des eaux souterraines des piézomètres suivis par IRMG

| Mois | KJ2 | MO1 | P1 (Guermeur) | P2 (Kerzioc'h) | PZA | PZB | PZC | Min1 | Min 2 | RO1 | RO2 | PSA |
|------|-------|-------|------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 2010 | 166,6 | | 118,0 | 178,8 | | | | | | | 149,5 | 209,0 |
| 2011 | 241,7 | | 134,0 | 191,8 | | | | | | | 158,6 | 244,0 |
| 2012 | 133,5 | 147,5 | 102,3 | 182,5 | | | | | | 413,5 | 146,7 | 388,7 |
| 2013 | 136,2 | 139,8 | 96,9 | 176,0 | | | | | | 427,8 | 136,8 | 204,2 |
| 2014 | 148,5 | 133,0 | 86,8 | 211,5 | | | | | | 482,4 | 143,6 | 203,3 |
| 2015 | 311,5 | 130,5 | 143,0 | 164,8 | | | | | | 524,3 | 138,8 | 199,5 |
| 2016 | 212,7 | 117,0 | 76,8 | 159,3 | | | | | | 668,8 | 135,0 | 197,3 |
| 2017 | 155,8 | 116,5 | 90,0 | 196,5 | | | | | | 582,5 | 152,3 | 208,8 |
| 2018 | 187,5 | 138,0 | 87,0 | 176,0 | | | | | | 468,5 | 226,8 | 206,0 |
| 2019 | 176,1 | 126,6 | 98,1 | 171,6 | 143,2 | 100,0 | 156,4 | 166,3 | 143,0 | 582,8 | 135,3 | 203,8 |

| Mois | KJ2 | MO1 | P1 (Guermeur) | P2 (Kerzioc'h) | PZA | PZB | PZC | Min1 | Min 2 | RO1 | RO2 | PSA |
|----------------|--------------|--------------|------------------|-------------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 2020 | 137,3 | 124,2 | 101,4 | 176,5 | 154,9 | 100,8 | 142,5 | 117,1 | 115,8 | 641,3 | 147,9 | 375,3 |
| 2021 | 234,3 | 135,9 | 90,5 | 196,6 | 172,1 | 95,9 | 156,9 | 119,8 | 121,6 | 677,4 | 135,5 | 388,3 |
| Moyenne | 186,7 | 130,0 | 104,4 | 183,0 | 159,1 | 98,6 | 151,2 | 128,7 | 124,5 | 584,3 | 148,7 | 268,6 |

Tableau 21 : Moyennes annuelles 2010-2021 de la concentration en sulfates (en mg/L) des eaux souterraines des piézomètres suivis par IRMG

| Mois | KJ2 | MO1 | P1 (Guermeur) | P2 (Kerzioc'h) | PZA | PZB | PZC | Min1 | Min 2 | RO1 | RO2 | PSA |
|----------------|--------------|-------------|------------------|-------------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|---------------|--------------|--------------|
| 2010 | | | | | | | | | | | | |
| 2011 | | | | | | | | | | | | |
| 2012 | | 27,00 | 14,00 | 20,00 | | | | | | | | |
| 2013 | | 38,90 | 44,00 | 36,50 | | | | | | 180,50 | 24,00 | 20,75 |
| 2014 | 3,74 | 10,25 | 14,10 | 22,00 | | | | | | 170,25 | 57,80 | 17,33 |
| 2015 | 20,00 | 5,50 | 9,75 | 20,25 | | | | | | 199,67 | 22,53 | 11,50 |
| 2016 | 17,50 | 6,75 | 9,75 | 17,25 | | | | | | 222,75 | 20,00 | 13,00 |
| 2017 | 46,00 | 10,25 | 30,75 | 16,00 | | | | | | 233,33 | 16,50 | 14,00 |
| 2018 | 22,75 | 11,75 | 13,00 | 22,25 | | | | | | 223,00 | 16,00 | 22,50 |
| 2019 | 38,00 | 8,25 | 14,14 | 18,25 | 32,00 | 5,33 | 13,83 | 12,17 | 17,29 | 256,00 | 18,33 | 19,88 |
| 2020 | 54,50 | 6,00 | 13,73 | 19,09 | 35,36 | 4,18 | 12,82 | 9,00 | 16,45 | 292,18 | 17,25 | 21,82 |
| 2021 | 31,48 | 7,51 | 14,35 | 19,07 | 45,82 | 4,24 | 11,00 | 7,55 | 14,08 | 351,50 | 11,27 | 20,40 |
| Moyenne | 32,18 | 9,32 | 15,85 | 19,80 | 38,75 | 4,44 | 12,28 | 9,11 | 15,70 | 267,62 | 11,42 | 19,53 |

Tableau 22 : Moyennes annuelles 2010-2021 de la concentration en fer total (en mg/L) des eaux souterraines des piézomètres suivis par IRMG

| Mois | KJ2 | MO1 | P1 (Guermeur) | P2 (Kerzioc'h) | PZA | PZB | PZC | Min1 | Min 2 | RO1 | RO2 | PSA |
|----------------|-------------|-------------|------------------|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 2010 | 2,29 | | 0,38 | 0,27 | | | | | | | 0,35 | 0,45 |
| 2011 | 1,45 | | 0,53 | 0,56 | | | | | | | 0,35 | 0,39 |
| 2012 | 1,58 | 0,49 | 0,35 | 0,94 | | | | | | 0,18 | 0,50 | 0,53 |
| 2013 | 2,31 | 0,29 | 0,35 | 0,22 | | | | | | 0,51 | 0,29 | 0,41 |
| 2014 | 8,93 | 0,54 | 0,20 | 0,28 | | | | | | 0,36 | 0,30 | 0,58 |
| 2015 | 4,61 | 0,44 | 0,21 | 0,54 | | | | | | 0,55 | 0,43 | 0,43 |
| 2016 | 11,96 | 0,45 | 0,25 | 0,39 | | | | | | 0,50 | 0,42 | 0,48 |
| 2017 | 4,14 | 0,35 | 1,17 | 1,97 | | | | | | 0,42 | 0,60 | 0,59 |
| 2018 | 4,06 | 0,22 | 0,14 | 0,70 | | | | | | 0,48 | 0,24 | 0,45 |
| 2019 | 7,18 | 0,40 | 1,88 | 0,73 | 5,99 | 0,39 | 0,38 | 0,18 | 5,42 | 0,47 | 0,36 | 0,35 |
| 2020 | 5,63 | 0,35 | 0,17 | 0,51 | 7,93 | 0,55 | 0,44 | 0,24 | 1,84 | 0,53 | 0,34 | 0,48 |
| 2021 | 4,60 | 0,58 | 1,03 | 1,21 | 12,37 | 0,46 | 0,80 | 0,22 | 1,14 | 0,53 | 0,46 | 0,42 |
| Moyenne | 4,73 | 0,43 | 0,55 | 0,66 | 9,14 | 0,48 | 0,58 | 0,22 | 2,39 | 0,48 | 0,38 | 0,46 |

Tableau 23 : Moyennes annuelles 2010-2021 de la concentration en aluminium total (en mg/L) des eaux souterraines des piézomètres suivis par IRMG

| Mois | KJ2 | MO1 | P1 (Guermeur) | P2 (Kerzioc'h) | PZA | PZB | PZC | Min1 | Min 2 | RO1 | RO2 | PSA |
|----------------|-------------|-------------|------------------|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 2010 | 0,07 | | 0,13 | 0,15 | | | | | | | 0,08 | 0,06 |
| 2011 | 0,04 | | 0,10 | 0,04 | | | | | | | 0,05 | 0,05 |
| 2012 | 0,10 | 0,08 | 0,10 | 0,05 | | | | | | 1,30 | 0,06 | 0,04 |
| 2013 | 0,04 | 0,22 | 0,16 | 0,05 | | | | | | 1,20 | 0,09 | 0,12 |
| 2014 | 0,27 | 0,24 | 0,21 | 0,22 | | | | | | 2,80 | 0,09 | 0,14 |
| 2015 | 0,42 | 0,30 | 0,17 | 0,19 | | | | | | 3,90 | 0,12 | 0,11 |
| 2016 | 0,30 | 0,33 | 0,20 | 0,16 | | | | | | 4,53 | 0,11 | 0,07 |
| 2017 | 0,16 | 0,19 | 0,70 | 0,65 | | | | | | 3,08 | 0,06 | 0,08 |
| 2018 | 0,31 | 0,44 | 0,18 | 0,29 | | | | | | 5,00 | 0,07 | 0,06 |
| 2019 | 0,12 | 0,29 | 1,50 | 0,30 | 0,29 | 0,05 | 0,04 | 0,20 | 0,07 | 5,15 | 0,11 | 0,14 |
| 2020 | 0,41 | 0,28 | 0,14 | 0,34 | 0,23 | 0,05 | 0,04 | 0,39 | 0,04 | 7,55 | 0,07 | 0,07 |
| 2021 | 0,15 | 0,43 | 0,62 | 0,36 | 0,11 | 0,05 | 0,03 | 0,36 | 0,04 | 10,13 | 0,14 | 0,05 |
| Moyenne | 0,19 | 0,31 | 0,32 | 0,21 | 0,20 | 0,05 | 0,04 | 0,34 | 0,05 | 5,82 | 0,09 | 0,08 |

Tableau 24 : Moyennes annuelles 2010-2021 de la concentration en manganèse total (en mg/L) des eaux souterraines des piézomètres suivis par IRMG

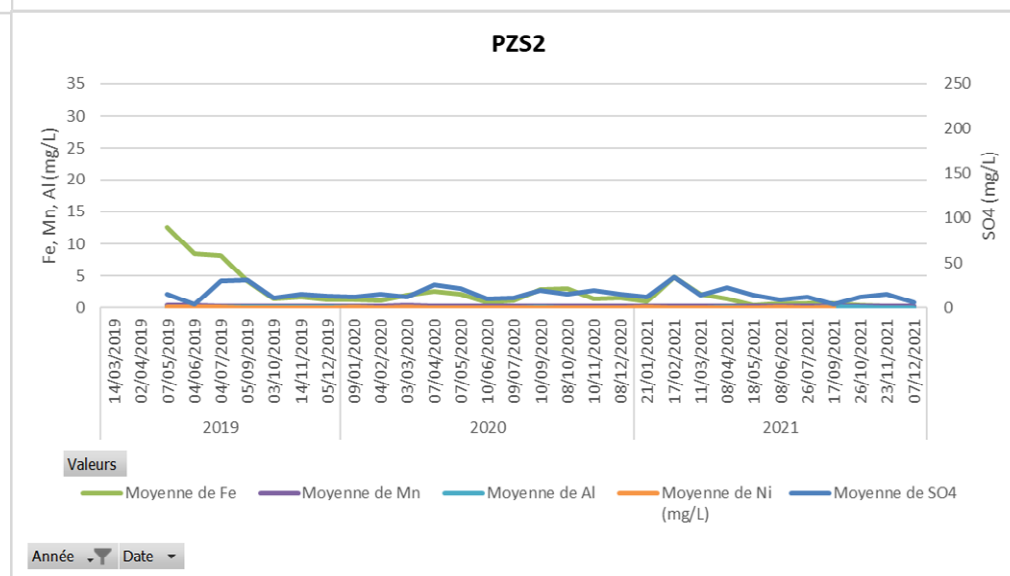
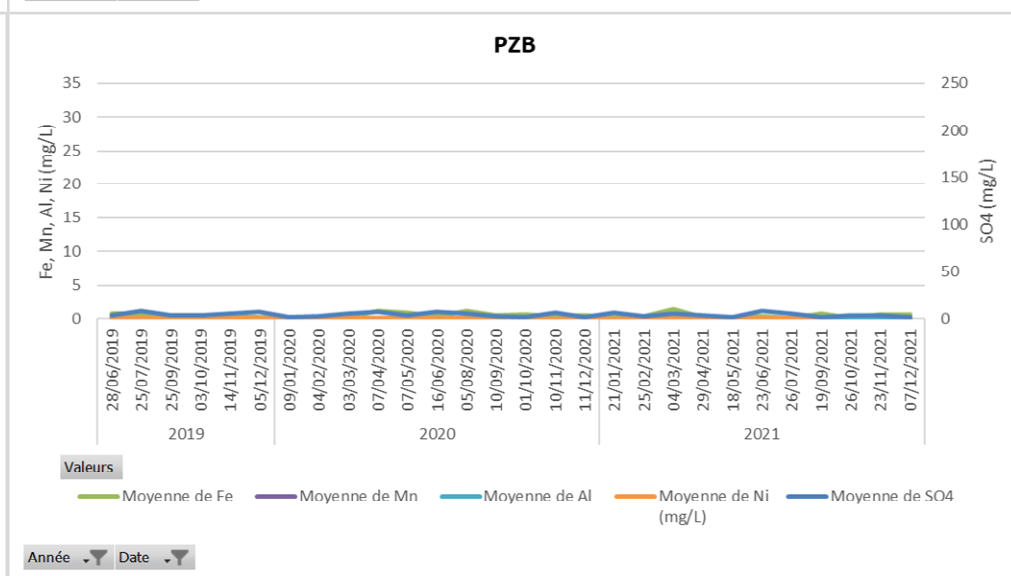
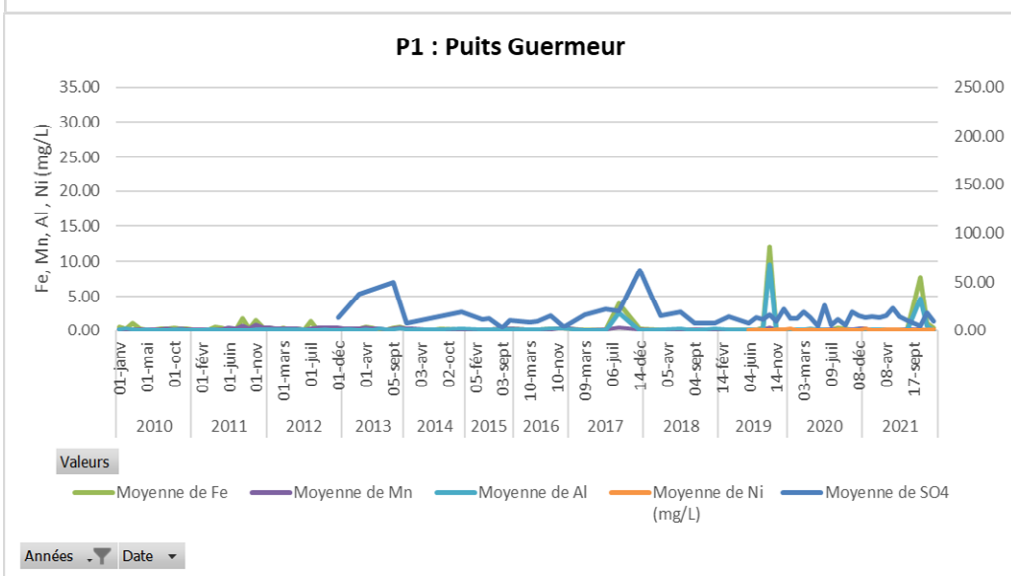
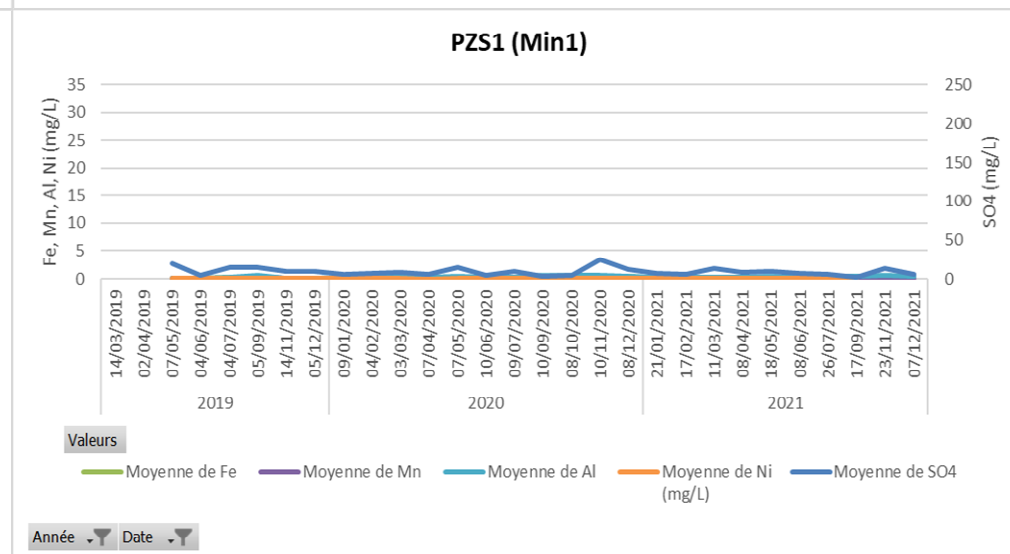
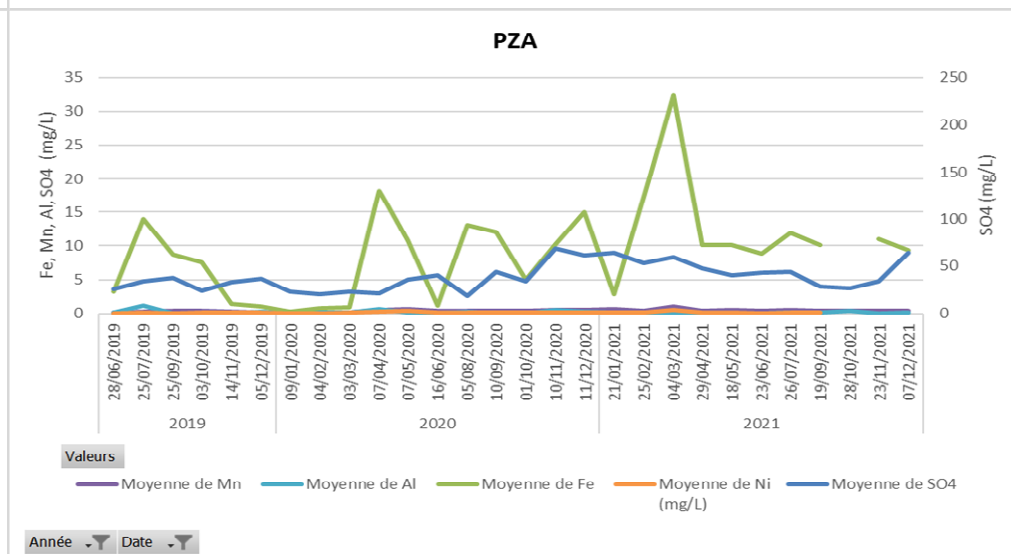
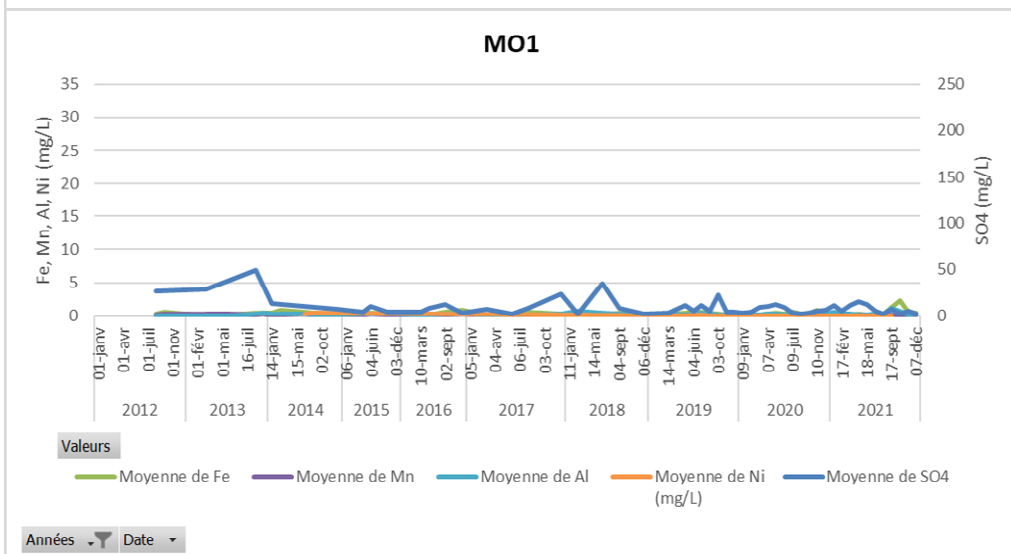
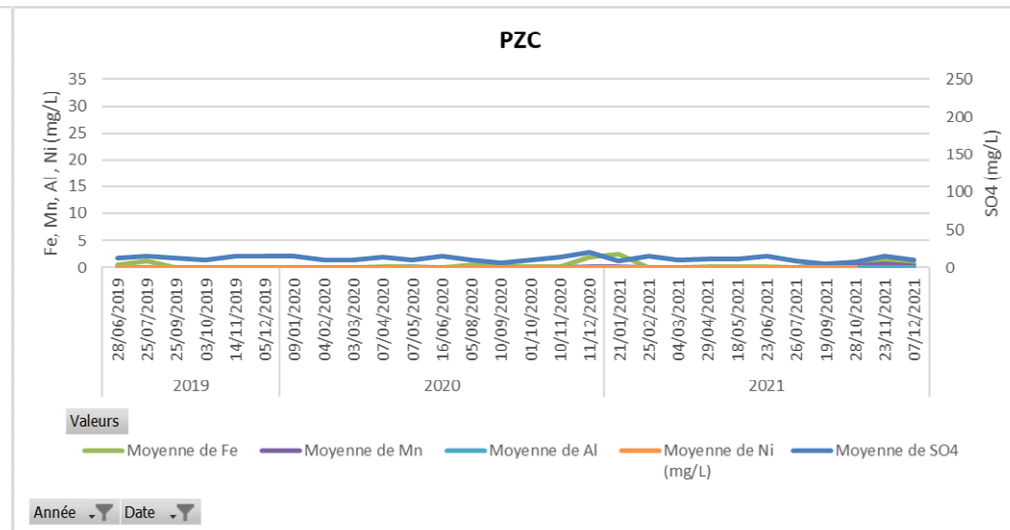
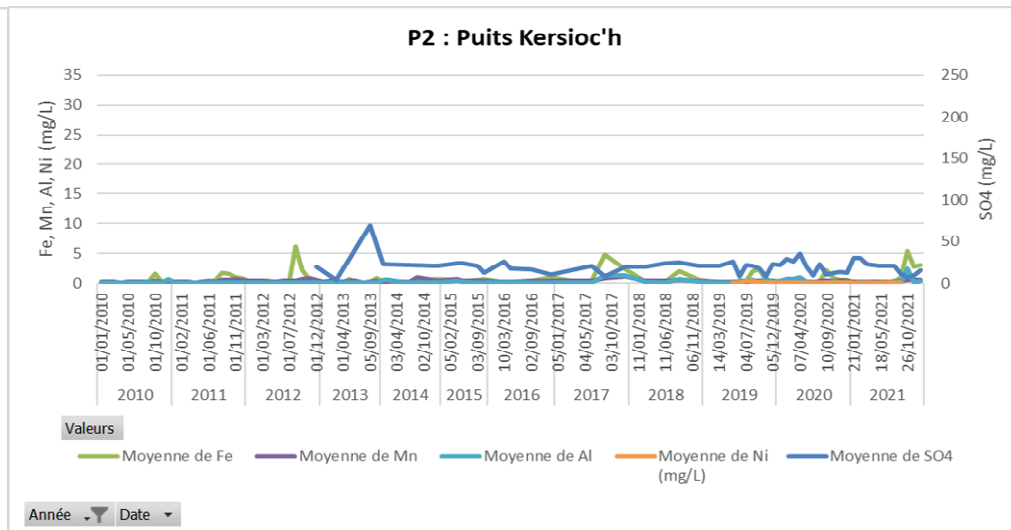
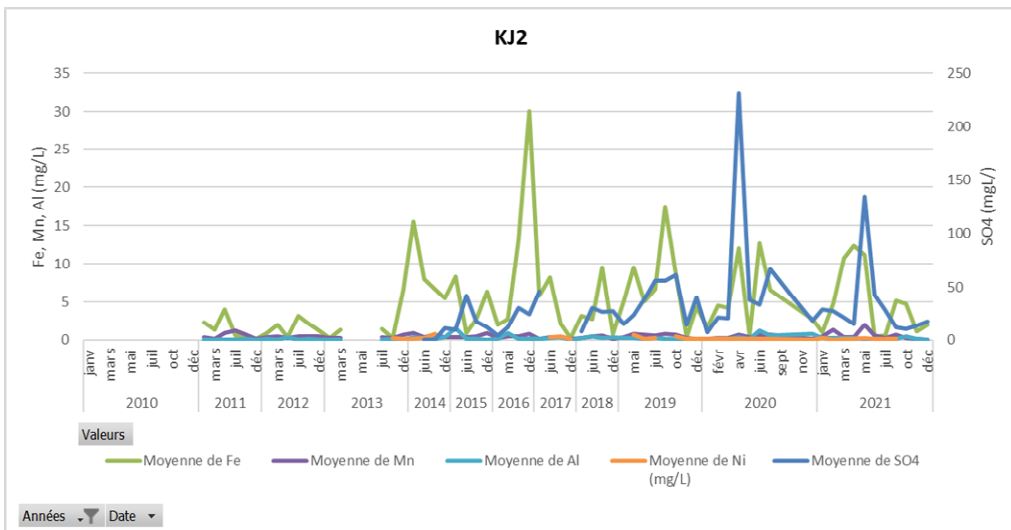
| Mois | KJ2 | MO1 | P1 (Guermeur) | P2 (Kerzioc'h) | PZA | PZB | PZC | Min1 | Min 2 | RO1 | RO2 | PSA |
|----------------|-------------|-------------|------------------|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 2010 | 0,39 | | 0,16 | 0,20 | | | | | | | 0,08 | 0,10 |
| 2011 | 0,54 | | 0,33 | 0,34 | | | | | | | 0,16 | 0,22 |
| 2012 | 0,39 | 0,29 | 0,34 | 0,42 | | | | | | 1,04 | 0,24 | 0,36 |
| 2013 | 0,46 | 0,30 | 0,31 | 0,31 | | | | | | 1,04 | 0,27 | 0,18 |
| 2014 | 0,55 | 0,18 | 0,21 | 0,39 | | | | | | 1,16 | 0,14 | 0,23 |
| 2015 | 0,50 | 0,20 | 0,20 | 0,45 | | | | | | 1,15 | 0,10 | 0,19 |
| 2016 | 0,48 | 0,18 | 0,21 | 0,28 | | | | | | 1,34 | 0,15 | 0,21 |
| 2017 | 0,23 | 0,12 | 0,22 | 0,68 | | | | | | 1,16 | 0,13 | 0,32 |
| 2018 | 0,31 | 0,15 | 0,14 | 0,42 | | | | | | 0,84 | 0,28 | 0,17 |
| 2019 | 0,49 | 0,16 | 0,15 | 0,31 | 0,27 | 0,05 | 0,09 | 0,17 | 0,34 | 0,81 | 0,06 | 0,13 |
| 2020 | 0,38 | 0,15 | 0,16 | 0,29 | 0,39 | 0,04 | 0,09 | 0,13 | 0,33 | 1,03 | 0,08 | 0,16 |
| 2021 | 0,54 | 0,14 | 0,12 | 0,31 | 0,50 | 0,04 | 0,27 | 0,14 | 0,30 | 1,67 | 0,06 | 0,10 |
| Moyenne | 0,45 | 0,17 | 0,22 | 0,34 | 0,41 | 0,04 | 0,16 | 0,14 | 0,32 | 1,17 | 0,14 | 0,19 |

Tableau 25 : Moyennes annuelles 2010-2021 de la concentration en nickel total (en mg/L) des eaux souterraines des piézomètres suivis par IRMG

| Mois | KJ2 | MO1 | P1 (Guermeur) | P2 (Kerzioc’h) | PZA | PZB | PZC | Min1 | Min 2 | RO1 | RO2 | PSA |
|----------------|-------------|-------------|------------------|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 2010 | | | | | | | | | | | | 0,07 |
| 2011 | | | | | | | | | | | | 0,18 |
| 2012 | | | | | | | | | | 0,19 | | 0,23 |
| 2013 | 0,17 | | | | | | | | | | | 0,05 |
| 2014 | 0,38 | | | | | | | | | | | 0,16 |
| 2015 | | | | | | | | | | | | 0,07 |
| 2016 | | | | | | | | | | | | 0,07 |
| 2017 | 0,31 | | | | | | | | | | | 0,11 |
| 2018 | | | | | | | | | | | | 0,06 |
| 2019 | 0,27 | 0,08 | 0,12 | 0,14 | 0,11 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,07 | 0,54 | 0,07 | 0,05 |
| 2020 | 0,08 | 0,05 | 0,10 | 0,06 | 0,16 | 0,05 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,62 | 0,05 | 0,06 |
| 2021 | 0,13 | 0,05 | 0,12 | 0,07 | 0,16 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,05 | 0,80 | 0,05 | 0,05 |
| Moyenne | 0,18 | 0,08 | 0,11 | 0,08 | 0,15 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,64 | 0,06 | 0,10 |

Ces données permettent d’établir un **profil géochimique moyen des eaux souterraines du secteur de Guerphalès** :

- **Eaux acides et minéralisées, comme c’est classiquement le cas en Bretagne, avec un pH de 5 à 6 et une conductivité de 100 à 200 µS/cm ;**
- Concentration en **sulfates de 10 à 30 mg/L** en moyenne ;
- Concentration en **fer de 0,2 à 5 mg/L** en moyenne ;
- Concentration en **aluminium de 0,05 à 0,3 mg/L** en moyenne ;
- Concentration en **manganèse de 0,05 à 0,5 mg/L** en moyenne ;
- Concentration en **nickel de 0,05 à 0,1 mg/L** en moyenne.

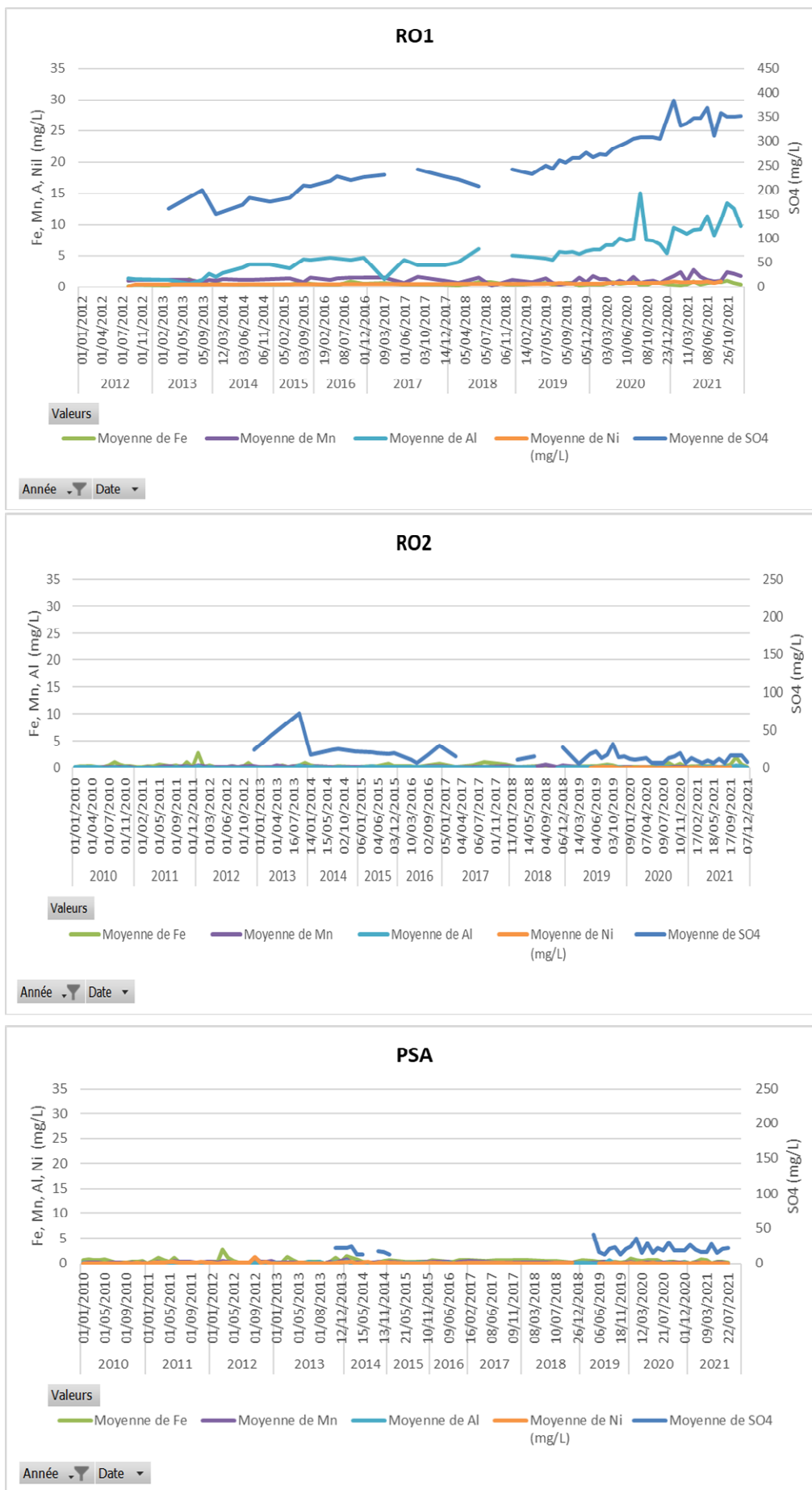


IMERYS REFRACTORY MINERALS GLOMEL - Commune de Glomel (22)
Exploitation d'andalousite de Guerphalès - Projet d'ouverture de la Fosse 4
Etude hydrologique et hydrogéologique

Suivi de la qualité des eaux souterraines sur la période 2010-2021
(1/2)

Source : IRMG

Figure 42



2.5 USAGES DES EAUX

2.5.1 Puits et forages particuliers ou communaux (hors AEP)

La légende de la carte géologique de ROSTRENEN (BRGM) indique :

« Les dispositifs de captage traditionnels utilisés dans ce type de terrains sont des puits de quelques mètres de profondeur, coiffant des émergences de sources ou traversant sur une faible hauteur le toit de la nappe. Ce type de captage est très répandu sur la feuille ROSTRENEN où presque chaque commune possède son captage traditionnel.

*Depuis l'apparition, en 1974, des techniques de foration par battage rapide à l'air comprimé (marteau fond de trou), il y a eu multiplication des forages « profonds » (de 20 à 120 m) dans le socle, principalement par les particuliers, agriculteurs ou industriels. Les résultats obtenus sont souvent modestes (**quelques mètres cubes à l'heure**) en raison des particularités des écoulements souterrains en milieu de socle, mais sont suffisants pour répondre aux besoins ».*

Le forage agricole le plus proche du site se trouve au lieu-dit « Kervennou », à 800 m au Nord du site de Guerphalès (Cf. **Figure 43**), en rive gauche du ruisseau de Kerjean. Son débit instantané (au soufflage) était de 10 m³/h à 52 m de profondeur d'après la Banque de données du Sous-Sol (BSS) du BRGM.

Les quelques puits existants dans les hameaux aux alentours ne servent que pour le jardinage, toutes les habitations étant reliées au réseau AEP.

Deux fontaines associées à des sources ont été identifiées dans le bourg de Glomel, à 3 km au Nord-Est du site, et au hameau de la Trinité à Langonnet, à 3 km au Sud-Ouest. La fontaine de la Trinité dite « fontaine de la Trinité-Bezver » date du XVII^{ème} siècle et est inscrite aux Monuments Historiques.

2.5.2 Captages d'Alimentation en Eau Potable (AEP)

2.5.2.1 La prise d'eau de Mézouët

Le Syndicat des Eaux de Centre Bretagne exploite une prise d'eau superficielle pour l'adduction d'eau potable dans l'étang de Mézouët en aval de l'étang du Corong.

Les périmètres de protection ont été mis en place par l'Arrêté Préfectoral de Déclaration d'Utilité Publique du 7 novembre 1996, complété par l'Arrêté du 24 mars 2009 (Cf. **Annexe 10**).

Les documents suivants sont présentés en :

- Une carte globale du périmètre de protection rapprochée de la prise d'eau de Mézouët,
- Une carte des périmètres des fosses et des verses actuelles et futures avec l'emprise du périmètre de protection.

La bordure Nord-Ouest de la Fosse 3 se trouve dans le périmètre de protection rapprochée (pas de périmètre éloigné) de la prise d'eau de Mézouët. Le règlement du périmètre de protection rapprochée permet l'exploitation de carrière sous réserve de la protection de la ressource en eau (remblaiement par des matériaux inertes et pas de plan d'eau).

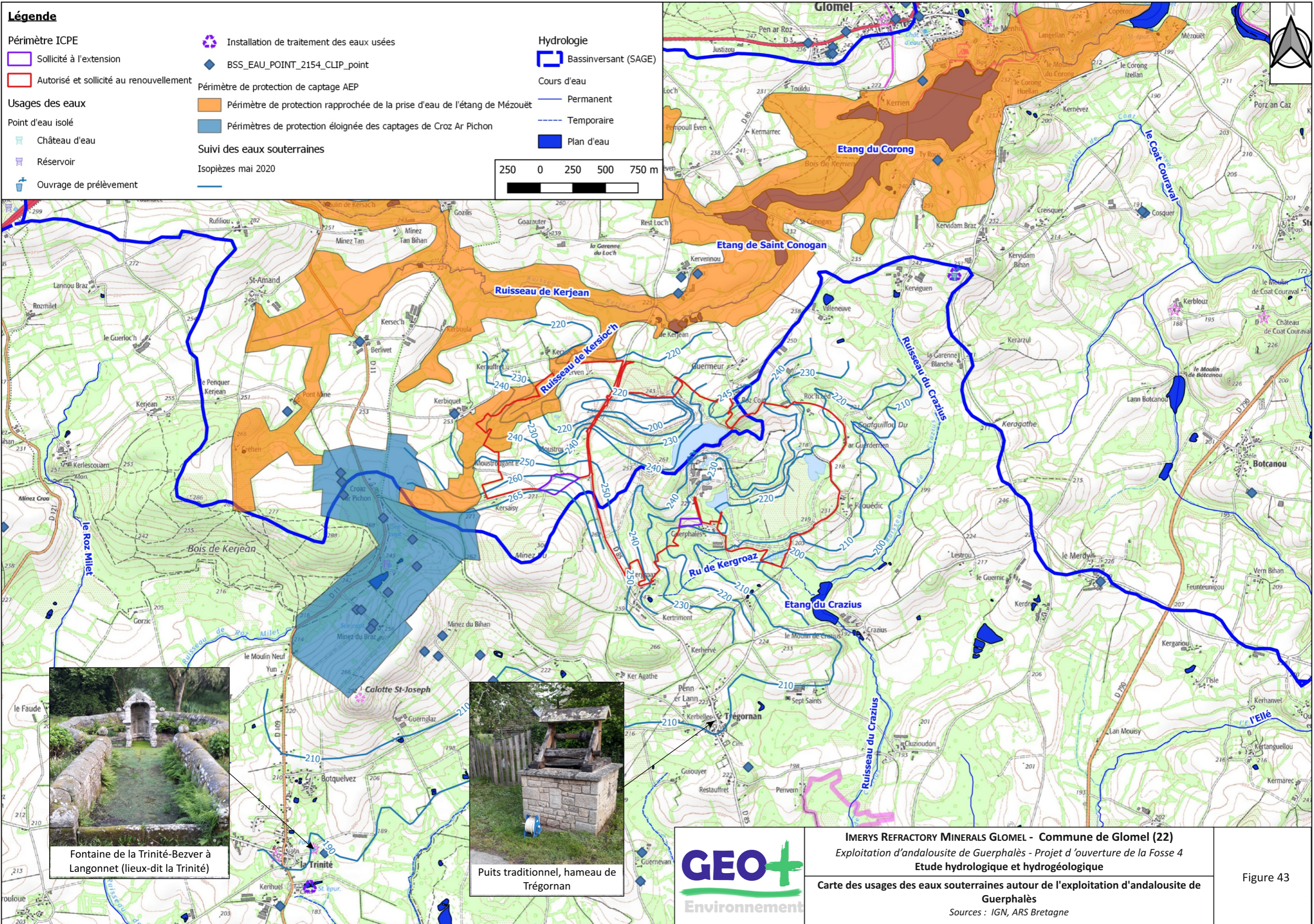
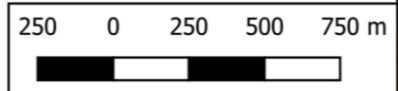
Les autres infrastructures existantes et à venir de l'exploitation d'andalousite de Guerphalès, dont le projet de Fosse 4, se trouvent en dehors du périmètre de protection rapprochée du captage AEP de Mézouët.

Légende

- Périmètre ICPE**
 - Sollicité à l'extension
 - Autorisé et sollicité au renouvellement
- Usages des eaux**
 - Château d'eau
 - Réservoir
 - Ouvrage de prélèvement
- Point d'eau isolé**

- Installation de traitement des eaux usées
- BSS_EAU_POINT_2154_CLIP_point
- Périmètre de protection de captage AEP
- Périmètre de protection rapprochée de la prise d'eau de l'étang de Mézouët
- Périmètres de protection éloignée des captages de Croz Ar Pichon
- Suivi des eaux souterraines
- Isopièzes mai 2020

- Hydrologie**
 - Bassinversant (SAGE)
- Cours d'eau**
 - Permanent
 - Temporaire
 - Plan d'eau



Fontaine de la Trinité-Bezver à Langonnet (lieux-dit la Trinité)



Puits traditionnel, hameau de Trégornan



IMERYS REFRACTORY MINERALS GLOMEL - Commune de Glomel (22)
 Exploitation d'andalousite de Guerphalès - Projet d'ouverture de la Fosse 4
 Etude hydrologique et hydrogéologique
 Carte des usages des eaux souterraines autour de l'exploitation d'andalousite de Guerphalès
 Sources : IGN, ARS Bretagne

2.5.2.2 Captages AEP de Croaz Ar Pichon (Minez Du et Minez Du Braz)

La commune de LANGONNET exploite 4 puits et 2 forages dits du « Minez Du » près du lieu-dit « Croaz Ar Pichon », à environ 1,4 km au Sud-Ouest du périmètre du site de Guerphalès.

La production globale de ce dispositif se situe autour de 150 000 m³ d'eau par an. Les ouvrages sont implantés **dans les grès armoricains, dans les éboulis de grès, ou sur le contact grès armoricains-schistes briovériens.**

Les périmètres de protection ont été mis en place par l'Arrêté Préfectoral de décembre 1997 (Cf. [Annexe 10](#)). Le site de Guerphalès n'est pas inclus dans les périmètres de protection de ce captage. La localisation du périmètre de protection éloignée est reportée sur la [Figure 43](#).

Les infrastructures actuelles et à venir de l'exploitation d'andalousite, dont le projet de Fosse 4, se trouvent **en dehors des périmètres de protection des captages AEP de Croaz Ar Pichon**. L'emprise de la future fosse Ouest se rapprochera néanmoins du périmètre de protection éloignée, à environ 125 m.

Les données structurales connues à ce jour sur le secteur de Guerphalès (Cf. [Figure 24 p 83](#)) montrent la **présence potentielle de failles orientées N030°** (photo-interprétation par IGC Environnement en 2018) **en direction des captages AEP de Croaz Ar Pichon**. IRMG a mis en place deux piézomètres de suivi (Min1 et Min2) le long de ces linéaments. Les suivis de niveau et de qualité réalisés depuis 2019 ne mettent pas en évidence de tendance particulière qui pourrait être imputable à l'activité du site.

2.5.2.3 La prise d'eau de Pont-Saint-Yves

Une prise d'eau sur l'Ellé pour l'adduction d'eau potable est installée au lieu-dit « Pont-Saint-Yves », sur la commune de Langonnet, à 8 km en aval du site de Guerphalès (Cf. [Figure 44](#)). Le bassin versant de cette prise d'eau est de 66 km².

Cette prise d'eau est utilisée pour renforcer la prise d'eau sur le Conveau près de Gourin.

L'eau est refoulée vers les anciennes carrières Barazer et Le Gallic en période de hautes eaux pour constituer une réserve utilisable par l'usine d'eau potable de Toultreinq à l'étiage.

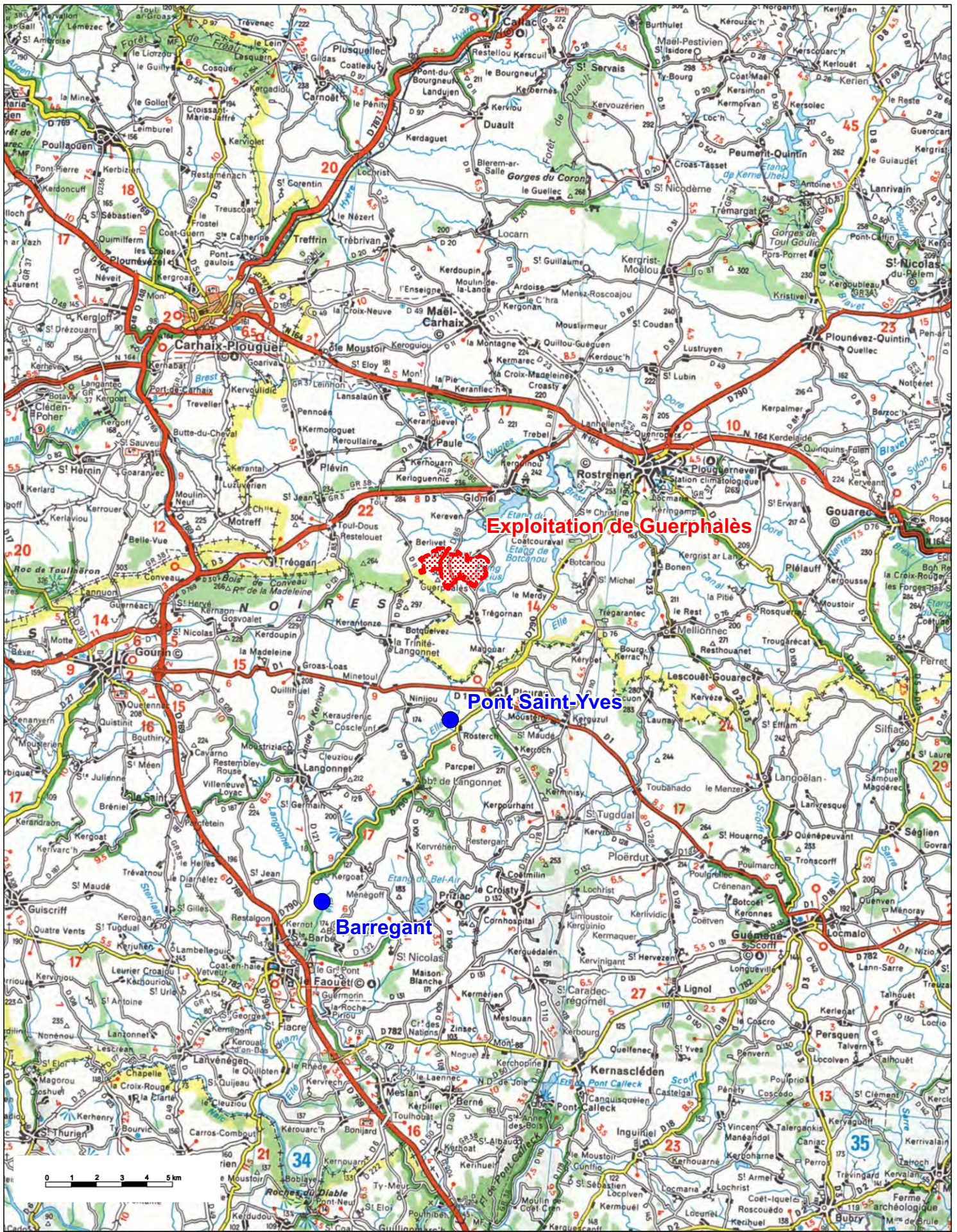
Ce captage ne dispose pas de périmètre de protection (*source : ARS 56*).

2.5.2.4 La prise d'eau de Barrégant

Cette prise d'eau sur l'Ellé est située sur la commune du Faouët, à 20 km à l'aval du site de Guerphalès (Cf. [Figure 44](#)). La surface du bassin versant est de 143 km² (la prise d'eau se trouve à côté de la station de jaugeage du Grand-Pont sur l'Ellé).

L'exploitation de cette station est caractérisée par une pointe de consommation estivale (plus de 2 500 m³/j) pouvant nécessiter un soutien d'étiage depuis l'étang du Bel Air en Priziac.

Les périmètres de protection de ce captage sont en cours d'instauration (*source : ARS 56*).



IMERYS REFRACTORY MINERALS GLOMEL - Commune de Glomel (22)

Exploitation d'andalousite de Guerphalès - Projet d'ouverture de la Fosse 4

Etude hydrologique et hydrogéologique

Localisation des stations de pompage AEP sur l'Ellé

Figure 44

Source : Carte Michelin n°230, AXE Environnement

2.6 SYNTHÈSE ET SENSIBILITÉS ET IMPACT ACTUEL

2.6.1 Écoulement des eaux souterraines et superficielles

L'exploitation d'andalousite de Guerphalès et ses alentours se trouvent dans un **contexte d'aquifère de socle**, avec 3 types de lithologies métamorphiques :

- Des schistes fins gris sombres **transformés en cornéenne** par l'intrusion du granite de Rostrenen (« **Schiste d'Angers** ») ;
- Les **Grès Armoricaux** (quartzites) ;
- Le **socle briovérien**, constitué de schistes et de grès.

Dans un tel contexte, l'eau souterraine ne peut circuler qu'à la faveur de la fracturation de ce socle ou dans les parties altérées. A ce titre, on peut rencontrer les types d'aquifères suivants au droit de l'exploitation de Guerphalès :

- Un **aquifère superficiel à fonction capacitive** formé par les niveaux altérés de surface et alimenté par les eaux météoriques. Il peut être exploité par des ouvrages de faible profondeur, tels que des puits domestiques. Les écoulements suivent généralement la topographie.
- Un **aquifère profond à fonction conductrice** qui se développe dans les réseaux de fractures de la roche et est alimenté par drainage de la nappe superficielle des altérites. Les écoulements vont suivre préférentiellement ces zones faillées. Il peut être exploité par des forages atteignant généralement 50 à 100 m de profondeur. Les données de **transmissivité** référencées dans le SIGES Bretagne pour des formations géologiques équivalentes aux cornéennes à andalousite et aux grès armoricaux du secteur de Guerphalès sont de l'ordre de **1.10⁻³ à 1.10⁻⁴ m²/s**.

Le fonctionnement hydrogéologique local est donc régi par :

- Le rôle hydraulique des grands **accidents structuraux : drain ou au contraire limite étanche** ;
- La **densité et le type de fractures** affectant les différentes séries présentes (ainsi que leur connectivité hydraulique et leur degré de colmatage) ;
- Le **contact décrochant entre le massif de cornéennes** (schistes d'Angers) **exploité et l'ensemble Grés armoricaux/socle briovérien**, jouant un rôle de **limite étanche** du fait d'une différence de transmissivité entre les deux formations.

Les **axes structurant le massif de cornéennes à andalousite** de Guerphalès (failles et zones de cisaillement) peuvent être des **axes d'écoulement préférentiel** des eaux souterraines (drains, limites d'alimentation), comme la zone de **cisaillement Est/Ouest traversant la Fosse 3** ou au contraire des **limites étanches compartimentant les aquifères**, comme la limite décrochante, encadrant le projet de Fosse 4, entre les cornéennes et le socle briovérien (+Grés armoricaux).

Les nombreux essais de pompages réalisés depuis 1993 sur le site de Guerphalès sont cohérents et mettent en évidence des **caractéristiques médiocres de l'aquifère local** :

- **Faibles transmissivités de 0,5 à 2.10⁻⁴ m²/s**, liées à de faibles circulations d'eau dans les cornéennes ;
- **Cloisonnement de l'aquifère par des limites étanches (failles)**.

Dans les **fonds de vallons** encadrant le site de Guerphalès, la formation de **zones humides** est associée à des **horizons de sols superficiels présentant une proportion importante de matériaux argileux qui limitent les infiltrations** des eaux alimentant ces zones humides et qui sont issues :

- **Des eaux de ruissellement qui constituent une bonne partie de l'alimentation** des zones humides, comme le montre la corrélation entre la pluviométrie et le niveau de l'eau dans les mini-piézomètres ;
- **De l'émergence d'eaux souterraines** issues de zones d'exfiltration (sources) des eaux de pluies infiltrées sur les pentes et les plateaux ou de circulations plus profondes (cas de la zone de cisaillement Est-Ouest passant par la zone humide du Kerzioc'h). Les suivis piézométriques réalisés par IRMG tendent à montrer que cette alimentation souterraine **contribue à un soutien à l'étiage des zones humides**.

Le **secteur du projet de Fosse 4** est marqué par un axe structural majeur constitué d'un réseau de **failles décrochantes** marquant la **limite entre les cornéennes à andalousite (« Schistes d'Angers ») et l'ensemble Grés Armoricaux/schistes et grés briovériens**.

Cette différence de lithologie entre les deux compartiments conditionne le **caractère étanche** de cette **limite structurale et lithologique qui isole le projet de Fosse 4 de la majeure partie de la zone humide de Kerroué** située sur les schistes et grés briovériens. Les coupes **p 88 et 90** et la carte **p 83** illustrent ces propos.

Le **secteur de la Fosse 3** est lui marqué par un axe structural majeur constitué d'une zone de **cisaillement Est/Ouest** traversant les fosses 2 et 3 et se prolongeant dans le vallon de Kerzioc'h. Cet axe structural constitue un **drain (ou limite d'alimentation) qui pourrait alimenter, au moins en partie, la zone humide du Kerzioc'h**. Les coupes **p 88 et 90** et la carte **p 83** illustrent ces propos.

Les aquifères superficiels et profonds du secteur de Guerphalès présentent des **caractéristiques hydrodynamiques médiocres**, liées à leur fort cloisonnement et à de faibles transmissivités (0,5 à $2,2 \cdot 10^{-4}$ m²/s). A noter que **le compartiment de la Fosse 4 présente des transmissivités (0,5 à $1 \cdot 10^{-4}$ m²/s) encore plus faibles** que le secteur de la Fosse 3 (1,5 à $2,5 \cdot 10^{-4}$ m²/s) et est donc **encore moins aquifère**, comme en témoignent les faibles débits obtenus lors des essais de pompage de 2014 et 2020.

Le relevé piézométrique synchrone effectué par GEO+ en mai 2020 et les suivis piézométriques réalisés régulièrement par IRMG font ressortir les points suivants :

- La plupart des ouvrages suivis présentent une chronique piézométrique comparable à celle du piézomètre de référence à Rostrenen : **cycles de recharge/décharge annuels saisonniers, directement liés à la pluviométrie et non impacts par la carrière**.
- **La piézométrie suit globalement la topographie**.
- **Les ouvrages suivis présentent des niveaux d'eau globalement stables depuis 2002 et ne sont donc pas impactés par l'extraction du minerai d'andalousite et le pompage d'exhaure associé**.
- Un rabattement de la nappe de 5 à 12 m est malgré tout constaté depuis 2016, en bordures Ouest et Nord de la Fosse 3 (voir coupe piézométrique en **p 87**). **Ce rabattement est très localisé et limité aux abords immédiats de la Fosse 3 (50 m vers l'Ouest et 140 m vers le Nord). Il ne touche aucun usage sensible et n'affecte pas la zone humide du Kerzioc'h**.
- Aucune tendance générale à la baisse des niveaux d'eau décorrélée de la pluviométrie n'apparaît dans le suivi piézométrique des zones humides. **Les zones humides ne sont donc**

pas impactées par l’exploitation, comme cela avait été prévu dans l’étude d’impact précédente.

| | |
|--|--|
| Sensibilité forte : | Le réseau hydrographique relativement dense et ramifié du secteur de Guerphalès, la relation étroite entre les eaux souterraines et les eaux de surface et la présence de zones humides alimentées par les écoulements souterrains et superficiels font que la sensibilité de l’écoulement des eaux souterraines et superficielles est forte. |
| Impact actuel constaté faible à nul | Malgré cette forte sensibilité, les suivis piézométriques et limnimétriques réalisés par IRMG montrent que l’impact actuel de la carrière est : <ul style="list-style-type: none"> • Nul sur le niveau des ruisseaux et rivières alentour ; • Faible et localisé sur le niveau des eaux souterraines (rabattement de 5 à 8 m de la nappe en bordure Ouest et Nord de la Fosse 3 dans un rayon de 50 à 100 m ; • Nul sur le niveau piézométrique dans les zones humides (aucun rabattement constaté). |

2.6.2 Qualité des eaux superficielles et souterraines

Les suivis hydrobiologiques réalisés par IRMG mettent en évidence une qualité des eaux bonne à très bonne pour les cours d’eau du secteur de Guerphalès, y compris en aval de l’exploitation.

❖ En amont :

Les suivis physico-chimiques réalisés par IRMG sur le ruisseau du Crazius et la rivière Ellé en **amont du point de rejet de l’exploitation d’andalousite de Guerphalès** et sur les ruisseaux de Kerzioc’h et de Kerjean (bassin versant du Blavet où aucun rejet n’est effectué) font ressortir les paramètres moyens suivants :

- **pH proche de la neutralité : 6,6 à 6,8 ;**
- **Concentrations en aluminium, fer et manganèse inférieures à 1 mg/L (0,2 à 0,8 mg/L) ;**
- **Concentration en sulfates de 10 à 25 mg/L.**

❖ En aval :

Le suivi du ruisseau du Crazius **en aval du point de rejet de l’exploitation d’andalousite de Guerphalès** montre que les teneurs en aluminium, fer, et surtout en manganèse et sulfates sont plus élevées en aval qu’en amont, en lien avec la concentration du rejet. On note que **la concentration en manganèse à la station E1, signature du rejet du site en aval de l’étang du Crazius est à la baisse depuis 2010, en lien avec l’optimisation de la gestion des eaux du site par IRMG (Cf. § 1).** Le suivi récemment mis en place par IRMG sur le Crazius en amont et en aval de la réserve naturelle régionale des landes et marais de Glomel montre que l’effet du rejet du site s’atténue rapidement vers l’aval pour la concentration en manganèse (valeur moyenne de 0,5 à 0,6 mg/L) et plus modérément pour les sulfates (environ 500 mg/L en moyenne).

Cette amélioration continue va se poursuivre avec l’optimisation du traitement des eaux prévue dans la continuité de l’étude technico-économique (calendrier de mise en place de la réduction des teneurs en manganèse acté dans l’Arrêté Préfectoral Complémentaire du 12 octobre 2020), **voir en détail aux § 1.4 p 23 et 4.4.2 p 169).**

Les suivis hydrobiologiques et piscicoles réalisés par IRMG en aval de son rejet démontrent que celui-ci, réalisé dans les normes de concentrations et de flux imposés par l'Arrêté Préfectoral du 03/08/2018, **ne nuit pas à la qualité hydrobiologique et piscicole du Crazius.**

Les suivis physico-chimiques réalisés par IRMG sur les différents piézomètres entourant le site de Guerphalès ne mettent **pas en évidence d'impact, sur la qualité des eaux souterraines, des installations actuellement exploitées au sein du périmètre autorisé.**

Les eaux du piézomètre RO1 présentent des teneurs plus élevées en métaux (manganèse, aluminium, nickel) et en sulfates. On peut d'ores et déjà noter que ce constat très localisé puisque les ouvrages voisins (RO2 à 250 m à l'Ouest, KJ2 à 700 m à l'Est et Puits Kerzioc'h à 540 m à l'Ouest) ne présentent pas d'anomalie, de même que les autres piézomètres plus éloignés (Puits Guermeur, MO1, Min1, Min2). Afin de mieux circonscrire la zone concernée par cette anomalie et comprendre son origine, **IRMG complètera son réseau de suivi qualitatif par 4 piézomètres (RO3 à RO6)** autour du piézomètre RO1 (voir leur localisation en **Figure 48**).

Concernant l'impact potentiel sur la qualité des eaux souterraines des résidus stockés dans la Fosse 2, le retour d'expérience montre que la Fosse 1, entièrement remblayée par ces mêmes résidus et le remblaiement de la Fosse 2 qui a débuté en 2014 non pas d'impact sur la qualité des eaux souterraines. Les ouvrages de suivi les plus proches (Puits Guermeur au Nord de la Fosse 1 et piézomètre KJ2 au Nord de la Fosse 2 ne montrent pas de valeurs anormalement élevées en métaux et sulfates. Les piézomètres de suivi supplémentaires prévus en bordure Nord-Est et Nord-Ouest de la Fosse 2 (RO4 et RO5) permettront de vérifier l'absence d'impact du stockage de résidus sur la qualité des eaux souterraines.

| | |
|-------------------------------------|--|
| Sensibilité forte | La sensibilité de la qualité des eaux souterraines et superficielles est forte de fait de milieux naturels sensibles et de captages AEP sur l'Ellé en aval du site. |
| Impact actuel constaté moyen | Les suivis hydrobiologiques, piscicoles et physico-chimiques réalisés par IRMG montrent que l'impact actuel du site est : <ul style="list-style-type: none"> • Nul sur la la qualité biologique des ruisseaux et rivières alentours ; • Moyen sur la qualité physico-chimique des ruisseaux et rivières alentours (augmentation des concentrations en sulfates et manganèse en aval du point de rejet du site), mais avec une démarche proactive d'amélioration depuis 2010 qui va se poursuivre avec une nouvelle unité de traitement des eaux et la réduction de la valeur limite de rejet en manganèse à 6 mg/L au 1^{er} janvier 2022 et 2 mg/L au 1^{er} janvier 2024 ; • Moyen et très localisé sur la qualité des eaux souterraines : piézomètre RO1 présentant des eaux plus minéralisées. |

2.6.3 Usages des eaux

| | |
|---|--|
| <p>Sensibilité forte</p> | <p>L’exploitation d’andalousite de Guerphalès :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Recoupe le périmètre de protection rapprochée de la prise d’eau AEP de Mézouët (bordure Nord-Ouest) ; • Se trouve en dehors des périmètres de protection des captages AEP de Croaz Ar Pichon, à 125 m au plus proche du périmètre de protection éloignée ; • Se trouve dans le bassin versant de l’Ellé, en amont de deux prises d’eau AEP sur l’Ellé (8 km en amont de la prise d’eau de Pont-Saint-Yves et 20 km en amont de la prise d’eau de Barrégant). <p>La sensibilité des usages des eaux est forte, notamment en ce qui concerne l’Alimentation en Eau Potable via les eaux souterraines et les eaux superficielles.</p> |
| <p>Impact actuel constaté faible</p> | <p>Aucun impact quantitatif et qualitatif imputable à l’exploitation d’andalousite de Guerphalès n’a été identifié sur les captages AEP de Mézouët, Croaz Ar Pichon ou Barrégant.</p> <p>En période d’étiage, l’effet du rejet du site se fait ressentir pour les concentrations en sulfates au niveau de la prise d’eau AEP sur l’Ellé à Pont Saint-Yves, mais les limites de concentrations dans l’Ellé au niveau de la prise d’eau sont respectées (<250 mg /L pour les sulfates). L’impact actuel sur le captage AEP superficiel de Pont Saint-Yves est faible.</p> |

3. IMPACTS POTENTIELS SUR LES EAUX DE L'OUVERTURE DE LA FOSSE 4 ET DE LA POURSUITE DE L'ACTIVITE DU SITE DE GUERPHALES

3.1 INVENTAIRE DES IMPACTS POTENTIELS

3.1.1 Impacts potentiels sur les eaux superficielles

L'exploitation du site de Guerphalès à Glomel est susceptible d'engendrer des impacts sur les eaux superficielles au travers de ses rejets dans le réseau hydrographique :

- Altération de la qualité des eaux du réseau hydrographique en cas de mauvaise qualité des eaux rejetées, la source pouvant être :
 - Accidentelle (déversement d'hydrocarbures ou de MES) ;
 - Liée à une anomalie lors du traitement des eaux d'exhaure (pH, métaux) ;
 - Liée à un rejet involontaire d'eaux non traitées en cas de débordement ou de défaut de collecte des eaux à traiter.
- Impact quantitatif sur le débit du réseau hydrographique, notamment par le transfert entre les bassins versants du Blavet et de l'Ellé :
 - Risque de débordement et/ou de perturbation des écoulements en cas de rejets trop importants ;
 - Risque d'assèchement de cours d'eau en cas de défaut d'alimentation.

3.1.2 Impacts potentiels sur les eaux souterraines

Les activités d'extraction et de traitement du minerai sont également susceptibles d'avoir différents impacts sur les eaux souterraines :

- Altération de la qualité de l'eau en augmentant sa concentration en hydrocarbures ou en modifiant ses caractéristiques physicochimiques (pH, MES, métaux) ;
- Perturbation de la circulation des eaux souterraines en rabattant la nappe, et éventuellement des eaux superficielles en cas de relations avec la nappe.

Le rayon d'influence et l'importance des rabattements augmentent avec :

- La profondeur de l'excavation ;
- L'importance de la perméabilité des terrains.

3.1.3 Impacts potentiels sur les zones humides

Les activités du site sont susceptibles d'avoir les impacts suivants sur les zones humides :

- Impact direct : destruction de zones humides en cas de présence avérée sur les secteurs sollicités à l'exploitation (emprises de la Fosse 4 et de la verse Ouest étendue) ;
- Impact indirect : assèchement dû au rabattement de la nappe ou à la destruction de l'impluvium.

3.1.4 Impacts potentiels sur les captages AEP

Le projet est susceptible d'impacter les captages AEP présents en aval du site de Guerphalès, en cas d'atteinte à la qualité des eaux superficielles et/ou souterraines exploitées par ces captages.

Les mesures visant à éviter, réduire ou compenser ces impacts potentiels sont détaillées au § 4.

3.2 IMPACTS POTENTIELS SUR L'ÉCOULEMENT DES EAUX SUPERFICIELLES

3.2.1 Situation actuelle

3.2.1.1 Transfert entre bassins versants

La Fosse 3 se trouve dans le bassin versant du Blavet. La Fosse 3 a atteint son emprise maximale avec l'extension précédemment autorisée dont les opérations de découverte ont été finalisées en 2014. La poursuite de l'exploitation consistera donc en un approfondissement de la fosse (le fond de fouille actuellement à 200 m NGF atteindra 160 m NGF en fin d'exploitation).

Les eaux d'exhaure (eaux de ruissellement et eaux souterraines) de la Fosse 3 sont actuellement collectées en fond de fosse puis renvoyées vers le circuit de traitement des eaux du site pour être finalement rejetées **vers le bassin versant de l'Ellé.**

67% de l'emprise de la **verse de Kerroué** (13,6 ha) se trouvent également dans le **bassin versant du Blavet.** Les eaux de ruissellement et d'infiltration de la verse de Kerroué sont collectées par un réseau de drains et de fossés puis dirigées vers le circuit de traitement des eaux du site, pour être à terme rejetées dans le ruisseau de Kergroaz qui rejoint ensuite le Crazius, dans le **bassin versant de l'Ellé.**

Ainsi, le circuit des eaux de l'exploitation d'andalousite de Glomel **collecte une partie des eaux du bassin versant du Blavet et le transfert vers le bassin versant de l'Ellé.** Les volumes d'eau transférés correspondent actuellement :

- Aux eaux d'exhaure de la Fosse 3 ;
- A une partie des eaux de ruissellement et d'infiltration de la verse de Kerroué.

NB : Jusqu'en 2014, le transfert de bassin versant concernait également les eaux d'exhaure de la Fosse 2. Après 2014, l'extraction en Fosse 2 s'est arrêtée pour permettre l'accueil des résidus humides et boues d'hydroxydes, le transfert de bassin versant depuis la Fosse 2 est donc considéré comme nul.

Le tableau et les diagrammes ci-après et le graphique en **Figure 45** présentent les volumes d’eau transférés du bassin versant du Blavet à celui de l’Ellé depuis 2008, comparés à la pluviométrie efficace sur la carrière et au volume total d’eau rejeté du site de Guerphalès.

Tableau 26 : Estimation des volumes annuels d’eau transférés du bassin versant du Blavet à celui de l’Ellé

| Année | Exhaure Fosse 3 (m ³) | Exhaure Fosse 2 (m ³) | Verse de Kerroué (67%) (m ³) | Transfert Blavet/Ellé (m ³) | Débit moyen annuel en sortie de l’étang du Corong* | % du débit moyen annuel en sortie de l’étang du Corong* | Rejet IRMG (m ³) | Pluviométrie (mm) |
|-------|-----------------------------------|--------------------------------------|--|---|---|---|------------------------------|-------------------|
| 2008 | 88 350 | 333 520 | 117 912 | 539 782 | Données de débit en sortie de l’étang du Corong non disponibles | | 1 120 000 | 1201 |
| 2009 | 108 450 | 371 360 | 127 432 | 607 242 | | | 1 474 000 | 1274 |
| 2010 | 72 000 | 357 280 | 92 616 | 521 896 | | | 1 057 000 | 992 |
| 2011 | 52 800 | 340 780 | 81 736 | 475 316 | | | 805 000 | 946 |
| 2012 | 90 150 | 419 540 | 110 840 | 620 530 | | | 1 101 000 | 1155 |
| 2013 | 226 200 | 553 080 | 116 552 | 895 832 | | | 1 444 000 | 1162 |
| 2014 | 158 400 | 311 740 | 143 616 | 613 756 | | | 1 899 000 | 1381 |
| 2015 | 200 600 | <i>Arrêt de l'exhaure en Fosse 2</i> | 77 606 | 278 206 | 7 968 154 | 3,5% | 1 389 807 | 930 |
| 2016 | 235 000 | - | 77 090 | 312 090 | 11 409 811 | 2,7% | 1 381 491 | 898 |
| 2017 | 166 400 | - | 40 756 | 207 156 | 4 041 446 | 5,1% | 743 314 | 812 |
| 2018 | 276 000 | - | 96 842 | 372 842 | 12 861 850 | 2,9% | 1 380 477 | 1022 |
| 2019 | 248 000 | - | 89 767 | 337 767 | 11 708 237 | 2,9% | 1 317 770 | 1064 |
| 2020 | 306 400 | - | 140 700 | 447 100 | 16 781 213 | 2,7% | 1 771 620 | 1222 |
| 2021 | 211 200 | - | 110 919 | 322 119 | 10 352 621 | 3,1% | 1 476 168 | 884 |
| 2022 | 217 800 | - | 78 417 | 296 217 | 7 923 243 | 3,3 | 1 417 782 | 983 |

*Le débit de sortie de l’étang du Corong est assimilé au débit du Kerjean à Glomel en aval de l’étang du Corong (Station hydrométrique - J530 4510 01)

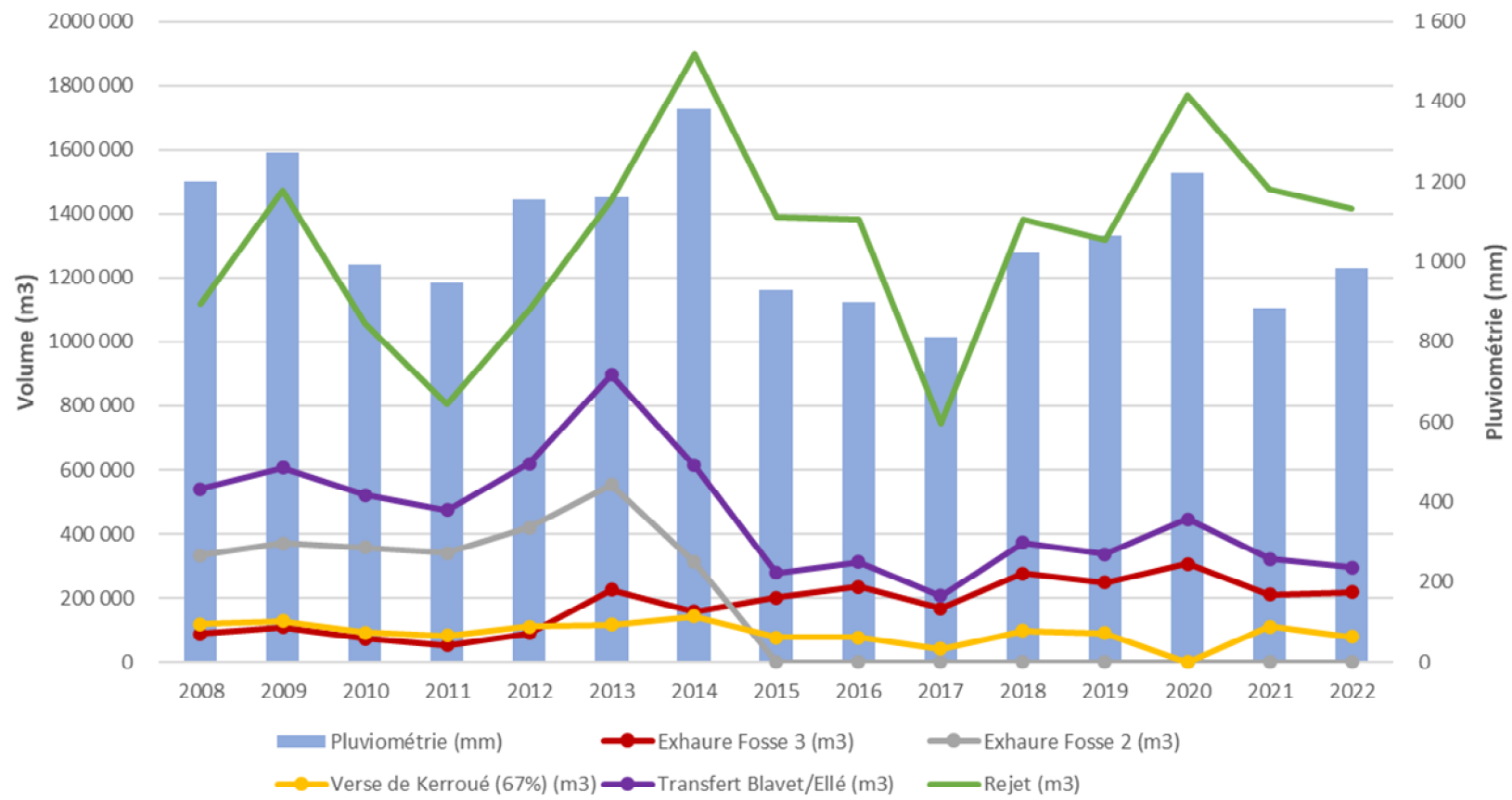
Les volumes transférés ont très fortement baissé entre 2013 et 2015 (baisse de près de 70%, de 895 000 m³ à 278 000 m³), suite à l’arrêt de l’exploitation et du pompage d’exhaure en Fosse 2 et à une baisse de la pluviométrie.

Entre 2017 et 2020, les volumes transférés ont fortement augmenté du fait d’une reprise de la pluviométrie annuelle.

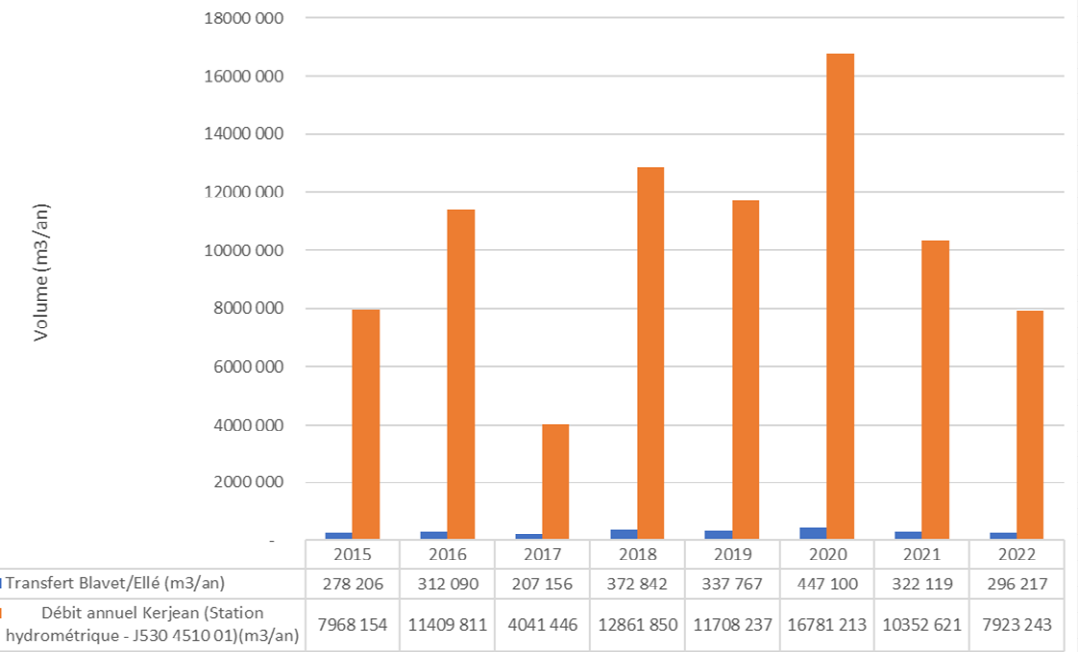
Depuis 2015 et l’arrêt du pompage d’exhaure en Fosse 2, **les volumes transférés sont estimés à 320 000 m³/an en moyenne** et représentent **3,3% du débit moyen annuel du ruisseau de Kerjean en aval de l’étang du Corong** (station hydrométrique J5304510, Cf. § 2.3.2.2).

Cet impact sur le bassin versant du Blavet est très largement surestimé car les volumes de transfert suivis par IRMG intègrent le volume d’eaux souterraines collecté en Fosse 3 et l’excédent d’eaux de ruissellement lié au décapage des terrains d’emprise des infrastructures. Le volume effectivement transféré du bassin versant du Blavet à celui de l’Ellé correspond au volume qui aurait ruisselé sur une surface naturelle équivalente (intégrant une réserve utile de 126 mm et un coefficient de ruissellement de 35%). Les calculs effectués dans les paragraphes suivants montrent que **ce transfert effectif n’est que de 30 000 à 100 000 m³/an, soit moins de 1% du débit moyen annuel du ruisseau de Kerjean en aval de l’étang du Corong.**

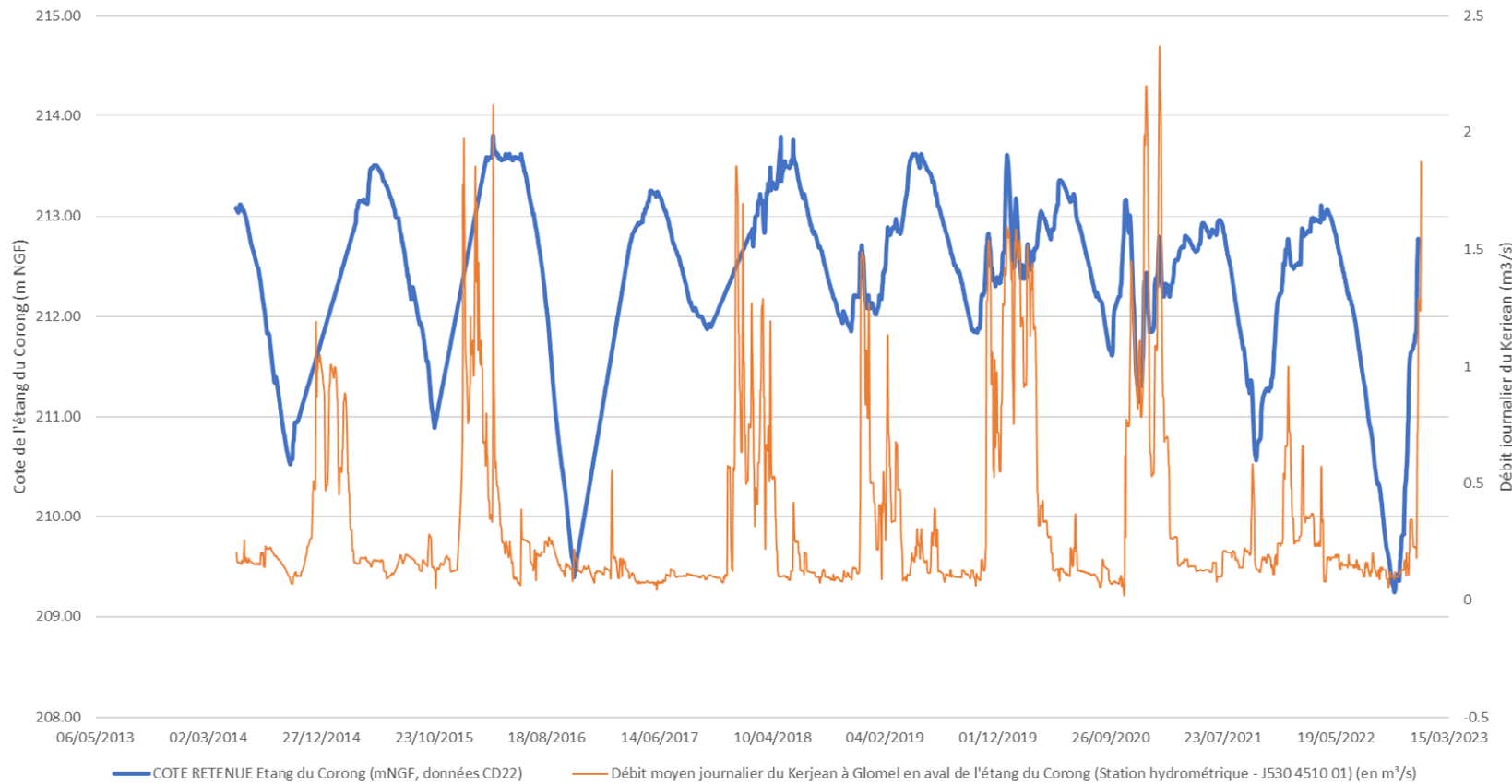
Transfert de bassin versant Blavet --> Ellé



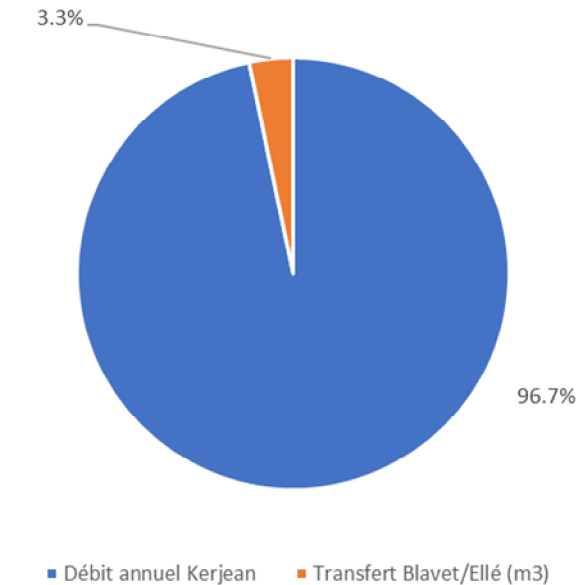
Evolution du débit annuel du ruisseau de Kerjean en aval de l'étang du Corong et transfert entre bassins versants



Données de suivi journalier du niveau de l'étang du Corong et du débit du Kerjean en aval de la retenue



Moyenne annuelle 2015-2022 du pourcentage du volume de transfert entre bassins versants par rapport au débit annuel du ruisseau de Kerjean en aval de l'étang du Corong



IMERYS REFRACTORY MINERALS GLOMEL - Commune de Glomel (22)
 Exploitation d'andalousite de Guerphalès - Projet d'ouverture de la Fosse 4
 Etude hydrologique et hydrogéologique

Représentation graphique des volumes annuels d'eau transférés du bassin versant du Blavet à celui de l'Ellé et suivi du niveau et du débit de sortie de l'étang du Corong

Source : IRMG

Enfin, le suivi du **niveau de l’étang du Corong** présenté au § 2.3.3 p 50 et repris dans la **Figure 45** montre que le niveau du plan d’eau est fortement dépendant de la pluviométrie et contrôlé par les relargages effectués par le Conseil Départemental. Ces trois dernières années (2018-2019, 2019-2020 et 2020-2021), les relargages ont essentiellement été mis en œuvre pour écrêter les crues hivernales (les pics de débit correspondent parfaitement aux pics de niveau).

Le niveau moyen annuel de l’étang est relativement stable autour de 212 m NGF depuis 10 ans et aucune baisse notable qui pourrait être imputable au transfert entre bassin versant du site IRMG n’apparaît.

Les données précédentes démontrent l’absence d’impact sur le niveau de l’étang du Corong des volumes d’eau transférés du bassin versant du Blavet à celui de l’Ellé.

3.2.1.2 Débit de rejet

Les **volumes d’eau rejetés** quotidiennement dans le ruisseau de Kergroaz (point de rejet n°1) varient, selon les mois de l’année, entre 2 000 et 10 000 m³/j (80 à 415 m³/h), avec une **valeur moyenne sur l’année entre 3 000 et 5 000 m³/j (125 à 210 m³/h).**

Le bassin versant du **Crazius** au niveau de sa confluence avec le ruisseau de Kergroaz est d’environ 3,5 km². Aussi, le rejet du site constitue une bonne partie du débit et de la qualité de ce cours d’eau et un **important soutien en période d’étiage (40 à 90% du débit du cours d’eau)**. Le tableau suivant évalue, en moyenne mensuelle, la part du rejet du site de Guerphalès dans le débit du Crazius en amont de la Réserve Naturelle de Glomel :

| Mois | Débit moyen de rejet dans le Crazius (2018-2020) (m ³ /h) | Débit moyen estimé du Crazius en aval du point de rejet (point amont Réserve (E16)) (m ³ /h) | Part du rejet dans le débit du Crazius |
|------|--|---|--|
| janv | 180 | 1 505 | 12% |
| févr | 155 | 1 513 | 10% |
| mars | 178 | 1 034 | 17% |
| avr | 254 | 776 | 33% |
| mai | 268 | 528 | 51% |
| juin | 183 | 292 | 63% |
| juil | 134 | 150 | 89% |
| août | 46 | 106 | 43% |
| sept | 50 | 123 | 41% |
| oct | 128 | 334 | 38% |
| nov | 190 | 727 | 26% |
| déc | 165 | 1 218 | 14% |

A ce jour, même lors de débits de rejet importants du site IRMG, il n’a pas été constaté d’inondation en aval du site.

A titre indicatif, le SDAGE Loire Bretagne 2016-2021 préconisait dans son article 3D-2 un rejet maximal de 3 l/s/ha pour les exploitations situées dans le Massif armoricain (préconisation reprise dans le projet de SDAGE 2022-2027). Dans le cas de l’exploitation de Guerphalès (268 ha après extension), cela représenterait un débit maximal d’environ 804 l/s, soit 2 895 m³/h.

A noter, qu’en cas d’épisode pluvieux important, l’arrêt des pompages d’exhaure permet de respecter la valeur guide maximale de débit de rejet, la Fosse 3 présentant une capacité de rétention de plusieurs dizaines de milliers de mètres-cubes.

3.2.2 Situation future

3.2.2.1 *Transfert entre bassins versants*

❖ Verse de Kerroué

La verse de Kerroué a atteint son emprise maximale et n'aura donc pas d'impact supplémentaire sur l'écoulement des eaux superficielles. **Sur un bassin versant naturel** (avant création de la verse), la pluie efficace annuelle estimée, en considérant une réserve utile de 126 mm et un coefficient de ruissellement de 35% (coefficient considéré pour un bassin versant naturel) est de 201 mm en moyenne entre 1981 et 2019. Le volume effectivement prélevé par la verse de Kerroué au bassin versant du Blavet correspond au **volume ruisselé sur un bassin versant naturel équivalent à la surface de la verse de Kerroué, soit :**

13,6 ha x 201 mm/an \approx 27 000 m³/an, sur le bassin versant naturel (état initial)

Le volume d'eaux de ruissellement et d'infiltration collecté par la verse peut être estimé à partir de la surface de la verse et d'une pluie efficace moyenne annuelle (1981-2019) ruisselée sur la verse de 652 mm (en considérant une réserve utile de 20 mm (surface décapée) et un coefficient de ruissellement associé de 80%, Cf. [Bilan hydrologique à l'échelle de l'exploitation au § 0](#)) :

13,6 ha x 652 mm/an \approx 89 000 m³/an soit 10 m³/h en moyenne, sur la verse de Kerroué (état projet)
Ces valeurs sont cohérentes avec les débits suivis par IRMG en sortie du bassin BK qui collecte les eaux de la verse de Kerroué.

❖ Création de la verse Ouest

L'emprise de la verse Ouest se trouve **dans le bassin versant du Blavet**, au niveau du sous bassin versant du Ruisseau de Kerjean, au Sud de la Fosse 3.

A l'état actuel, la pluie efficace annuelle estimée, en considérant une réserve utile de 126 mm et un coefficient de ruissellement de 35% (coefficient considéré pour un bassin versant naturel), est de 201 mm en moyenne entre 1981 et 2019. **Le volume actuellement ruisselé sur l'emprise de la verse Ouest sont donc de :**

12,8 ha x 201 mm/an \approx 26 000 m³/an, sur le bassin versant naturel (état initial)

A l'instar des eaux qui percolent actuellement au sein de la verse de Kerroué, les eaux pluviales qui percoleront dans la verse Ouest seront collectées et dirigées vers le circuit de traitement des eaux du site de Guerphalès, pour être à terme rejetées dans le ruisseau de Kergroaz qui rejoint ensuite le Crazius, dans le bassin versant de l'Ellé.

Le volume d'eaux de ruissellement et d'infiltration collecté par la verse peut être estimé à partir de la surface de la verse et d'une pluie efficace moyenne annuelle (1981-2019) ruisselée sur la verse de 652 mm (en considérant une réserve utile de 20 mm (surface décapée) et un coefficient de ruissellement associé de 80%, Cf. [Bilan hydrologique à l'échelle de l'exploitation au § 0](#)) :

12,8 ha x 652 mm/an \approx 83 000 m³/an soit 9 m³/h en moyenne, sur la verse Ouest (état projet)

❖ **Approfondissement de la Fosse 3**

Sur un bassin versant naturel, la pluie efficace annuelle estimée, en considérant une réserve utile de 126 mm et un coefficient de ruissellement de 35%, est de 201 mm en moyenne entre 1981 et 2019. Le volume effectivement prélevé par la Fosse 3 au bassin versant du Blavet correspond au **volume ruisselé sur un bassin versant naturel équivalent à la surface de la Fosse 3, soit :**

19,6 ha x 201 mm/an ≈ 40 000 m³/an soit 4,5 m³/h en moyenne, sur le bassin versant naturel (état initial)

Les eaux d'exhaure collectées au niveau de la Fosse 3 correspondent aux eaux pluviales et aux eaux souterraines captées dans la fosse :

- Les apports futurs d'eaux pluviales en Fosse 3 peuvent être estimés à partir de l'emprise totale de la Fosse 3 (19,6 ha) et d'une pluie efficace moyenne annuelle (1981-2019) ruisselée sur la Fosse 3 de 652 mm (en considérant une réserve utile de 20 mm (surface décapée) et un coefficient de ruissellement associé de 80%, **Cf. Bilan hydrologique à l'échelle de l'exploitation au § 2.1.4**) :

$$19,6 \text{ ha} \times 652 \text{ mm/an} \approx 128\,000 \text{ m}^3/\text{an}$$

- Les apports d'eaux souterraines peuvent être approchés par la loi empirique de SCHNEEBELI en utilisant la valeur de transmissivité de $1,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ (essai de pompage 2016 pour la Fosse 3) :

$$Q = K \times 2,5 \times h \times \sqrt{S}$$

avec $K = \frac{T}{E}$

avec

- Q = débit en m³/s
- K = perméabilité du massif en m/s
- h = hauteur mouillée
- S = surface mouillée en m²
- T = transmissivité en m²/s
- E = épaisseur de l'aquifère (≈100 m pour les schistes)

Soit en considérant une hauteur mouillée de 10 m (soit le front inférieur) et une surface mouillée future de 10 000 m² (1 000 ml de fronts au dernier palier) :

$$Q = 1,5 \cdot 10^{-6} \times 2,5 \times 10 \times \sqrt{10 \times 1000}$$
$$Q = 0,00375 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 120\,000 \frac{\text{m}^3}{\text{an}}$$

Au total, le volume d'exhaure annuel (eaux pluviales + eaux souterraines) de la Fosse 3 (en fin d'exploitation) est estimé à 248 000 m³/an (28 m³/h en moyenne).

Ces 3 dernières années, le volume d'exhaure de la Fosse 3 a été de **276 000 m³ en 2018, 248 000 m³ en 2019 en 279 000 m³ en 2020**. Ces valeurs sont proches de la valeur moyenne de l'estimation ci-dessus.

On peut donc supposer que les apports souterrains, relativement constants, ont atteint leur maximum et que les variations à venir du volume d'exhaure de la Fosse 3 seront essentiellement liées aux variations de la pluviométrie et non à l'approfondissement de la Fosse 3.

❖ Ouverture de la Fosse 4

A l'état actuel, la pluie efficace annuelle estimée, en considérant une réserve utile de 126 mm et un coefficient de ruissellement de 35%, est de 201 mm en moyenne entre 1981 et 2019. **Le volume moyen actuellement ruisselé sur l'emprise de la Fosse 4 est donc de 22 000 m³.**

Le **projet de Fosse 4 se trouve dans le bassin versant de l'Ellé**. Les eaux d'exhaure à venir de cette nouvelle fosse seront collectées en fond de fosse puis renvoyées vers le circuit de traitement des eaux du site et seront donc rejetées vers le bassin versant de l'Ellé. **L'exploitation de la Fosse 4 ne va donc pas générer de volume d'eau supplémentaire transféré du bassin versant du Blavet vers celui de l'Ellé.**

En revanche, l'exploitation de la Fosse 4 va générer une augmentation des volumes d'eau rejetés.

Les eaux d'exhaure collectées au niveau de la Fosse 4 correspondront aux **eaux pluviales et aux eaux souterraines** captées dans la fosse :

- Les apports futurs d'eaux pluviales en Fosse 4 peuvent être estimés à partir de l'emprise totale de la Fosse 4 (10 ha) et d'une pluie efficace moyenne annuelle (1981-2019) ruisselée sur la Fosse 4 de 652 mm (en considérant une réserve utile de 20 mm (surface décapée) et un coefficient de ruissellement associé de 80%, **Cf. Bilan hydrologique à l'échelle de l'exploitation au § 2.1.4**) :

$$11 \text{ ha} \times 652 \text{ mm/an} \approx 72\,000 \text{ m}^3/\text{an}$$

- Les apports d'eaux souterraines peuvent être approchés par la loi empirique de SCHNEEBELI en utilisant la valeur de transmissivité de $0,4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ (essai de pompage 2020 pour la Fosse 4) :

$$Q = K \times 2,5 \times h \times \sqrt{S}$$
$$\text{avec } K = \frac{T}{E}$$

avec

- Q = débit en m³/s
- K = perméabilité du massif en m/s
- h = hauteur mouillée
- S = surface mouillée en m²
- T = transmissivité en m²/s
- E = épaisseur de l'aquifère (≈100 m pour les schistes)

Soit en considérant une hauteur mouillée de 10 m (soit le front inférieur) et une surface mouillée future de 5 000 m² (500 ml de fronts au dernier palier) :

$$Q = 0,4 \cdot 10^{-6} \times 2,5 \times 10 \times \sqrt{10 \times 500}$$
$$Q = 0,00071 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 25\,000 \frac{\text{m}^3}{\text{an}}$$

Au total, le volume d'exhaure annuel (eaux pluviales + eaux souterraines) de la Fosse 4 (en fin d'exploitation) est estimé à 97 000 m³/an (11 m³/h en moyenne).

❖ **Verse du Sabès**

Le stockage du Sabès actuellement en cours au niveau de l’extension Est (précédemment autorisée) sur des parcelles agricoles bocagères va modifier les écoulements superficiels sur les parcelles concernées. Actuellement les eaux pluviales reçues sur les terrains de l’extension Est du Sabès rejoignent gravitairement le ru temporaire qui draine l’emprise de l’extension. Ce ru, affluent du Crazius, s’écoule à 80 m au Nord-Est des limites de l’extension.

Les volumes actuellement ruisselés sur l’emprise de l’extension Est du Sabès sont de :

| |
|---|
| 9,1 ha x 201 mm/an ≈ 18 000 m³/an, sur le bassin versant naturel (état initial) |
|---|

Or, et à l’image de la situation actuelle, les eaux de percolation de l’extension Est du Sabès seront collectées via un fossé dans un bassin aménagé au point bas, puis dirigées par pompage vers le circuit de traitement des eaux du site. Le volume d’eau supplémentaire à gérer généré par l’extension Est du Sabès sera de :

| |
|---|
| 9,1 ha x 652 mm/an ≈ 60 000 m³/an soit 7 m³/h en moyenne, sur l’extension Est de la verse du Sabès (état projet) |
|---|

Les extensions vers l’Ouest et vers le Sud du Sabès sollicitées dans la demande se trouvent déjà dans le périmètre autorisé, sur des secteurs dont les eaux de ruissellement sont déjà collectées par le circuit des eaux du site (vallon digue cyclonée, Fosse 1 et ancienne digue).

Tableau 27 : Synthèse des volumes d’eaux (de ruissellement et ou souterraine) générés à l’état initial (bassin versant naturel) et à l’état projet

| Bassin versant | Infrastructure | Volume d’eau moyen (en m ³) ruisselé à l’état initial (bassin versant naturel, coefficient de ruissellement de 35%, réserve utile du sol de 126 mm) | Volumes d’eau moyen générés (ruissellement et/ou eaux souterraines) à l’état projet (infrastructures, coefficient de ruissellement de 80%, réserve utile du sol de 20 mm) |
|--------------------------|-------------------------------------|--|--|
| | | Pluie efficace annuelle moyenne | Pluie efficace annuelle moyenne |
| | | 201 mm | 652 mm |
| Blavet | 67% Verse de Kerroué | 18 000 | 60 000 |
| | Verse Ouest | 26 000 | 83 000 |
| | Fosse 3 | 40 000 | 248 000 |
| Sous-total Blavet | | 84 000 | 391 000 |
| Ellé | 33% Verse de Kerroué | 9 000 | 29 000 |
| | Fosse 4 | 22 000 | 97 000 |
| | Extension Est de la verse du Sabès) | 18 000 | 60 000 |
| Sous-total Ellé | | 49 000 | 186 000 |
| Total | | 133 000 | 577 000 |

3.2.2.2 Débit de rejet

La poursuite de l’extension du Sabès vers l’Est, l’ouverture de la Fosse 4 et la création de la verse Ouest vont générer des **volumes d’eaux supplémentaires** qui seront intégrés au circuit des eaux du site et rejetés au point de rejet n°1.

Le volume supplémentaire est estimé à environ **240 000 m³/an** (soit 27 m³/h), ce qui représente une **augmentation de 18%** par rapport à la situation actuelle. Cette augmentation sera **progressive** et coordonnée à l’avancement de l’exploitation et largement contenue dans les seuils actuellement autorisés en termes de flux dans l’Arrêté Préfectoral actuel (voir calcul d’acceptabilité au § 4.4.4 p 170).

Il s’agit d’une augmentation par rapport à la situation actuelle du débit rejeté mais celle-ci est contenue dans les seuils actuellement autorisés en flux dans l’AP et il n’y aura pas d’augmentation des seuils comme cela est présenté dans la mise à jour du calcul d’acceptabilité (hormis pour le fer en période hivernale qui est liée à la gestion opérationnelle du site).

3.2.3 Bilan et impact cumulé

| | |
|---|---|
| <p>Écoulement des eaux superficielles : bassin versant du Blavet</p> | <p>Le volume d’eau soustrait par la verse de Kerroué, la verse Ouest et la Fosse 3 au bassin versant du Blavet sera de l’ordre de 84 000 m³/an (volume annuel moyen qui aurait ruisselé sur la surface naturelle initiale de l’emprise des 3 infrastructures), soit 0,8% du débit annuel du ruisseau de Kerjean en aval de l’étang du Corong.</p> |
| <p>Impact faiblement négatif, indirect et temporaire</p> | <p>Il s’agit d’un impact faiblement négatif, indirect et temporaire sur le bassin versant du Blavet qui cessera avec la finalisation de la remise en état des verses à stériles et l’arrêt du pompage d’exhaure en Fosse 3.</p> |
| <p>Écoulement des eaux superficielles : bassin versant de l’Ellé</p> | <p>Le volume total restitué au bassin versant de l’Ellé et issu du drainage de la verse de Kerroué, de la verse Ouest, de l’extension Est du Sabès et des pompages d’exhaure des Fosses 3 et 4 sera quant à lui de 577 000 m³/an (65 m³/h), soit 0,7% du débit annuel de l’Ellé à Priziac.</p> |
| <p>Impact faiblement positif, indirect et temporaire</p> | <p>Il s’agit d’un impact faiblement positif, indirect et temporaire sur le bassin versant de l’Ellé qui cessera avec la finalisation de la remise en état des verses à stériles et l’arrêt du pompage d’exhaure en Fosses 3 et 4.</p> <p>Cet impact positif est plus important à l’échelle du bassin versant du Crazius puisque les volumes rejetés constituent une bonne partie du débit et de la qualité de ce cours d’eau et un important soutien en période d’étiage.</p> |

3.2.4 Impact du changement climatique

La situation future du transfert entre bassins versants a été évaluée en prenant en compte les moyennes météorologiques 1980-2021. Les données disponibles sur le changement climatique indiquent, qu’à l’horizon 2050, le cumul annuel de précipitation devrait rester du même ordre que la

moyenne des trente dernières années (1 114 mm). Le changement climatique aura un impact sur le bilan hydrique, avec une **baisse de la pluviométrie efficace** (augmentation de l'évapotranspiration liée à l'élévation de la température) **et une diminution de la fraction ruisselée** de la pluie efficace, au profit de l'infiltration. En revanche, l'intensification des événements pluvieux, bien que relativement modérée, devrait augmenter les débits de pointe en crue.

Ainsi, **le changement climatique n'intensifiera pas les impacts potentiel du projet puisqu'il devrait légèrement diminuer le volume du transfert entre bassins versants.**

En revanche, **le changement climatique aura sans doute un impact sur le niveau de l'étang du Corong**, avec des variations de niveau potentiellement importantes entre des périodes sèches plus longues et des périodes pluvieuses plus courtes mais intenses.

3.3 IMPACTS POTENTIELS SUR L'ÉCOULEMENT DES EAUX SOUTERRAINES

3.3.1 Situation actuelle

A l'heure actuelle, seuls l'exploitation de la **Fosse 3** et le pompage d'exhaure associés sont susceptibles d'impacter l'écoulement des eaux souterraines.

Les chroniques piézométriques présentées en **Figure 33** et **Figure 34 p 95 et 96** (dont des extraits sont repris dans les coupes des **p 85 à 90**) mettent en évidence un **léger rabattement** (baisse de 5 à 8 m) **de la nappe** par l'extraction d'andalousite et le pompage d'exhaure sur la Fosse 3. Ce rabattement est **limité aux abords immédiats de la Fosse 3** à l'Ouest (rabattement observé sur les piézomètres MOUS1 et PZA mais pas sur le piézomètre PzB) et un peu plus étendu latéralement, sur une centaine de mètres vers le Nord (rabattement observé sur le piézomètre KERB3).

Le rabattement actuellement observé est très localisé et limité aux abords immédiats de la Fosse 3 (50 m vers l'Ouest et 140 m vers le Nord) :

- Il confirme les observations réalisées lors de l'essai de pompage longue durée réalisé en 2016 ;
- Il se manifeste par une **baisse des niveaux à l'étiage** (juin-novembre), les niveaux de hautes eaux restant comparable grâce à la recharge hivernale ;
- **Il ne touche aucun usage sensible et n'affecte pas la zone humide du Kerzioc'h.** La lenteur de la drainance et la ressaturation en hiver expliquent l'absence actuelle d'impact de l'exploitation de la Fosse 3 sur la zone humide du Kerzioc'h, pourtant relativement proche (250 m à l'Ouest).

3.3.2 Situation future

La **Fosse 3** ayant atteint son emprise maximale et les volumes d'exhaure actuellement pompés étant du même ordre que ceux estimés pour la Fosse 3 en fin d'exploitation, les rabattements induits à l'avenir resteront **du même ordre qu'actuellement.**

L'ouverture de la **Fosse 4** sera susceptible d'impacter la circulation des eaux souterraines en rabattant la nappe. Le rayon d'influence et l'importance du rabattement dépendent de :

- La profondeur de l'excavation ;
- L'importance de la perméabilité des terrains ;
- La présence de limites étanches ou de limites d'alimentation.

La future Fosse 4 présentera un dénivelé maximum de 90 m (cote finale fixée à 160 m NGF). L'excavation créée par la fosse et le pompage d'exhaure nécessaire à son exploitation vont avoir pour effet de rabattre progressivement le niveau piézométrique de la nappe profonde contenue dans les schistes. Cette nappe est en relation avec la nappe contenue dans les horizons altérés et argilisés de surface, horizons surtout présents dans les fonds de vallon où ont été recensées les zones humides.

Le fonctionnement du système est le suivant :

- Lorsque l'on rabat le niveau piézométrique de la nappe des schistes, un gradient hydraulique entre celle-ci et la nappe superficielle des altérites se crée ;
- Le gradient hydraulique provoque un phénomène de drainance des altérites. Ces horizons étant très argileux, la drainance est très lente et le rabattement peut se propager très lentement vers la nappe des altérites ;
- De la même façon, un gradient hydraulique, plus faible, peut se créer entre la nappe des altérites et la zone humide et une drainance également très lente est donc susceptible d'atteindre la zone humide (nappe perchée la plus superficielle) ;
- **Le rabattement de la nappe des schistes peut ainsi se propager très lentement et en s'amortissant vers la nappe des altérites puis vers la zone humide ;**
- Lors des pluies d'hiver, **les horizons superficiels des altérites et la zone humide sont rapidement ressaturés** en eau et le cycle recommence.

Le pompage d'exhaure qui sera réalisé dans la future Fosse 4 pourra engendrer un rabattement du niveau piézométrique en périphérie de la future fosse, par drainance de l'aquifère profond sur l'aquifère superficiel.

Toutefois, du fait de la nature géologique des formations présentes (contexte d'aquifère de socle cloisonné), il est difficile d'estimer précisément l'amplitude du rabattement et la surface de la zone d'influence en périphérie de la future Fosse 4.

Cependant, il est possible de s'appuyer sur les constats et mesures déjà réalisés sur le site :

- Lors des deux essais de pompage réalisés dans le secteur de la future Fosse 4, aucun des autres ouvrages profonds mesurés n'a réagi significativement et la hauteur d'eau du Ru de Kergroaz n'a montré aucune baisse ;
- Ces mêmes essais de pompage ont mis en évidence le cloisonnement de l'aquifère des schistes, ainsi que sa très faible transmissivité et une très faible productivité locale, avec des débits inférieurs à 5 m³/h ;
- Le **secteur de la Fosse 3** est marqué par un axe structural majeur constitué d'une zone de **cisaillement Est/Ouest** traversant les Fosses 2 et 3 et se prolongeant dans le vallon de Kerzioc'h. Cet axe structural constitue un **drain (ou limite d'alimentation)** et un **axe préférentiel de circulation des eaux souterraines** (comme c'est le cas de façon générale en Bretagne pour les axes Est-Ouest). Les coupes **p 88 et 90** et la carte **p 83** illustrent ces propos.
- Le **secteur du projet de Fosse 4** se trouve en dehors de ce cisaillement (à 40 m au Sud) et est bordé au Sud par un axe structural majeur constitué d'un contact décrochant entre les cornéennes à andalousite (« Schistes d'Angers ») et l'ensemble Grés Armoricaux/schistes et

grès briovériens. Cette différence de lithologie entre les deux compartiments conditionne le **caractère étanche** de cette **limite structurale et lithologique qui isole le projet de Fosse 4 de la majeure partie de la zone humide de Kerroué et limitera sensiblement la zone d’influence du cône de rabattement de la Fosse 4 vers le Sud**. La coupe de la **Figure 46** en page suivante illustre ces propos.

Ainsi, au regard de ces constats et des contextes hydrogéologiques analogues pour les Fosses 3 et 4, mais présentant des différences sur le point structural, on peut s’attendre à ce que le rabattement de la nappe des schistes par le pompage d’exhaure dans la Fosse 4 induisent un **rabattement localisé de la nappe des altérites** en périphérie de la Fosse 4. **Ce rabattement sera vraisemblablement plus faible que pour la Fosse 3**, du fait de l’absence d’axe structural majeur de circulation des eaux souterraines dans le secteur de la Fosse 4. Le **cône de rabattement** ne dépassera les limites Ouest et Sud-Ouest de la Fosse 4 qu’à partir de la fin d’exploitation de la phase n°2 (soit 10 ans d’exploitation) et s’étendra au maximum sur une cinquantaine de mètres autour des limites de la Fosse 4 (voir coupe en **Figure 46**).

| | |
|---|--|
| <p>Ecoulement des eaux souterraines</p> | <p>Le rabattement actuellement constaté autour de la Fosse 3 est faible et limité aux abords immédiats de la fosse (rabattement de 5 à 8 m de la nappe en bordure Ouest et Nord de la Fosse 3 dans un rayon de 50 à 100 m) et devrait rester du même ordre à l’avenir.</p> |
| <p>Impact faiblement négatif, direct et temporaire</p> | <p>L’ouverture et l’exploitation de la Fosse 4 engendreront également un cône de rabattement du même ordre, voire même de moindre importance du fait de l’absence d’axe structural important d’écoulement des eaux, d’une limite étanche au Sud et des qualités encore plus médiocres de l’aquifère au droit de la Fosse 4.</p> <p>Il s’agit d’un impact faiblement négatif, direct et temporaire qui deviendra négligeable après arrêt des pompages d’exhaure.</p> <p>Comme l’illustrent les coupes de la Figure 46, l’étendue et l’amplitude du cône de rabattement de la Fosse 4 progresseront avec l’avancée de l’exploitation, pour sortir de l’emprise de la Fosse 4 à partir de la fin de la phase d’exploitation n°2 (10 ans après l’obtention du nouvel Arrêté Préfectoral).</p> <p>Après arrêt de l’extraction en Fosse 4 (en en Fosse 3) le niveau de la nappe s’équilibrera avec le plan d’eau et le cône de rabattement n’affectera plus qu’un secteur réduit à l’emprise de la Fosse 4.</p> |