

3.4 IMPACTS POTENTIELS SUR L'ALIMENTATION DES ZONES HUMIDES

Comme développé précédemment, les cônes de rabattement générés par l'exploitation des Fosses 3 et 4 sont susceptibles d'**impacter indirectement, par drainance de la nappe des altérites, les zones humides voisines des vallons de Kerzioc'h et de Kerroué.**

Etant données les faibles transmissivités des schistes, des altérites argileuses et des horizons argileux supportant les zones humides, ces phénomènes de drainance sont **très lents et rapidement compensés par les pluies hivernales.**

3.4.1 Situation actuelle

Les chroniques piézométriques mensuelles de la zone humide du Kerzioc'h sont présentées en **Figure 35 p 100**. Sur les 4 années de suivi disponibles, **aucune tendance générale à la baisse des niveaux d'eau décorrélée de la pluviométrie n'est observée.**

La zone humide Kerzioc'h de n'est donc pas impactée par le rabattement observé autour de la Fosse 3.

3.4.2 Situation future

L'emprise de la **Fosse 4** ainsi que de la verse Ouest et de l'extension Est du Sabès se trouvent intégralement hors zones humides, la poursuite de l'exploitation n'aura donc **pas d'impact direct sur les zones humides (pas de destruction).**

3.4.2.1 *Impact potentiel sur l'alimentation superficielle*

La **verse Ouest**, de par la captation des eaux de ruissellement au niveau des fossés créés en sa périphérie, est susceptible de réduire l'alimentation d'une petite zone humide, « bras » de la zone humide du vallon de Kerzioc'h, située entre la verse Ouest et la Fosse 3.

Il est toutefois rappelé que la création de la verse Ouest, dans le secteur de Kersaizy, permet de ne pas étendre la verse de Kerroué, comme cela était prévu initialement. L'extension de la verse de Kerroué devait impacter directement environ 1,2 ha de zones humides (surface qui a déjà fait l'objet de mesures compensatoires depuis 2014).

Le transfert des eaux de percolation de la future verse Ouest depuis le bassin versant du Blavet vers celui de l'Ellé représente, par rapport à la situation actuelle, un déficit supplémentaire de l'ordre de 13 000 à 40 000 m³/an d'eaux de ruissellement alimentant les ruisseaux de Kerjean et de Kerzioc'h, dans le bassin versant du Blavet, ainsi que des zones humides associées à ses ruisseaux. **Ce déficit d'alimentation sera temporaire** et limité à la période d'exploitation.

La zone d'extension Est du Sabès est bordée par une zone humide accompagnant un cours d'eau temporaire, affluent du Crazius. Le bassin versant de ce petit cours d'eau est d'environ 62 ha. Aujourd'hui, les parcelles concernées par l'extension Est du Sabès sont des parcelles agricoles relativement planes où les eaux pluviales s'infiltrent. L'extension Est du Sabès a déjà démarré (autorisée par l'AP du 03/08/2018) et se poursuivra jusqu'en 2030 sur environ 10,4 ha, soit environ 17 % du bassin versant du cours d'eau. La réduction de l'impluvium alimentant indirectement le cours temporaire sera progressive.

Après remise en état du Sabès, les eaux qui ruissèleront sur ce stockage de stériles qui aura été imperméabilisé rejoindront de nouveau le cours d'eau temporaire.

L'extension du Sabès aura donc une incidence très limitée et temporaire sur l'alimentation superficielle de la zone humide voisine.

La **Fosse 4** est bordée, au Sud-Ouest et au Sud, par la **zone humide de Kerroué**. **L'impluvium des 10 ha de la Fosse 4 est actuellement collecté par le fossé de débordement du bassin de Kerroué** qui amène les eaux au bassin Bora. L'ouverture de la Fosse 4 n'aura donc **pas d'impact sur le bassin versant superficiel** alimentant la zone humide de Kerroué.

3.4.2.2 Impact potentiel sur l'alimentation souterraine de la zone humide de Kerroué : apport de l'analyse des données piézométriques de l'essai de pompage de 2020

L'essai de pompage réalisé au droit de la Fosse 4 en juin 2020 est présenté au [§ 2.4.6.6 p 106](#). Les suivis piézométriques quotidiens et horaires réalisés (chroniques piézométriques horaires en [Figure 47](#)) sur les piézomètres profonds et mini-piézo-mètres du vallon de Kerroué permettent d'évaluer l'impact potentiel de la Fosse 4.

❖ Puits de pompage

Au niveau de l'ouvrage de pompage (PZ1_F4), le niveau piézométrique a baissé rapidement dès le début de l'essai (baisse de 13,64 m au bout de 4 h de pompage), puis plus lentement par la suite (baisses de 2,87 m entre 4 et 24 h, puis de 1,33 m entre 24 et 48 h et de 0,35 m entre 48 et 72 h).

Le rabattement maximum observé au bout de 72 h est de 26,39 m.

À l'arrêt du pompage, le niveau est très rapidement remonté (remontée de 16,6 m en 4 h). Le niveau piézométrique a retrouvé sa cote initiale au bout de 2 jours et l'a dépassée de 13 cm le 12/06/2020. Dans les jours qui ont suivi l'essai, la chronique piézométrique horaire montre que l'ouvrage ne réagit pas à la pluviométrie. Il est donc **déconnecté de la surface** et alimenté par le réservoir profond des schistes (en tout cas pour la période de basses eaux suivie).

❖ Suivi des piézomètres profonds

Le niveau du piézomètre de référence de Rostrenen, considéré comme **non influencé par le pompage**, a baissé continuellement de 51 cm entre le 5 et le 12/06, avec des baisses quotidiennes de 3 à 10 cm. Il y a donc eu une **tendance naturelle significative à la baisse** tout au long de l'essai. Cette tendance s'observe sur tous les piézomètres profonds (où la baisse, constatée pendant le pompage, s'est poursuivie après arrêt de la pompe), hormis ceux situés en zone humide ou à proximité (PSA, KJ2). Les piézomètres suivis ont donc subi une **baisse naturelle pendant l'essai de pompage, indépendante de l'essai**.

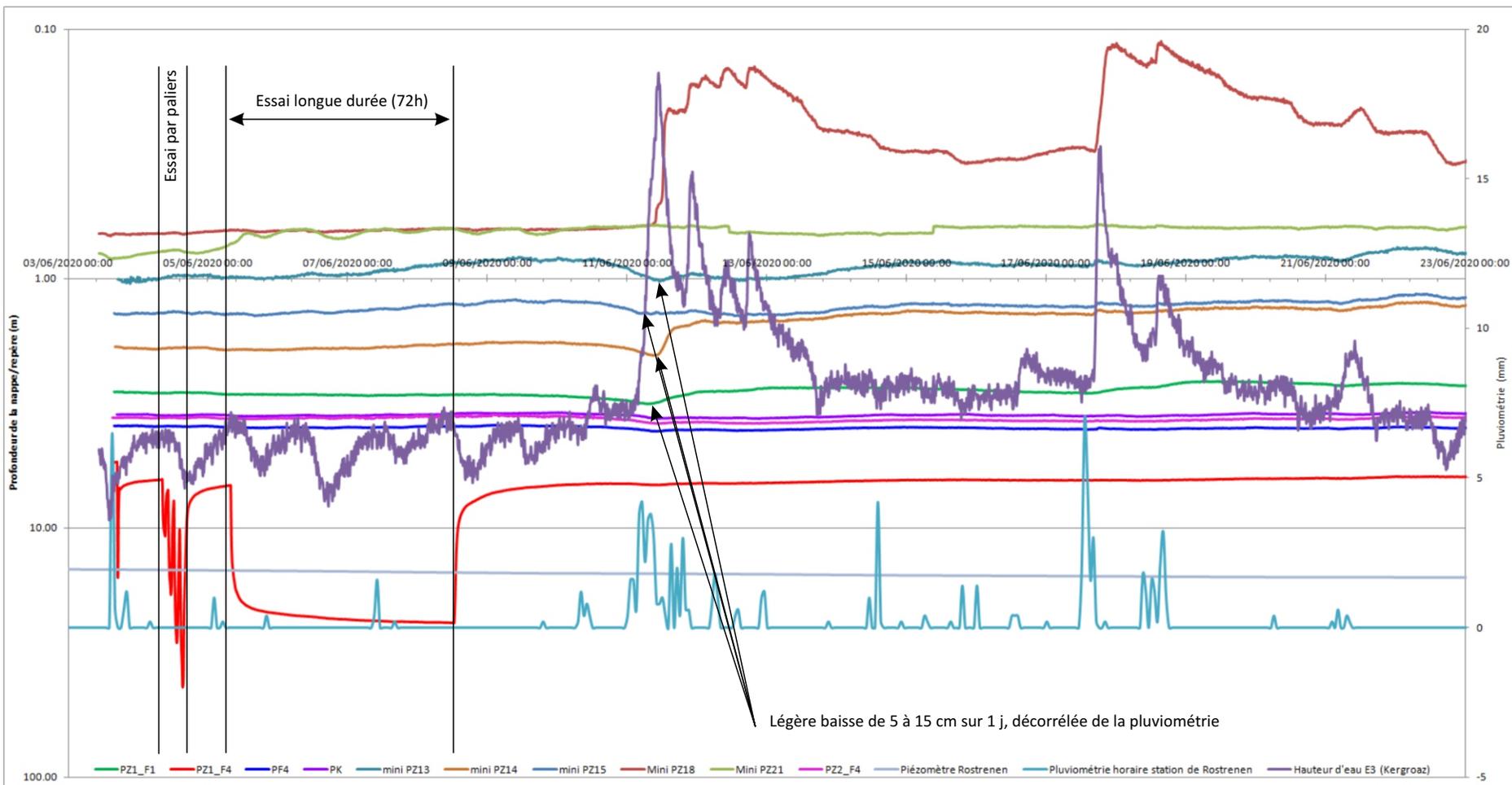


Figure 47

Après l'arrêt de la pompe, les niveaux des piézomètres PZ2_F4, RO1, RO2 et MO3 ont continué à baisser ou se sont stabilisés malgré la pluviométrie des trois derniers jours de la remontée. Les autres ouvrages ont réagi plus ou moins fortement à la pluviométrie (+6 cm pour PK, +8 cm pour PF4, +38 cm pour PZ1_F1...).

Le tableau ci-dessous reprend les rabattements observés quotidiennement sur les ouvrages de suivi pendant les phases de descente et de remontée.

Tableau 28 : Rabattements observés sur les ouvrages de suivi pendant les phases de descente et de remontée

Date	T (h)	Rabattement par rapport au 05/06/2020 8h (en m)											Piézomètre de référence (Rostrenen)	Pluviométrie (mm)
		PZ2_F4	PK	PF4	PZ1_F1	PZ2_F1	PSA	RO1	RO2	KJ2	MO3	P2 (Kerzioc'h)		
5/06/2020 4h après démarrage de la pompe	4	0,05	0,05	0,06	-0,04	0,09	-0,01	0,03	0,03	0,02	0,04	-0,01	-	0,80
6/6/2020	24	0,04	0,03	0,11	-0,01								0,07	0,00
7/6/2020	48	0,07	0,06	0,18	0,09								0,16	0,80
8/06/2020 Avant arrêt de la pompe	72	0,09	0,10	0,16	0,09	0,25	0,00	0,13	0,15	0,08	0,13	-0,01	0,26	0,20
8/06/2020 4h après arrêt de la pompe	76	0,09	0,08	0,17	0,10	0,28	0,01	0,13	0,16	0,08	0,14	0,01		0,20
9/6/2020	96	0,12	0,12	0,17	0,13			0,15					0,35	0
10/6/2020	120	0,14	0,12	0,19	0,20	0,33	0,02	0,18	0,20	-0,03	0,14	0,17	0,43	4,5
11/6/2020	144	0,14	0,06	0,15									0,46	27
12/6/2020	168	0,16	0,06	0,11	-0,18	0,27	-0,11	0,20	0,18	-0,05	0,21	-0,04	0,51	12

NB : un rabattement négatif signifie une remontée du niveau piézométrique par rapport au niveau initial

PZ2_F4 : ouvrage équipé d'une sonde automatique de niveau permettant un suivi piézométrique horaire

Le suivi horaire d'une partie des ouvrages (chroniques piézométriques en **Figure 47**) montre que les piézomètres PZ2_F4, PK et PF4 ont un comportement similaire au puits de pompage. Ils ne réagissent pas à la pluviométrie et sont **déconnectés de la surface** et alimentés par le réservoir profond des schistes. Le piézomètre **PZ1_F1** présente la même tendance générale mais a réagi aux épisodes pluvieux des 11 et 17/06/2020 et présente une **légère baisse de 15 cm** pendant l'épisode pluvieux du 11/06/2020 qui pourrait être **imputée au pompage** avec un temps de réaction de 3 j. Cette baisse est immédiatement **suivie d'une remontée de 25 cm** les 11 et 12/06/2020.

❖ **Suivi des mini-piézomètres de la zone humide**

Les mini-piézomètres PZ12 et PZ14 montrent une baisse de niveau de 7 cm et 4 cm pendant la phase de pompage et cette baisse se poursuit au cours des 3 j suivant l'arrêt de la pompe. Suite à l'épisode pluvieux du 10 au 12/06/2020, le niveau de ces deux ouvrages remonte très fortement (+62 cm et + 42 cm), avec un décalage d'une journée entre le PZ12 et le PZ14 plus en aval. Les autres ouvrages ne présentent pas de variations significatives pendant la phase de pompage.

Ces comportements sont cohérents avec l'interprétation des données de suivi mensuel et le suivi automatique du niveau d'eau en Pz18, Pz21 et E3 (Cf. § 2.4.5.2 et Figure 36).

Date	T (h)	Rabattement par rapport au 05/06/2020 8h (en m)											Pluviométrie (mm)
		PZ12	PZ13	PZ14	PZ15	PZ16	PZ17	PZ18	PZ19	PZ20	PZ21	E3 (ruisseau de Kergroaz)	
5/06/2020 7h après démarrage de la pompe	7	0.03	-0.03	0.01	0	0.01	0	-0.04	0	-0.04	0.03	-0,02	0.80
6/6/2020	24	0.04	-0.03	0.02	-0.01	0	0	-0.05	0	-0.04	0	0,015	0.00
7/6/2020	48	0.08	0.01	0.05	0.02	0	0.05	-0.04	0.01	-0.02	0	0,015	0.80
8/06/2020 Avant arrêt de la pompe	72	0.07	-0.03	0.04	0	0	0.01	-0.05	0	-0.03	0.01		0.20
8/06/2020 4h après arrêt de la pompe	76	0.07	-0.02	0.04	-0.01	0.02	0.02	-0.05	0	-0.03	0.01		0.20
9/6/2020	96	0.07	-0.02	0.05	0	0.01	0.02	-0.05	0	-0.02	0.01	0,015	0
10/6/2020	120	0.09	-0.04	0.05	0.02	0.01	0.01	-0.04	0	-0.01	0.02	0,015	4.5
11/6/2020	144	-0.53	-0.1	0.06	-0.16	-0.09	-0.01	-0.17	-0.13	-0.47	0.01	-0.115	27
12/6/2020	168	-0.49	-0.05	-0.46	-0.22	-0.03	-0.05	+0.51	-0.24	-0.44	0.01	-0,06	12

Nb : un rabattement négatif signifie une remontée du niveau piézométrique par rapport au niveau initial

PZ13 : ouvrage équipé d'une sonde automatique de niveau permettant un suivi piézométrique horaire

Le suivi horaire de 5 mini-piézomètres (chroniques piézométriques en **Figure 47**) montre que les ouvrages les plus en amont (PZ13, 14 et 15) présentent la même légère inflexion que le piézomètre profond PZ1_F1 le 11/06/2020, avec une légère baisse temporaire de 5 à 10 cm qui pourrait être **imputée au pompage** avec un temps de réaction de 3 j. Cette baisse est immédiatement **suivie d’une remontée équivalente voire supérieure** les 11 et 12/06/2020 et est à relativiser par rapport aux battements saisonniers pluri décimétriques des mini piézomètres.

Les mini-piézomètres PZ18 et PZ21, les plus en aval, et dans le compartiment des Grés armoricains / Schistes et grés briovériens, ne sont pas influencés par le pompage et le mini-piézomètre PZ21, le plus en aval de tous présente des réactions très fortes à la pluviométrie, comparables à celles du ruisseau de Kergroaz, caractéristique d’une zone saturée en eau.

<p>Alimentation des zones humides</p>	<p>La poursuite de l’exploitation de la Fosse 3 et l’ouverture de la Fosse 4 vont générer un rabattement de la nappe profonde des schistes qui, par drainage lente de la nappe superficielle des altérites pourrait impacter indirectement et partiellement l’alimentation des zones humides de Kerzioc’h et de Kerroué.</p>
<p>Impact moyennement négatif, indirect et temporaire</p>	<p>Cet impact reste potentiel et doit être relativisé :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les eaux de ruissellement constituent une bonne partie de l’alimentation des zones humides, qui sont ainsi rapidement ressaturée en période pluvieuse (comme le montrent les nombreuses chroniques piézométriques disponibles). Cette ressaturation par la pluviométrie est beaucoup plus rapide que les phénomènes de drainage entre la nappe profonde des schistes, la nappe des altérites et la zone humide ; • Les possibles baisses de niveau se manifesteraient par des étiages plus prononcés et les niveaux de hautes eaux ne seraient pas impactés (recharge hivernale par la pluie) : <u>il n’y aura pas d’assèchement de zone humide, pas de modification du caractère humide des sols</u> ; • Aucun impact n’a été observé sur les 4 ans de suivi de la zone humide du Kerzioc’h, pourtant proche de la Fosse 3 et connectée à la nappe profonde des schistes via la zone de cisaillement Est-Ouest ; • La zone humide de Kerroué se trouve en grande partie dans un compartiment hydrogéologique (Grés Armoricains/schistes et grés briovériens) isolé de la Fosse 4 (« Schistes d’Angers ») par une limite étanche. Seule la partie amont de 3 ha environ située dans les schistes pourrait être impactée (Cf. Figure 46). <p>Il s’agit d’un impact potentiel moyennement négatif, indirect et temporaire qui cessera après arrêt des pompes d’exhaure.</p> <p>Comme l’illustrent les coupes de la Figure 46, l’impact potentiel indirect sur l’alimentation de la zone humide de Kerroué ne se manifesterait qu’à partir de la fin de la phase d’exploitation n°2 (10 ans après l’obtention du nouvel Arrêté Préfectoral).</p>

3.5 IMPACTS POTENTIELS SUR LA QUALITE DES EAUX SUPERFICIELLES ET SOUTERRAINES

3.5.1 Situation actuelle

L’ensemble des eaux du site est collecté par la **Fosse 2**, ancienne fosse d’extraction du site de Glomel qui reçoit également les résidus humides de l’usine de traitement du minerai. Le circuit actuel de gestion des eaux du site est présenté au [§ 1.1](#).

L’exploitation d’andalousite de Glomel présente 2 points de rejet autorisés des eaux vers le milieu naturel :

- **Rejet n°1** : Les eaux en sortie de la station Neutralac 3 après les bassins de décantation qui se rejettent dans le ruisseau du Kergroaz puis dans le ruisseau du Crazius.
- **Rejet n°2** : Les eaux pluviales non polluées (au niveau du fossé extérieur à la Fosse 3) qui sont renvoyées vers le milieu naturel (ruisseau du Kerzioc’h).

A l’heure actuelle, seul le point de rejet n°1, dans le bassin versant de l’Ellé, est actif. Les résultats de suivi de ce point de rejet sont détaillés au [§ 1.2 p 16](#).

Les suivis hydrobiologiques, piscicoles et physico-chimiques réalisés par IRMG (analysés en détail au [§ 2.3.6.2 p 59](#)) montrent que l’**impact actuel du site**, avec un rejet aqueux réalisé dans les normes de concentrations et de flux imposées par l’Arrêté Préfectoral du 03/08/2018, est :

- **Nul sur la qualité biologique des ruisseaux et rivières** alentours ;
- **Moyen et maîtrisé sur la qualité physico-chimique des ruisseaux et rivières** alentours, 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 2 mg/L au 1^{er} janvier 2024.

Les suivis qualitatifs réalisés par IRMG sur les eaux souterraines ne mettent **pas en évidence d’impact de l’activité actuelle sur la qualité des eaux souterraines**, mis à part au niveau d’un piézomètre de suivi (RO1) où une minéralisation plus importante a été observée sur les eaux.

3.5.2 Situation future

La création de nouvelles infrastructures (Fosse 4, verse Ouest, extensions du Sabès) sur l’exploitation d’andalousite de Guerphalès à Glomel, est susceptible d’engendrer des impacts qualitatifs sur les eaux superficielles et souterraines au travers les volumes d’exhaure supplémentaires qui seront collectés et rejetés après traitement dans le réseau hydrographique, avec une altération de la qualité des eaux du réseau hydrographique en cas de mauvaise qualité des eaux rejetées.

Qualité des eaux superficielles et souterraines	L’impact potentiel à venir sur la qualité des eaux superficielles et souterraines restera du même ordre qu’actuellement : <ul style="list-style-type: none"> • Nul sur le la qualité biologique des ruisseaux et rivières alentours ; • Moyen et maîtrisé sur la qualité physico-chimique des ruisseaux et rivières alentours, 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 2 mg/L au 1^{er} janvier 2024 ;
Impact moyen	<ul style="list-style-type: none"> • Moyen et très localisé sur les eaux souterraines.

3.6 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 quantité ou à la qualité des eaux superficielles et/ou souterraines exploitées par ces captages.

3.6.1 Situation actuelle

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**. Les piézomètres de suivi Min1 et Min2 suivi par IRMG, le long d’un axe structural interprété entre la Fosse 3 et le captage de Croaz Ar Pichon ne montrent aucune tendance à la baisse imputable à la Fosse 3.

En période d’été, 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.**

3.6.2 Situation future

D’un point de vue **qualitatif**, le maintien et l’amélioration du circuit de gestion des eaux actuel et l’intégration à ce dernier des eaux d’exhaure de la Fosse 4 et des eaux de ruissellement et de percolation de la verse Ouest permettront de maintenir **un impact nul sur les captages AEP de Mézouët, Croaz Ar Pichon ou Barrégant et un impact faible et maîtrisé sur le captage AEP superficiel de Pont Saint-Yves en ce qui concerne les sulfates.**

L’impact quantitatif potentiel est évalué par bassins versants.

3.6.2.1 Captages de Mézouët : bassin versant du Blavet

❖ Impact quantitatif

La prise d'eau de Mézouët exploite une **ressource en eau superficielle associée à l'étang de Mézouët**, situé en aval de l'étang du Corong. Cette ressource est alimentée en très grande majorité par le ruissellement sur le bassin versant du ruisseau de Kerjean. Il s'agit donc d'évaluer l'impact potentiel, direct ou indirect, du projet sur le niveau d'eau de l'étang de Mézouët.

La poursuite des suivis, par IRMG, du niveau du ruisseau de Kerzioc'h au moyen de l'échelle limnimétrique E10 et de sa nappe d'accompagnement au moyen du réseau de mini-piézomètres de suivi de la zone humide associée à celle-ci, met en évidence l'absence d'incidence de la Fosse 3 sur le niveau du ruisseau et de sa nappe d'accompagnement. Les variations de niveau sont strictement liées à la saisonnalité et à la pluviométrie et aucune tendance anormale à la baisse décorrélée de la pluviométrie n'est constatée.

L'impact indirect de l'extraction sur la prise d'eau de Mézouët, par un drainage du ruisseau de Kerzioc'h (qui constitue déjà une part minime des apports à l'étang de Mézouët) est donc nul.

Le projet de Fosse 4 se situe dans le bassin versant de l'Ellé, à 1 200 m au Sud-Est du ruisseau de Kerzioc'h. Il **n'aura pas d'influence sur le niveau de l'étang de Mézouët** et sur la ressource en eau associée.

Enfin, volume d'eau soustrait par la verse de Kerroué, la verse Ouest et la Fosse 3 au bassin versant du Blavet est et sera de l'ordre de 46 000 à 140 000 m³/an (volume annuel ruisselant actuellement sur la surface naturelle de l'emprise des 3 infrastructures), soit **0,4 à 1,4% du débit annuel du ruisseau de Kerjean en aval de l'étang du Corong.**

Le captage de Mézouët étant situé nettement en aval de la confluence du Kerjean dans l'étang de Saint-Conogan, ce volume représente **une part négligeable de l'alimentation totale du captage de Mézouët et le suivi du niveau de l'étang du Corong, situé en amont de l'étang de Mézouët montre que le transfert entre bassins versants est sans influence sur le niveau du plan d'eau.**

❖ Impact qualitatif

Le remblaiement partiel de la Fosse 3 par les stériles d'extraction, de même que le remblaiement de la Fosse 2 par les résidus humides ne pourront pas avoir d'incidence sur la qualité des eaux de l'étang de Mézouët du fait de la **déconnexion entre les « compartiments Fosse 2 et Fosse 3 » et le réseau superficiel** alimentant l'étang de Mézouët :

- Aucun rejet issu d'exploitation ne se fait dans le Ruisseau de Kerzioc'h ;
- Il n'y aura aucune relation directe entre les eaux de ruissellement internes de la Fosse 3 et de la Fosse 2 et le bassin versant de l'étang de Mézouët ;
- Les données de suivi de niveau du ruisseau de Kerzioc'h et de sa nappe d'accompagnement matérialisée par la zone humide du vallon de Kerzioc'h, ainsi que les résultats de l'essai de pompage réalisé en 2016 indiquent l'indépendance hydraulique entre la nappe des altérites au niveau du thalweg et les eaux souterraines profondes circulant à la faveur de la fracturation captées par la Fosse 3 ;
- Les données de suivi de la qualité du ruisseau de Kerzioc'h en amont et en aval de la Fosse 3 ne montrent aucun impact qualitatif sur l'affluent du Kerjean.

Ainsi, l'exploitation d'andalousite de Guerphalès est et restera sans influence **sur le niveau et la qualité de l'eau de l'étang du Corong et donc de la prise d'eau de Mézouët en aval du barrage.**

3.6.2.2 Captages du bassin versant de l'Ellé

De même que ce qui est actuellement constaté pour la Fosse 3, le rabattement potentiel généré par la Fosse 4 **n'atteindra pas les captages de Croaz Ar Pichon**, situés à 2,5 km à l'Ouest, de l'autre côté du Minez Du et dans un autre bassin versant.

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 de 325 000 à 630 000 m³/an, soit 0,3 à 0,6% du débit annuel de l'Ellé à Priziac. Ce volume supplémentaire aura un **impact quantitatif très faiblement positif** pour les prises d'eau situées en aval (Pont St Yves et Barrégant) où les étiages sont sévères.

Captages AEP	Impact qualitatif faible, maîtrisé, direct et temporaire en ce qui concerne les sulfates et impact quantitatif très faiblement positif indirect et temporaire sur les prises d'eau de l'Ellé.
Impact faible, maîtrisé, direct indirect et temporaire	Impact qualitatif nul et impact quantitatif très faiblement négatif, indirect et temporaire sur la prise d'eau de Mézouët. Impact quantitatif et qualitatif nul sur le captage AEP de Croaz Ar Pichon.

4. MESURES POUR EVITER, REDUIRE, COMPENSER, ACCOMPAGNER ET SUIVRE LES IMPACTS SUR LES EAUX

Les mesures à prendre sur les impacts potentiels du projet peuvent être réparties en trois catégories qui sont, par ordre de préférence décroissante :

- Les mesures d'**évitement** « **E** » ;
- Les mesures **réductrices** « **R** » ;
- Les mesures **compensatoires** « **C** ».

Dans tous les cas, la **priorité** doit être donnée à l'**évitement**, puis à la **réduction**. Et, lorsque **certains enjeux n'ont pas pu être évités** et qu'ils **persistent des impacts potentiels résiduels**, des **mesures compensatoires doivent être retenues**.

A cela viennent s'ajouter :

- Les **mesures d'accompagnement** « **A** » qui sont celles pour lesquelles l'exploitant se fera accompagné d'une expertise extérieure pour la maîtrise d'un impact ou d'une intervention ;
- Les **mesures de suivi** « **S** », qui sont celles qui impliquent un contrôle périodique ou ponctuel au cours de l'exploitation.

Les initiales « **E R C A S** » seront employées dans ce chapitre pour répertorier de manière simplifiée le type de mesure.

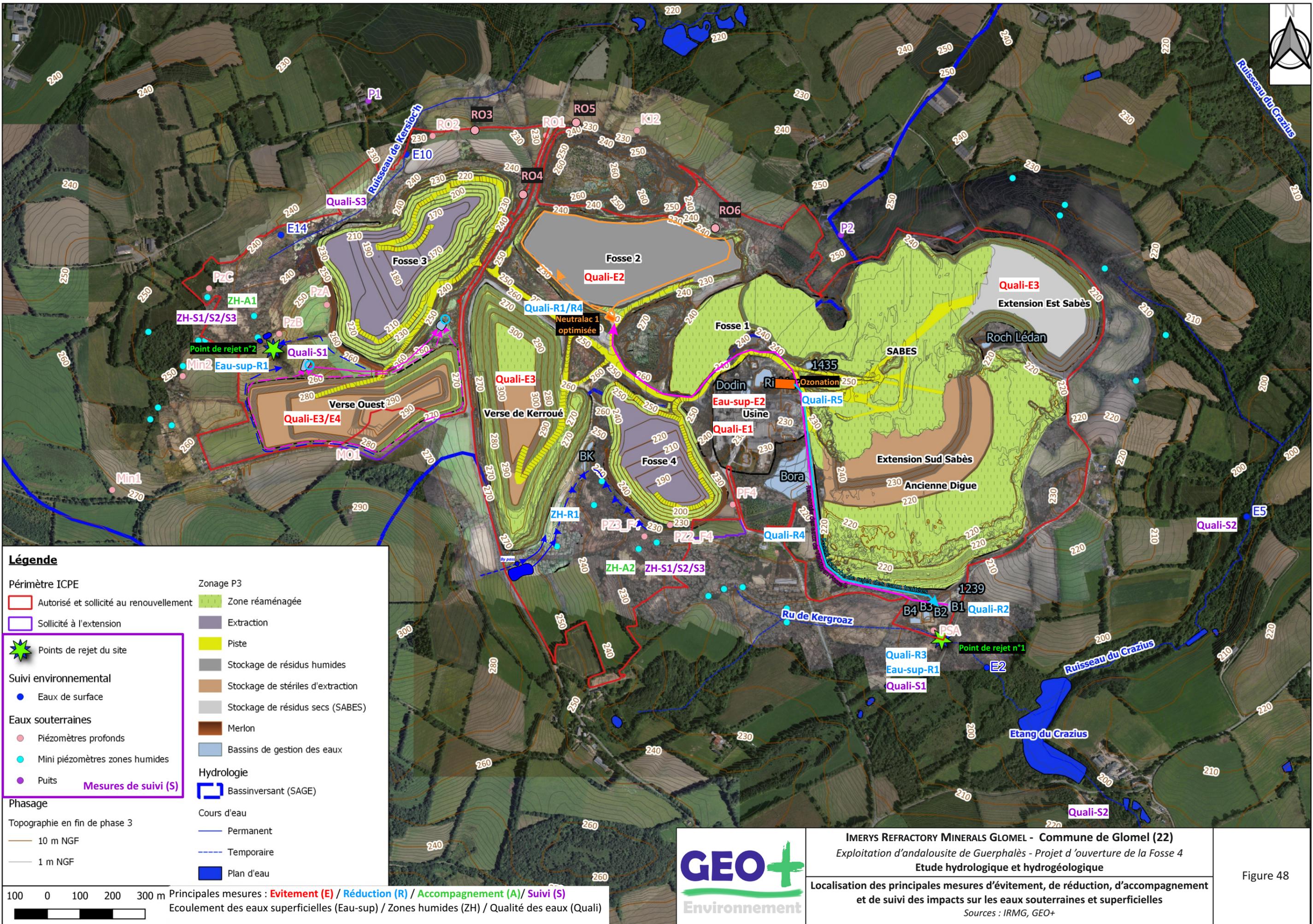
Dans le cadre du présent projet d'ouverture de la Fosse 4, les **objectifs à atteindre en matière de protection des eaux** sont les suivants :

- Séparer les écoulements externes et internes au site pour limiter les volumes d'eau à gérer sur le site et maîtriser qualitativement et quantitativement les eaux restituées ;
- Réguler et contrôler les débits de rejet de façon à prévenir les inondations et l'assèchement des cours d'eau (notamment liés au transfert depuis le bassin versant du Blavet vers celui de l'Ellé) ;
- Restituer dans les bassins versants du Blavet et de l'Ellé des eaux dont les caractéristiques sont en accord avec les objectifs de rejet (MES, pH, métaux...), et compatibles avec l'acceptabilité des milieux récepteurs ;
- Protéger les zones humides identifiées en périphérie de l'exploitation ;
- Assurer la protection de la ressource en eau en aval de l'exploitation de Guerphalès (captages de Mézouët, de Barrégant et de Pont Saint-Yves).

Chacune des grandes mesures développées ci-après dispose de sa propre référence combinant :

- La thématique eau : Ecoulement des eaux superficielles (Eau-sup) / Zones humides (ZH) / Qualité des eaux (Quali) ;
- La nature de la mesure : Evitement (E) / Réduction (R) / Accompagnement (A)/ Suivi ;
- Un numéro.

Les principales mesures d'évitement, de réduction, d'accompagnement et de suivi des impacts sur les eaux souterraines et superficielles sont localisées sur la [carte suivante](#) grâce à ces références.



Légende

Périmètre ICPE
 [Red line] Autorisé et sollicité au renouvellement
 [Purple line] Sollicité à l'extension

Suivi environnemental
 [Green star] Points de rejet du site
 [Blue dot] Eaux de surface

Eaux souterraines
 [Red dot] Piézomètres profonds
 [Cyan dot] Mini piézomètres zones humides
 [Purple dot] Puits

Phasage
 Topographie en fin de phase 3
 [Orange line] 10 m NGF
 [Grey line] 1 m NGF

Zonage P3
 [Green] Zone réaménagée
 [Grey] Extraction
 [Yellow] Piste
 [Dark Grey] Stockage de résidus humides
 [Brown] Stockage de stériles d'extraction
 [Light Grey] Stockage de résidus secs (SABES)
 [Dark Brown] Merlon
 [Blue] Bassins de gestion des eaux

Hydrologie
 [Blue box] Bassinversant (SAGE)
 Cours d'eau
 [Blue line] Permanent
 [Dashed blue line] Temporaire
 [Blue square] Plan d'eau

Mesures de suivi (S)
 Principales mesures : **Evitement (E) / Réduction (R) / Accompagnement (A) / Suivi (S)**
 Ecoulement des eaux superficielles (Eau-sup) / Zones humides (ZH) / Qualité des eaux (Quali)

GEO+ Environnement

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 principales mesures d'évitement, de réduction, d'accompagnement et de suivi des impacts sur les eaux souterraines et superficielles

Sources : IRMG, GEO+

Figure 48

4.1 CONCERNANT L'ÉCOULEMENT DES EAUX SUPERFICIELLES

4.1.1 Mesures d'Évitement (E)

- **Eau-sup-E1 :** Évitement des zones humides voisines et du réseau hydrographique associé (vallons de Kerzioc'h et de Kerroué).
- **Eau-sup-E2 :** Eaux de procédé en circuit fermé, pas de prélèvement dans le réseau hydrographique.

4.1.2 Mesures de Réduction (R)

- **Eau-sup-R1 :** Régulation des débits de rejet dans le bassin versant de l'Ellé

L'ouverture de la Fosse 4, la réalisation de la verse Ouest et les extensions du Sabès entraîneront, par rapport à la situation actuelle, une augmentation des volumes d'eau à gérer sur le site. Même si le rejet effectué dans le ruisseau de Kergroaz qui rejoint ensuite le Crazius après traitement des eaux soutient le débit du cours d'eau, notamment à l'étiage, il faut maintenir la saisonnalité des débits pour ne pas impacter l'hydromorphologie du ruisseau.

IRMG régule actuellement et continuera de réguler le débit de rejet dans le ruisseau de Kergroaz qui rejoint ensuite le Crazius en fonction des valeurs guides mensuelles de débit maximum de rejet de l'Arrêté Préfectoral du 03/08/2018 qui seront reprises dans le futur Arrêté Préfectoral.

- **Eau-sup-R2 :** Restitution au bassin versant du ruisseau du Kerzioc'h

Un fossé de collecte situé en amont immédiat de l'emprise de la **verse Ouest** restituera des eaux claires au milieu naturel au niveau du « bras » amont de la zone humide du Kerzioc'h alimentant les mares compensatoires de Moustrougrant Bihan (Cf. Figure 49). Deux nouvelles mares situées sur la bordure Ouest de ce bras amont de la zone humide de Kersioc'h seront rendues fonctionnelles par la création de ce fossé.

Un fossé sera créé en bordure Sud du merlon périphérique de la Fosse 3 pour diriger les eaux de ruissellement extérieures vers les mares compensatoires de Moustrougrant Bihan via un fossé déjà existant (Cf. Figure 49).

Ces deux fossés collecteront des eaux pluviales extérieures à la Fosse 3 et à la verse qui n'auront pas été en contact avec la zone d'extraction ni avec les stériles. Ils permettront de restituer des eaux claires au ruisseau du Kerzioc'h et la zone humide associée.

4.1.3 Mesures d'Accompagnement (A)

IRMG ne prévoit pas de mesure d'accompagnement spécifique concernant l'écoulement des eaux superficielles.

4.1.4 Effets attendus de ces mesures à l’égard des impacts du projet : impact résiduel

La déviation des eaux de ruissellement amont des nouvelles installations projetées permettra de limiter les volumes d’eau à gérer sur le site et de maîtriser les volumes d’eaux restitués au niveau du point de rejet dans le ruisseau de Kergroaz qui rejoint ensuite le Crazius.

La régulation des débits de rejet dans le ruisseau de Kergroaz qui rejoint ensuite le Crazius permettra, à l’image de ce qui est fait actuellement, de soutenir le débit du cours d’eau en période d’étiage et d’éviter tout débordement du ruisseau en période de hautes eaux (en limitant le débit de rejet). Les débits de rejet resteront du même ordre de grandeur qu’actuellement et respecteront les valeurs guides de l’Arrêté Préfectoral du 3 août 2018.

Les fossés de déviation des eaux de ruissellement amont de la verse Ouest permettront de collecter un bassin versant d’une surface équivalente à celle de la verse Ouest. La restitution des eaux collectées au ruisseau du Kerzioc’h et à la zone humide associée permettra de compenser les volumes prélevés dans l’emprise de la verse Ouest.

<p>Ecoulement des eaux superficielles : <u>bassin versant du Blavet</u></p>	<p>Le volume résultant d’eau soustrait au bassin versant du Blavet sera de l’ordre de 33 000 à 100 000 m³/an, soit 0,3 à 1 % du débit annuel du ruisseau de Kerjean en aval de l’étang du Corong.</p> <p>Il s’agit d’un <u>impact résiduel faiblement négatif, indirect et temporaire</u> sur le bassin versant du <u>Blavet</u> 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>Impact résiduel faiblement négatif, indirect et temporaire</p>	

<p>Ecoulement des eaux superficielles : <u>bassin versant de l’Ellé</u></p>	<p>Le volume total restitué au bassin versant de l’Ellé sera quant à lui de 315 000 à 590 000 m³/an (36 à 67 m³/h), soit 0,3 à 0,6% du débit annuel de l’Ellé à Priziac.</p> <p>Il s’agit d’un <u>impact faiblement positif, indirect et temporaire</u> sur le bassin versant de l’<u>Ellé</u> 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 <u>Crazius</u> puisque les volumes rejetés constituent une bonne partie du débit et de la qualité de ce cours d’eau et un <u>important soutien en période d’étiage.</u></p>
<p>Impact résiduel faiblement positif, indirect et temporaire</p>	

4.1.5 Suivi des mesures et de leurs effets (S)

- **Eau-sup-S1 :** IRMG poursuivra et complètera son programme d'**autosurveillance des débits de rejet** au milieu naturel et des niveaux et/ou débits des cours d'eaux à proximité :

Lieu	Paramètre mesuré	Fréquence	Objectif	Acteur	Coût
<i>Point de rejet n°1 (ruisseau du Kergroaz)</i>	<i>Débit de rejet</i>	<i>En continu</i>	<i>Régulation du débit de rejet</i>	<i>IRMG</i>	<i>Interne</i>
<i>Point de rejet n°2 (dans le ruisseau du Kerzioc'h)</i>	<i>Débit de rejet</i>	<i>Trimestrielle (moyenne sur 24h)</i>	<i>Régulation du débit de rejet</i>	<i>IRMG</i>	<i>Interne</i>
<i>Points E5, E1 (amont et aval du point de rejet), E16, E17 (amont et aval de la réserve naturelle de Glomel) sur le Crazius</i>	<i>Niveau d'eau sur une échelle limnimétrique</i>	<i>Trimestrielle (mesure ponctuelle)</i>	<i>Identifier une éventuelle dégradation de la lame d'eau indépendante de la pluviométrie et qui pourrait être imputable à l'exploitation</i>	<i>IRMG</i>	<i>Interne</i>
<i>Points E14 et E10 sur le ruisseau du Kerzioc'h</i>	<i>Débit et niveau d'eau sur une échelle limnimétrique</i>	<i>Trimestrielle (mesure ponctuelle)</i>		<i>IRMG</i>	<i>Interne</i>
<i>Point E3 sur le ruisseau de Kergroaz</i>	<i>Débit et niveau d'eau sur une échelle limnimétrique</i>	<i>Trimestrielle (mesure ponctuelle)</i>		<i>IRMG</i>	<i>Interne</i>
Exploitation de Guerphalès	Pluviométrie	Horaire	<i>Interpréter les variations de débit et de hauteur d'eau</i>	Achat d'une station météo	3 000 €

Les suivis déjà en place sont rappelés en *italique*

- **Eau-sup-S2 :** IRMG poursuivra et complètera son programme d'**autosurveillance des prélèvements d'eau**
 - Poursuite du suivi des horamètres des pompes déjà en place ;
 - Mise en place de pompes étalonnées et équipées d'horamètres au niveau des bassins de collecte des eaux des nouvelles installations (verse Ouest, extension du Sabès et exhaure de la Fosse 4) ;
 - Réalisation d'un bilan mensuel des consommations d'eau par origine (recyclage, eaux pluviales, réseau d'eau potable).

4.1.6 Mesures de Compensation (C)

L'intensité de l'impact résiduel ne justifie pas de mesure de compensation.

4.2 CONCERNANT L’ÉCOULEMENT DES EAUX SOUTERRAINES

L’impact actuellement constaté et l’impact à venir de l’exploitation de Guerphalès sur le niveau et l’écoulement des eaux souterraines est faiblement négatif et limité dans l’espace et dans le temps.

Il ne justifie pas de mesures d’évitement, de réduction, de compensation ou d’accompagnement spécifiques en dehors des mesures développées précédemment pour l’écoulement des eaux superficielles.

- **Eau-sout-S1** : IRMG poursuivra le **suivi piézométrique** prescrit par l’Arrêté Préfectoral du 03/08/2018 et ajoutera les piézomètres PZ2_F4 et PF4 déjà existants à son réseau de surveillance.
- **Eau-sout-S2** : Un 3^{ème} piézomètre de suivi des abords de la Fosse 4 (PZ3_F4) sera créé à proximité des mini-piézomètres PZ15 et PZ16 (voir localisation en [Figure 48](#)). Ce piézomètre aura une profondeur de 30 m et sera cimenté sur les dix premiers mètres afin de l’isoler des venues d’eau superficielles et pouvoir comparer les niveaux piézométriques de la nappe profonde et de la nappe superficielle de la zone humide de Kerroué.

Piézomètres suivis	Paramètre mesuré	Fréquence	Objectif	Acteur	Coût
<i>Piézomètres : PSA, KJ2, MO1, RO1, RO2, PZA, PZB, PZC, Min1, Min2 Puits de Guermeur et de Kerzioc’h</i>	Niveau de la nappe	Mensuelle	Identifier un éventuel rabattement lié à l’exploitation, notamment entre la Fosse 3 et les captages AEP de Croaz Ar Pichon (piézomètres Min1 et Min2)	IRMG	Interne
PZ2_F4, PZ3_F4 et PF4	Niveau de la nappe	Mensuelle	Identifier un éventuel rabattement lié à l’exploitation	IRMG	Interne
Création d’un nouveau piézomètre de suivi de 30 m de profondeur : PZ3_F4				Société de forage	15 k€

Les suivis déjà en place sont rappelés en *italique*

4.3 CONCERNANT L’ALIMENTATION DES ZONES HUMIDES

4.3.1 Mesures d’Évitement (E)

- **Eau-sup-E1** : **Évitement des zones humides voisines et du réseau hydrographique associé (vallons de Kerzioc’h et de Kerroué).**

4.3.2 Mesures de Réduction (R)

- **Eau-sup-R2** : **Restitution des eaux de ruissellement amont de la verse Ouest et du merlon périphérique de la Fosse 3 au niveau du « bras » amont de la zone humide du Kerzioc’h alimentant les mares compensatoires de Moustrougrant Bihan (Cf. [Figure 49](#)).**

- **ZH-R1 : Soutien à l'étiage de la zone humide de Kerroué (Cf. Figure 50)**

L'exploitation de la Fosse 4 et le pompage d'exhaure associé vont générer un **rabattement de la nappe profonde des schistes** qui, par drainance lente de la nappe superficielle des altérites, pourrait impacter indirectement et partiellement l'alimentation de la **zone humide de Kerroué**.

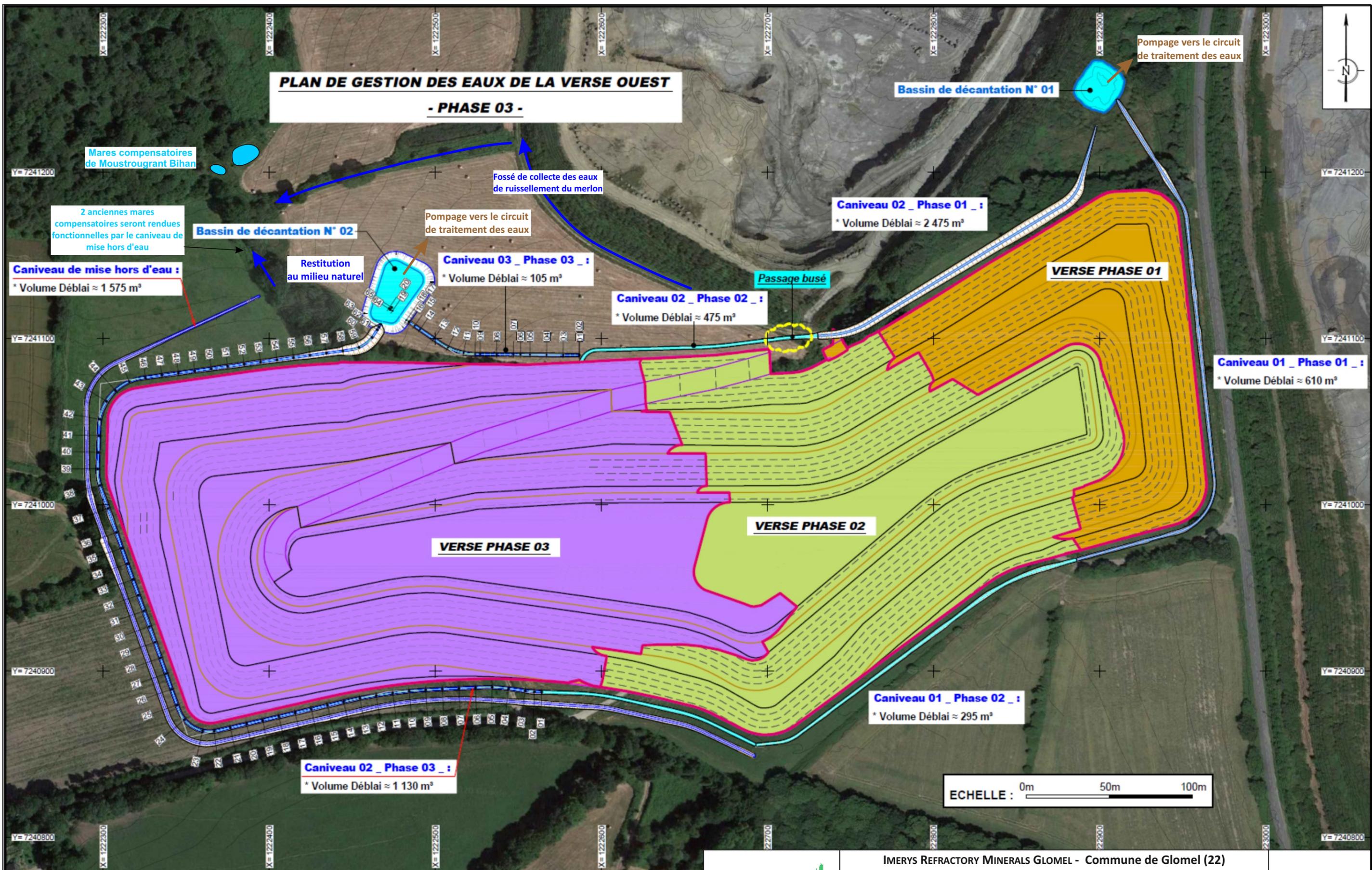
Cet impact se manifesterait, sur une zone de 3 ha dans la partie amont de la zone humide de Kerroué et à partir de la fin de la 2^{ème} phase d'exploitation (Cf. Figure 46 p 143), par des **étiages plus prononcés** mais les niveaux de hautes eaux ne seraient pas impactés (recharge hivernale par la pluie).

Pour réduire cet impact, IRMG prévoit une mesure de **soutien à l'étiage** de l'amont de la zone humide de Kerroué en maintenant, de mai à septembre, un **apport d'eau égal à 50% de l'infiltration moyenne sur les mois humides, soit 26 mm/mois** (voir bilan hydrologique réalisé au § 0 p 28). Sur une surface de 3 ha cela représente un volume de **3 850 m³/an**, soit un débit d'environ **1,1 m³/h**.

Ce soutien à l'étiage pourra être assuré en collectant les **eaux du « drain Minez Du »**. Ce **drain Minez Du** est une buse qui passe sous la RD85 et débouche dans le périmètre ICPE au niveau de l'extrémité Sud de la verse de Kerroué. Les **eaux claires extérieures de ce drain** sont actuellement collectées par le fossé longeant la verse de Kerroué et rejoignent le bassin au pied de la verse (BK) et le circuit de traitement des eaux, même si elles n'ont pas été en contact avec les infrastructures du site. Le drain Minez Du coule principalement en période de hautes eaux. Un débit de **14 m³/h** y a été mesuré en **mars 2021**.

IRMG créera donc un **bassin d'environ 5 000 m³** de capacité (3 850 m³ + 30% pour compenser les pertes liées à l'évaporation) afin de créer une réserve d'eau en période hivernale. Un système de by pass permettra de diriger les eaux du **drain Minez Du** vers ce nouveau bassin (pour remplissage où appoint) ou vers le fossé Kerroué comme actuellement lorsque le bassin sera plein.

Les eaux de ce bassin seront ensuite restituées à la zone humide de Kerroué en période d'étiage via une pompe et un tuyau souple. Afin que la restitution soit la plus efficace possible, une rampe d'arrosage équipée de sprinklers (similaires à ceux déjà utilisés pour l'arrosage des pistes) sera disposée en bordure amont de la zone humide et la restitution se fera la nuit pour limiter l'évaporation.



PLAN DE GESTION DES EAUX DE LA VERSE OUEST
- PHASE 03 -

Pompage vers le circuit de traitement des eaux

Bassin de décantation N° 01

Mares compensatoires de Moustrougrant Bihan

2 anciennes mares compensatoires seront rendues fonctionnelles par le caniveau de mise hors d'eau

Caniveau de mise hors d'eau :
 * Volume Déblai ≈ 1 575 m³

Bassin de décantation N° 02

Restitution au milieu naturel

Caniveau 03 Phase 03 :
 * Volume Déblai ≈ 105 m³

VERSE PHASE 03

Fossé de collecte des eaux de ruissellement du merlon

Pompage vers le circuit de traitement des eaux

Caniveau 02 Phase 02 :
 * Volume Déblai ≈ 475 m³

VERSE PHASE 02

Caniveau 02 Phase 01 :
 * Volume Déblai ≈ 2 475 m³

VERSE PHASE 01

Passage busé

Caniveau 01 Phase 01 :
 * Volume Déblai ≈ 610 m³

Caniveau 01 Phase 02 :
 * Volume Déblai ≈ 295 m³

Caniveau 02 Phase 03 :
 * Volume Déblai ≈ 1 130 m³

ECHELLE : 0m 50m 100m

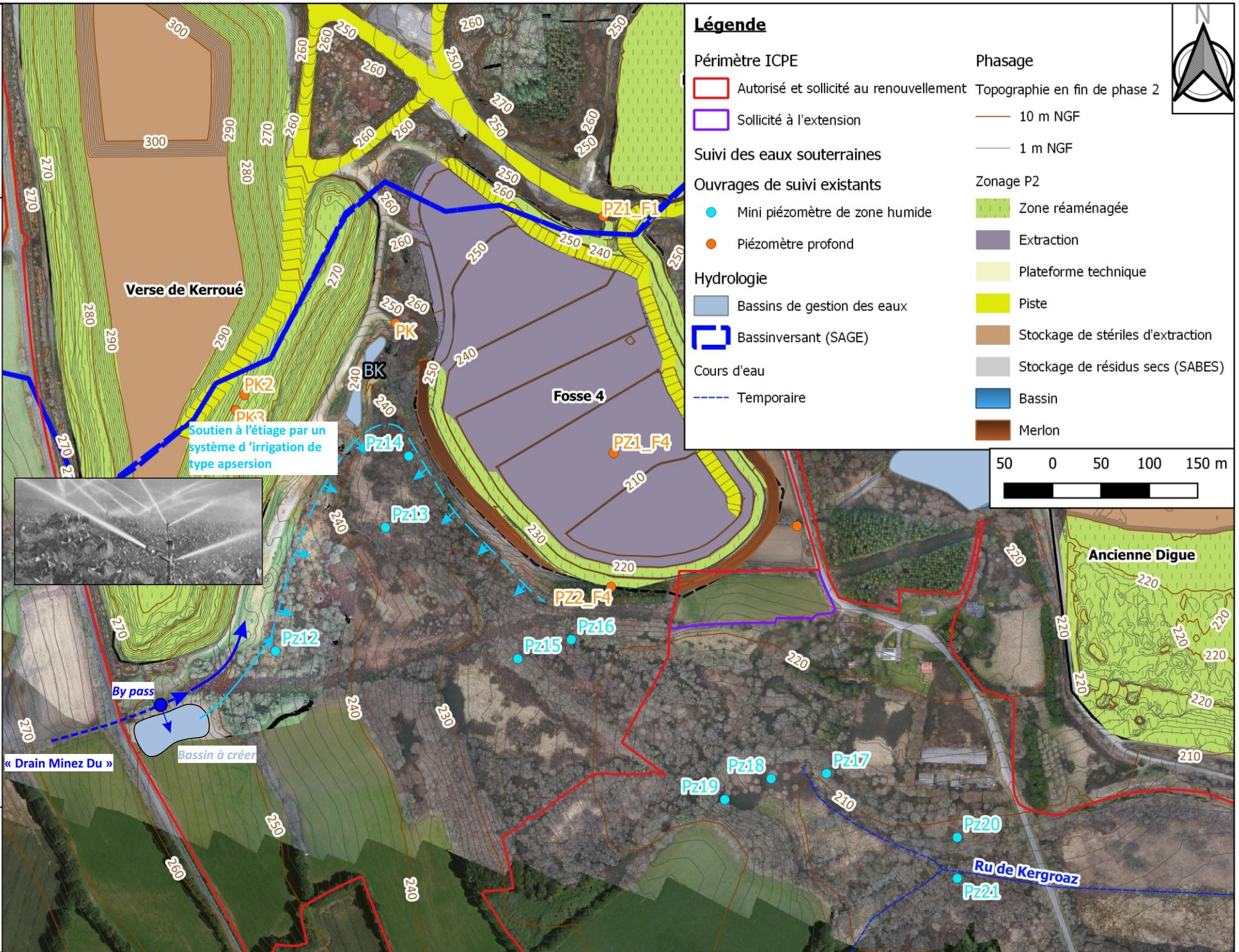


IMERYS REFRACTORY MINERALS GLOMEL - Commune de Glomel (22)
 Exploitation d'andalousite de Guerphalès - Projet d'ouverture de la Fosse 4
 Etude hydrologique et hydrogéologique

Plan de gestion des eaux de la Verse Ouest

Sources : MECATER, IRMG

Figure 49



Le coût de cette mesure est évalué en première approche à **50 000 €**, dont 35 000 € pour la création du bassin (7 €/m³ stocké) et 15 000 € pour le matériel (pompe, tuyaux, rampe, sprinklers). Le coût de fonctionnement est négligeable (0,07 €/m³, soit 350 €/an).

4.3.3 Mesures d’Accompagnement (A)

Les mesures d’accompagnement prévues concernent plutôt la gestion écologique des vallons humides de Kerzioc’h et de Kerroué. Les mesures ci-dessous font donc référence aux mesures prévues dans la séquence ERCAS de l’étude écologique, on se référera à l’Etude d’Impact pour plus de détails :

- **ZH-A1 :** Mise en place d’une gestion écologique du corridor du vallon de Kerzioc’h
 - **ZH-A1-1 :** Poursuivre un pâturage extensif pour les prairies humides à joncs, à combiner avec une fauche tardive exportatoire tournante ou annuelle ;
 - **ZH-A1-2 :** Développer des opérations de génie écologique pour la réouverture en landes humides d’espaces qui tendent à se fermer naturellement ;
 - **ZH-A1-3 :** Entretien des espaces en landes par broyage ;
 - **ZH-A1-4 :** Remettre en prairie la partie Est de la parcelle en culture, qui est incluse dans le corridor humide de Kerzioc’h.

- **ZH-A2 :** Mise en place d’une gestion écologique du corridor du vallon de Kerroué
 - **ZH-A2-1 :** Développer des opérations de génie écologique pour la réouverture en landes humides ;
 - **ZH-A2-2 :** Entretien des espaces en landes par broyage.

- **ZH-A3 :** Engagement, en partenariat avec l’AMV, d’une gestion concertée des zones humides sur l’ensemble des terrains IMERYS, avec mise en place d’un programme pluri-annuel de restauration.

4.3.4 Effets attendus de ces mesures à l’égard des impacts du projet : impact résiduel

Alimentation des zones humides de Kerzioc’h et de Kerroué	Les mesures de réalimentation et de soutien à l’étiage des zones humides des vallons de Kerzioc’h et de Kerroué permettront de compenser l’impact potentiel indirect du rabattement de la nappe profonde de schistes.
Impact résiduel nul à faiblement positif	Ajoutées aux mesures de gestion écologique, ces mesures permettront de maintenir à l’équilibre voire d’améliorer la fonctionnalité des zones humides .

4.3.5 Suivi des mesures et de leurs effets (S)

- **ZH-S1 :** Poursuite du suivi piézométrique mensuel des mini-piézomètres des zones humides de Kerzioc'h et de Kerroué.
- **ZH-S2 :** Suivi de la gestion écologique des vallons de Kerzioc'h et de Kerroué, suivi administratif et financier avec registre consignait la nature, la date, le lieu, l'ampleur et l'opérateur pour un compte-rendu annuel.
- **ZH-S3 :** Suivi trisannuel de la végétation : évolution typologique (CORINE Biotopes, EUNIS et le cas échéant UE) et surfacique (cartographie) des habitats sous l'effet de la gestion.

Lieu	Paramètre mesuré	Fréquence	Objectif	Acteur	Coût
<i>Mini piézomètres PZ1 à PZ11 (Kerzioc'h) et PZ12 à PZ21 (Kerroué)</i>	<i>Niveau piézométrique</i>	<i>Mensuelle</i>	<i>Suivi du niveau d'eau des zones humides</i>	<i>IRMG</i>	<i>Interne</i>
Vallons de Kerzioc'h et de Kerroué	Nature, date, lieu, ampleur des travaux et opérateur	Annuel	Suivi des travaux	IRMG	Interne
Vallons de Kerzioc'h et de Kerroué	Typologie et surface des habitats de zone humide	Trisannuelle	Suivi de la fonctionnalité de zones humides	Association ou bureau d'études spécialisé	5 000 €/an

4.3.6 Mesures de Compensation (C)

L'intensité de l'impact résiduel ne justifie pas de mesure de compensation.

4.4 CONCERNANT LA QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES ET SUPERFICIELLES

4.4.1 Mesures d'Evitement (E)

- **Quali-E1** : Stockage et utilisation des hydrocarbures et produits chimiques dans les règles de l'art (voir illustrations en [Figure 51](#)) :
 - Ravitaillement des engins sur pneus sur une **aire étanche reliée à un séparateur à hydrocarbures** ;
 - Ravitaillement des engins sur chenilles sur des aires étanches mobiles, avec la mise à disposition d'un kit anti-pollution pour maîtriser tout déversement accidentel ;
 - Entretien régulier des engins dans un atelier dédié, qui dispose d'une aire étanche raccordée à un séparateur d'hydrocarbures ;
 - Stockage sous abri de l'ensemble des produits chimiques et hydrocarbures utilisés, soit dans une cuve aérienne disposée sur une zone étanche, soit dans un fût ou un big-bag lui-même stocké dans le local de stockage des fûts, qui dispose d'une **rétenion étanche**.

- **Quali-E2** : Les activités d'extraction et de traitement du minerai et les installations de stockage des stériles et résidus qui en découlent génèrent des eaux acides et chargées en métaux. **L'ensemble des eaux du site sera collecté par la Fosse 2** via un réseau de fossés, tuyaux, bassin de reprise et pompes, et traité avant tout rejet au milieu naturel. Le circuit de gestion des eaux à venir sur l'exploitation d'andalousite de Guerphalès est schématisé en [Figure 4 p 24](#), illustré en [Figure 2 p 11](#) et détaillé dans le [Tome 2 : Mémoire Technique](#).

- **Quali-E3** : A l'image de ce qui existe déjà au niveau des secteurs autorisés à l'exploitation, différents aménagements seront réalisés pour **prévenir les arrivées d'eaux pluviales extérieures sur le site de Guerphalès et les sorties d'eau non traitée du périmètre de l'exploitation** :
 - Un merlon périphérique de 3 m de haut a déjà été réalisé autour de la Fosse 3 et sera mis en place autour de la Fosse 4. Ceci permet d'isoler la fosse des arrivées d'eaux extérieures et ainsi limiter au maximum le volume d'eau à traiter.
 - Dispositif de drainage de la verse Ouest avec :
 - Dérivation des eaux de ruissellement amont vers le « bras » de la zone humide du Kerzioc'h ([Cf. Figure 49](#)) ;
 - Collecte des eaux de ruissellement de surface et d'infiltration provenant de la zone de stockage en vue de leur traitement ([Cf. Figure 49 et Figure 52](#)).
 - Un réseau de drains reliés à des fossés de collecte périphériques sera également mis en place autour des différentes extensions du Sabès, pour collecter et traiter les eaux de percolation ([Cf. Figure 53](#)).

Stockage carburant (magasin)

Cuve GNR magasin : 30 m³ sur rétention (engins sur roues)



Cuve gazole blanc double paroi de 1,34 m³ (4x4)



Stockage de produits chimiques et rétentions associées (magasin et atelier)

Local de stockage des produits chimiques (1)



Local de stockage des produits chimiques (2)



Local de stockage des produits chimiques (3)



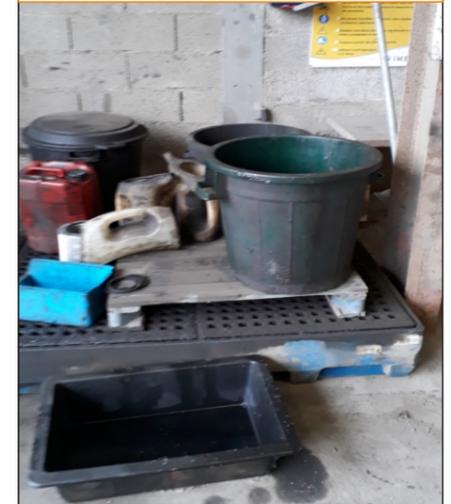
Entreposage d'huiles - Atelier



Cubitainers, fûts et système de distribution Huiles et produits pour engins - Atelier



Bidons et seaux - Atelier



Kit d'intervention anti-pollution



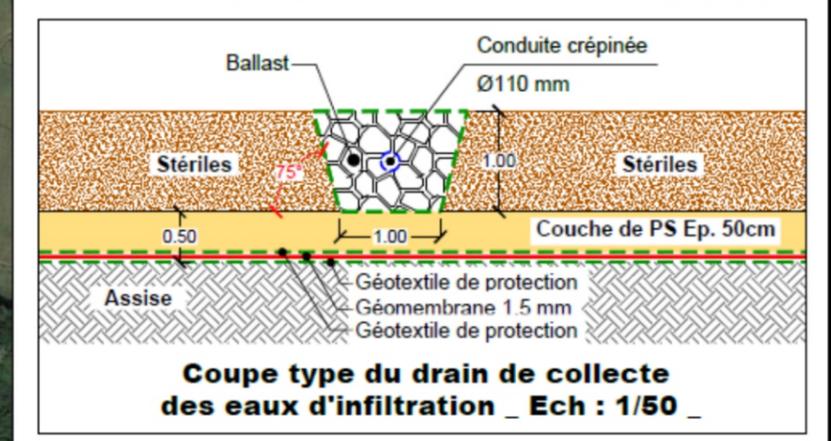
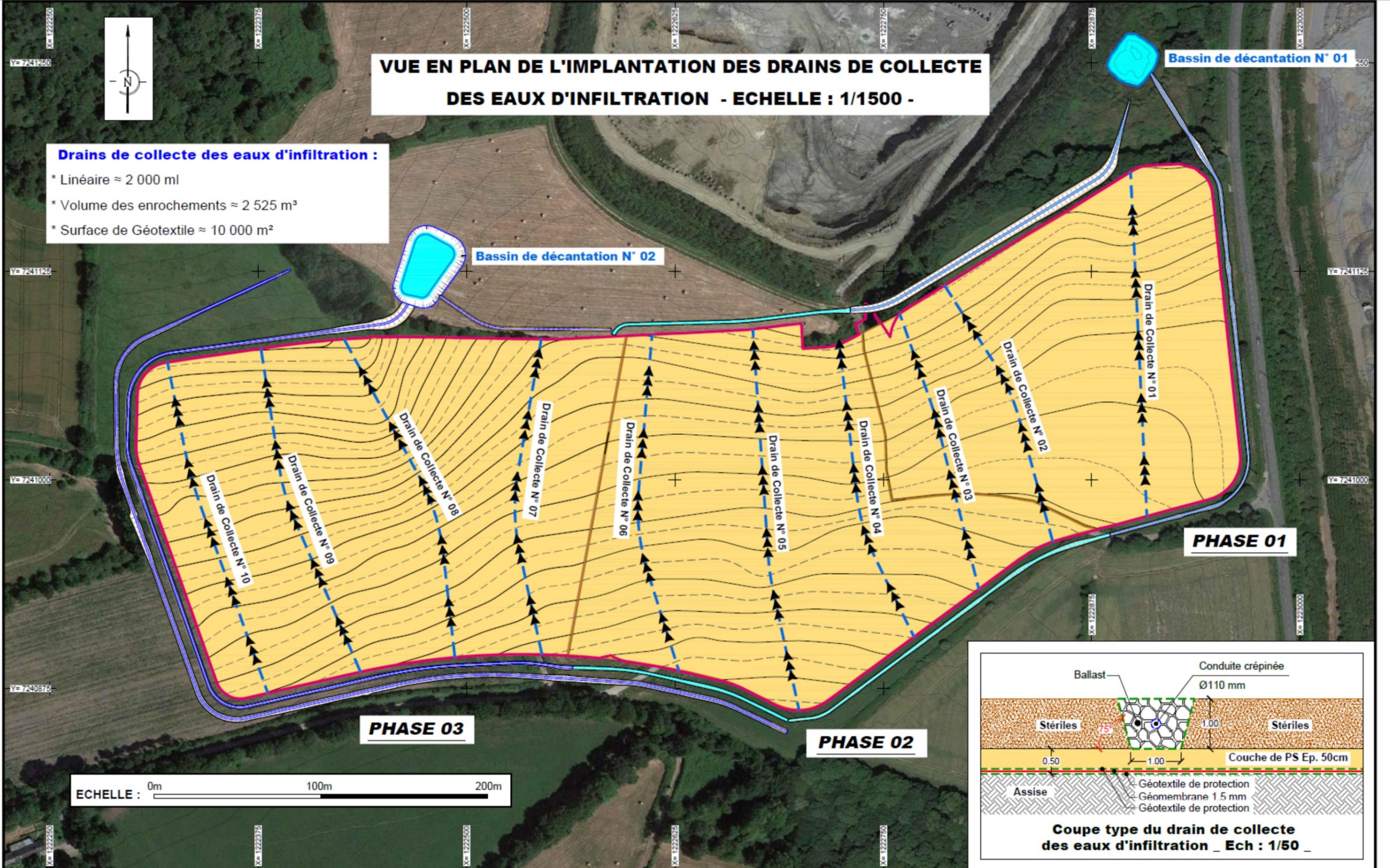
Débourbeur déshuileur (Bassin Richier)



**VUE EN PLAN DE L'IMPLANTATION DES DRAINS DE COLLECTE
DES EAUX D'INFILTRATION - ECHELLE : 1/1500 -**

Drains de collecte des eaux d'infiltration :

- * Linéaire ≈ 2 000 ml
- * Volume des enrochements ≈ 2 525 m³
- * Surface de Géotextile ≈ 10 000 m²

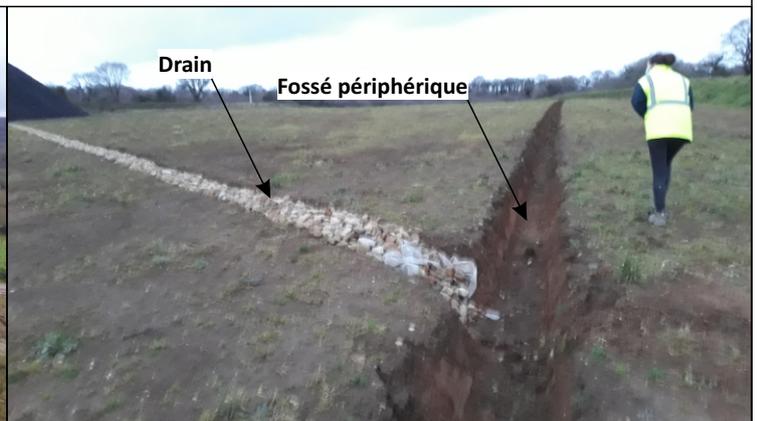
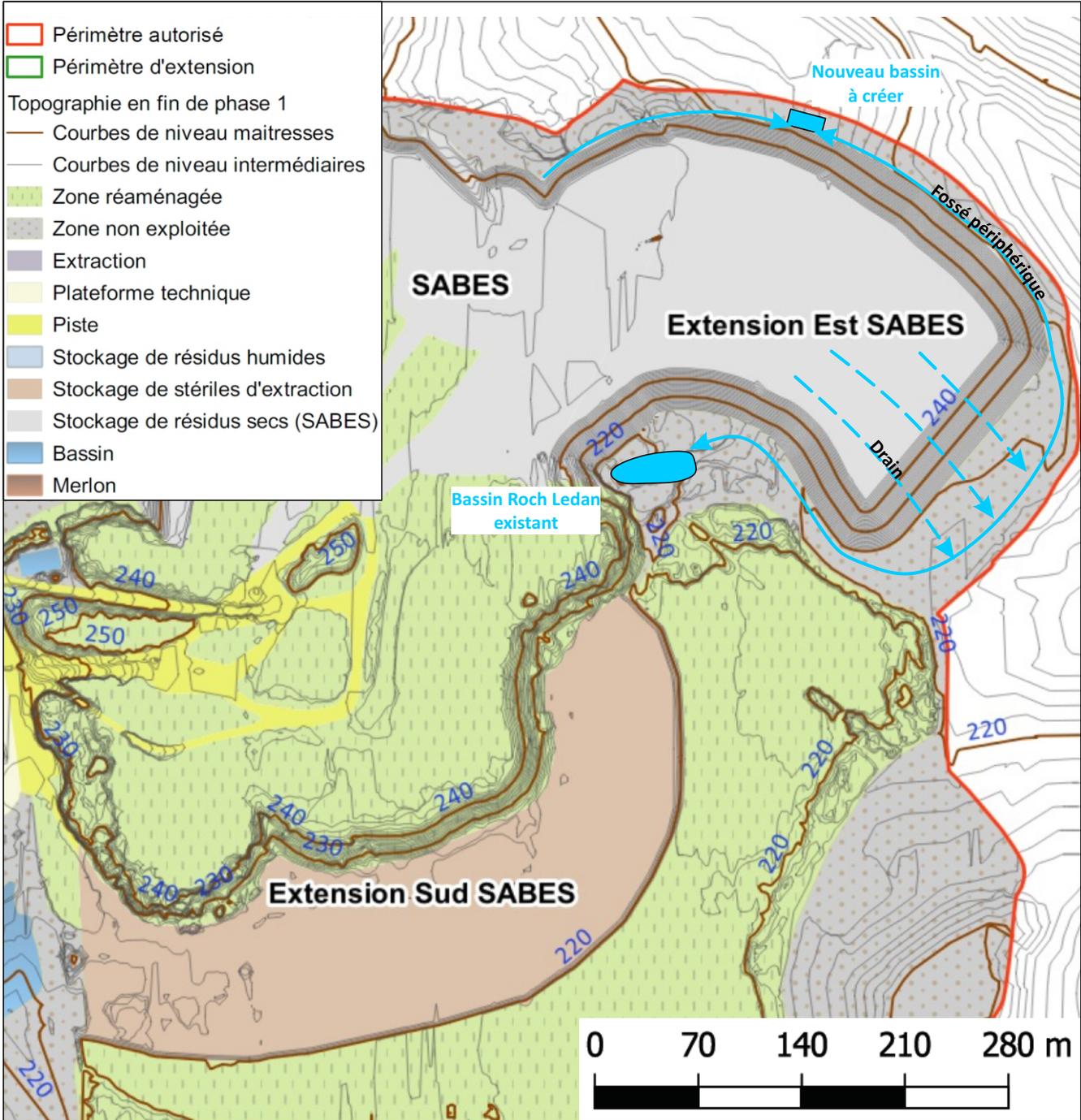


IMERYS REFRACTORY MINERALS GLOMEL - Commune de Glomel (22)
Exploitation d'andalousite de Guerphalès - Projet d'ouverture de la Fosse 4
Etude hydrologique et hydrogéologique

Vues en plan et en coupe du complexe d'étanchéité et du réseau de drainage des
eaux d'infiltration de la verse Ouest

Sources : MECATER, IRMG

Figure 52



- **Quali-E4** : IRMG mettra en place un **complexe d'étanchéité à la base de la verse Ouest** (voir la coupe en **Figure 52**) qui permettra d'isoler les stériles d'extraction du sol et des eaux souterraines.

4.4.2 Mesures de Réduction (R)

- **Quali-R1** : **Traitement à la chaux des eaux avant rejet au niveau des stations Neutralac 1 et 3** afin d'augmenter le pH et de diminuer les concentrations en métaux pour atteindre des valeurs conformes (**Cf. Figure 2 p 11 et Figure 4 p 24**).
- **Quali-R2** : En sortie de la station Neutralac 3, les eaux passent par une série de **4 bassins de décantation** où se déposent les matières en suspension et les hydroxydes métalliques, avant d'être rejetées au milieu naturel au niveau du point de rejet n°1. Les bassins de décantation 1 et 3 sont équipés de **rideaux de turbidité** pour optimiser la décantation des hydroxydes métalliques et des matières en suspension (**Cf. Figure 2 p 11 et Figure 4 p 24**).
- **Quali-R3** : **Régulation saisonnière des débits et flux de rejet** en fonction de l'acceptabilité du milieu récepteur (Ellé).
- **Quali-R4** : **Optimisation du traitement à la chaux au niveau de la station Neutralac 1** pour atteindre un objectif de rejet en manganèse à 6 mg/L au 1^{er} janvier 2022 (**Cf. Figure 4 p 24**) par la mise en place d'un silo de chaux éteinte en poudre d'un volume de 90 m³ (18 m de haut sans impact visuel, mise en place réalisée fin 2021 2021) avec préparante pour contrôler la composition du lait de chaux.
- **Quali-R5** : Mise en service d'une **nouvelle unité de traitement des eaux par ozonation**, en remplacement de la station Neutralac 3, qui permettra d'atteindre un objectif de rejet en manganèse à 2 mg/L au 1^{er} janvier 2024. Les eaux traitées par cette nouvelle unité circuleront par les bassins de décantation 2 à 4 avant rejet au milieu naturel.
Parallèlement à la mise en place de cette nouvelle unité, les eaux issues du fossé V Bora seront collectées dans le bassin de décantation n°1 et retournées en Fosse 2.

4.4.3 Mesures d'Accompagnement (A)

- **Quali-A1** : IRMG poursuivra sa **veille technologique** sur tout dispositif ou procédé économiquement viable permettant **d'abaisser la concentration en sulfates** des eaux de rejet.
 - **Quali-A2** : IRMG complètera cette **veille technologique** par les dispositifs ou procédés de **traitement passif des eaux**, notamment en vue du maintien d'un traitement des eaux après remise en état.
 - **Quali-A3** : IRMG financera **une étude sur la problématique des cyanobactéries sur l'étang du Corong** en période estivale. Cette étude sera réalisée en lien avec le Conseil Départemental et la commune de Glomel et cherchera à identifier l'origine potentielle des cyanobactéries pour la mise en place d'actions correctives.
- Quali-A4** : IRMG réalisera un **diagnostic hydromorphologique du ruisseau du Crazius** entre la réserve de Magoar Penvern et le barrage du Crazius.

4.4.4 Effets attendus de ces mesures à l'égard des impacts du projet : impact résiduel et acceptabilité du milieu

Le rejet des eaux issues de l'exploitation d'andalousite de Guerphalès s'effectue dans le ruisseau de Kergroaz qui rejoint l'étang du Crazius à environ 400 m en aval.

Le Crazius est lui-même un cours d'eau de faible importance. Son bassin versant total est d'environ 11,5 km². Son bassin versant au niveau de sa confluence avec le ruisseau de Kergroaz est d'environ 3,5 km².

Ainsi, le ruisseau de Kergroaz et le ruisseau du Crazius sont principalement alimentés par le rejet provenant du site de Guerphalès. Le calcul d'acceptabilité sur ces cours d'eau n'a donc pas de sens. De plus, le suivi hydrobiologique du ruisseau de Kergroaz (ou ruisseau de Guerphalès) et le suivi renforcé du ruisseau du Crazius montrent que le rejet du site n'a pas d'impact sur la qualité hydrobiologique de ces cours d'eau.

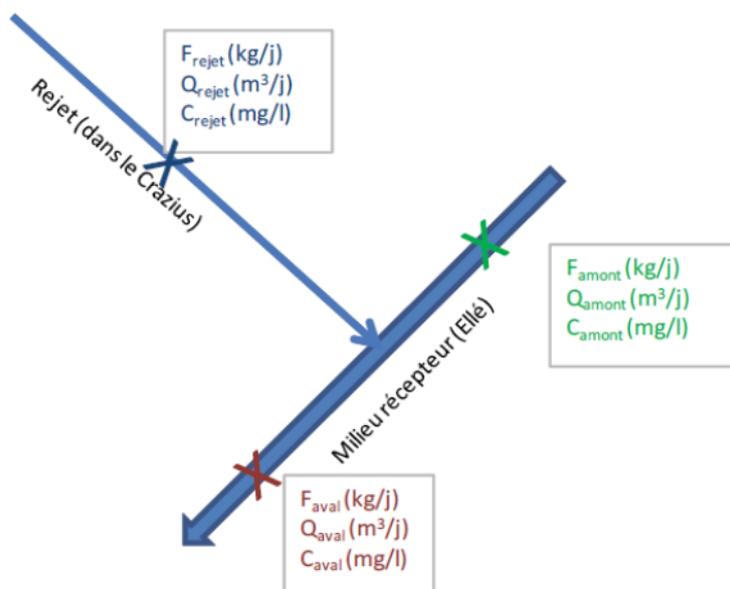
Le choix a donc été fait de réaliser l'étude d'acceptabilité du rejet sur le principal cours d'eau du secteur, à savoir l'Ellé. Le calcul d'acceptabilité a été réalisé pour le point se situant à la confluence du ruisseau du Crazius et de l'Ellé, soit environ 7,5 km en aval du rejet du site de Guerphalès. Il s'agit d'un point au niveau duquel est effectué un suivi de la qualité par IRMG (point E13, Cf. Figure 11 p 44).

Les valeurs limites d'émissions (en concentrations et flux) actuelles (AP du 03/03/2018 modifié par l'APC du 12/10/2020) des eaux traitées rejetées par l'exploitation d'andalousite de Guerphalès ont été définies par un tel calcul d'acceptabilité du milieu.

4.4.4.1 Le principe

Le calcul d'acceptabilité doit permettre de définir, à partir de la qualité actuelle des eaux du milieu récepteur et de son objectif de qualité, **les concentrations et flux admissibles pour le rejet du site de Guerphalès sans que cela n'affecte le classement de qualité du cours d'eau.**

Le schéma de principe et convention d'écriture sont les suivants :



Le calcul d'acceptabilité est réalisé sur la base de l'égalité suivante :

$$\begin{aligned} F_{\text{aval}} &= F_{\text{rejet}} + F_{\text{amont}} \\ Q_{\text{aval}} * C_{\text{aval}} &= (Q_{\text{rejet}} * C_{\text{rejet}}) + (Q_{\text{amont}} * C_{\text{amont}}) \\ C_{\text{rejet}} &= ([Q_{\text{aval}} * C_{\text{aval}}] - [Q_{\text{amont}} * C_{\text{amont}}]) / Q_{\text{rejet}} \end{aligned}$$

Avec :

- **Crejet** : Concentration de rejet admissible dans le cours d'eau récepteur (en mg/L), à savoir l'Ellé au niveau de la confluence avec le ruisseau du Crazius ;
- **Qaval** : Débit du cours d'eau récepteur en aval du point de rejet (en m³/j). Dans le cas présent, il s'agit du débit de l'Ellé en aval de la confluence avec le ruisseau du Crazius ;
- **Qamont** : Débit du cours d'eau récepteur en amont du point de rejet (en m³/j). Dans le cas présent, il s'agit du débit de l'Ellé en amont de la confluence avec le ruisseau du Crazius ;
- **Caval** : Concentration en aval du point de rejet correspondant à la concentration maximale possible d'un élément considéré dans le cours d'eau (en mg/L) en fonction de son objectif de qualité ou de son usage ;
- **Camont** : Concentration moyenne de l'élément considéré dans le cours d'eau en amont du rejet (en mg/L). Dans le cas présent, les valeurs retenues sont les valeurs moyennes de la période 2001-2020 des analyses réalisées par IRMG sur l'Ellé en amont de la confluence avec le Crazius (point E9) ;
- **Qrejet** : Débit de rejet du site de Guerphalès dans le cours d'eau (en m³/j) ;
- **Frejet** : flux (en kg/j) d'un élément considéré dans le rejet correspondant au produit de sa concentration (en mg/L) et du débit du rejet (en m³/j) ;
- **Famont** : Flux (en kg/j) d'un élément considéré dans le milieu récepteur avant la confluence avec le rejet correspondant au produit de sa concentration (en mg/L) et du débit du cours d'eau (en m³/j) ;
- **Faval** : Flux (en kg/j) d'un élément considéré dans le milieu récepteur après la confluence avec le rejet correspondant au produit de sa concentration (en mg/L) et du débit cumulé du rejet et du cours d'eau (en m³/j).

A noter que la concentration maximale autorisée (C_{rejet}) est celle qui ne déclasse pas le niveau de qualité chimique du cours d'eau récepteur.

Dans le cadre de la présente étude, il s'agira d'effectuer une analyse de la sensibilité du milieu à l'évolution de certaines valeurs limites déterminantes pour la gestion des eaux du site (débit de rejet, manganèse, sulfates, fer). Il s'agira donc ici de calculer la concentration obtenue en aval de la confluence Crazius/Ellé à partir des valeurs limites d'émissions connues :

$$C_{\text{aval}} = ([C_{\text{rejet}} * Q_{\text{rejet}}] + [Q_{\text{amont}} * C_{\text{amont}}]) / Q_{\text{aval}}$$

4.4.4.2 Données d'entrée

❖ Les débits de l'Ellé :

Les débits de référence d'un cours d'eau sont généralement le débit moyen interannuel (module) et le débit mensuel quinquennal sec (QMNA5, débit minimum se produisant en moyenne une fois tous les cinq ans).

Le module, exprimé en m³/s, est le débit moyen interannuel calculé sur l'année hydrologique sur l'ensemble de la période d'observation à une station donnée. Il donne une indication sur le volume annuel écoulé et donc sur la disponibilité globale de la ressource en eau. Le module représente l'équivalent en m³/s de la quantité totale d'eau circulant pendant une année moyenne sur un tronçon de rivière. Il permet ainsi de documenter le bilan hydrologique global d'un bassin versant, et également de définir des débits planchers nécessaires au calibrage des débits "réservés" pour la gestion des retenues. Ces deux débits caractéristiques favorisent ainsi une gestion globale et équilibrée de la ressource en eau. En outre, ils sont utiles à l'actualisation de l'état des lieux des masses d'eau requis par la Directive cadre sur l'eau.

La **rivière Ellé** fait l'objet d'une station hydrométrique à Priziac, au lieu-dit Grand Pont, à proximité du Faouët (Référence Banque Hydro J4712020 L'Ellé à Priziac [Grand Pont]). Au niveau de cette station mise en service en 1969, la superficie du bassin versant de l'Ellé est de **145 km²**.

Les débits moyens mensuels présentent des variations saisonnières importantes qui s'expliquent par le régime d'écoulement de l'Ellé qui est fortement influencé par la pluviométrie.

Ellé à Priziac : Surface du bassin versant : 145 km ²	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Débit (m ³ /h)	22 068	22 176	15 156	11 376	7 740	4 284	2 196	1 548	1 800	4 896	10 656	17 856	10 080
Lame d'eau écoulée (mm)	113	106	77	56	39	21	11	7	8	25	52	91	612

La période d'étiage s'étale de Juin à Octobre.

Le débit mensuel quinquennal sec (QMNA5) de l'Ellé au niveau de cette station hydrologique est de 612 m³/h, ce qui témoigne d'étiage sévère.

Au regard de ces débits caractéristiques de l'Ellé, l'emploi des débits moyens mensuels a été privilégié pour le calcul d'acceptabilité. En effet, en cas d'étiage sévère (QMNA5) les rejets seront naturellement très faibles (<500 m³/j).

Les débits moyens mensuels à considérer pour le calcul d'acceptabilité peuvent être estimés au prorata du bassin versant considéré. Dans le cas présent, il convient de prendre en compte le **bassin versant de l'Ellé au niveau de sa confluence avec le Crazius, soit environ 55 km²** :

Ellé à sa confluence avec le Crazius : Surface du bassin versant : 55 km ²	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Débit estimé (m ³ /h)	8 371	8 412	5 749	4 315	2 936	1 625	833	587	683	1 857	4 042	6 773	3 823
Débit estimé (m ³ /j)	200 895	201 878	137 972	103 561	70 461	38 999	19 991	14 092	16 386	44 570	97 006	162 551	91 763

Le débit mensuel quinquennal sec (QMNA5) de l'Ellé au niveau de sa confluence avec le Crazius est de 232 m³/h, soit 5 571 m³/j.

Le calcul d'acceptabilité est effectué mois par mois, afin d'affiner les possibilités de rejet des eaux d'IRMG. Le calcul est également effectué à partir du QMNA5.

❖ **Les débits du rejet :**

L'arrêté préfectoral du 03/08/2018, modifié par l'Arrêté Préfectoral Complémentaire du 12 octobre 2020 définit les **flux autorisés du rejet** qui ont été déterminés suite à un premier calcul d'acceptabilité du milieu récepteur réalisé en 2016.

Le présent calcul d'acceptabilité va permettre de mettre à jour les flux autorisés du rejet en fonction :

- De l'optimisation à venir du procédé de traitement des eaux du site qui permettra d'atteindre une **valeur limite de rejet en manganèse de 2 mg/L au 1^{er} janvier 2024**, soit dans le cadre de la nouvelle autorisation sollicitée par le présent dossier ;
- Concernant le Fer, IRMG souhaite néanmoins conserver une marge de sécurité en cas de situation exceptionnelle autorisés et continuer à être autorisé à 10% de dépassements de la série de mesures sans dépasser le double de la valeur (disposition actuelle). Pour rappel, l'Arrêté Préfectoral Complémentaire du 12 octobre 2020 permet des dépassements ponctuels des valeurs limite de rejet journalières dans la limite de 10% de la série des résultats, sur une base mensuelle, sans toutefois dépasser le double des valeurs limites.

Aussi, afin d'adapter le rejet à la capacité du milieu, ce sont les volumes qui ont été ajustés. Les débits journaliers pourront donc être variables en fonction des périodes de l'année et du débit de l'Ellé. Il est rappelé que ce calcul reste majorant puisque les concentrations du rejet sont toutes inférieures aux concentrations maximales déjà autorisées.

❖ **Les paramètres considérés :**

Afin de ne pas entraîner de déclassement des eaux de l'Ellé, les concentrations du milieu récepteur à l'aval de la confluence avec le ruisseau du Crazius devront respecter les limites de la classe « très bon état » définies par l'Arrêté Ministériel du 25/01/2010 relatif aux critères d'évaluation de l'état écologique et chimique des eaux de surface. Seul, le paramètre pH est repris dans cet Arrêté : pH > 6,5 et < 8,2.

Pour les autres paramètres étudiés (DCO, MES, Sulfates, Aluminium, Fer et Manganèse), en l'absence de Norme Qualité Environnementale (NQE) ou de Valeur Guide Environnementale (VGE) officielles applicables dans le contexte des cours d'eau du secteur de Guerphalès (voir argumentaire fourni en [Annexe 11](#)), les seuils pris en compte sont :

- Soit les limites définies pour la classe d'aptitude à la biologie « bleu » (ou « très bonne ») dans l'ancienne classification SEQ-Eau en vigueur avec les SDAGE de première génération :
 - MES < 25 mg/L ;
 - DCO < 20 mg/L.
- Soit en l'absence de limites de classe fixées par le SEQ-Eau :
 - Les seuils définis pour la production d'eau potable à partir des eaux de surface à l'annexe III (groupe A2) de l'arrêté ministériel du 11/01/2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine :

- Manganèse : 0,1 mg/L (valeur guide) ;
- Fer : 1 mg/L (valeur guide).
- Les seuils de référence de qualité des eaux destinées à la consommation humaine de l'annexe I de l'arrêté ministériel du 11/01/2007 :
 - Aluminium : 0,2 mg/L ;
 - Sulfates : 250 mg/L.

A noter que des valeurs limites de rejet ont également été établies pour les paramètres Cobalt, Nickel et Zinc :

- Pour le cobalt, les résultats des analyses effectuées par IRMG sur ses rejets montrent une moyenne de 0,065 mg/L ;
- Pour le Nickel, les résultats des analyses effectuées par IRMG sur ses rejets montrent une moyenne de 0,148 mg/L. Il existe une Norme Qualité Environnementale (NQE) fixée par l'INERIS à 4 µg/L ;
- Pour le Zinc, les résultats des analyses effectuées par IRMG sur ses rejets montrent une valeur moyenne de 0,026 mg/L. Il existe une Norme Qualité Environnementale (NQE) fixée par l'INERIS à 3,1 ou 7,8 µg/l en fonction de la dureté de l'eau.

IRMG a effectué des analyses de nickel sur l'eau de l'Ellé en amont de la confluence avec le Crazius, entre juin 2010 et juin 2013. Les concentrations varient entre 0,04 et 1,12 mg/L, avec une moyenne à 0,27 mg/L. De même des analyses ont été effectuées sur l'Ellé au niveau de Pont Saint Yves. Les concentrations varient entre 0,04 et 0,6 mg/L, avec une moyenne de 0,24 mg/L. Ces valeurs, supérieures à la valeur NQE, et sans lien avec le rejet du site de Guerphalès, correspondent probablement au fond géochimique local. Aucune donnée n'est disponible pour le zinc et le cobalt.

Aussi, pour ces paramètres (nickel, cobalt et zinc), en l'absence de données (inexistantes ou insuffisantes) sur la qualité de l'Ellé, il n'a pas été possible d'effectuer un calcul d'acceptabilité. Il est toutefois précisé, que les concentrations limites de rejet pour ces paramètres fixées à 0,4 mg/L dans l'Arrêté Préfectoral du 03/08/2018 sont systématiquement respectées.

❖ **Qualité de l'Ellé en amont de la confluence avec le Crazius :**

Pour rappel, l'Ellé présente une qualité écologique et physico-chimique bonne à très bonne en 2018 au Faouët, à 20 km en aval, au Sud du site de Guerphalès.

Les concentrations retenues sont les valeurs moyennes mesurées sur l'Ellé en amont de la confluence avec le Crazius (station de suivi IRMG E9) pour la période 2001-2022 :

Station	pH	Fe (mg/L)	Mn (mg/L)	Al (mg/L)	SO4 (mg/L)
E9 (2001-2022)	6,8	0,5	0,2	0,2	21,5

Pour les paramètres MES et DCO, en l'absence de mesures et en considérant que l'Ellé est de bonne qualité, il a été retenu la valeur médiane de la classe « très bonne » qualité, à savoir : **12,5 mg/L pour les MES et 10 mg/L pour la DCO.**

❖ **Objectifs de qualité retenus**

Paramètre	Unité	Concentration en amont	Objectif de qualité Aval	Référence
MES	mg/L	12,5	20	Classe d'aptitude à la biologie « bleu » (ou « très bonne ») SEQ-Eau
DCO	mg/L	10	25	
Fe	mg/L	0,49	1	Arrêté ministériel du 11/01/2007, Annexe III, groupe A2
Mn	mg/L	0,2	0,3*	

Paramètre	Unité	Concentration en amont	Objectif de qualité Aval	Référence
Al	mg/L	0,17	0,2	Arrêté ministériel du 11/01/2007, annexe I
Sulfates	mg/L	16,02	250	

* L'article 4.3.12 de l'Arrêté Préfectoral d'autorisation actuel demande à ce que la solution de traitement des eaux retenue permette de tendre vers un objectif de limitation de l'augmentation de la concentration en manganèse à 0,1 mg/L, au niveau de la station de Pont Saint-Yves, par rapport au bruit de fond géochimique. Le bruit de fond géochimique moyen pour le manganèse en amont de la confluence Crazius/Ellé est de 0,2 mg/L Mn (valeur moyenne mesurée entre 2001 et 2022). Cette valeur est supérieure à la valeur guide de 0,1 mg/L Mn (critère du groupe A2, Annexe III Arrêté ministériel du 11/01/2007). L'objectif de qualité retenu pour l'aval de la confluence Crazius/Ellé sera une augmentation maximale de 0,1 mg/L par rapport au bruit de fond naturel, soit une valeur de 0,3 mg/L.

4.4.4.3 Calculs prenant en compte les valeurs limites de concentrations de l'AP du 03/08/2018 :

❖ Calcul des concentrations à l'aval de la confluence Crazius/Ellé

Concentrations calculées à l'aval de la confluence Crazius/Ellé	Valeurs guides de débit max de l'AP du 03/08/2018 (m ³ /j)	MES (mg/L)	DCO (mg/L)	Al (mg/L)	Fe (mg/L)	Mn (mg/L)	Sulfates (mg/L)
Janvier	16 000	13,4	11,1	0,2	0,5	0,9	147,6
Février	16 000	13,4	11,1	0,2	0,5	0,9	147,0
Mars	11 000	13,4	11,1	0,2	0,5	0,9	147,7
Avril	8 400	13,4	11,1	0,2	0,5	0,9	149,9
Mai	5 500	13,4	11,1	0,2	0,5	0,9	145,2
Juin	3 300	13,5	11,2	0,2	0,5	1,0	155,2
Juillet	1 700	13,5	11,2	0,2	0,5	1,0	155,8
Août	1 100	13,4	11,1	0,2	0,5	0,9	145,2
Septembre	1 300	13,4	11,1	0,2	0,5	0,9	147,2
Octobre	3 750	13,5	11,2	0,2	0,5	1,0	154,5
Novembre	7 500	13,4	11,1	0,2	0,5	0,9	144,0
Décembre	12 800	13,4	11,1	0,2	0,5	0,9	146,2
QMNA5	800*	14,1	11,9	0,2	0,5	1,4	240
Valeurs limites de concentration de l'AP du 03/08/2018	/	25	25	0,5	0,5	10	1 800
Valeurs moyennes des concentrations de rejet IRMG 2018-2020	/	2,26	5,30	0,10	0,30	3,36	1412,64
Valeurs cibles de concentration en aval de la confluence Crazius/Ellé	/	20	25	0,2	1	0,3	250

La valeur de débit de rejet calculée à partir du QMNA5 pour respecter les valeurs limites de concentration est de 800 m³/j

Ces résultats montrent que les valeurs limites de rejet actuelles permettent d'atteindre les objectifs de qualité des eaux de l'Ellé en aval pour les MES, la DCO, l'aluminium, le fer et les sulfates, et ce même dans l'hypothèse majorante d'un rejet atteignant les valeurs guides maximales de débit et les valeurs limites maximales de concentration de l'AP du 03/08/2018. Ces objectifs sont très largement atteints pour le fer (0,5 mg/L pour un objectif à 1 mg/L) et les sulfates (145 à 150 mg/L pour un objectif à 250 mg/L). Les concentrations en manganèse dépassent la valeur cible de 0,3 mg/L.

Les concentrations moyennes 2018-2020 mesurées au point de rejet sont conformes aux valeurs limites de concentration, voire très largement conformes pour les MES, la DCO, l'aluminium, le fer et le manganèse.

❖ **Calcul des flux de rejet**

Flux de rejet calculés en considérant les concentrations maximales autorisées de l'AP du 03/08/2018	Valeurs guides de débit max de l'AP du 03/08/2018 (m3/j)	MES (kg/j)	DCO (kg/j)	Al (kg/j)	Fe (kg/j)	Mn (kg/j)	Sulfates (kg/j)
Janvier	16 000	400,0	400,0	8,0	8,0	160,0	28 800,0
Février	16 000	400,0	400,0	8,0	8,0	160,0	28 800,0
Mars	11 000	275,0	275,0	5,5	5,5	110,0	19 800,0
Avril	8 400	210,0	210,0	4,2	4,2	84,0	15 120,0
Mai	5 500	137,5	137,5	2,7	2,8	55,0	9 900,0
Juin	3 300	82,5	82,5	1,7	1,7	33,0	5 940,0
Juillet	1 700	42,5	42,5	0,8	0,8	17,0	3 060,0
Août	1 100	27,5	27,5	0,5	0,6	11,0	1 980,0
Septembre	1 300	32,5	32,5	0,6	0,7	13,0	2 340,0
Octobre	3 750	93,8	93,8	1,9	1,9	37,5	6 750,0
Novembre	7 500	187,5	187,5	3,7	3,8	75,0	13 500,0
Décembre	12 800	320,0	320,0	6,4	6,4	128,0	23 040,0
QMNA5	800*	25	25	0,5	0,5	10	1 800

En rouge, les dépassements des valeurs limites de flux

En orange, les dépassements modérés des valeurs limites de flux

La valeur de débit de rejet calculée à partir du QMNA5 pour respecter les valeurs limites de concentration est de 800 m³/j

On note, dans l'hypothèse majorante d'un rejet atteignant les valeurs guides maximales de débit et les valeurs limites maximales de concentration de l'AP du 03/08/2018, que les valeurs limites de flux sont dépassées :

- De façon marquée pour les MES de janvier à avril et pour la DCO de décembre à janvier : ces dépassements sont à relativiser par le fait que les concentrations réellement mesurées sur le rejet en MES et DCO sont très largement inférieurs aux valeurs limites ;
- De façon modérée pour l'aluminium d'octobre à juin et pour le manganèse en janvier et février : ces dépassements sont à relativiser par le fait que les concentrations réellement mesurées sur le rejet en Al et Mn sont très largement inférieures aux valeurs limites.

Ces dépassements sont sans conséquence notable sur l'Ellé en aval puisque les concentrations calculées restent toujours inférieures aux concentrations cibles.

4.4.4.4 Calculs prenant en compte un abaissement des valeurs limites de concentrations en MES et DCO à 10 mg/L et en Mn à 6 mg/L au 1^{er} janvier 2022 (prévue dans l'AP actuel)

❖ **Calcul des concentrations à l'aval de la confluence Crazius/Ellé**

Concentrations calculées à l'aval de la confluence Crazius/Ellé	Valeurs guides de débit max de l'AP du 03/08/2018 (m3/j)	MES (mg/L)	DCO (mg/L)	Al (mg/L)	Fe (mg/L)	Mn (mg/L)	Sulfates (mg/L)
Janvier	16 000	12,3	10,0	0,2	0,5	0,6	147,6

Concentrations calculées à l'aval de la confluence Crazius/Ellé	Valeurs guides de débit max de l'AP du 03/08/2018 (m ³ /j)	MES (mg/L)	DCO (mg/L)	Al (mg/L)	Fe (mg/L)	Mn (mg/L)	Sulfates (mg/L)
Février	16 000	12,3	10,0	0,2	0,5	0,6	147,0
Mars	11 000	12,3	10,0	0,2	0,5	0,6	147,7
Avril	8 400	12,3	10,0	0,2	0,5	0,6	149,9
Mai	5 500	12,3	10,0	0,2	0,5	0,6	145,2
Juin	3 300	12,3	10,0	0,2	0,5	0,6	155,2
Juillet	1 700	12,3	10,0	0,2	0,5	0,6	155,8
Août	1 100	12,3	10,0	0,2	0,5	0,6	145,2
Septembre	1 300	12,3	10,0	0,2	0,5	0,6	147,2
Octobre	3 750	12,3	10,0	0,2	0,5	0,6	154,5
Novembre	7 500	12,3	10,0	0,2	0,5	0,6	144,0
Décembre	12 800	12,3	10,0	0,2	0,5	0,6	146,2
QMNA5	800*	12,2	10	0,2	0,5	0,9	240
Valeurs limites	/	10	10	0,5	1	6	1 800
Valeurs moyennes des concentrations de rejet IRMG 2018-2020	/	2,26	5,30	0,10	0,30	3,36	1412,64
Valeurs cibles de concentration en aval de la confluence Crazius/Ellé	/	20	25	0,2	1	0,3	250

La valeur de débit de rejet calculée à partir du QMNA5 pour respecter les valeurs limites de concentration est de 800 m³/j

NB : Les concentrations limites en MES et DCO ont été baissées à 10 mg/L pour que les valeurs de flux associées soient respectées.

Ces résultats montrent que :

- La diminution de la valeur limite de concentration en manganèse de 10 à 6 mg/L, suite à l'optimisation de la station Neutralac 1 au 1^{er} janvier 2022, aura un **impact positif sur la concentration en manganèse des eaux de l'Ellé** en aval de la confluence Crazius/Ellé où la valeur calculée passera de 0,9 à 0,6 mg Mn/L quel que soit le mois.

❖ Calcul des flux de rejet

Flux de rejet calculés en considérant les concentrations limites sollicitées au 1 ^{er} janvier 2022	Valeurs guides de débit max de l'AP du 03/08/2018 (m ³ /j)	MES (kg/j)	DCO (kg/j)	Al (kg/j)	Fe (kg/j)	Mn (kg/j)	Sulfates (kg/j)
Janvier	16 000	160,0	160,0	8,0	8,0	96,0	28 800,0
Février	16 000	160,0	160,0	8,0	8,0	96,0	28 800,0
Mars	11 000	110,0	110,0	5,5	5,5	66,0	19 800,0
Avril	8 400	84,0	84,0	4,2	4,2	50,4	15 120,0
Mai	5 500	55,0	55,0	2,7	2,8	33,0	9 900,0
Juin	3 300	33,0	33,0	1,7	1,7	19,8	5 940,0
Juillet	1 700	17,0	17,0	0,8	0,8	10,2	3 060,0
Août	1 100	11,0	11,0	0,5	0,6	6,6	1 980,0
Septembre	1 300	13,0	13,0	0,6	0,7	7,8	2 340,0
Octobre	3 750	37,5	37,5	1,9	1,9	22,5	6 750,0
Novembre	7 500	75,0	75,0	3,7	3,8	45,0	13 500,0
Décembre	12 800	128,0	128,0	6,4	6,4	76,8	23 040,0

Flux de rejet calculés en considérant les concentrations limites sollicitées au 1 ^{er} janvier 2022	Valeurs guides de débit max de l'AP du 03/08/2018 (m ³ /j)	MES (kg/j)	DCO (kg/j)	Al (kg/j)	Fe (kg/j)	Mn (kg/j)	Sulfates (kg/j)
QMNA5	800*	8	8	0,4	0,5	4,8	1 800

En orange, les dépassements modérés des valeurs guides de débit ou valeurs limites de flux

La valeur de débit de rejet calculée à partir du QMNA5 pour respecter les valeurs limites de concentration est de 800 m³/j

Ces résultats montrent que, dans l'hypothèse majorante d'un rejet atteignant les valeurs guides maximales de débit et les nouvelles valeurs limites maximales de concentration sollicitées au 1^{er} janvier 2022, que les valeurs limites de flux sont dépassées :

- De façon négligeable (<10%) pour les MES en janvier et février et pour l'aluminium d'octobre à mars et en mai et juin ;
- Pour le fer de décembre à mars.

La diminution de la valeur limite de concentration en manganèse de 10 à 6 mg/L abaissera logiquement les flux de rejet en manganèse.

4.4.4.5 **Calculs prenant en compte l'abaissement de la valeur limite de concentration en Mn à 2 mg/L au 1^{er} janvier 2024 (prévue dans l'AP actuel)**

❖ **Calcul des concentrations à l'aval de la confluence Crazius/Ellé**

Concentrations calculées à l'aval de la confluence Crazius/Ellé	Valeurs guides de débit max de l'AP du 03/08/2018 (m ³ /j)	MES (mg/L)	DCO (mg/L)	Al (mg/L)	Fe (mg/L)	Mn (mg/L)	Sulfates (mg/L)
Janvier	16 000	12,3	10,0	0,2	0,5	0,3	147,6
Février	16 000	12,3	10,0	0,2	0,5	0,3	147,0
Mars	11 000	12,3	10,0	0,2	0,5	0,3	147,7
Avril	8 400	12,3	10,0	0,2	0,5	0,3	149,9
Mai	5 500	12,3	10,0	0,2	0,5	0,3	145,2
Juin	3 300	12,3	10,0	0,2	0,5	0,3	155,2
Juillet	1 700	12,3	10,0	0,2	0,5	0,3	155,8
Août	1 100	12,3	10,0	0,2	0,5	0,3	145,2
Septembre	1 300	12,3	10,0	0,2	0,5	0,3	147,2
Octobre	3 750	12,3	10,0	0,2	0,5	0,3	154,5
Novembre	7 500	12,3	10,0	0,2	0,5	0,3	144,0
Décembre	12 800	12,3	10,0	0,2	0,5	0,3	146,2
QMNA5	800*	12,2	10,0	0,2	0,5	0,4	240
Valeurs limites	/	10	10	0,5	1 de décembre à mars 0,5 d'avril à novembre	2	1 800
Valeurs moyennes des concentrations de rejet IRMG 2018-2020	/	2,26	5,30	0,10	0,30	3,36	1412,64
Valeurs cibles de concentration en aval de la confluence Crazius/Ellé	/	20	25	0,2	1	0,3	250

La valeur de débit de rejet calculée à partir du QMNA5 pour respecter les valeurs limites de concentration est de 800 m³/j

Ces résultats montrent que la diminution supplémentaire de la valeur limite de concentration en manganèse de 6 à 2 mg/L, suite à la mise en service de la nouvelle unité de traitement des eaux, aura un **impact positif sur la concentration en manganèse des eaux de l'Ellé** en aval de la confluence Crazius/Ellé où la valeur calculée passera de 0,6 à **0,3 mg Mn/L quel que soit le mois, atteignant ainsi l'objectif de qualité fixé, atteignant ainsi l'objectif de qualité.**

❖ Calcul des flux de rejet

Flux de rejet calculés en considérant les concentrations limites sollicitées au 1 ^{er} janvier 2024	Valeurs guides de débit max de l'AP du 03/08/2018 (m3/j)	MES (kg/j)	DCO (kg/j)	Al (kg/j)	Fe (kg/j)	Mn (kg/j)	Sulfates (kg/j)
Janvier	16 000	160,0	160,0	8,0	8,0	32,0	28 800,0
Février	16 000	160,0	160,0	8,0	8,0	32,0	28 800,0
Mars	11 000	110,0	110,0	5,5	5,5	22,0	19 800,0
Avril	8 400	84,0	84,0	4,2	4,2	16,8	15 120,0
Mai	5 500	55,0	55,0	2,7	2,8	11,0	9 900,0
Juin	3 300	33,0	33,0	1,7	1,7	6,6	5 940,0
Juillet	1 700	17,0	17,0	0,8	0,8	3,4	3 060,0
Août	1 100	11,0	11,0	0,5	0,6	2,2	1 980,0
Septembre	1 300	13,0	13,0	0,6	0,7	2,6	2 340,0
Octobre	3 750	37,5	37,5	1,9	1,9	7,5	6 750,0
Novembre	7 500	75,0	75,0	3,7	3,8	15,0	13 500,0
Décembre	12 800	128,0	128,0	6,4	6,4	25,6	23 040,0
QMNA5	800*	8,0	8,0	0,4	0,5	1,6	1 440,0

En orange, les dépassements modérés des valeurs guides de débit ou valeurs limites de flux

La valeur de débit de rejet calculée à partir du QMNA5 pour respecter les valeurs limites de concentration est de 800 m³/j

La nouvelle diminution de la valeur limite de concentration en manganèse de 6 à 2 mg/L abaissera logiquement les flux de rejet en manganèse.

4.4.4.6 Nouvelles valeurs limites de rejet sollicitées

Les calculs d'acceptabilité précédents permettent de justifier les nouvelles valeurs limites suivantes en concentrations et flux au point de rejet n°1 :

Tableau 29 : Valeurs limites du point de rejet n°1 en concentration sur l'année

	Valeurs limites de rejets - Concentration (mg/L)										
	DCO	MES	Hydrocarbures totaux	Sulfates	Al	Co	Fe	Mn		Ni	Zn
De décembre à mars	25	25	2,5	1 800	0,5	0,4	1	6 au 01/01/2022	2 au 01/01/2024	0,4	0,4

Les valeurs modifiées sont en gras sur fond bleu

Tableau 30 : Valeurs limites du point de rejet n°1 en flux journaliers selon les mois de l'année

	Valeurs guides	Valeurs limites maximales de rejets – Flux en moyenne mensuelle (kg/j)										
	Débit max (m ³ /j)	DCO	MES	Hydrocarbures totaux	Sulfates	Al	Co	Fe	Mn au 01/01/2022	Mn au 01/01/2024	Ni	Zn
Janvier	16 000	280	156	9	30 542	7,2	5,5	7,6	96	32	5,5	5,5
Février	16 000	280	156	9	30 287	7,2	5,5	7,6	96	32	5,5	5,5
Mars	11 000	280	156	9	20 729	5	5,5	7,6	66	22	5,5	5,5
Avril	8 400	280	156	9	15 733	3,8	5,5	7,6	50	16	5,5	5,5
Mai	5 500	280	156	9	10 748	2,5	5,5	7,6	33	11	5,5	5,5
Juin	3 300	280	156	9	5 980	1,5	5,5	7,6	19	6,6	5,5	5,5
Juillet	1 700	240	156	9	3 105	0,8	5,5	7,6	10	3,4	5,5	5,5
Août	1 100	166	156	9	2 145	0,5	5,5	7,6	6,6	2,2	5,5	5,5
Septembre	1 300	196	156	9	2 532	0,6	5,5	7,6	7,8	2,6	5,5	5,5
Octobre	3 750	280	156	9	6 945	1,7	5,5	7,6	22	7,5	5,5	5,5
Novembre	7 500	280	156	9	14 486	3,4	5,5	7,6	45	15	5,5	5,5
Décembre	12 800	280	156	9	24 161	5,8	5,5	7,6	76	25	5,5	5,5

Les valeurs modifiées sont en **gras sur fond bleu**

NB: En raison du délai de réalisation des analyses chimiques pouvant atteindre quelques jours pour certains paramètres, et en raison des opérations de gestion du traitement des eaux, les flux proposés correspondent à des **flux journaliers moyennés sur le mois. Il est donc sollicité un suivi opérationnel des flux en cumul mensuel.**

Les valeurs limites au **point de rejet n°2** (rejet des eaux de ruissellement amont de la verse Ouest et de la Fosse 3) resteront les mêmes que celle actuellement prescrite par l'Arrêté Préfectoral du 3 août 2018 :

Tableau 31 : Valeurs limites du point de rejet n°2

Paramètre	Valeur limite journalière
pH	6,5 à 8,5
DCO	30 mg/L
MES	25 mg/L
Hydrocarbures	10 mg/L
Sulfates	1 800 mg/L
Aluminium et composés	1 mg/L
Fer et composés	2 mg/L
Manganèse et composés	1 mg/L

4.4.4.7 Conclusion

Qualité des eaux superficielles et souterraines	<p>L'impact résiduel à venir sur la qualité des eaux superficielles et souterraines, après mise en place des mesures d'évitement et de réduction et adaptation des valeurs limites de rejet, sera :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nul sur la qualité biologique des ruisseaux et rivières alentours et notamment du Crazius ; • Faible et maîtrisé sur la qualité physico-chimique des ruisseaux et rivières grâce à la nouvelle unité de traitement des eaux et à la réduction de la valeur limite de rejet en manganèse à 2 mg/L au 1^{er} janvier 2024 ; • Faible et très localisé sur les eaux souterraines.
Impact résiduel faible et maîtrisé	

4.4.5 Suivi des mesures et de leurs effets (S)

- **Quali-S1 :** IRMG poursuivra son programme d'**autosurveillance de la qualité au niveau de ses deux points de rejet** au milieu naturel :

Lieu	Paramètre mesuré	Fréquence	Objectif	Acteur	Coût
Point de rejet n°1 (dans le ruisseau de Kergroaz)	Débit et pH	En continu (moyenne sur 24h)	Suivi de la qualité du rejet pour régulation du débit de rejet et respecter les valeurs limites de flux	IRMG	5 k€/an
	Température, conductivité, MES, sulfates, fer, manganèse	Quotidienne (moyenne sur 24h)			
	Aluminium, cobalt, zinc, nickel	Hebdomadaire (moyenne sur 24h)			
	DCO, hydrocarbures totaux	Mensuelle (moyenne sur 24h)			
	pH, conductivité, MES, sulfates, aluminium, cobalt, fer, nickel, manganèse, zinc	Mensuelle (moyenne sur 24 h)	Mesures comparatives	Laboratoire extérieur accrédité	5 k€/an
	DCO, hydrocarbures totaux	Trimestrielle (moyenne sur 24h)		Laboratoire extérieur accrédité	
Point de rejet n°2 (dans le ruisseau de Kerzioc'h)	pH et débit	En continu (moyenne sur 24h)	Suivi de la qualité du rejet pour régulation du débit de rejet et respecter les valeurs limites de flux	IRMG	1 k€/an
	Température, conductivité	Quotidienne (moyenne sur 24h)			
	MES, sulfates, aluminium, fer, manganèse	Mensuelle (moyenne sur 24h)	Suivi de la qualité du rejet	IRMG	0,5 k€/an
	pH, conductivité, MES, sulfates, aluminium, fer, manganèse	Trimestrielle (moyenne sur 24h)	Mesures comparatives	Laboratoire extérieur accrédité	

Les suivis déjà en place sont rappelés en *italique*

- **Quali-S2 :** IRMG poursuivra le **suivi renforcé du Crazius sur 4 points** (amont et aval du point de rejet, amont et aval de la réserve naturelle régionale de Glomel) **jusqu'en 2023** et réalisera un **bilan à 5 ans (2018-2023)** de ce suivi en concertation avec l'AFB (Agence Française pour la Biodiversité), la Fédération de Pêche, l'AMV (Association de Mise en Valeur des sites naturels de Glomel), le Syndicat Eau du Morbihan, les

Commissions Locales de l'Eau (CLE) des SAGE Blavet et Ellé-Isole-Laïta et Eaux et Rivières de Bretagne. Une proposition sera alors faite pour maintenir ou adapter ce suivi.

Lieu	Paramètre mesuré	Fréquence	Objectif	Acteur	Coût
Points E5, E1 (amont et aval du point de rejet), E16, E17 (amont et aval de la réserve naturelle de Glomel) sur le Crazius	Indice invertébrés multimétrique (I2M2) Indice biologique diatomée (IBD) Indice de polluosensibilité spécifique (IPS)	Annuelle	Vérifier la préservation de la qualité biologique et physico-chimique du ruisseau du Crazius	Laboratoire extérieur	15 k€/an jusqu'en 2023
	Pêche électrique	Annuelle		Fédération de Pêche	
	Analyse sédimentaire (fer, aluminium, manganèse, sulfates, granulométrie)	Annuelle		Laboratoire extérieur	
	pH, MES, DCO, fer, aluminium, manganèse, sulfates, nitrates, phosphore	Trimestriel (ponctuel)		IRMG	1 k€/an

- **Quali-S3** : Suivi annuel de la qualité des eaux du ruisseau du Kerzioc'h en amont et en aval du site.

Lieu	Paramètre mesuré	Fréquence	Objectif	Acteur	Coût
Points E14 et E10 : amont et aval du ruisseau du Kerzioc'h	Indice invertébrés multimétrique (I2M2) Indice biologique diatomée (IBD)	Annuelle	Vérifier la préservation de la qualité biologique et physico-chimique du ruisseau de Kerzioc'h	Laboratoire extérieur	2 k€/an
	pH, conductivité, aluminium, manganèse, sulfates	Annuelle (ponctuel)		IRMG	

- **Quali-S4** : Suivi mensuel de la qualité des eaux souterraines sur les piézomètres de suivi, dont la création de 4 nouveaux piézomètres (RO3, RO4, RO5, RO6) autour du piézomètre RO1

Piézomètres suivis	Paramètre mesuré	Fréquence	Objectif	Acteur	Coût
Piézomètres : PSA, KJ2, MO1, RO1 à RO6, PZA, PZB, PZC, Min1, Min2 Puits de Guermeur et de Kerzioc'h	pH, conductivité, sulfates, fer total, aluminium total, manganèse total, nickel	Mensuelle	Suivre la qualité des eaux souterraines en périphérie de l'exploitation	IRMG	7,5 k€/an

- **Quali-S5** : Suivi annuel de la qualité des eaux du ruisseau de Kergroaz en amont et aval du site.

Lieu	Paramètre mesuré	Fréquence	Objectif	Acteur	Coût
Amont (point E3) et aval (point E2) du ruisseau du Kergroaz	Indice invertébrés multimétrique (I2M2) Indice biologique diatomée (IBD)	Annuelle	<i>Vérifier la préservation de la qualité biologique et physico-chimique du ruisseau de Kergroaz</i>	Laboratoire extérieur	2 k€/an
	pH, conductivité, aluminium, manganèse, sulfates	Annuelle (ponctuel)		IRMG	

Les suivis déjà en place sont rappelés en *italique*

4.4.6 Mesures de Compensation (C)

L’intensité de l’impact résiduel ne justifie pas de mesure de compensation.

4.5 CONCERNANT LES CAPTAGES AEP

4.5.1 Aspect quantitatif

4.5.1.1 *Captage AEP de Mezouët*

Les eaux rejetées au niveau du point de rejet n°2 dans le bassin versant du Blavet (mesure **Eau-sup-R2**) viendront compenser une partie du transfert entre bassin versant qui est, rappelons-le, très faible (**0,4 à 1,4% du débit annuel du ruisseau de Kerjean en aval de l’étang du Corong**).

4.5.1.2 *Prises d’eau sur l’Ellé (Barrégant et Pont Saint-Yves)*

- **AEP-A1** : L’ouverture de la Fosse 4 et la réalisation de la verse Ouest entraineront une augmentation du débit journalier moyen du rejet dans le bassin versant de l’Ellé. Au vu des étiages sévères du Crazius et de l’Ellé, notamment à la station de Barrégant, cela constitue en soi une mesure d’accompagnement visant à assurer l’alimentation pérenne de ces captages.

4.5.2 Aspect qualitatif

4.5.2.1 *Captage AEP de Mezouët*

Afin de s’assurer de l’absence d’impact sur la qualité des eaux du captage AEP de Mezouët, IRMG mettra en place les mesures suivantes :

- Suivi de la qualité des eaux au point de rejet n°2 (mesure **Quali-S1**) ;
- **AEP-E1** : Possibilité de stopper le rejet en cas de dysfonctionnement et installation de pompes de sécurité ;

- **AEP-A2** : Comme elle le fait déjà actuellement pour les captages de Barrégant et Pont-Saint-Yves, IRMG établira un protocole d’information et d’alerte avec le gestionnaire du captage de Mézouët afin de communiquer les résultats du suivi qualitatif et quantitatif des eaux rejetées et d’alerter dans les meilleurs délais en cas d’éventuel incident sur le site.

4.5.2.2 Prises d’eau sur l’Ellé (Barrégant et Pont Saint-Yves)

L’ensemble des mesures en place et à venir concernant l’écoulement et la qualité des eaux superficielles et notamment la mise en place d’une nouvelle station de traitement des eaux par ozonation permettront de garantir une qualité des eaux conforme à un usage AEP au niveau de l’Ellé.

IRMG continuera d’informer trimestriellement le syndicat Eau du Morbihan et les exploitants des prises d’eau de Barrégant et de Pont-Saint-Yves des résultats d’analyses (paramètres pH, conductivité, sulfates, aluminium et manganèse sur le Crazius en aval du rejet). La procédure d’alerte actuellement en place en cas de rejet dégradé sera maintenue.

4.5.3 Effets attendus de ces mesures à l’égard des impacts du projet : impact résiduel

L’impact résiduel à venir sur les captages AEP restera du même ordre qu’actuellement, avec une amélioration concernant les concentrations en manganèse (abaissement de la valeur limite de rejet à 2 mg/L).

Captages AEP	Impact qualitatif faible, maîtrisé, direct et temporaire en ce qui concerne les sulfates et impact quantitatif très faiblement positif indirect et temporaire sur les prises d’eau de l’Ellé.
Impact faible à nul, maîtrisé, direct indirect et temporaire	Impact qualitatif nul et impact quantitatif négligeable, indirect et temporaire sur la prise d’eau de Mézouët. Impact quantitatif et qualitatif nul sur le captage AEP de Croaz Ar Pichon.

4.6 RECAPITULATIF ET ESTIMATION DES COUTS DES PRINCIPALES MESURES

Thème	Référence de la mesure	Intitulé de la mesure	Coût d'investissement	Coût de fonctionnement
Ecoulement des eaux superficielles	Eau-sup-R2	Drainage amont de la verse Ouest et de la Fosse 3 et restitution au bassin versant du ruisseau du Kerzioc'h	8 000 €	
	Eau-sup-S1	Achat d'une station météo	3 000 €	
Ecoulement et qualité des eaux souterraines	Quali-E1 :	Nettoyage entretien des canalisations de transport de produits dangereux, curage et entretien des déshuileurs		30 000 €/an
	Eau-sout-S1 / Quali-S4	Suivi piézométrique et qualitatif des eaux souterraines Création de 4 nouveau piézomètres (RO3 à RO6)	48 000 €	7 500 €/an
	Eau-Sout-S2	Création d'un nouveau piézomètre de suivi de 30 m de profondeur : PZ3_F4	15 000 €	
Zones humides	ZH-R1	Soutien à l'étiage de la zone humide de Kerroué : création d'un bassin de 5 000 m ³ , pompes, tuyaux, rampes d'aspersion	50 000 €	
	ZH-A1/A2/A3	Gestion écologique des vallons de Kerzioc'h et de Kerroué et gestion concernée des zones humides sur l'ensemble des terrains IMERYS		30 000 €/an
	ZH-S3	Suivi trisannuel de la végétation : évolution typologique (CORINE Biotopes, EUNIS et le cas échéant UE) et surfacique (cartographie) des habitats sous l'effet de la gestion.		5 000 €/an
Ecoulement et qualité des eaux souterraines et superficielles	Quali-E3	Dispositif de drainage de la verse Ouest	900 000 €	
	Quali-E4	Complexe d'étanchéité à la base de la verse Ouest	2 500 000	
	Quali-R1	Traitement à la chaux des eaux avant rejet au niveau des stations Neutralac 1 et 3		280 000 €/an
	Quali-R4	Optimisation du traitement à la chaux au niveau de la station Neutralac 1	625 000 €	
	Quali-R4	Collecte des eaux issues du fossé VBora dans le bassin de décantation n°1 et relevage vers la Fosse 2.	605 000 €	
	Quali-R5	Mise en service d'une nouvelle unité de traitement des eaux par ozonation	6 800 000 €	300 000 €/an
	Quali-S1	Autosurveillance de la qualité au niveau des deux points de rejet au milieu naturel		11 500 €/an
	Quali-S2/S3/S5	Suivi renforcé du Crazius jusqu'en 2023 et suivi annuel de la qualité des cours d'eau en amont et en aval du site		20 000 €/an
	Quali-A3/A4	Financement d'une étude sur les cyanobactéries dans l'étang du Corong et d'un diagnostic hydromorphologique du Crazius	8 000 €	
Total			11 562 000 €	684 000 €/an

Les investissements prévus pour la préservation de la qualité des eaux dans le cadre du projet d'ouverture de la Fosse 4 et de poursuite de l'exploitation d'andalousite de Guerphalès représentent un total d'environ **11,6 M€**. Ces investissements concerneront en très grande partie la mise en place d'une **nouvelle unité de traitement des eaux par ozonation** et la mise en œuvre des meilleurs techniques disponibles pour la **gestion des eaux de la verse Ouest** (complexe d'étanchéité et drainage).

50 000 € seront investis pour mettre en place un soutien à l'étiage de l'amont de la zone humide de Kerroué.

Le **coût de fonctionnement** des différentes mesures de préservation de la qualité des eaux est estimé à **684 000 €/an**, dont 580 000 € pour le fonctionnement des installations de traitement des eaux (Neutralac 1 et ozonation) de suivi des zones humides.

ANNEXES

**Annexe 1 : Etude technico-économique de réduction des
rejets en sulfates et en manganèse, Site de Glomel (IRH,
2019)**



Imerys



Rapport

Etude technico-économique de réduction des rejets en sulfates et en manganèse

Site de Glomel



Rapport n°100545/C– 30/09/2019

Projet suivi par Thomas SICHET – 06.75.45.42.31 – thomas.sichet@irh.fr

Fiche signalétique

Etude technico-économique de réduction des rejets en sulfates et manganèse Site de Glomel

CLIENT

Imerys

Id Guerphalès
22110 GLOMEL

Thomas LOUVET
Responsable Carrière et Environnement
Tél : 02 96 57 70 41
Mobile : 06 07 66 69 92
Mail : thomas.louvet@imerys.com

SITE

IMERYS Refractory Minerals Glomel

Id Guerphalès
22110 GLOMEL

Julien CONTE
Directeur du site de Glomel
Mail : julien.conte@imerys.com

RAPPORT D'ANTEA GROUP

Responsable du projet : Thomas SICHET

Interlocuteur commercial : Thomas SICHET

Ploemeur

Implantation chargée du suivi du projet : 02 97 83 08 94
bretagne@irh.fr

Rapport n° : 100545

Version n° : C

Votre commande et date : n° DAMCAC18110437 ; 15/11/2018

	Nom	Fonction	Date	Signature
Rédaction	Emilie BERTRAND	Ingénieure d'étude DEAI Ouest	30/09/2019	
Approbation	Thomas SICHET	Responsable DEAI Ouest	30/09/2019	

SUIVI DES MODIFICATIONS

Indice Version	Date de révision	Nombre de pages	Nombre d'annexes	Objet des modifications
A	23/08/2019	167	1	Rapport initial
B	25/09/2019	167	4	Mise à jour du rapport provisoire
C	30/09/2019	167	4	Rapport définitif

Sommaire

Résumé non technique / Résumé technique	9
1. Votre projet et l'objectif de votre commande	10
1.1. Le contexte de votre projet	10
1.2. Les objectifs et les références de votre commande	10
2. Présentation du site	11
2.1. Implantation	11
2.2. Effectifs et rythme d'activité	12
2.3. Fonctionnement du site	12
2.3.1. Chiffres de production	12
2.4. Gestion des eaux sur le site	13
2.4.1. Descriptif du circuit des eaux	13
2.4.2. Suivi des effluents sur le site	14
2.5. Contexte réglementaire et gestion des rejets	17
2.5.1. Rubriques ICPE	17
2.5.2. Loi sur l'eau	19
2.5.3. Valeurs limites de rejet définies dans l'arrêté préfectoral	19
3. Exploitation des données d'autosurveillance	23
3.1. Méthodologie	23
3.2. Bilan 2014-2018	24
3.2.1. Sortie site	24
3.2.2. Sectorisation des effluents	26
3.3. Focus sur l'année 2018	30
3.3.1. Suivi des volumes journaliers	30
3.3.2. Suivi des concentrations et des charges rejetées	32
3.4. Conclusion	37
4. Campagne de mesure	38
4.1. Présentation de la campagne de mesure	38
4.2. Résultats de la campagne de mesure	43
4.2.1. Amont fosse 2	44
4.2.2. Fosse 2	55
4.2.3. Aval fosse 2	60
4.3. Conclusion	73
5. Estimation des flux rejeteables dans le milieu naturel	75

5.1. Présentation du milieu naturel récepteur.....	75
5.1.1. Localisation des rejets du site et le milieu récepteur	75
5.1.2. Descriptif de l’environnement général	77
5.1.3. Cadre réglementaire de la qualité des eaux superficielles	79
5.1.4. Qualité actuelle du milieu	81
5.2. Estimation des flux rejetables	83
5.2.1. Méthodologie.....	83
5.2.2. Résultats.....	84
5.3. Conclusion de l’étude d’impact.....	90
6. Essais laboratoires	91
6.1. Traitement du manganèse	91
6.1.1. Bibliographie sur les procédés existants.....	91
6.1.2. Essais laboratoire	98
6.2. Traitement des sulfates.....	105
6.2.1. Bibliographie des procédés existants.....	105
6.2.2. Essais laboratoire	108
6.3. Conclusion	117
7. Audit des stations d’eau potable en aval du site d’Imerys.....	118
7.1. Usine de Barrégant.....	118
7.1.1. Introduction	118
7.1.2. Présentation générale.....	120
7.1.3. Exploitation des données d’autosurveillance de la station.....	124
7.1.4. Informations complémentaires.....	125
7.2. Usine de Toultreincq	126
7.2.1. Introduction	126
7.2.2. Présentation générale.....	126
7.2.3. Synoptique	128
7.2.4. Exploitation des données d’autosurveillance	129
7.2.5. Informations complémentaires.....	130
8. Etude technico-économique	131
8.1. Présentation des solutions d’optimisation.....	131
8.1.1. Présentation générale et contraintes du site.....	131
8.1.2. Contraintes du site	132
8.1.3. Choix des scénarios et des solutions étudiées	132
8.2. Définition des données de base	135
8.2.1. Définition des volumes à pomper	135
8.2.2. Valeurs de rejet	137
8.2.3. Surface disponible.....	138
8.3. Optimisations communes à l’ensemble des solutions étudiées	138

8.3.1.	Collecte et relevage des eaux issues du fossé V Bora vers la fosse 2.....	138
8.3.2.	Optimisation de la station Neutralac 1	140
8.3.3.	Relevage des eaux de la fosse 2 vers la filière de traitement	141
8.3.4.	Dimensionnement du rejet gravitaire des eaux traitées	142
8.3.5.	Chiffrage des aménagements	144
8.4.	Solution n°1 : Mise en place d'un traitement du manganèse uniquement	145
8.4.1.	Solution n°1.a : Mise en place d'un traitement du manganèse uniquement par réaction de précipitation d'oxydes de manganèse	145
8.4.2.	Solution n°1.b : Mise en place d'un traitement du manganèse par injection de permanganate de potassium et filtration sur filtres à sable	151
8.4.3.	Solution n°1.c : Mise en place d'un traitement du manganèse sur des filtres catalytiques	157
8.5.	Comparaison technico-économique des solutions de traitement du manganèse	163
9.	Conclusion	166

Table des figures

Figure 1 :	Situation géographique du site Imerys de Glomel	11
Figure 2 :	Vue aérienne du site.....	11
Figure 3 :	Schéma du circuit des eaux – Site Imerys de Glomel	13
Figure 4 :	Localisation des points de suivis des effluents.....	15
Figure 5 :	Synoptique des points de mesure	16
Figure 6 :	Localisation des rejets 1 et 2	20
Figure 7 :	Evolution des valeurs cibles des débits au cours de l'année.....	21
Figure 8 :	Débits en sortie site 2014-2018	25
Figure 9 :	Concentrations et charges en sulfates en sortie site 2014-2018	25
Figure 10 :	Concentrations et charges en manganèse en sortie site 2014-2018.....	25
Figure 11 :	Evolution des débits en amont de la fosse 2 et de la fosse 2 et de la pluviométrie 2014-2018.....	27
Figure 12 :	Répartition des charges en sulfates, manganèse, aluminium et fer sur le site entre 2014 et 2018.....	28
Figure 13 :	Débits en sortie site – Année 2018	31
Figure 14 :	Concentration (mg/l) en DCO sortie site – Année 2018.....	32
Figure 15 :	Charges (kg/j) en DCO en sortie site – Année 2018	32
Figure 16 :	Concentrations (mg/l) en MES sortie site – Année 2018	32
Figure 17 :	Charges (kg/j) en MES en sortie site – Année 2018	33
Figure 18 :	Concentration (mg/l) en sulfates en sortie site – Année 2018	34
Figure 19 :	Charges (kg/j) en sulfates en sortie site – Année 2018	34
Figure 20 :	Concentration (mg/l) en manganèse en sortie site – Année 2018	35
Figure 21 :	Charge (kg/j) en manganèse en sortie site – Année 2018.....	35
Figure 22 :	Concentrations (mg/l) en fer en sortie site – Année 2018.....	36
Figure 23 :	Charges (kg/j) en fer en sortie site – Année 2018.....	36
Figure 24 :	Emplacement des points de mesure	42
Figure 25 :	Emplacement des points de mesure en amont et en aval de la fosse 2	43
Figure 26 :	Evolution des débits journaliers en amont de la fosse 2 et répartition des volumes moyens	45
Figure 27 :	Répartition des volumes moyens aval fosse 2	45

Figure 28 : Concentrations en différents points en amont de la fosse 2	47
Figure 29 : Répartition des flux (volumes et sulfates) en amont de la fosse 2	48
Figure 30 : Répartition des volumes et des flux en manganèse en amont de la fosse 2	49
Figure 31 : Répartition des volumes et des flux moyens en fer en amont de la fosse 2	49
Figure 32 : Répartition des formes dissoutes/particulaires en différents points en amont de la fosse 2	50
Figure 33 : Suivi du pH, de la température et de la conductivité pour la fosse 3	52
Figure 34 : Suivi du pH, de la température et de la conductivité du pied de digue cyclonée.....	52
Figure 35 : Suivi du pH, de la température et de la conductivité au niveau de la verse de Kerroué....	53
Figure 36 : Suivi du pH, de la température et de la conductivité des effluents issus de la verse du Sabès	53
Figure 37 : Synoptique station Neutralac 1.....	55
Figure 38 : Suivi de la somme des débits journaliers en sortie de la fosse 2	56
Figure 39 : Concentration des différents paramètres en sortie de la fosse 2.....	57
Figure 40 : Répartition des charges particulaires et dissoutes (kg/j) en sortie de fosse 2.....	59
Figure 41 : Evolution des volumes journaliers en aval de la fosse 2	62
Figure 42 : Répartition des volumes journaliers moyens en aval de la fosse 2	63
Figure 43 : Concentrations en différents points en aval de la fosse 2	64
Figure 44 : Répartition des volumes et des flux en sulfates en aval de la fosse 2	65
Figure 45 : Répartition des flux en manganèse en aval de la fosse 2	66
Figure 46 : Répartition des flux en fer en aval de la fosse 2	66
Figure 47 : Répartition des formes particulaires et dissoutes des métaux en aval de la fosse 2	67
Figure 48 : Point sortie usine.....	68
Figure 49 : Suivi du pH, de la température et de la conductivité au niveau du bassin Richier	69
Figure 50 : Suivi du pH, de la température et de la conductivité à Digue.....	70
Figure 51 : Suivi du pH, de la température et de la conductivité au fossé V Bora.....	71
Figure 52 : Suivi du pH, de la température et de la conductivité au niveau du rejet site vers le milieu naturel	72
Figure 53 : Localisation du site de Glomel et délimitation des bassins versants du Blavet et de l'Ellé	76
Figure 54 : Evolution des débits moyens mensuels de l'Ellé et du ruisseau du Crazius au cours de l'année.....	78
Figure 55 : Point de suivi Imerys de la qualité du milieu.....	81
Figure 56 : Concentration résiduelle en manganèse dissous en fonction du taux de traitement à la chaux	101
Figure 57 : Après ajout de la chaux	101
Figure 58 : Pendant la décantation	102
Figure 59 : Concentration résiduelle en manganèse en fonction de la dose injectée de $KMnO_4$	103
Figure 60 : Après injection de $KMnO_4$	103
Figure 61 : Après décantation	103
Figure 62 : Colonne de filtration avec de l'Aquamandix	104
Figure 63 : Précipitation du gypse selon le pH et la quantité de sulfates initialement présente	105
Figure 64 : Essais à la chaux réalisés sur 72 h pour tester l'élimination des sulfates	109
Figure 65 : Essais IRH par injection de $CaCl_2$ et agitation sur 72h	111
Figure 66 : Formation de grains de gypse au bout de 72h.....	111
Figure 67 : Conductivité des effluents en fonction du temps- Essais de précipitation de l'ettringite	114
Figure 68 : Pilote biologique.....	115
Figure 69 : Résultats obtenus lors de la première phase du pilote biologique.....	115
Figure 70 : Résultats obtenus lors de la seconde phase du pilote biologique	116
Figure 71 : Synoptique de l'usine de Barrégant – Source : Eau du Morbihan.....	123
Figure 72 : Evolution des valeurs guides de débits au cours de l'année.....	137
Figure 73 : Localisation de la zone d'implantation de la filière de traitement	138

Figure 74 : Profil topographique sur le linéaire de refoulement	139
Figure 75 : Profil topographique sur le linéaire du pompage de la fosse 2 vers la filière de traitement	142
Figure 76 : Profil topographique du linéaire gravitaire de la filière de traitement vers le point de rejet au milieu naturel	143
Figure 77 : Linéaire du pompage des eaux traitées en vue de leur utilisation au sein de l'usine.....	144
Figure 78 : Schéma de principe - Scénario 1 - solution 1.a	146
Figure 79 : Schéma de principe - Scénario 2 - solution 1.a	146
Figure 80 : Schéma de principe - Scénario 1 - solution 1.b	152
Figure 81 : Schéma de principe - Scénario 2 - solution 1.b	152
Figure 82 : Schéma de principe - Scénario 1 - solution 1.c.....	158
Figure 83 : Schéma de principe - Scénario 2 - solution 1.c.....	159

Table des tableaux

Tableau 1 : Tonnages de concentrés d'andalousite produits sur les années 2017, 2018 et 2019	12
Tableau 2 : Points suivis par le site de Glomel	14
Tableau 3 : Rubriques ICPE – Régime autorisation – Arrêté préfectoral du 03/08/2018	18
Tableau 4 : Activités soumises à autorisation au titre de la loi sur l'eau – Arrêté préfectoral du 03/08/2018.....	19
Tableau 5 : Valeurs limites du rejet 1 en concentration sur l'année.....	21
Tableau 6 : Valeurs limites du rejet 1 en flux journaliers selon les mois de l'année	21
Tableau 7 : Valeurs limites du rejet 2	22
Tableau 8 : Autosurveillance sortie site 2014-2018.....	24
Tableau 9 : Concentrations et charges en sortie de site – Année 2018.....	30
Tableau 10 : Matériels utilisés pendant la campagne de mesure.....	41
Tableau 11 : Débits horaires et volumes journaliers - Amont fosse 2 du 28/01 au 21/02/19.....	44
Tableau 12 : Estimation des surfaces actives collectées par les différents bassins	46
Tableau 13 : Concentrations des points en amont de la fosse 2	46
Tableau 14 : Mesures physico-chimiques en amont de la fosse 2.....	51
Tableau 15 : Débits mesurés lors de la campagne de mesure en sortie de la fosse 2.....	56
Tableau 16 : Concentrations (mg/l) en sortie de la fosse 2	57
Tableau 17 : Charges des paramètres mesurés en sortie de la fosse 2	58
Tableau 18 : Mesure des débits en aval de la fosse 2	61
Tableau 19 : Estimation des surfaces actives en aval de la fosse 2.....	63
Tableau 20 : Concentrations des différents paramètres mesurés en différents points en aval de la fosse 2	64
Tableau 21 : Mesures physico-chimiques en aval de la fosse 2	68
Tableau 22 : Liste des cours d'eau présents autour du site de Glomel - Extrait de l'étude hydrologique Imerys.....	76
Tableau 23 : Débits caractéristiques de l'Ellé.....	78
Tableau 24 : Données de suivi trimestrielles de la qualité du ruisseau du Crazius - Extrait de l'étude hydrologique	82
Tableau 25 : Simulation des valeurs cibles en sulfates pour un rejet dans l'Ellé	84
Tableau 26 : Simulation des valeurs cibles en manganèse pour un rejet dans l'Ellé	85
Tableau 27 : Simulation des valeurs cibles en sulfates pour un rejet dans le ruisseau du Crazius.....	87
Tableau 28 : Simulation des valeurs cibles en manganèse pour un rejet sur le Crazius.....	89
Tableau 29 : Bilan ionique des eaux en sortie de fosse 2 effectué le 10/04/2019	99
Tableau 30 : Résultats de la remontée du pH à la chaux pour les essais de traitement du manganèse	101

Tableau 31 : Résultats de l'oxydation du manganèse par injection de permanganate de potassium	103
Tableau 32 : Résultats de neutralisation à la chaux pour tester l'élimination des sulfates.....	109
Tableau 33 : Résultats des essais au chlorure de calcium.....	111
Tableau 34 : Résultats des essais au chlorure de baryum.....	112
Tableau 35 : Résultats d'essais de précipitation de l'ettringite	113
Tableau 36 : Résultats d'exploitation des données d'autosurveillance de la station de Toultreincq (eau brute et eau traitée de janvier 2015 à août 2016).....	124
Tableau 37 : Résultats d'exploitation des données d'autosurveillance de la station de Toultreincq (du 19/02/2015 au 30/03/2018)	129
Tableau 38 : Calcul des hauteurs de pluie selon la période de retour considérée	135
Tableau 39 : Estimation des débits horaires et des volumes journaliers à collecter en entrée de la fosse 2	136
Tableau 40 : Dimensionnement du volume de stockage de chaux (Neutralac 1).....	140
Tableau 41 : Dimensionnement du dosage de lait de chaux (Neutralac 1)	140

Table des annexes

Annexe I :	Tableau d'étalonnage des pompes
Annexe II :	Bulletins d'analyses Eurofins
Annexe III :	Plan masse d'implantation de la solution 1a – scénario 2 (solution la plus contraignante)
Annexe IV :	Simulation des flux admissibles en manganèse pour une valeur cible de 0,1 mg/l dans l'Ellé

Résumé non technique / Résumé technique

Le contexte du projet

Le site IMERYS situé à Glomel (22) est spécialisé dans l'extraction et l'enrichissement de minerai d'andalousite, qui est utilisé dans la fabrication de réfractaire thermique. Après plusieurs années d'attente un nouvel arrêté préfectoral entérinant l'extension du site a été publié le 03 août 2018. Dans le cadre de cet arrêté, une étude technico-économique est demandée à la direction du site. Celle-ci a pour but d'étudier les possibilités de traitement afin de réduire les flux rejetés en sulfates et en manganèse au niveau du site.

Les résultats de la prestation d'IRH Ingénieur Conseil

L'étude a permis de mettre en évidence une répartition diffuse des flux de sulfates et de manganèse sur l'ensemble des rejets du site. L'acceptabilité du milieu par rapport à ces rejets a été revue à la baisse afin de renforcer la protection du milieu. Pour le manganèse les traitements testés ont permis d'atteindre des concentrations compatibles avec les nouvelles valeurs de rejets calculées. Des installations industrielles ont ainsi pu être chiffrées. En ce qui concerne les essais réalisés sur les sulfates, ceux-ci ont montré les limites des techniques actuelles en matière de performance. Des techniques de traitement expérimentales ont donc été testées. Ces techniques ont produit des résultats encourageants. Néanmoins, celles-ci étant expérimentales, une période de recherche et de développement est nécessaire afin de statuer sur leurs faisabilités techniques et économiques.

Les conclusions et les recommandations – l'avis d'expert d'IRH Ingénieur Conseil

Le site Imerys présente un schéma hydraulique complexe qui induit une répartition diffuse de la charge en sulfates et en manganèse. Le renforcement de l'étude d'acceptabilité du milieu a conduit à proposer une baisse des valeurs en manganèse (2,2 mg/l en prenant en compte comme milieu récepteur l'Ellé en période d'étiage). D'après les essais réalisés, cette valeur est atteignable moyennant la mise en place d'un traitement spécifique et d'aménagement visant à regrouper l'ensemble des eaux du site sur la fosse 2 et à ne gérer qu'une seule source d'effluents (contre 3 actuellement).

En ce qui concerne les sulfates, la concentration de 1800 mg/l définie dans l'arrêté semble acceptable si l'on prend en considération l'Ellé comme masse d'eau (hormis en période d'étiage). Dans le cas d'une prise en compte du Crazius comme masse d'eau réceptrice, la concentration en sulfates doit être réduite pour respecter la valeur seuil de qualité d'eau brute pour la production d'eau potable. Malheureusement les essais laboratoires réalisés ont mis en évidence les limites des techniques actuelles de traitement (concentration seuil de 1500 mg/l). Des techniques innovantes ont donc été testées (traitement biologique et précipitation d'ettringite). Ces techniques ont montré des résultats encourageants mais insuffisants pour permettre de statuer à ce stade sur leur faisabilité technique et économique. Une période de recherche est donc nécessaire pour déterminer la pertinence de ces solutions.

1. Votre projet et l'objectif de votre commande

1.1. Le contexte de votre projet

Le site IMERYS basé à Glomel (22) est spécialisé dans l'extraction et l'enrichissement de minerai d'andalousite, qui est utilisé dans la fabrication de réfractaire thermique. Les activités minières du site génèrent des eaux acides et chargées en métaux. A ce jour, les eaux d'exhaure, de drainage, de pluie et de process sont collectées au niveau d'une des fosses du site (fosse 2). Après traitement à la chaux éteinte, ces eaux sont en partie réutilisées pour les activités de production de l'usine. Les eaux non consommées sont rejetées au milieu naturel, après neutralisation à la chaux éteinte et passage au sein d'une série de bassins de décantation.

Un nouvel arrêté préfectoral entérinant l'extension du site (en profondeur et en surface) a été publié le 03 août 2018. Dans le cadre de cet arrêté, **une étude technico-économique est demandée** à la direction du site. Celle-ci a pour but d'étudier les possibilités de **traitement des sulfates et du manganèse** au niveau du site et également au niveau de l'usine de production d'eau potable située en aval du rejet. Dans ce contexte, le site a désiré se faire accompagner par un bureau d'étude spécialisé.

1.2. Les objectifs et les références de votre commande

Le bureau d'études IRH IC a été retenu pour accompagner la société IMERYS dans sa démarche en fournissant l'assistance nécessaire permettant de définir les solutions de traitement envisageables et de répondre aux exigences réglementaires. Conformément à l'arrêté du 03/08/2018, la mission est découpée en plusieurs phases :

- **Phase 1 : Visite du site et état des lieux de l'existant**
- **Phase 2 : Exploitation des données d'autosurveillance du site et investigations terrain** comprenant :
 - **Campagne de mesure et sectorisation des rejets**, afin de caractériser les eaux rejetées en différents points du site et étudier la répartition des flux rejetés, et estimation des flux
 - **Visites des stations de production d'eau potable** en aval du site Imerys, permettant de comprendre les étapes de traitement existantes et d'échanger avec les exploitants des problèmes constatés au cours de l'année selon la qualité de l'eau brute.
 - **Estimation des flux potentiellement rejetables dans le milieu naturel récepteur** au cours de l'année. Celle-ci est basée sur les données disponibles dans l'étude hydrologique et hydrogéologique réalisée dans le cadre du dossier de demande d'autorisation d'extension de l'exploitation de la carrière.
- **Phase 3 : Essais de traitabilité à l'échelle laboratoire**, afin de définir les efficacités de traitement pouvant être atteintes selon les techniques étudiées et ainsi identifier les solutions les plus adaptées, pour le traitement du manganèse et des sulfates,
- **Phase 4 : Etude technico-économique** des solutions envisageables pour le traitement du manganèse et des sulfates

2. Présentation du site

2.1. Implantation

Le site IMERYS concerné par l'étude technico-économique est situé sur la commune de Glomel (22) :

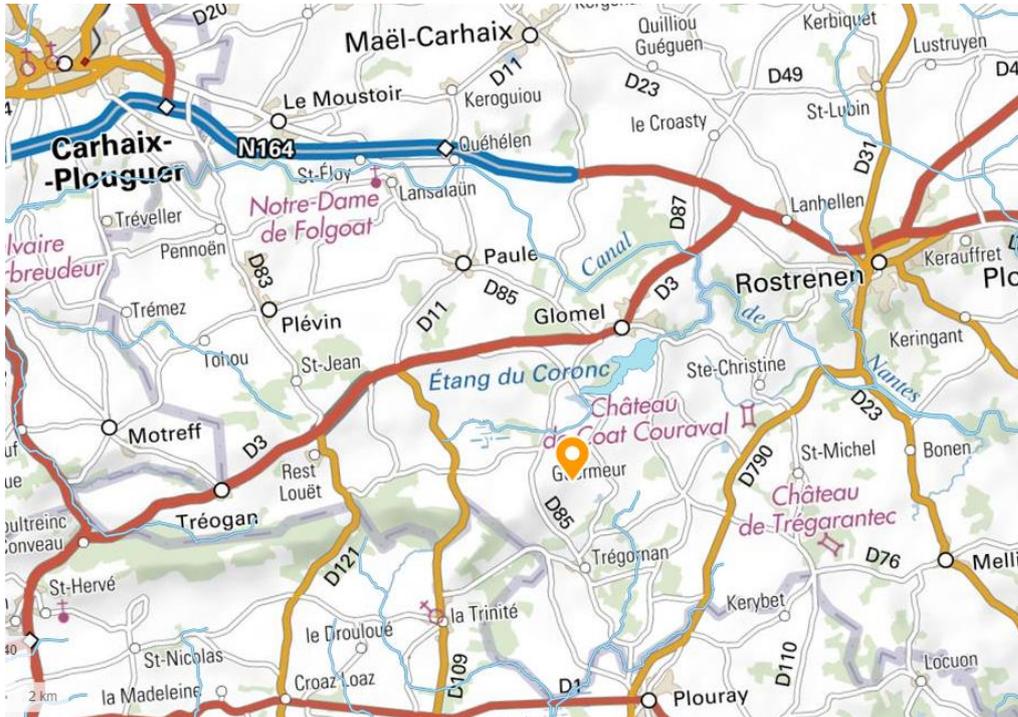


Figure 1 : Situation géographique du site Imerys de Glomel



Figure 2 : Vue aérienne du site

2.2. Effectifs et rythme d'activité

Le site Imerys de Glomel est spécialisé dans l'extraction et la production d'andalousite, il présente les activités suivantes :

- Extraction : environ 90 500 t/mois
- Production des minerais : environ 5 360 t/mois

Le site fonctionne :

- Avec 4 équipes :
 - 24h/24 du lundi au vendredi plus 12 h le samedi pour la production
 - De 5h à 21h du lundi au vendredi plus 8h le samedi pour l'extraction en carrière
- Avec 5 équipes :
 - 24h/24 du lundi au vendredi plus 12h le samedi et le dimanche pour la production
 - 5h à 21h du lundi au vendredi plus 8h le samedi et le dimanche pour l'extraction en carrière

2.3. Fonctionnement du site

2.3.1. Chiffres de production

Les tonnes de concentrés d'andalousite produites sur le site de 2017 à 2019 sont présentées ci-dessous :

Année	2017		2018		2019	
	Tonnes extraites	Tonnes produites	Tonnes extraites	Tonnes produites	Tonnes extraites	Tonnes produites
Janvier	90 960	5 518	74 100	5 336	98 665	6 876
Février	86 220	5 177	88 660	4 875	96 935	5 253
Mars	107 510	4 755	99 640	5 899	113 980	4 767
Avril	88 320	5 030	86 920	6 502	110 400	4 946
Mai	96 790	5 485	90 000	6 496	105 720	5 806
Juin	85 580	5 145	82 200	5 951	100 920	4 634
Juillet	55 440	3 344	68 813	4 976		
Août	55 440	3 344	68 813	4 977		
Septembre	89 880	5 836	83 390	7 106		
Octobre	95 940	6 627	104 535	6 765		
Novembre	80 380	6 959	97 920	6 104		
Décembre	61 660	4 584	65 635	1 796		
Total	994 120	61 804	1 010 625	66 782	626 620	32 281
Moyenne	82 843	5 150	84 219	5 565	104 437	5 380

Tableau 1 : Tonnages de concentrés d'andalousite produits sur les années 2017, 2018 et 2019

La production de concentrés d'andalousite est relativement stable sur les trois dernières années, environ 5 360 t/mois.

2.4. Gestion des eaux sur le site

2.4.1. Descriptif du circuit des eaux

Les activités minières du site génèrent des eaux acides et chargées en métaux. L'ensemble des eaux du site doivent être collectées et traitées. Le circuit d'eau sur le site est schématisé ci-dessous :

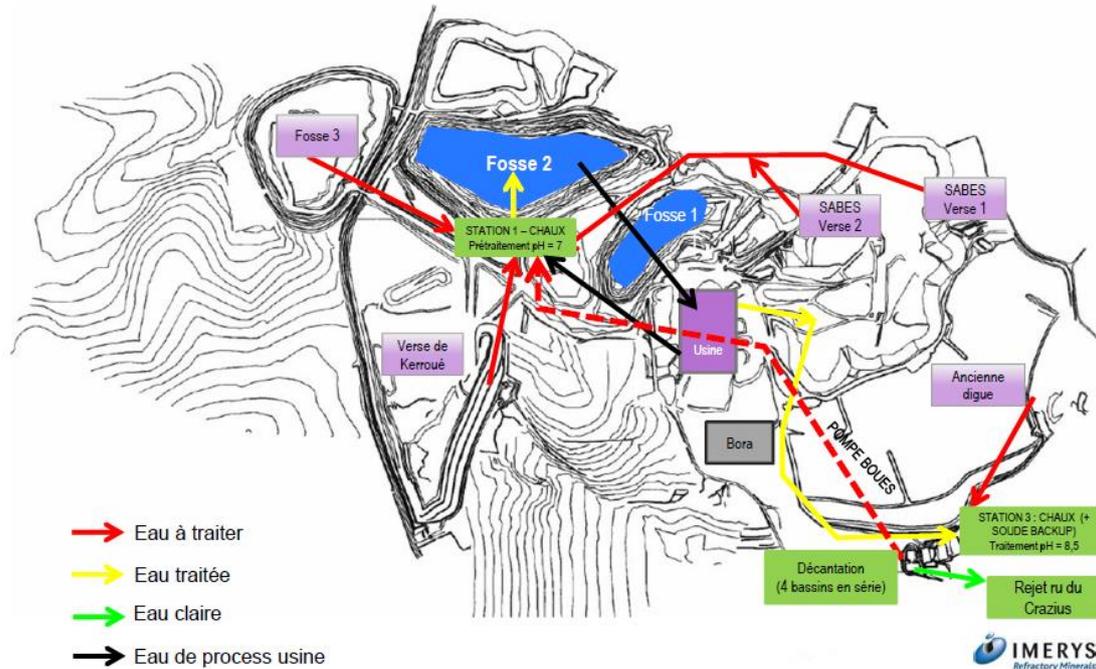


Figure 3 : Schéma du circuit des eaux – Site Imerys de Glomel

Le site collecte l'ensemble de ses eaux d'exhaure, de drainage, de pluie et de process. La majorité de ces eaux sont collectées au niveau de la **fosse 2**. En entrée de fosse 2 on peut distinguer :

- Les eaux issues du drainage des fosses et zone de stockage de stériles : eaux de la fosse 3, de la verse de Kerroué, du bassin Roch Lédan et de la verse du Sabès, du pied de la digue cyclonée, et du puits de Roscoat.
- Les eaux issues du process de concentration et de purification de l'andalousite, à savoir : les eaux et les boues du décanteur, les eaux de la flottation et des lavages de gaz.

Les eaux transférées dans la fosse 2 passent par une étape de neutralisation à la chaux éteinte au niveau d'une station de neutralisation appelée « **Station Neutralac 1** ». Les matières en suspensions contenues dans les eaux collectées décantent dans la fosse 2, les eaux clarifiées sont en partie réutilisées pour les activités de production de l'usine.

Les eaux non consommées par l'usine sont envoyées vers une autre station de traitement et de neutralisation appelée « **Station Neutralac 3** ». Au cours de leur cheminement vers cette station, ces eaux sont rejointes par les eaux de drainage issues du bassin Richier, du drain ancienne digue, du fossé V Bora et de différents autres petits fossés. En sortie de la « **Station Neutralac 3** », les eaux traitées passent par une série de 4 bassins de décantation avant d'être rejetées au milieu naturel au niveau du point de rejet 1. Les eaux se déversent dans le ruisseau du Kergroaz qui se rejette dans le ruisseau du Crazius qui lui-même rejoint l'Ellé.

En ce qui concerne les eaux pluviales collectées au niveau du fossé extérieur à la fosse 3, celles-ci ne sont pas polluées et rejoignent le milieu naturel au niveau du point de rejet 2 (ruisseau de Kersioc'h).

Les points de rejet sont localisés sur la carte ci-dessous :



Le site rejette de l'ordre de **1 300 000 m³/an**. Ce volume est variable en fonction du volume de précipitation et dépend des valeurs limites de rejet autorisées.

2.4.2. Suivi des effluents sur le site

Le personnel du site effectue un suivi des eaux émises sur le site en différents points listés ci-dessous :

N° du point	Localisation des points suivis	Abréviations	Fréquence de suivi	Pompes
1	Fosse 3	BF3	Mensuelle	1220
2	Verse de Kerroué	BK	Mensuelle	1281
3	Bassin Roch Lédan/ Verse du Sabès	BRL	Mensuelle	1217
4	Pied digue cyclonée	B1435	Trimensuelle	1435
5	Fosse 2	BF2	Mensuelle	1211- 1212- 1215- 1219
6	Décanteur usine	DEC	Bimensuelle	1201
7	Flottation usine	FLO	Bimensuelle	91
8	Bora	V BORA	Mensuelle	1218
9	Sortie site	Sortie site	Journalière	

Tableau 2 : Points suivis par le site de Glomel

Les effluents suivis sur le site sont localisés sur le schéma ci-dessous :



Figure 4 : Localisation des points de suivis des effluents

Un prélèvement est effectué sur chaque point selon la fréquence indiquée dans le tableau, les paramètres suivis sont les mêmes pour tous les points : pH, conductivité, aluminium, fer, manganèse et sulfates.

Les débits en chaque point sont suivis grâce aux pompes, pour lesquelles le temps de fonctionnement est relevé, ce qui permet de calculer les débits.

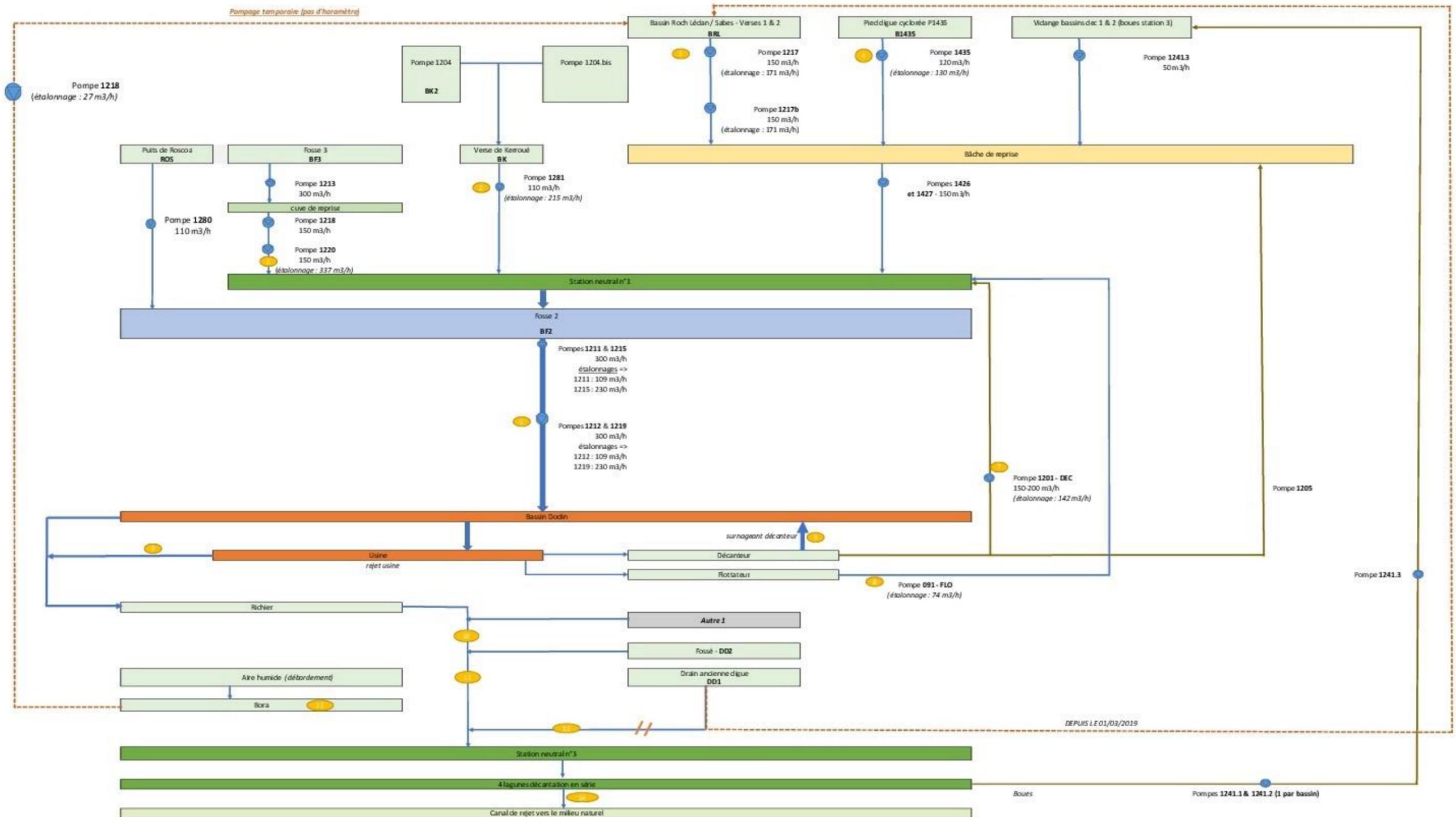


Figure 5 : Synoptique des points de mesure

2.5. Contexte réglementaire et gestion des rejets

Le site de Glomel est réglementé par l'**arrêté préfectoral du 03/08/2018**. Le site est soumis à **autorisation** au titre des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement et au regard de la loi sur l'Eau, pour l'agrandissement et la poursuite de l'exploitation de la carrière à ciel ouvert de roches massives (schistes d'andalousite) et de deux verses à stériles, ainsi que pour les installations de traitement et de production de concentré d'andalousite.

2.5.1. Rubriques ICPE

Le site est soumis à **autorisation** au titre des ICPE, pour les rubriques suivantes :

Rubrique	Régime	Libellé de la rubrique (activité)	Nature de l'installation – Volume autorisé
2510-1	A	Exploitation de carrières, à l'exception de celles visées aux points 5 et 6	<p>Périmètre autorisé pour l'exploitation de schistes d'andalousite sur une surface totale autorisée de 53,2 ha pour la fosse 3 et 53,9 ha environ pour les fosses 1 et 2 en considérant que la verse de Roscoat de 9,4 ha est réhabilitée dont surface dédiée :</p> <ul style="list-style-type: none"> · A l'extraction : 20,3 ha pour la fosse 3 · Aux annexes : 32,9 ha pour la fosse 3 et 40,7 ha pour les fosses 1 et 2 · Fosse 1 et 2 et annexes : 13,2 + 40,7 = 53,9 ha · Fosse 3 et annexes : 20,3 + 32,9 = 53,2 ha <p>Dont extractions : Fosse 3 : 20,3 ha</p> <p>Production maximale : 1 500 000 t/an (sur l'ensemble des fosses d'extraction)</p>
2515-1	A	Installation de broyage, concassage, criblage, ensachage, pulvérisation, nettoyage, tamisage, mélange de pierres, cailloux, minerais et autres produits minéraux naturels : Puissance installée supérieure à 550 kW	<p>Installations mobiles de concassage, broyage, criblage et installations fixes de concassage, broyage, criblage, séparation magnétique, séparation gravimétrique, séchage et flottation des matériaux issus de l'activité d'extraction d'une puissance maximale de 5 500 kW destinées à produire un concentré d'andalousite</p> <ul style="list-style-type: none"> - à partir d'un tonnage maximal de 875 000 tonnes de produits entrants par an - correspondant à une production maximale de 85 000 tonnes de produits finis par an

Rubrique	Régime	Libellé de la rubrique (activité)	Nature de l'installation – Volume autorisé
2720-2	A	Installation de stockage de déchets non dangereux non inertes résultant de la prospection, de l'extraction, du traitement et du stockage de ressources minérales ainsi que de l'exploitation de carrières (site choisi pour y accumuler ou déposer des déchets solides, liquides, en solution ou en suspension	<p>Les installations visées bénéficient de l'antériorité de classement et concernent la verse existante à stériles dite de Kerroué, représentant une surface totale de 47,5 ha dont 19,8 ha pour la verse elle-même pouvant recevoir 280 000m³ par an environ. La hauteur maximale de la verse est limitée à la côte 300 m NGF. Elle est capable de recevoir 4,4 millions de m³ de stériles au total.</p> <p>Sont concernée également :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le stockage des stériles humides et le stockage des boues d'hydroxydes provenant du traitement des eaux acides du site stockées dans la fosse 2 (fosse1 remblayée), - Le stockage de résidus sableux et secs dénommé SABÈS, - L'ancienne digue constituée par déchets humides provenant des usines et ayant les caractéristiques suivantes : hauteur maximale de 19,9m et longueur de crête de 260m soit un volume total de déchets stockés de 900 000m³ environ. <p>Périmètre autorisé pour le stockage des stériles d'extraction :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Verse de Kerroué et annexes : 43,4 ha - Verse Ouest et annexes : 17,5 ha <p>Dont verses:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kerroué : 19,8 ha - côte maximale 300m NGF - Verse Ouest et annexes : côte maximale 300m NGF <p>A hauteur de 280 000m³ stockés par an</p> <p>Sont concernés également :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Stockage des boues d'hydroxydes en fosse 2 - SABÈS : 38,3 ha - côte maximale 246m NGF - La Digue (ancien stockage des stériles humides)

Tableau 3 : Rubriques ICPE – Régime autorisation – Arrêté préfectoral du 03/08/2018

2.5.2. Loi sur l'eau

Les activités du site soumises à autorisation au titre de la loi sur l'eau concernent les rubriques suivantes :

Rubrique	Régime	Libellé de la rubrique (activité)	Nature de l'installation – Volume autorisé
1.1.2.0	A	Prélèvements permanents ou temporaires issus d'un forage, puits, ou d'ouvrage souterrain dans un système aquifère, à l'exclusion des nappes d'accompagnement de cours d'eau, par pompage, drainage, dérivation ou tout autres procédé, le volume total prélevé étant : 1° supérieure ou égale à 200 000 m ³ /an	Eau d'exhaure > 200 000 m ³ /an Volume total prélevé (eau souterraine pompée en fond de fosse 3) : 120 000 m ³ /an Débit du prélèvement (débit de la pompe de la fosse 3) : 200 m ³ /h
2.1.5.0	A/D	Rejet d'eaux pluviales dans les eaux douces superficielles ou sur le sol ou dans le sous-sol, la surface totale du projet, augmenté de la surface correspondant à la partie du bassin naturel dont les écoulements sont interceptés par le projet, étant : 1° supérieure ou égale à 20 ha	Surface considérée : environ 265 ha
2.2.1.0	A	Rejet dans les eaux douces superficielles susceptibles de modifier le régime des eaux, à l'exclusion des rejets visés à la rubrique 2.1.5.0 ainsi que les rubriques 2.1.1.0 et 2.1.2.0, la capacité totale de rejet de l'ouvrage étant : 2° supérieure à 2 000 m ³ /j ou à 5% du débit moyen interannuel du cours d'eau mais inférieure à 10 000 m ³ /j ou à 25 % du débit moyen interannuel du cours d'eau	Débit journalier possible > 10 000 m ³ /j
3.2.3.0	A	Plans d'eau (permanents ou non) dont la superficie est supérieure ou égale à 3 ha	Plan d'eau résiduel en fosse 3 (environ 17 ha)

Tableau 4 : Activités soumises à autorisation au titre de la loi sur l'eau – Arrêté préfectoral du 03/08/2018

2.5.3. Valeurs limites de rejet définies dans l'arrêté préfectoral

Le site présente 2 points de rejet autorisés des eaux vers le milieu naturel récepteur :

- **Rejet n°1** : Les eaux en sortie de la station Neutralac 3 après les bassins de décantation qui se rejettent dans le ruisseau du Kergroaz puis dans le ruisseau du Crazius.
- **Rejet n°2** : Les eaux pluviales non polluées (au niveau du fossé extérieur à la fosse 3) qui sont renvoyées vers le milieu naturel (ruisseau de Kersioc'h).

Les rejets 1 et 2 sont localisés sur la carte ci-dessous. L'étude porte sur le rejet 1.



Figure 6 : Localisation des rejets 1 et 2

L'arrêté préfectoral du 03/08/2018 définit les valeurs de rejet à respecter par le site, selon le type de rejet :

- Le rejet 1 ne doit pas dépasser les valeurs limites de rejet définies en concentrations et en flux rejetés :

	Valeurs limites de rejets - Concentration (mg/l)									
	DCO	MES	Hydrocarbures totaux	Sulfates	Al	Co	Fe	Mn	Ni	Zn
Tous les mois de l'année	25	25	2,5	1800	0,5	0,4	0,5	10	0,4	0,4

Tableau 5 : Valeurs limites du rejet 1 en concentration sur l'année

	Valeurs guides Débit max (m ³ /j)	Valeurs limites maximales de rejets - Flux (kg/j)									
		DCO	MES	Hydrocarbures totaux	Sulfates	Al	Co	Fe	Mn	Ni	Zn
Janvier	16 000	280	156	9	30 542	7,2	5,5	7,6	155	5,5	5,5
Février	16 000	280	156	9	30 287	7,2	5,5	7,6	155	5,5	5,5
Mars	11 000	280	156	9	20 729	5	5,5	7,6	124	5,5	5,5
Avril	8 400	280	156	9	15 733	3,8	5,5	7,6	94	5,5	5,5
Mai	5 500	280	156	9	10 748	2,5	5,5	7,6	65	5,5	5,5
Juin	3 300	280	156	9	5 980	1,5	5,5	7,6	35	5,5	5,5
Juillet	1 700	240	156	9	3 105	0,8	5,5	7,6	18	5,5	5,5
Août	1 100	166	156	9	2 145	0,5	5,5	7,6	13	5,5	5,5
Septembre	1 300	196	156	9	2 532	0,6	5,5	7,6	15	5,5	5,5
Octobre	3 750	280	156	9	6 945	1,7	5,5	7,6	41	5,5	5,5
Novembre	7 500	280	156	9	14 486	3,4	5,5	7,6	87	5,5	5,5
Décembre	12 800	280	156	9	24 161	5,8	5,5	7,6	145	5,5	5,5

Tableau 6 : Valeurs limites du rejet 1 en flux journaliers selon les mois de l'année

NB : Les débits présentés dans l'arrêté du site sont des valeurs guides permettant de suivre le débit naturel de l'Ellé. Ces débits sont marqués par des valeurs très élevées en hiver et des valeurs très faibles en été (débits importants en hiver et faibles en été).

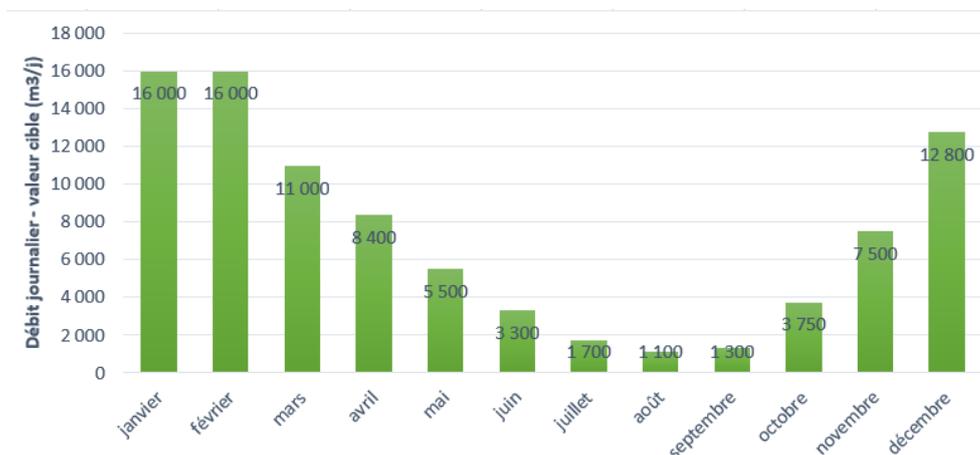


Figure 7 : Evolution des valeurs cibles des débits au cours de l'année

- Le rejet 2 ne doit pas dépasser les valeurs limites de rejet définies en concentrations :

Paramètres	Concentration maximale journalière (mg/l)
pH	6,5 - 8,5
DCO	30
MES	25
Hydrocarbures	10
Sulfates	1800
Aluminium et composés	1
Fer et composés	2
Manganèse et composés	1

Tableau 7 : Valeurs limites du rejet 2

3. Exploitation des données d'autosurveillance

3.1. Méthodologie

Une analyse des données d'autosurveillance du site a été réalisée sur le rejet 1 au milieu naturel et sur les différents points suivis par le personnel du site (cf. Tableau 2), à partir des documents transmis par le site :

- Les données de suivi des horamètres des pompes de relevage,
- Les débits d'étalonnage réalisés sur les pompes lors de la campagne de février 2019,
- Le fichier de suivi analytique des rejets,
- Le synoptique du circuit d'eau sur le site,
- L'arrêté préfectoral établi le 03 août 2018.

Les résultats d'exploitation des données d'autosurveillance sont présentés :

- Sur la période de **2014 à 2018**, afin d'appréhender l'évolution du site et de ses effluents au cours du temps et en fonction de la pluviométrie, au niveau des différents points suivis sur le site :
 - Pour les points Sabès (pompe 1217B), pompe 1435, fosse 3 (pompe 1220), Kerroué (pompe 1281) :
Les temps de fonctionnement de chaque pompe comportant un horamètre sont collectés au niveau de l'autosurveillance du site. Des analyses mensuelles sont également réalisées. Afin d'estimer les volumes rejetés au niveau des différents points de suivi, le débit des pompes a été étalonné lors de la campagne de mesure. Les charges présentées résultent donc du produit de ces volumes et des concentrations.
 - Pour les autres points suivis (fosse 2, décanteur, flottation et V Bora) :
Seules les concentrations sont analysées par le site. Dans le cadre de l'étude de la répartition des charges rejetées, les volumes mesurés lors de la campagne de mesure (présentés au §4 Campagne de mesure) sont pris en compte.
- De façon plus précise **sur l'année 2018**, à partir de laquelle le nouvel arrêté préfectoral s'applique, afin de mettre en corrélation les résultats de suivi du site avec :
 - Les valeurs limites et guides à respecter définies dans l'arrêté du 03/08/2018,
 - Les résultats de la campagne de mesure, présentés en partie suivante (§4 Campagne de mesure).

3.2. Bilan 2014-2018

3.2.1. Sortie site

Les résultats de l'autosurveillance de 2014 à 2018 en sortie de site sont regroupés dans le tableau suivant. Il est à noter que durant cette période le site a changé de configuration :

- Ouverture de l'extension de la fosse 3 et utilisation de la fosse 2 comme stockage des eaux à partir de 2015,
- Optimisation de la station Neutralac 3 fin 2016,
- Nouvel arrêté préfectoral le 03/08/2018.

	Volumes journaliers	Débits horaires lissés sur 24h	pH	Température °C	DCO		MEST		Hydrocarbures		Sulfates		Aluminium		Cobalt		Fer		Manganèse		Nickel		Zinc	
	m ³ /j	m ³ /h			mg/l	kg/j	mg/l	kg/j	mg/l	kg/j	mg/l	kg/j	mg/l	kg/j	mg/l	kg/j	mg/l	kg/j	mg/l	kg/j	mg/l	kg/j	mg/l	kg/j
Min 2014	16	0,68	6,83	3,64	5,00	0,08	1,00	0,05	0,10	0,00	18	27	0,04	0,01	0,02	0,01	0,09	0,01	2,50	0,07	0,03	0,01	0,01	0,01
Min 2015	5	0,20	6,88	3,86	5,00	0,02	0,20	0,02	0,05	0,00	843	7	0,01	0,01	0,03	0,01	0,04	0,01	2,28	0,02	0,06	0,01	0,01	0,01
Min 2016	46	1,91	7,10	3,80	5,00	0,40	0,40	8,37	0,05	0,01	718	74	0,01	0,01	0,02	0,01	0,11	0,01	2,80	0,31	0,05	0,01	0,01	0,01
Min 2017	6	0,27	6,44	1,45	0,01	0,01	0,60	12,56	0,01	0,04	996	246	0,04	0,01	0,01	0,01	0,04	0,00	1,63	0,52	0,02	0,01	0,01	0,01
Min 2018	6	0,44	6,72	2,59	5,00	0,05	0,10	2,09	0,01	0,00	596	29	0,04	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03	0,10	0,06	0,03	0,01	0,01	0,01
Moyenne 2014	5 316	221		13	5,00	14	4,71	26	0,10	0,28	1 420	6 398	0,15	0,54	0,07	0,58	0,32	2,10	5,55	28,42	0,12	0,87	0,03	0,27
Moyenne 2015	3 838	160		13	6,45	25	3,16	13	0,10	0,38	1 465	5 582	0,16	0,64	0,06	0,22	0,30	1,22	6,19	24,62	0,12	0,49	0,02	0,08
Moyenne 2016	4 204	175		13	6,77	29	2,26	47	0,18	0,73	1 425	6 004	0,13	0,57	0,04	0,18	0,31	1,38	5,77	24,42	0,11	0,45	0,01	0,07
Moyenne 2017	2 090	87		12	1,22	3	2,80	59	0,23	0,58	1 580	3 709	0,12	0,30	0,02	0,05	0,29	0,65	3,43	8,05	0,05	0,13	0,01	0,02
Moyenne 2018	3 782	164		14	5,00	20	2,51	53	0,01	0,03	1 392	5 996	0,14	0,63	0,03	0,11	0,30	1,34	3,20	13,64	0,07	0,31	0,02	0,08
95 ^{ème} centile 2014	18 629	776	8,25	20	5	33	7,36	89	0,10	0,66	1 743	17 224	0,32	1,45	0,13	2,62	0,49	8,57	8,71	83,51	0,23	3,61	0,08	1,22
95 ^{ème} centile 2015	6 160	257	8,25	20	22	87	6,00	31	0,10	0,62	1 676	8 869	0,28	1,40	0,10	0,50	0,46	2,40	9,50	45,37	0,20	1,05	0,04	0,15
95 ^{ème} centile 2016	7 194	300	8,38	20	16	80	4,20	88	0,25	1,74	1 655	10 096	0,25	1,26	0,06	0,31	0,45	2,74	7,86	43,82	0,14	0,78	0,03	0,17
95 ^{ème} centile 2017	3 585	149	8,42	20	16	23	5,80	121	0,25	0,90	1 721	5 783	0,25	0,73	0,04	0,10	0,46	1,20	5,98	15,31	0,10	0,26	0,02	0,06
95 ^{ème} centile 2018	7 827	326	8,47	21	5	40	4,60	96	0,04	0,09	1 627	11 779	0,28	1,48	0,04	0,18	0,47	2,69	4,16	25,55	0,10	0,55	0,05	0,21
Max 2014	30 252	1 260	8,49	21	5	39	15,00	348	0,10	0,79	1 795	22 397	0,48	3,75	0,23	3,86	0,85	17,40	9,38	137,99	0,27	5,55	0,10	2,22
Max 2015	10 382	433	8,46	23	22	130	10,00	44	0,10	1,04	1 744	11 282	0,38	2,91	0,23	1,36	0,54	4,46	9,98	59,08	0,34	2,01	0,11	0,65
Max 2016	9 602	400	8,55	23	16	114	7,00	147	0,25	1,97	1 742	12 450	0,36	2,12	0,07	0,47	0,49	3,70	8,98	52,27	0,15	1,15	0,14	0,48
Max 2017	5 282	220	8,63	23	16	56	12,60	264	0,25	1,32	1 778	7 580	0,43	1,59	0,05	0,22	0,90	2,48	8,92	25,80	0,11	0,53	0,02	0,11
Max 2018	8 915	371	8,82	21	5	45	8,20	172	0,05	0,40	1 743	13 574	0,49	2,32	0,05	0,41	0,54	4,19	5,84	31,50	0,15	1,14	0,06	0,36
Normes de rejet à partir d'aout 2018					25		25		2,5		1800		0,5		0,4		0,5		10		0,4		0,4	

Tableau 8 : Autosurveillance sortie site 2014-2018

Les graphiques ci-dessous illustrent l'évolution des débits, des concentrations et des charges en sulfates et en manganèse. Ces paramètres sont suivis plus particulièrement puisqu'ils font l'objet de l'étude.

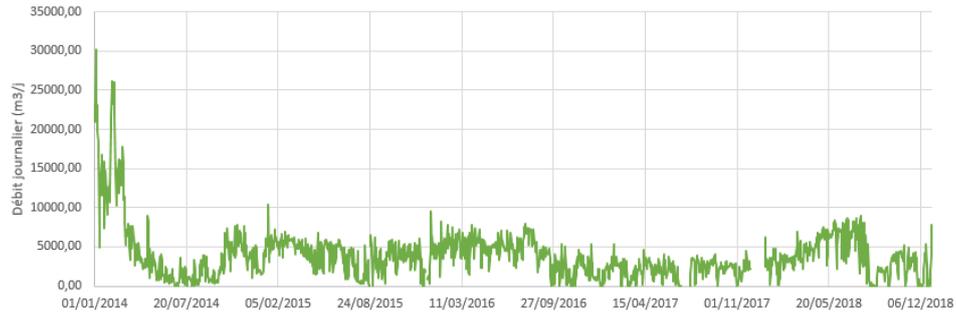


Figure 8 : Débits en sortie site 2014-2018

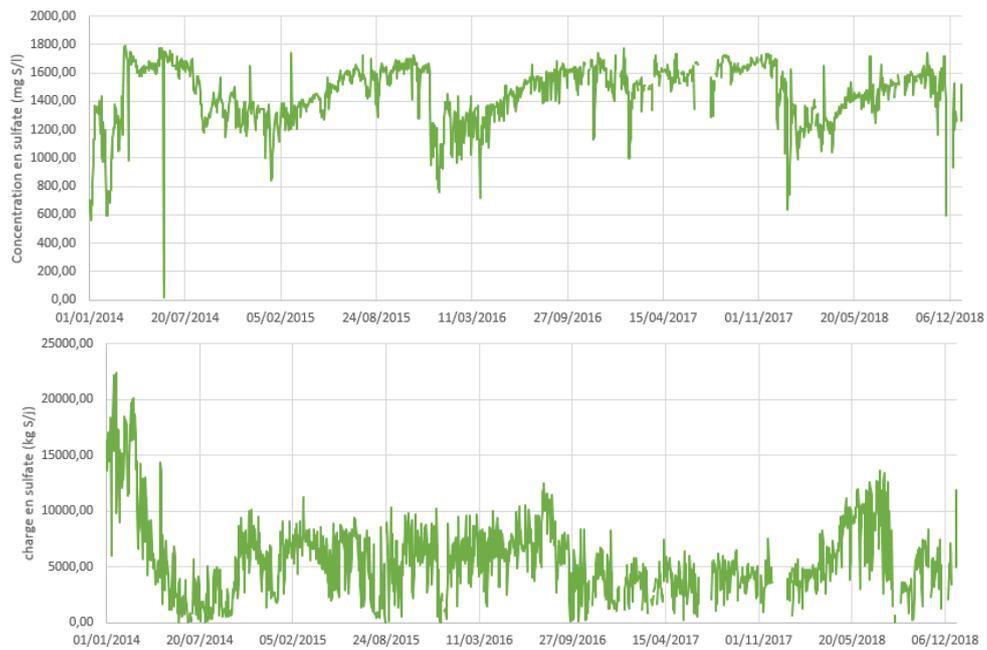


Figure 9 : Concentrations et charges en sulfates en sortie site 2014-2018

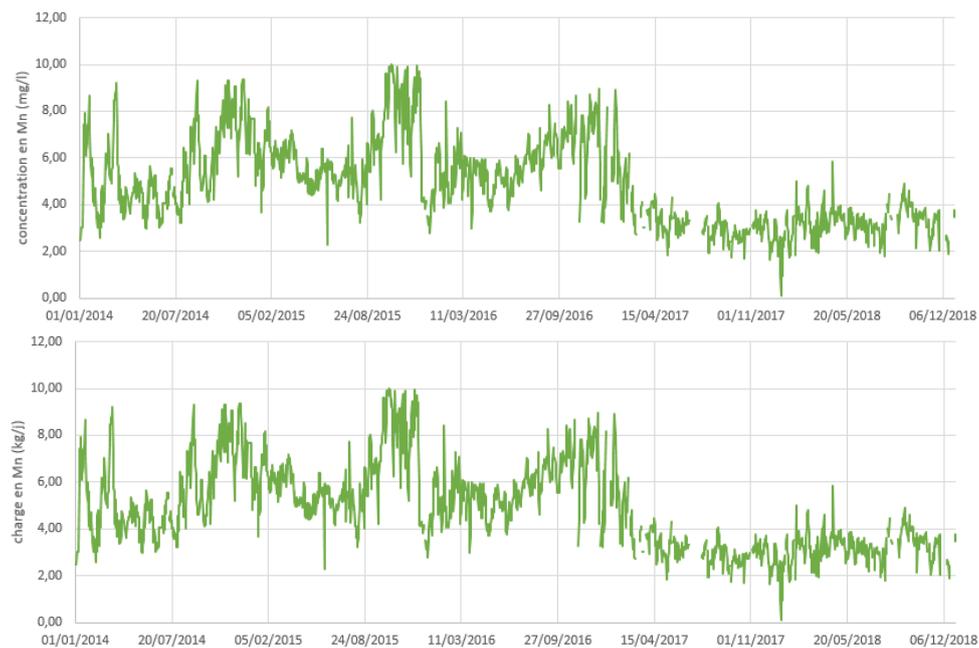


Figure 10 : Concentrations et charges en manganèse en sortie site 2014-2018

Commentaires :

Les données d'autosurveillance des années 2014 à 2018 montrent que:

- Les volumes d'effluents rejetés varient selon les années en moyenne entre 2 090 m³/j (année sèche) et 5 316 m³/j (année pluvieuse). Le calcul des valeurs au 95^{ème} centile montre une évolution similaire plus accentuée encore (3 585 m³/j en 2017 – année sèche et 18 629 m³/j en 2014 – année pluvieuse). A partir de 2015 les débits sont relativement stables au cours du temps en raison notamment du basculement de la fosse 2 comme fosse de stockage (grande capacité tampon).
- En ce qui concerne les sulfates, les concentrations varient selon les années entre 718 mg/l (minima 2016 – la valeur de 18 mg/l en 2014 semble aberrante) et 1 743 mg/l (95^{ème} centile en 2014). On note une certaine saisonnalité des concentrations avec une baisse des valeurs plus ou moins marquée en hiver (dilution par les précipitations) et une augmentation des concentrations en été (moins de pluie couplée aux phénomènes d'évaporation). Cependant, la concentration moyenne en sulfates sur les 4 dernières années varie peu entre 1392 mg/l en 2018 et 1580 mg/l en 2017 (année sèche). Les charges journalières quant à elles suivent les volumes rejetés. On note ainsi une baisse des charges journalières rejetées en 2017 en raison des faibles précipitations (charge moyenne de 3709 kg/j) ; à l'inverse l'année 2014 particulièrement pluvieuse a enregistré des flux rejetés très importants de l'ordre de 17 224 kg/j au 95^{ème} centile.
- Concernant le manganèse on distingue deux périodes :
 - La période 2014/2016 marquée par des concentrations et des flux en manganèse plus importants : les concentrations moyennes sont alors comprises sur cette période entre 5,55 et 6,19 mg/l pour des charges entre 24,42 kg/j et 28,42 kg/j. On note également une certaine périodicité au cours des différentes années avec une augmentation des concentrations et des flux en deuxième partie d'année.
 - La période 2017/2018 marquée par une baisse significative des concentrations (3,2 à 3,43 mg/l en moyenne sur les deux années) et des charges (entre 15,3 et 25,5 kg/j) au rejet. Ceci s'explique par la mise en place d'une nouvelle installation au niveau de la station Neutralac 3 qui a permis de mieux réguler le pH et ainsi optimiser la précipitation du manganèse.

3.2.2. Sectorisation des effluents

Les points internes du site faisant l'objet d'une surveillance ont été étudiés. Les résultats d'exploitation des données d'autosurveillance au niveau des différents points de suivi du site (Décanteur, Fosse 3, Fosse 2, verse de Kerroué, verse du Sabès, Flottation et Bora) sont présentés ci-après.

3.2.2.1. Suivi des volumes rejetés

L'exploitation des horamètres des pompes, couplée à l'étalonnage des débits ont permis d'estimer les volumes pompés au niveau des différents points. Ces volumes sont présentés ci-dessous en comparaison avec les données de pluviométrie :

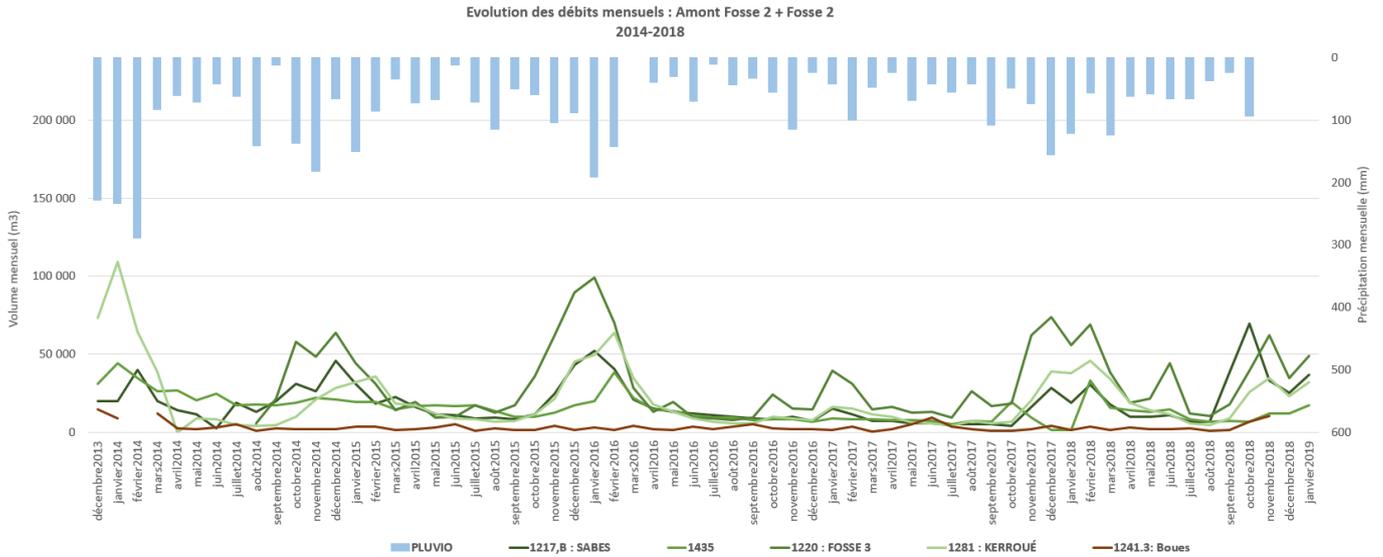


Figure 11 : Evolution des débits en amont de la fosse 2 et de la fosse 2 et de la pluviométrie 2014-2018

La comparaison des volumes pompés avec les précipitations met en évidence une réponse plus ou moins rapide et intense des différents bassins versants en fonction de l'intensité pluvieuse. Ainsi, la fosse 3 et la verse du Sabès présentent la plus forte réactivité aux précipitations tandis que le pompage en pied de digue 1435 et la verse de Kerroué présentent une réaction plus faible décalée dans le temps de plusieurs mois. Les volumes de boues renvoyés vers la fosse 2 dépendent exclusivement de la production, ce point ne présente pas d'interaction avec la pluviométrie.

3.2.2.2. Répartition des charges en polluants

A partir des données de volumétrie calculées et des analyses de concentration, une répartition des flux suivis sur le site a pu être réalisée. On distingue les flux issus de la production (flux verts) et les flux issus de la récupération des eaux de drainages (précipitation et nappes – flux bleus).



Figure 12 : Répartition des charges en sulfates, manganèse, aluminium et fer sur le site entre 2014 et 2018

Commentaires :

Concernant les flux mesurés par le site on peut noter que :

- Les charges en sulfates sont réparties sur les différentes années de la manière suivante : plus des deux tiers des flux suivis par le site proviennent de la production (environ 40 à 50% provenant du décanteur et 20 à 25% de la flottation et des laveurs de gaz). Le reste est réparti entre la fosse 3 et la verse de Kerroué.
- La moitié du manganèse suivi provient également du process : 30 à 50% du manganèse est ainsi issu du décanteur ; la flottation représente une part moindre de l'ordre de 10 à 15%. Sur les années 2014, 2015 et 2016 la verse du Sabès représentait un flux important de l'ordre de 18 à 32 %. A partir de 2017 la répartition sur les différents points de mesures d'eau de drainage est plus équilibrée avec toutefois une part plus importante sur la fosse 3 et sur Kerroué.
- La répartition des charges en fer varie au cours des années : jusqu'à 2017 inclus c'était le Sabès qui apportait la majeure partie, mais la tendance s'est inversée en 2018. Ceci peut s'expliquer par la nature des matériaux stockés sur la verse du Sabès. Il s'agit en effet de produits ferromagnétiques.

3.3. Focus sur l'année 2018

Le nouvel arrêté préfectoral datant du 3 août 2018, un focus sur l'année 2018 a été fait, notamment pour vérifier la conformité du rejet par rapport aux nouvelles valeurs limites présentées au 2.5.3. Dans la partie suivante, celles-ci seront comparées aux résultats de la campagne de mesure.

	Débit	pH	T	DCO		MES		Hydrocarbures		SO ₄ ²⁻		Al		Co		Fe		Mn		Ni		Zn	
	m ³ /j		°C	mg/l	kg/j	mg/l	kg/j	mg/l	kg/j	mg/l	kg/j	mg/l	kg/j	mg/l	kg/j	mg/l	kg/j	mg/l	kg/j	mg/l	kg/j	mg/l	kg/j
Normes de rejet				25		25		2,5		1800		0,5		0,4		0,5		10		0,4		0,4	
Minimum	6	7	3	5	0,053	0,1	0,04	0,005	0,001	596	29	0,04	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03	0,10	0,06	0,03	0,01	0,01	0,01
Moyenne	3 782	8	14	5	20	3	11	0,009	0,03	1 392	5 996	0,14	0,63	0,03	0,11	0,3	1,3	3	14	0,07	0,31	0,02	0,08
95^{ème} centile	7 827	8	21	5	40	5	26	0,04	0,1	1 627	11 779	0,28	1,5	0,04	0,18	0,47	3	4	26	0,10	0,55	0,05	0,21
Maximum	8 915	9	21	5	45	8	46	0,05	0,4	1 743	13 574	0,49	2	0,05	0,41	0,54	4	6	32	0,15	1,14	0,06	0,36
Nombre de valeurs	365	320	320	346	346	318	318	346	340	318	318	319	318	313	311	319	318	319	319	314	313	313	308
Nombre de dépassements				0		0		0		0		0		0		1		0		0		0	

Tableau 9 : Concentrations et charges en sortie de site – Année 2018

Aucun dépassement n'est constaté pour l'ensemble des paramètres au niveau des concentrations sauf pour le fer avec un dépassement. Globalement, sur l'année 2018 les concentrations en sortie de site respectent les concentrations limites définies par l'arrêté préfectoral. Puisque les valeurs limites pour les débits et donc les charges ont été fixées mois par mois, des graphiques synthétisent les données d'autosurveillance correspondantes.

3.3.1. Suivi des volumes journaliers

L'évolution des volumes journaliers sur l'année 2018 est présentée ci-dessous avec :

- Les **débits réels** qui représentent les volumes journaliers comptabilisés chaque jour au niveau du canal de comptage en sortie site
- Les **débits moyennés** qui représentent les volumes mensuels comptabilisés et moyennés jour par jour pour chaque mois

Ces volumes sont comparés aux valeurs limites journalières de l'arrêté du 03 août 2018.

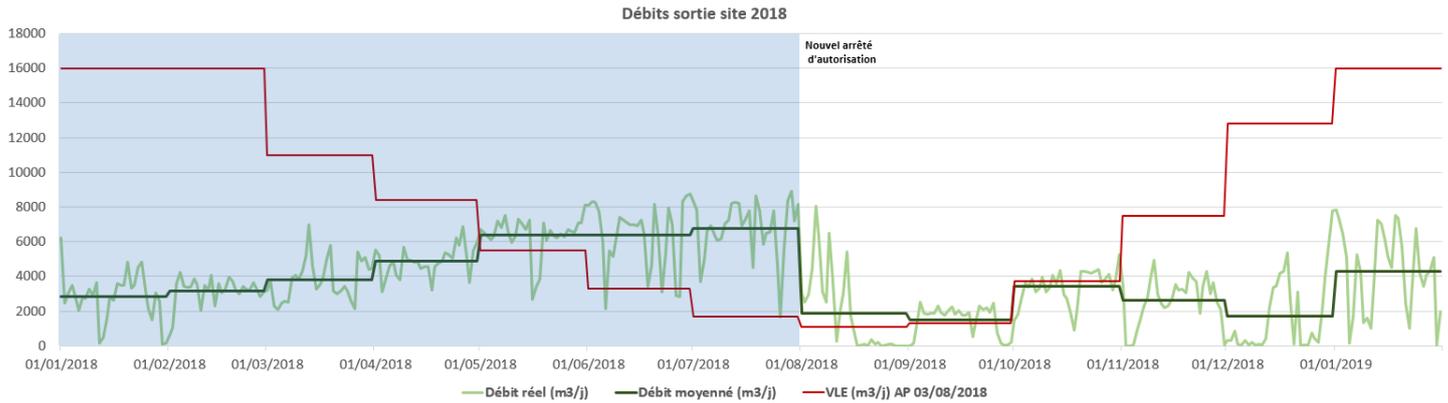


Figure 13 : Débits en sortie site – Année 2018

Commentaires :

- Les débits varient selon les mois de l'année entre 2000 et 9000 m³/j, avec une valeur moyenne sur l'année proche des 3800 m³/j.
- A partir du mois d'août, les valeurs guides de l'arrêté préfectoral sont dans l'ensemble respectées avec des volumes rejetés proches puis inférieurs à celles-ci, depuis son application. Il est également à noter qu'à partir du mois d'octobre les volumes rejetés n'augmentent pas, contrairement à ce que peut permettre le nouvel arrêté. Ceci s'explique par une concentration en fer sur les effluents de sortie non compatible avec un rejet au milieu naturel. Les volumes ont donc été renvoyés vers la fosse 2.

3.3.2. Suivi des concentrations et des charges rejetées

3.3.2.1. Matière organique

L'évolution des concentrations et des charges en DCO (demande chimique en oxygène) et en MES (matières en suspension) est présentée ci-dessous :

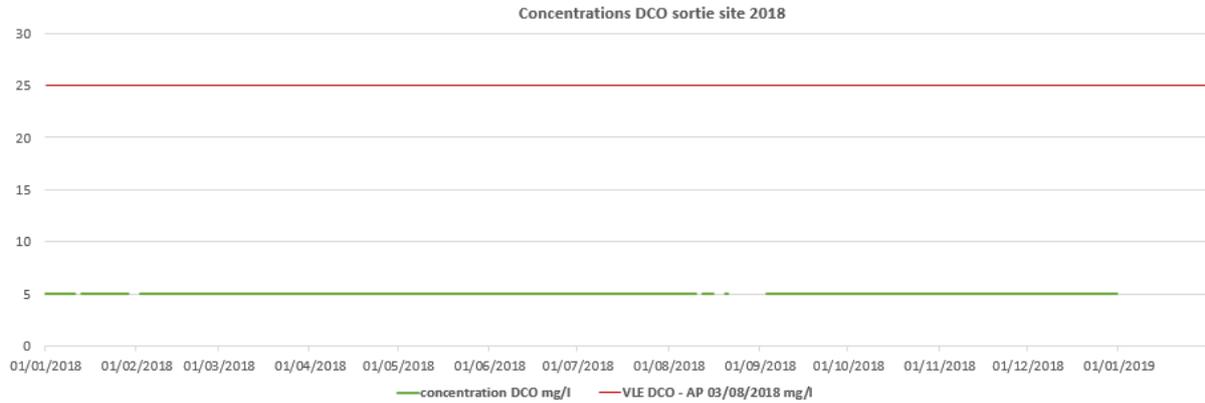


Figure 14 : Concentration (mg/l) en DCO sortie site – Année 2018

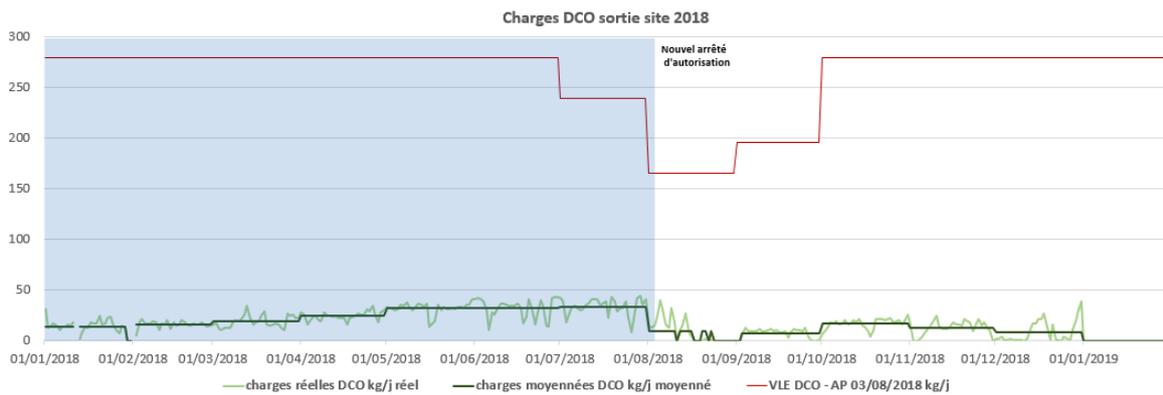


Figure 15 : Charges (kg/j) en DCO en sortie site – Année 2018

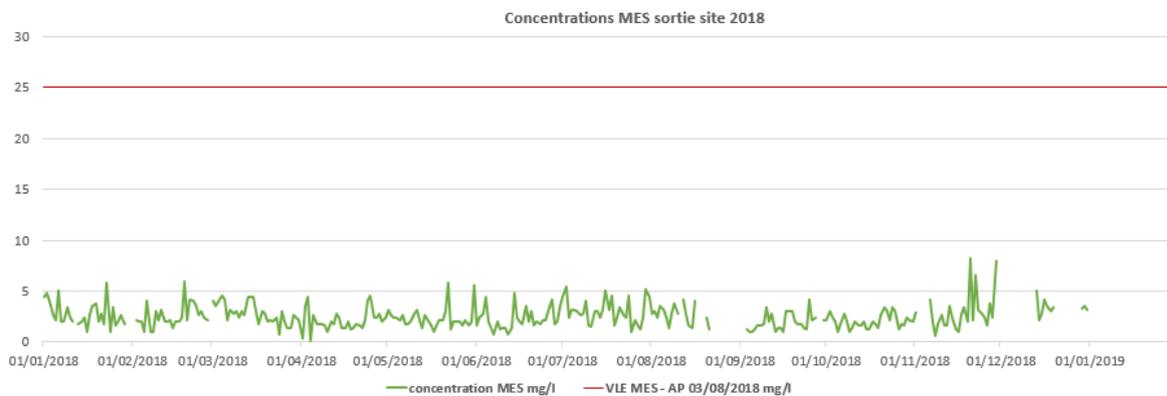


Figure 16 : Concentrations (mg/l) en MES sortie site – Année 2018

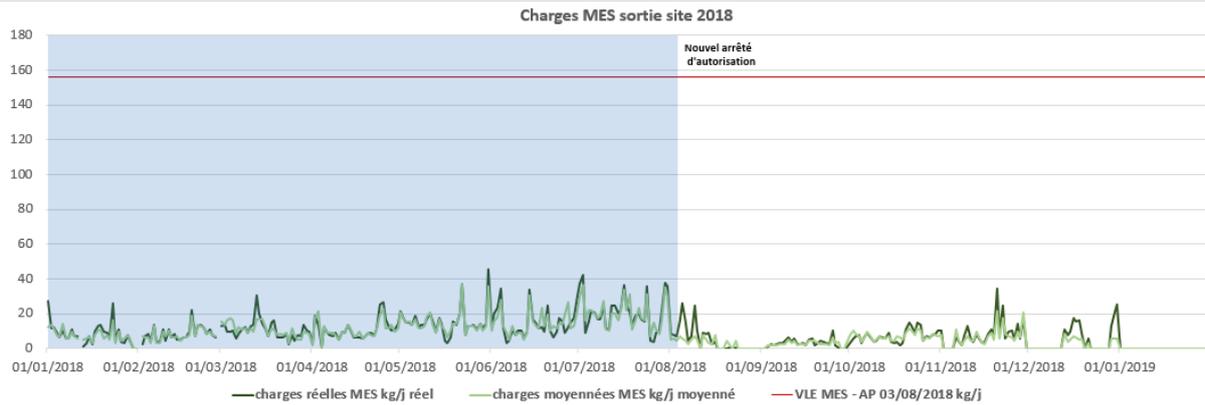


Figure 17 : Charges (kg/j) en MES en sortie site – Année 2018

Commentaires :

- Sur l'année 2018, les charges en DCO sont très faibles. Celles-ci varient principalement en fonction des débits rejetés. En effet, la concentration au rejet en DCO est stable autour des 5 mg/l (limite de quantification).
- Aucun dépassement n'est observé sur la DCO, les valeurs mesurées sont entre 3,5 et 5,5 fois inférieures à la valeur limite d'émission (25 mg/l).
- Les charges en MES et les concentrations varient au cours de l'année mais restent faibles, largement inférieures aux valeurs de l'arrêté (à partir d'août 2018) :
 - Jusqu'à 40 kg/j de MES – 10 kg/j en moyenne pour les charges,
 - 2,51 mg/l en moyenne pour les concentrations avec une pointe à 8,2 mg/l.

3.3.2.2. Sulfates

Les graphiques suivants donnent les charges en sulfates, manganèse et fer. Ce sont les paramètres suivis en priorité dans l'autosurveillance.

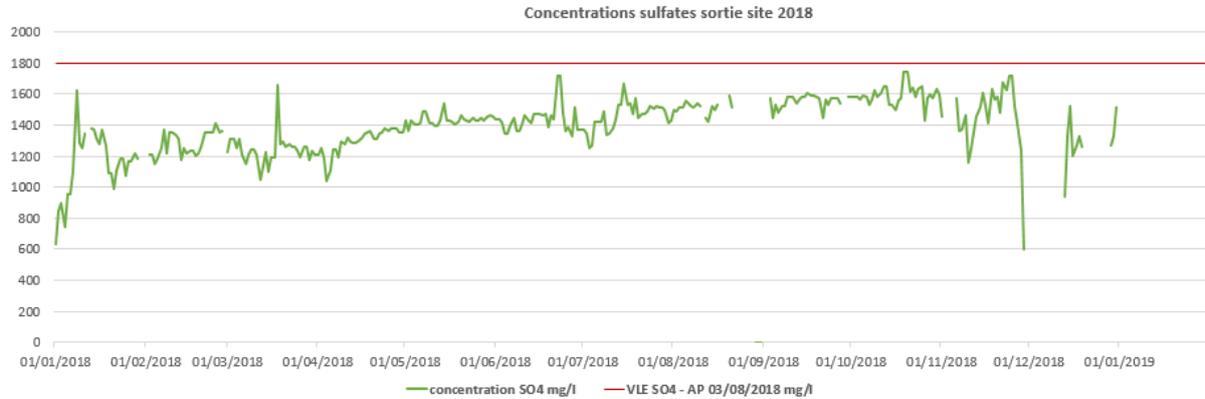


Figure 18 : Concentration (mg/l) en sulfates en sortie site – Année 2018

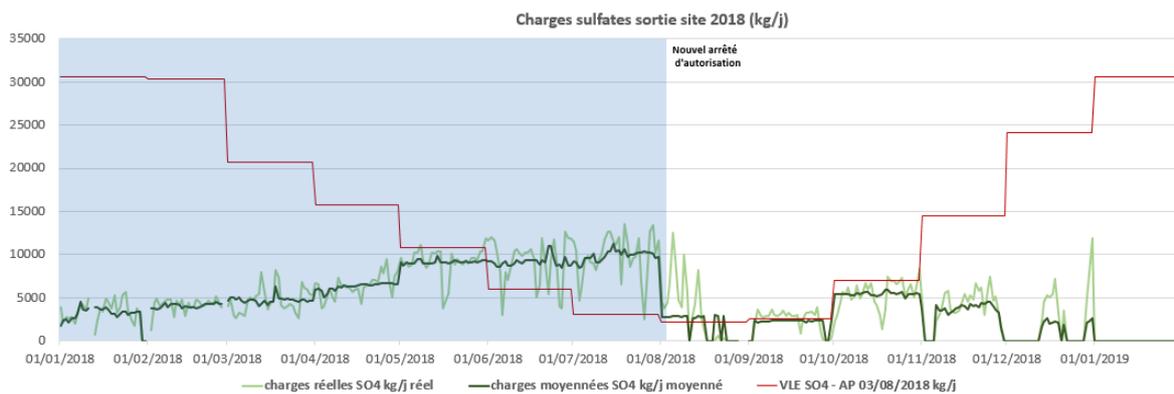


Figure 19 : Charges (kg/j) en sulfates en sortie site – Année 2018

Commentaires :

- Au cours de l'année 2018, on observe une augmentation progressive de la concentration en sulfates au cours du temps. En début d'année, celle-ci se situe aux alentours de 1200 mg/l tandis qu'en fin d'année la concentration dépasse les 1 600 mg/l. Ceci peut être lié en partie aux intempéries puisqu'en début d'année 2019 la concentration en sulfates diminue à nouveau.
- Les charges en sulfates au rejet augmentent progressivement jusqu'au mois d'août 2018 où le nouvel arrêté d'autorisation du site entre en vigueur. A partir de cette date les flux diminuent drastiquement de façon à respecter les valeurs définies dans l'arrêté. On remarque qu'à partir du mois d'octobre les flux restent faibles. Ceci s'explique par les faibles volumes rejetés à partir de cette période.

3.3.2.3. Métaux

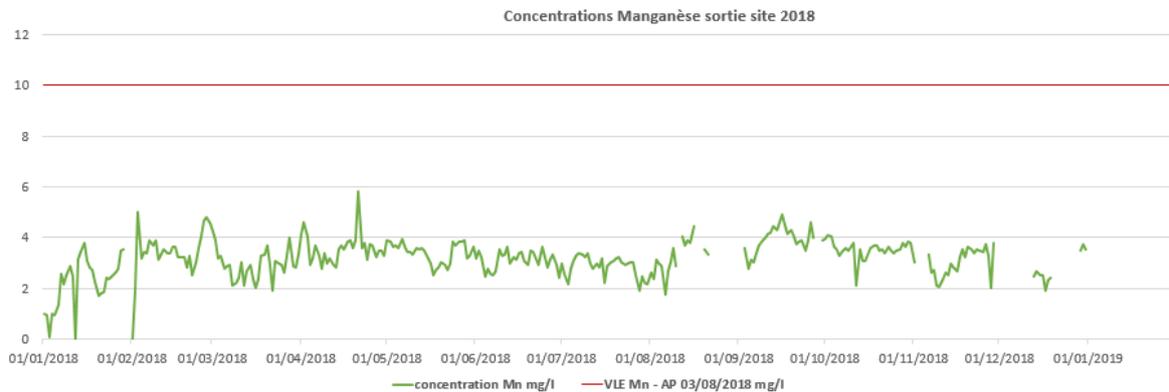


Figure 20 : Concentration (mg/l) en manganèse en sortie site – Année 2018

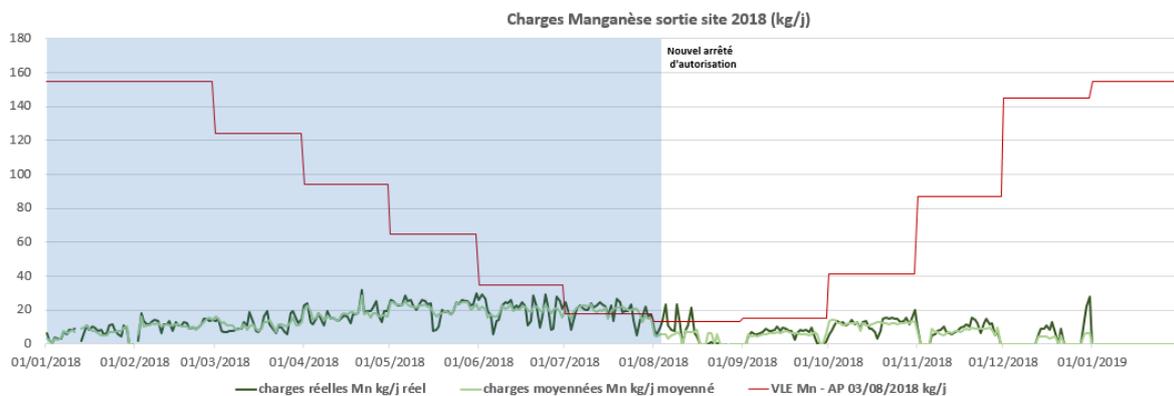


Figure 21 : Charge (kg/j) en manganèse en sortie site – Année 2018

Commentaires :

- Sur l'année 2018, les concentrations en manganèse au rejet restent relativement stables autour des 3,2 mg/l. Les valeurs mesurées sont très inférieures à la valeur limite d'émission de 10 mg/l.
- En ce qui concerne les flux rejetés, les valeurs augmentent progressivement jusqu'à juillet 2018 (environ 30 kg/j) avant de redescendre en dessous de la valeur autorisée par le nouvel arrêté une fois sa mise en application effective.

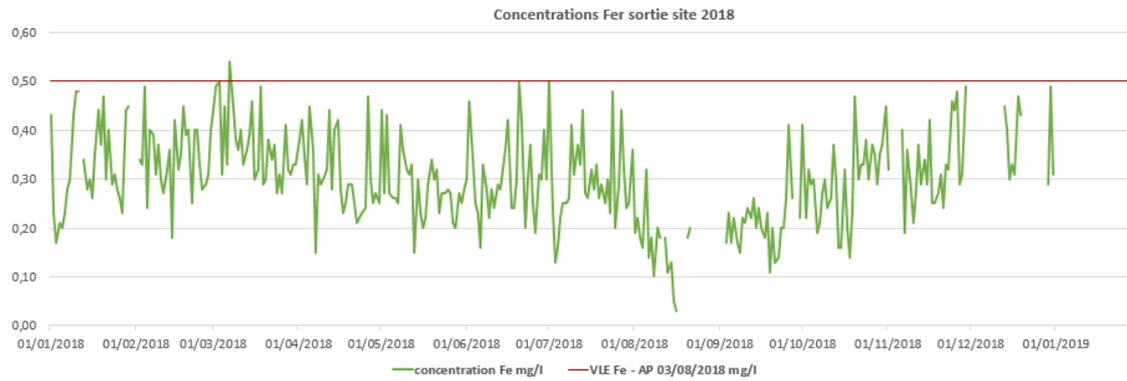


Figure 22 : Concentrations (mg/l) en fer en sortie site – Année 2018

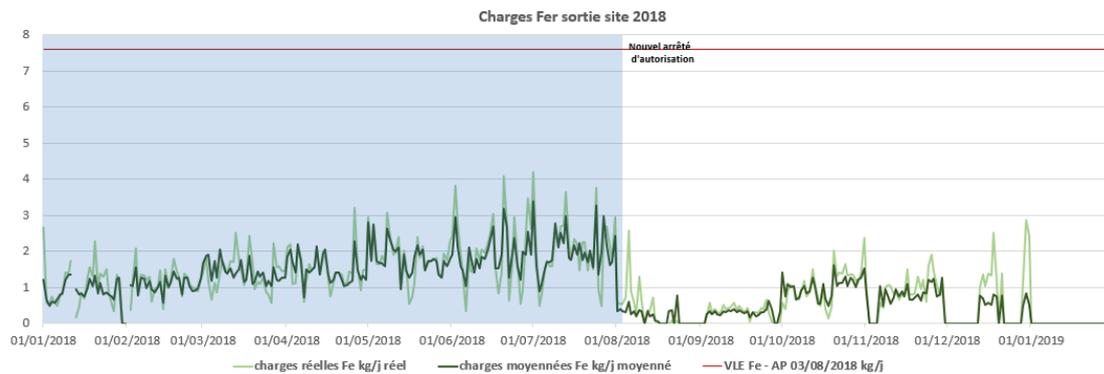


Figure 23 : Charges (kg/j) en fer en sortie site – Année 2018

Commentaires :

- Les concentrations en fer varient de manière importante au cours de l'année de façon plus ou moins erratique. Celles-ci varient ainsi entre 0,1 et 0,55 mg/l. Les périodes sans donnée correspondent aux épisodes où les rejets ont été arrêtés en raison de concentrations en fer non compatibles avec le rejet. Durant ces périodes, l'ensemble des flux ont été renvoyés vers la fosse 2.
- En ce qui concerne les flux, ceux-ci sont largement inférieurs à la valeur autorisée même avant la mise en application du nouvel arrêté.

3.4. Conclusion

L'exploitation des données d'autosurveillance a permis de relever les points suivants :

- Au niveau de la partie amont de la fosse 2, en fonction de la pluviométrie, les différents bassins versants alimentant la fosse réagissent différemment. La fosse 3 et la verse du Sabès (volumes moindres) sont les bassins les plus réactifs en termes de volume et de temps de réaction. Cela s'explique par la surface importante drainée sur ces zones et par le fait que la roche à nue ne permet pas l'infiltration de l'eau. Vient ensuite la verse de Kerroué qui présente un temps de réaction plus lent de plusieurs jours. Les eaux provenant du process de fabrication n'ont pas de réelles interactions avec la pluviométrie.
- La comparaison de la répartition des flux sur les 5 dernières années entre les différents bassins alimentant la fosse 2 montre une certaine stabilité dans le temps en ce qui concerne les sulfates. En effet, ceux-ci sont principalement apportés par le retour du décanteur et de la flottation (+60%). Le manganèse est quant à lui apporté par la verse du Sabès et par le retour du décanteur. Ceci s'explique par le fait que les matériaux stockés sur la verse du Sabès sont constituées de particules sableuses contenant de la biotite riche en manganèse. L'aluminium est principalement apporté par la verse de Kerroué (27 à 40%) et par la verse du Sabès (sauf en 2018). Quant au fer, celui-ci est majoritairement apporté par la verse du Sabès (entre 44 et 66%) et par la flottation. Cela s'explique par le fait que les matériaux stockés sur la verse du Sabès sont issus d'une séparation magnétique.
- En ce qui concerne le rejet du site, celui-ci est conforme pour les paramètres débit, sulfates et manganèse depuis l'obtention du nouvel arrêté préfectoral du 03/08/2018. On observe même de faibles débits rejetés par rapport aux valeurs guides de débits sur les mois de novembre, décembre et janvier en raison du recyclage des eaux traitées. Ceci s'explique par le fait que les eaux à la sortie des bassins de décantation présentaient des concentrations en fer élevées, incompatibles avec un rejet au milieu naturel. Les eaux ont donc été pompées et renvoyées vers la fosse 2.

4. Campagne de mesure

4.1. Présentation de la campagne de mesure

Une campagne de mesure a été réalisée du 22 janvier au 21 février afin de cartographier la gestion des eaux sur le site. Celle-ci a concerné 14 points de mesure. Durant cette campagne, ont été suivis :

- Les débits des différentes sources d'effluents du site sur l'ensemble de la période
- Les concentrations en polluants par la réalisation d'un bilan moyen 48h, du 05/02 au 07/02/19 sur les paramètres suivants :
 - Sur les échantillons bruts : pH, MES, matières sèches, sulfates, manganèse, aluminium et fer,
 - Sur les échantillons filtrés : DCO, sulfates, manganèse, aluminium et fer.
- Les paramètres physico-chimiques (pH, température et conductivité) en continu sur 2 jours du 05/02 au 07/02.
- Les données de pluviométrie collectées au niveau de la station météorologique de Rostrenen, transmises par le site de Glomel.

Le nom des points ainsi que la méthodologie de suivi sont présentés dans le tableau suivante.

Point	Dénomination	Suivi des débits		Prélèvement		Commentaires
		Méthodologie et localisation	Photos	Méthodologie et localisation	Photos	
1	Eaux d'exhaure fosse 3	Etalonnage des pompes et suivi du temps de fonctionnement		Prélèvement asservi au suivi temps fonctionnement pompe		Sortie bac vers pompe 1220, 300 m ³ /h
2	Eaux en provenance de la verse de Kerroué	Etalonnage des pompes et suivi du temps de fonctionnement		Prélèvement dans bassin		Pompe 1281 : 110 m ³ /h
3	Eaux de la verse du Sabès Pompe 1217					Débit nominal de la pompe 1217 : 150 m ³ /h
4	Eaux de la verse du Sabès + Pied digue cyclonée Pompe 1435	Etalonnage des pompes et suivi du temps de fonctionnement		Prélèvement multi flacon dans fosse		Débit nominal de la pompe 1435 : 120 m ³ /h
5	Sortie Fosse 2 vers cuve reprise vers usine	Relevé des données journalières du débitmètre électromagnétique existant		Bac de reprise		Pompes 1426-1427
6	Surnageant eau décanteur	Non suivi				

Point	Dénomination	Suivi des débits		Prélèvement		Commentaires
		Méthodologie et localisation	Photos	Méthodologie et localisation	Photos	
7	Retour boues décanteur vers station Neutralac 1 (puis fosse 2)	Etalonnage des pompes et suivi du temps de fonctionnement retour boues usine		Canalisation d'arrivée entrée station 1		Stériles usine (boues) pompe 1201 Entre 150 et 200 m ³ /h
8	Relevage Flottation + eaux de lavage des gaz	Enregistrement du temps de fonctionnement des pompes		Prélèvement dans le bassin		
9	Sortie usine vers station Neutralac 3 via bassin Richier	Seuil + débitmètre US		En amont du seuil		Forte sédimentation en amont du seuil
10	Aval bassin Richier	Débitmètre hauteur vitesse				
11	Arrivée mélange usine + zone Richier + aire humide drain digue 2 vers station Neutralac 3 (Fossé)	Seuil dans fossé		Ecoulement continu dans fossé V Bora Préleveur monoflacon avec asservissement		Ecoulement continu fossé V Bora
12	Pompage Bassin Bora	Suivi du temps de fonctionnement du groupe électrogène + étalonnage de la pompe de relevage vers le bassin Sabès		Prélèvement sortie canalisation		
13	Effluents de l'ancienne digue (drain digue 1)	Seuil + débitmètre bulle à bulle		Dans canal Monoflacon avec asservissement		

Point	Dénomination	Suivi des débits		Prélèvement		Commentaires
		Méthodologie et localisation	Photos	Méthodologie et localisation	Photos	
						
14	Rejet site	Débitmètre Bulle à bulle		Préleveur existant		

Tableau 10 : Matériels utilisés pendant la campagne de mesure

Le programme de surveillance du site ne permettant pas de réaliser une cartographie complète des flux entrants et sortants, une campagne de mesure a été réalisée. Cette campagne a permis de suivre la majorité des flux circulants sur le site :

- En amont de la fosse 2, les points suivants ont été suivis : le pied de digue cyclonée 1435 (point 4), la verse de Kerroué (point 2), la fosse 3 (point 1), le décanteur : les boues et les eaux (points 6 et 7), la verse du Sabès (point 3), les eaux de la flottation (point 8) et le bassin Bora (point 12). Les horamètres des pompes sont suivis pour l'évaluation des débits.
- La fosse 2 (point 5).
- En aval de la fosse 2 : le rejet usine (point 9), le drain ancienne digue (point 13), le fossé V Bora (point 11), le bassin Richier (point 10) et la sortie site (point 14). Parmi ces points, seule la sortie site est suivie en autosurveillance (débits et analyses chimiques).

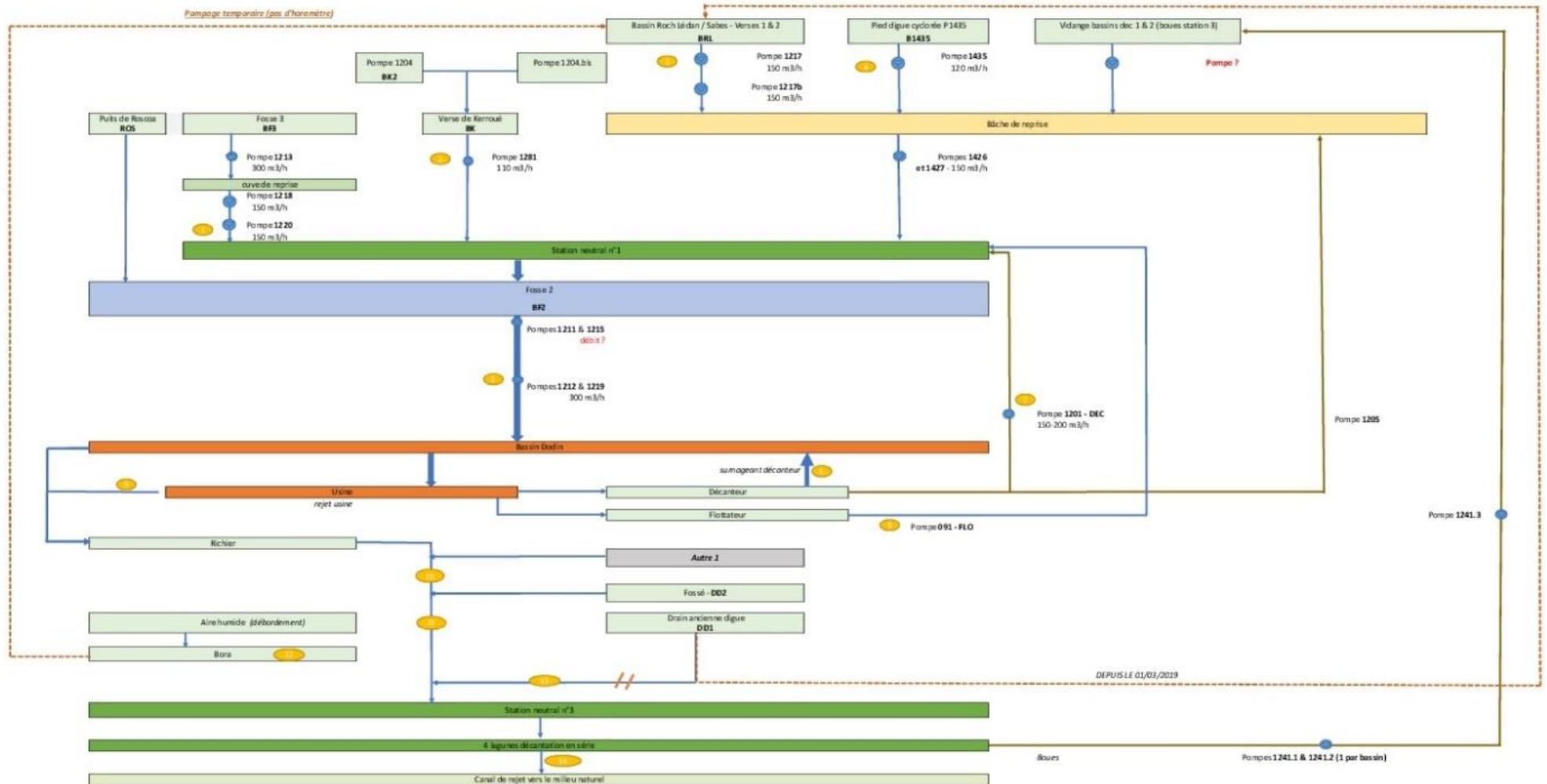


Figure 24 : Emplacement des points de mesure

4.2. Résultats de la campagne de mesure

Les résultats de la campagne de mesure ont été séparés et exploités en trois parties : les flux en amont de la fosse 2 (eaux collectées par le site), les flux pompés par la fosse 2 (pour le process ou pour le rejet), et les flux en aval de la fosse 2 constituant le rejet final.

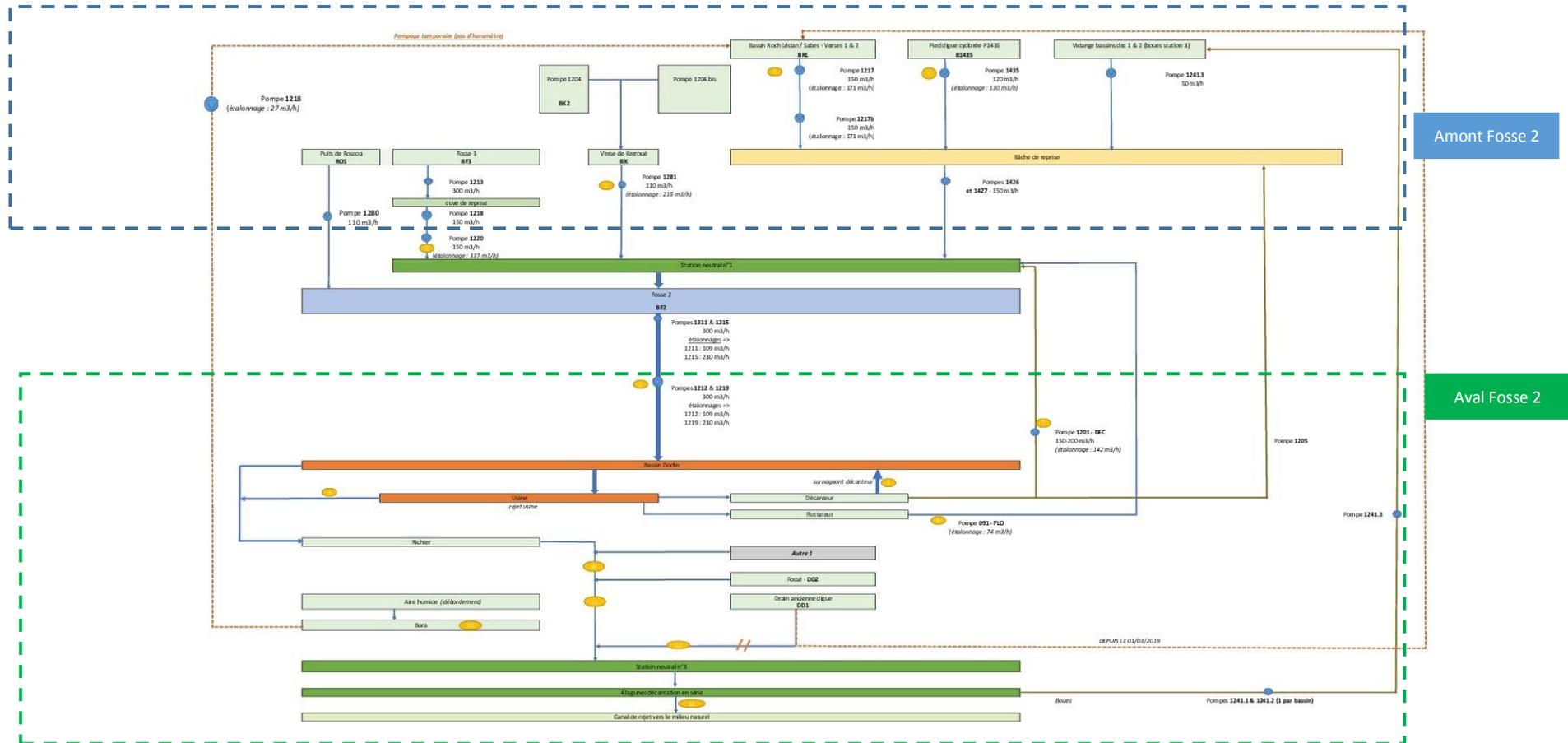


Figure 25 : Emplacement des points de mesure en amont et en aval de la fosse 2

4.2.1. Amont fosse 2

4.2.1.1. Débits

4.2.1.1.1. Suivi des débits mesurés

Les débits caractéristiques des points se situant en amont de la fosse 2 (points 1, 2, 3, 4, 7, 8 et 12) sont regroupés dans le tableau ci-dessous. Durant la campagne, la pluviométrie a également été suivie de manière à corrélérer les débits mesurés aux précipitations.

Campagne de mesure du 28/01 au 21/02/2019	Pluviométrie	P1435 : Pied de digue cyclonée		Verse de Kerroué		Fosse 3		Verse du Sabès		Décanteur		Flottation		P1211-1212 Pompage fosse 2	
		Débit moyen horaire	Volume journalier	Débit moyen horaire	Volume journalier	Débit moyen horaire	Volume journalier	Débit moyen horaire	Volume journalier	Débit moyen horaire	Volume journalier	Débit moyen horaire	Volume journalier	Débit moyen horaire	Volume journalier
		mm/j	m3/j	m3/h	m3/j										
min	0	486	20	727	30	1 173	49	815	34	2 101	88	516	21	2,7	202
moyen	4	645	27	1 172	49	2 048	85	1 594	67	3 285	137	1 594	66	194	4 030
max	17	916	38	2 074	86	4 438	185	3 940	164	3 408	142	1 776	74	299	6 335
somme	91		640		1 173		1 962		1 597		3 290		1 593		96 723

Tableau 11 : Débits horaires et volumes journaliers - Amont fosse 2 du 28/01 au 21/02/19

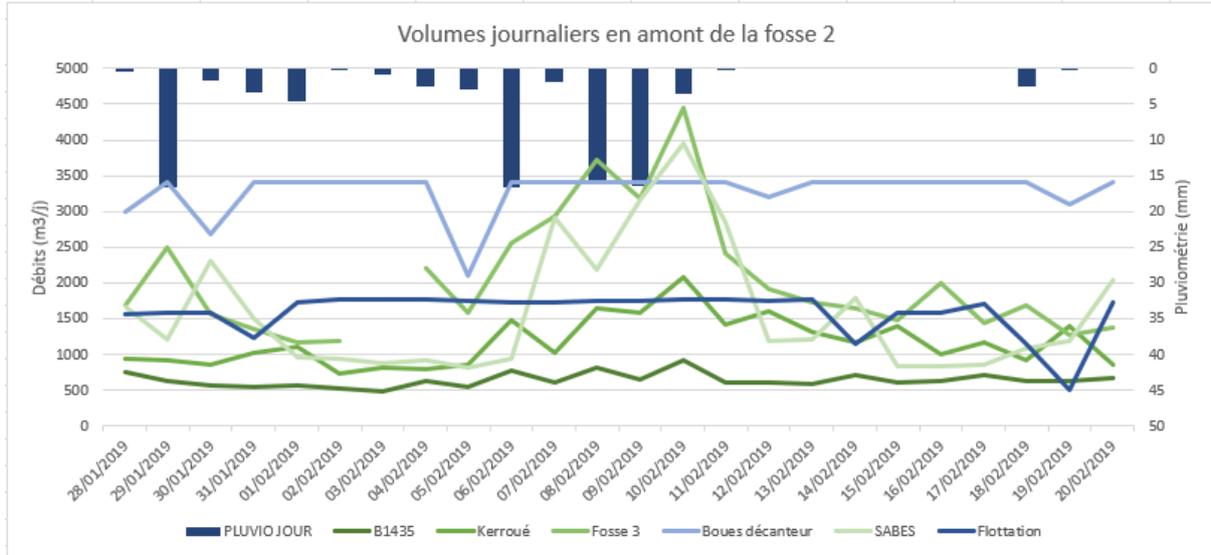


Figure 26 : Evolution des débits journaliers en amont de la fosse 2 et répartition des volumes moyens

Commentaires :

- Le tableau met en avant des variations importantes des débits journaliers pour les points fosse 3, verse de Kerroué et verse du Sabès. Ces résultats s'expliquent par le fait que ces trois bassins collectent en grande partie des eaux de ruissellement d'où une forte réactivité.
- En ce qui concerne les boues du décanteur, la flottation et le bassin 1435 : les débits sont relativement stables (environ 1600 m³/j pour la flottation, 3 500 m³/j pour le décanteur et 645 m³/j pour le bassin 1435). Pour le décanteur et la flottation, les débits sont liés à l'activité du site et à son process ce qui explique le peu d'influence de la pluviométrie sur les débits. En ce qui concerne le bassin 1435, celui-ci collecte principalement des eaux provenant de drains qui mettent beaucoup plus de temps à réagir aux épisodes pluvieux.

4.2.1.1.2. Répartition des volumes

A partir de la somme des volumes journaliers moyens de ces points, un diagramme de répartition a été réalisé. Il permet d'illustrer la répartition des volumes collectés au niveau de la fosse 2 :

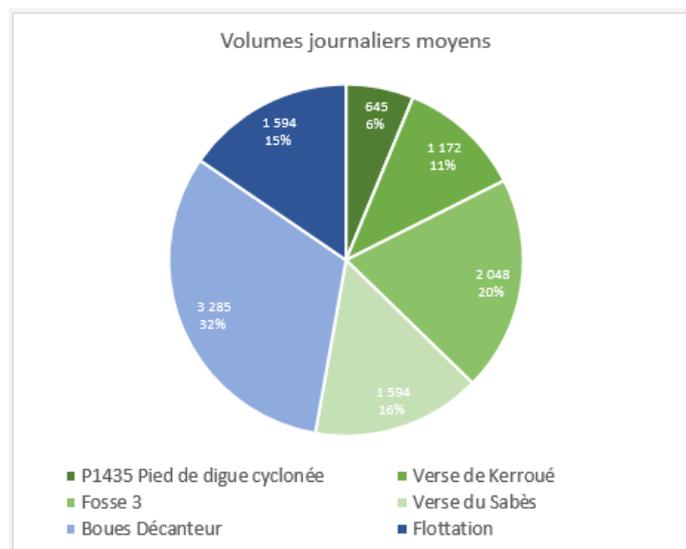


Figure 27 : Répartition des volumes moyens aval fosse 2

Commentaires :

- Selon le diagramme, les volumes en amont de la fosse 2 proviennent principalement des boues décanteur, de la fosse 3 et de la flottation.
- Les effluents générés par l'usine (décanteur et flottation) représentent environ la moitié des volumes (48%) en amont de la fosse 2.

4.2.1.1.3. Estimation des surfaces actives

A partir des données de pluviométries et de débits, une estimation des surfaces actives a pu être réalisée sur la période de la campagne. Les estimations calculées sont présentées dans le tableau suivant. Celles-ci restent à confirmer par un suivi sur le long terme des débits et des précipitations sur ces points et une validation des limites des bassins versants :

		P1435	Verse de Kerroué	Fosse 3	Verse du Sabès
Hauteur de précipitation pendant le temps de pluie	mm	49,2	49,2	49,2	49,2
Débit temps pluie	m ³ /j	2 267	4 715	9 468	6 285
Débit temps sec	m ³ /j	646	1 068	1 546	1 144
Surface active estimée	ha	0,67	3,07	9,82	5,80

Tableau 12 : Estimation des surfaces actives collectées par les différents bassins

4.2.1.2. Répartition des concentrations et des charges

4.2.1.2.1. Concentrations

Les concentrations en polluants des différents effluents en amont de la fosse 2 ont été mesurées lors d'un bilan 48h. Les résultats sont regroupés dans le tableau ci-dessous :

Paramètres	Unités	Rejets Amont Fosse 2						
		Fosse 3	Verse de Kerroué	Verse du Sabès	P1435	Bora	Boues décanteur	Flottation
Manganèse (Mn)	mg/l	6,1	24	26	16	7,5	19	3,5
Manganèse (Mn) dissous	mg/l	6,77	30,9	34,4	21,2	9,61	8,22	4,08
Fer (Fe)	mg/l	280	14	430	170	610	3100	100
Fer (Fe) Dissous	mg/l	38,5	2,81	321	71,6	95,6	0,266	45,8
Aluminium (Al)	mg/l	65	83	38	40	120	1400	29
Aluminium (Al) dissous	mg/l	11,3	110	53,6	51,4	57,2	0,595	9,19
Sulfates	mg SO ₄ /l	760	1100	2000	1700	1000	1500	1500
Matières en suspension (MES)	mg/l	2200	4	230	220	6100	130000	4200
Matières sèches	mg/l	4010	1830	3300	3160	8160	155000	8810
ST-DCO filtrée	mg O ₂ /l	20	<10	65	23	15	<10	28
Mesure du pH	Unités pH	3,3	3,7	3,5	3,5	4,1	5,1	3,7
Température de mesure pH	°C	20	20	20	21	21	21	20

Tableau 13 : Concentrations des points en amont de la fosse 2

Le tableau est illustré ci-dessous par un graphique afin de pouvoir comparer les concentrations en fonction de leurs origines :

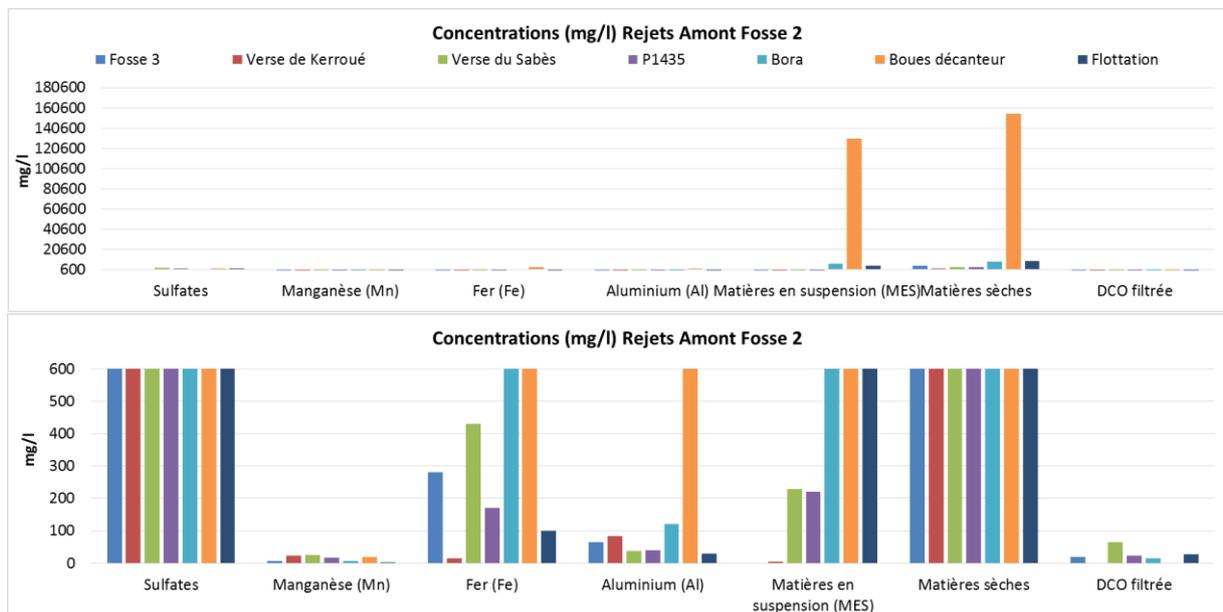


Figure 28 : Concentrations en différents points en amont de la fosse 2

Commentaires :

- Les analyses mettent en évidence une très forte concentration en MES des eaux provenant du décanteur (de l'ordre de 130 g/l). Ceci s'explique par le fait que les eaux suivies contiennent les purges de boues du décanteur.
- Les valeurs en sulfates varient selon les points entre 760 et 2000 mg/l. La fosse 3, la verse de Kerroué et le bassin Bora présentent les concentrations les plus faibles avec des valeurs inférieures à 1000 mg/l. Ceci peut s'expliquer en partie par le fait que les eaux collectées au niveau de ces points sont issues des précipitations et n'ont pas fait l'objet de multiples recyclages au sein du procédé. En effet, on peut constater que les concentrations en sulfates les plus élevées sont observées au niveau de la verse du Sabès (2000 mg/l) et sur les effluents liés à la production (décanteur et flottation : 1500 mg/l). Les eaux provenant de ces points sont en grande partie déjà passées plusieurs fois par le processus de fabrication au sein duquel elles se sont chargées en sulfates, par des injections de produits et des phénomènes de concentration par évaporation.
- Les concentrations en manganèse varient entre 24 - 26 mg/l pour la verse de Kerroué et la verse du Sabès et 35 mg/l au niveau de la flottation : le manganèse est contenu dans les minéraux des stériles ce qui explique cette répartition.
- Les boues du décanteur présentent les valeurs en fer et en aluminium les plus élevées. Ceci est dû à la forte teneur en MES présente dans ces effluents et à la composition minéralogique des boues.

4.2.1.2.2. Répartition des volumes et des flux moyens

Une répartition des volumes et des charges (sulfates, manganèse, fer) a été effectuée à partir des concentrations et des débits moyens mesurés. Elle est comparée, par paramètre, à la répartition des volumes afin de déterminer le pourcentage de volume associé à la majorité du flux de la pollution. On distingue les flux provenant de la production (en bleu) et les flux provenant du drainage minier (en vert).

4.2.1.2.2.1. Sulfates

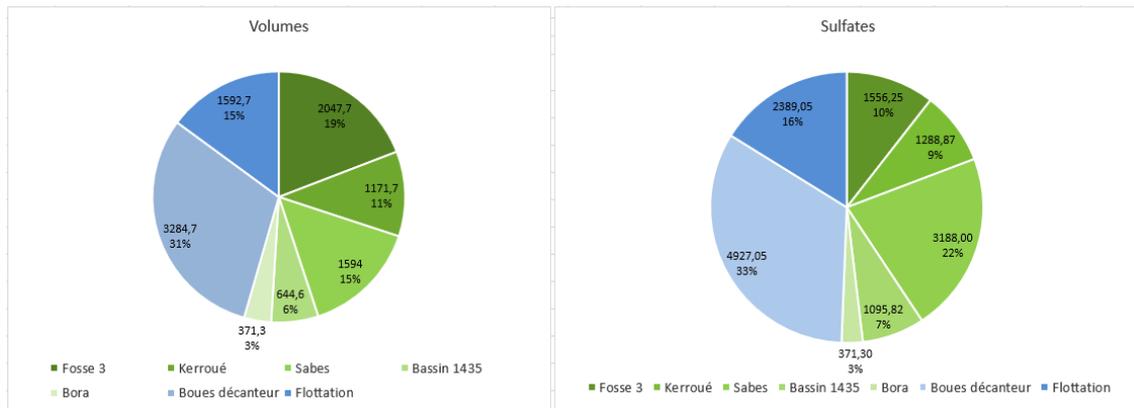


Figure 29 : Répartition des flux (volumes et sulfates) en amont de la fosse 2

Commentaires :

- Il y a une répartition très proche sur les volumes et les charges en sulfates, en raison des concentrations assez proches sur les différents points (voir 4.2.1.2.1).
- Les eaux provenant du process (décanteur + flottation) représentent à elles seules 50% des flux entrants sur la fosse 2.
- La verse du Sabès est le principal contributeur en sulfates pour les eaux de drainage minier. Il représente 22% du flux entrant sur la fosse 2 pour 15% du volume.
- La fosse 3 représente quant à elle 19% du volume mais seulement 10% des flux entrants. Cela s'explique par des concentrations plus faibles en sulfates sur les eaux de la fosse 3.

4.2.1.2.2.2. Manganèse

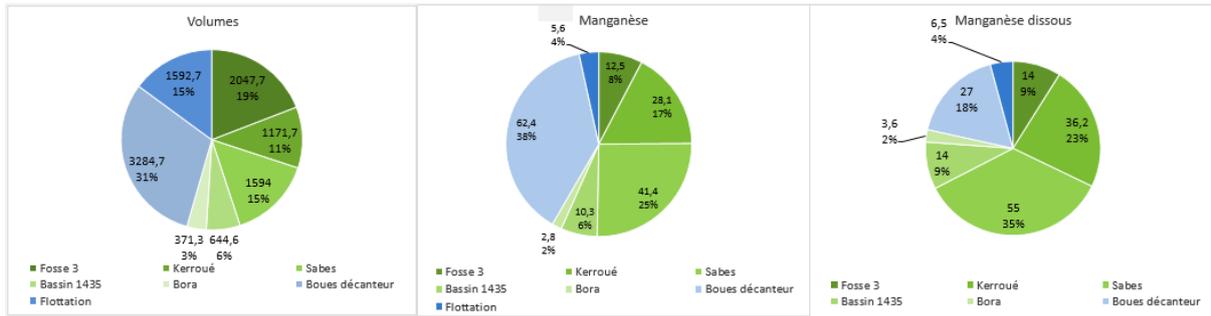


Figure 30 : Répartition des volumes et des flux en manganèse en amont de la fosse 2

Commentaires :

- Le manganèse se retrouve principalement dans les boues du décanteur (38%) sous forme particulaire, comme vu précédemment.
- Les verses du Sabès et de Kerroué sont les seconds contributeurs à l'apport de manganèse principalement sous forme dissoute. A eux deux ils représentent 42% du flux en manganèse total entrant sur la fosse 2 et 58% du manganèse dissous.
- 80% des charges en manganèse sont retrouvés dans 57% du volume (décanteur, Kerroué et Sabès).

4.2.1.2.2.3. Fer

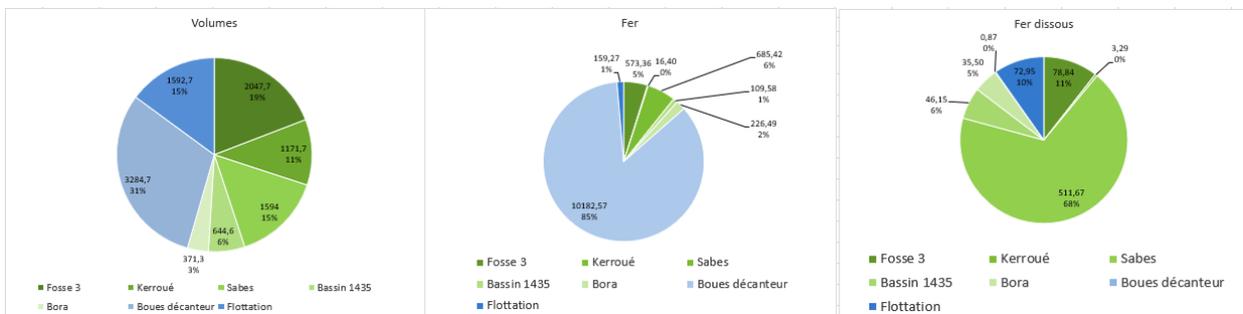


Figure 31 : Répartition des volumes et des flux moyens en fer en amont de la fosse 2

Commentaires :

- Le fer est quasiment exclusivement apporté par les boues du décanteur sous forme particulaire principalement. En effet, ce point représente 85% du flux pour 31% du volume. La verse du Sabès est le second contributeur à l'apport de fer mais sous forme dissoute cette fois. Celui-ci représente 6% du fer total mais 68% de fer dissous.
- La verse de Kerroué présente peu de fer en raison du type de matériaux stockés (non ferromagnétiques).
- La flottation représente quant à elle 15% du volume pour seulement 1% du flux en fer.

4.2.1.2.3. Répartition des charges particulaires et dissoutes

Les analyses sur les métaux, aux différents points, ont été effectuées à la fois sur leur fraction dissoute et sur leur forme particulaire. La répartition des charges particulaires et dissoutes des métaux (manganèse et fer) est illustrée sur les graphiques ci-dessous pour les différents points suivis en amont de la fosse 2 :

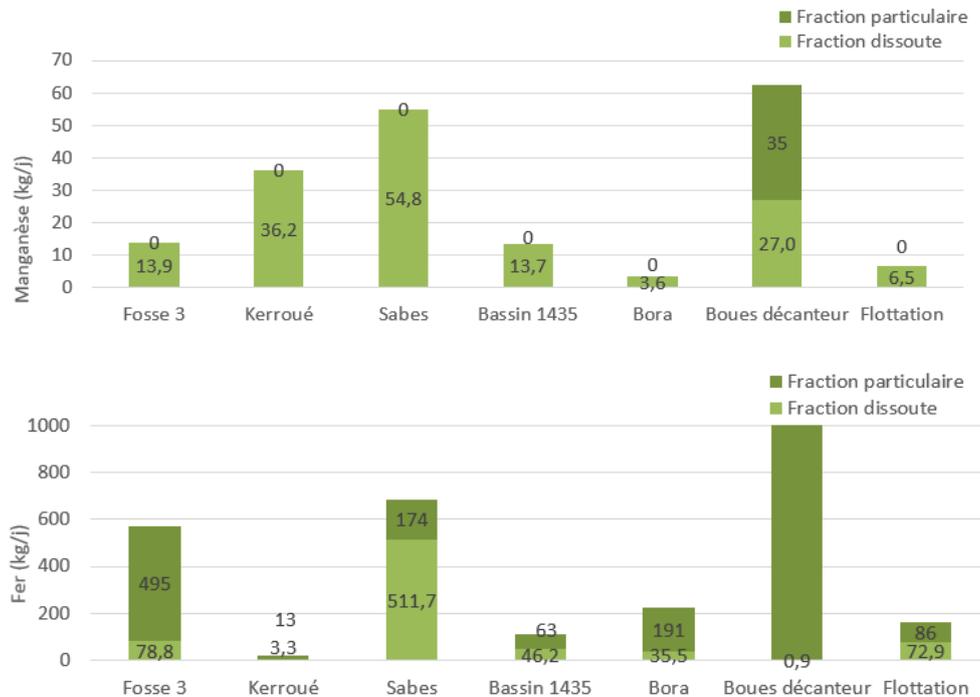


Figure 32 : Répartition des formes dissoutes/particulaires en différents points en amont de la fosse 2

Commentaires :

- Le manganèse est principalement sous forme dissoute sur l'ensemble des effluents suivis sauf au niveau du décanteur qui présente une part de manganèse particulaire importante en raison de la très forte concentration en MES de cet effluent. Ceci s'explique par un pH des eaux assez faible (<7) pour la plupart.
- Concernant le fer, la forme particulaire est prédominante sur la plupart des effluents ; en particulier sur les boues du décanteur, la fosse 3, et le bassin Bora.

4.2.1.3. Suivi des mesures physico-chimiques

Les résultats des mesures physico-chimiques réalisés sur les points en amont de la fosse 2 sont regroupés dans le tableau ci-dessous :

		Minimum	Moyenne	95 Centile	Maximum
pH	Fosse 3	3,8			4,0
	P1435 Pied digue cyclonée	3,4			3,4
	Verse de Kerroué	3,4			3,4
	Verse du Sabès	3,2			3,5

Température (°C)	Fosse 3	9,4	9,6	9,8	9,8
	P1435 Pied digue cyclonée	9,8	9,9	9,9	9,9
	Verse de Kerroué	9,1	9,5	9,8	9,8
	Verse du Sabès	8,8	9,1	9,5	9,5

Conductivité (µS/cm)	Fosse 3	721	1009	1268	1297
	P1435 Pied digue cyclonée	2277	2541	2779	2806
	Verse de Kerroué	1531	1598	1659	1666
	Verse du Sabès	2265	2586	2875	2907

Tableau 14 : Mesures physico-chimiques en amont de la fosse 2

4.2.1.3.1. Fosse 3

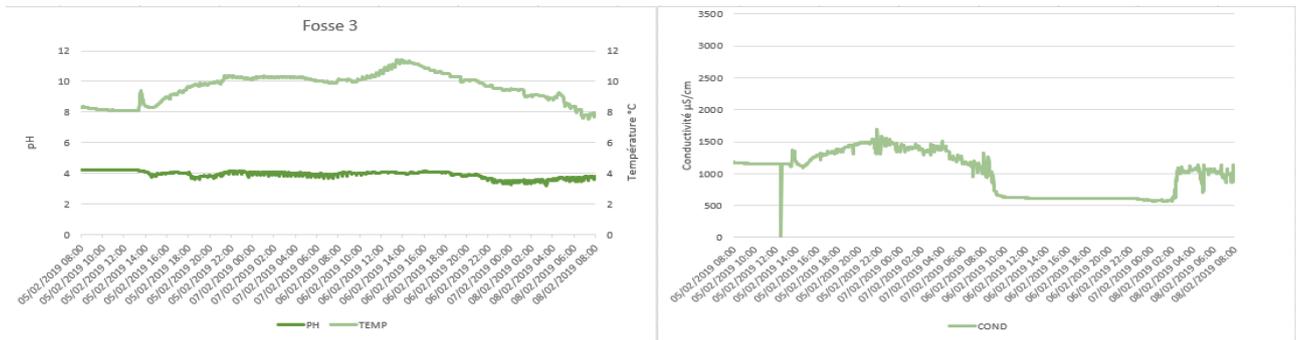


Figure 33 : Suivi du pH, de la température et de la conductivité pour la fosse 3

Commentaires :

- Le pH est acide et reste stable au cours des 48h, avec un minimum de 3,8 et un maximum de 4, tandis que la température varie un peu plus avec une moyenne de 9,6°C et un max de 9,8°C.
- La conductivité est plutôt faible avec une moyenne de 1009 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Etant donné que la fosse 3 collecte des eaux pluviales, il est normal que les effluents soient moins chargés.

4.2.1.3.2. Pied de digue cyclonée 1435

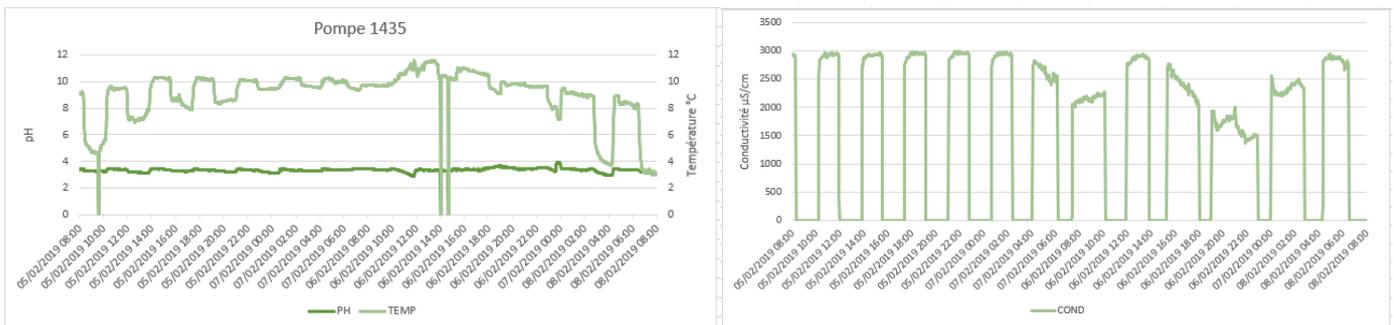


Figure 34 : Suivi du pH, de la température et de la conductivité du pied de digue cyclonée

Commentaires :

- Le pH est acide et stable autour de 3,5.
- La conductivité varie de manière importante. Les décrochages sont liés à un dénoyage de la sonde (fort marnage au niveau du point de mesure entraînant en niveau bas une mise hors d'eau de la sonde). En période de fonctionnement les valeurs de la conductivité varient entre 1560 et 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
- En ce qui concerne la température, les variations observées sont liées au phénomène de dénoyage de la sonde. La température est stable, proche des 10-12°C.

4.2.1.3.3. Verse de Kerroué

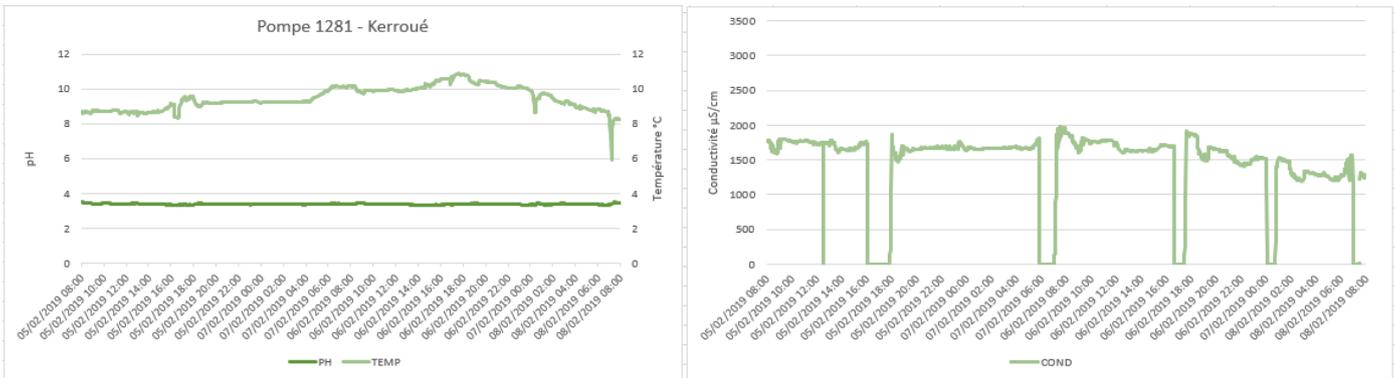


Figure 35 : Suivi du pH, de la température et de la conductivité au niveau de la verse de Kerroué

Commentaires :

- Le pH est acide et stable au cours du temps autour d'une valeur de 3,4. La température varie peu autour des 9°C.
- Concernant la conductivité, des dénoyages ont été observés. En fonctionnement normal, la conductivité moyenne est de 1559 $\mu\text{S}/\text{cm}$ avec un maximum à 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

4.2.1.3.4. Verse du Sabès

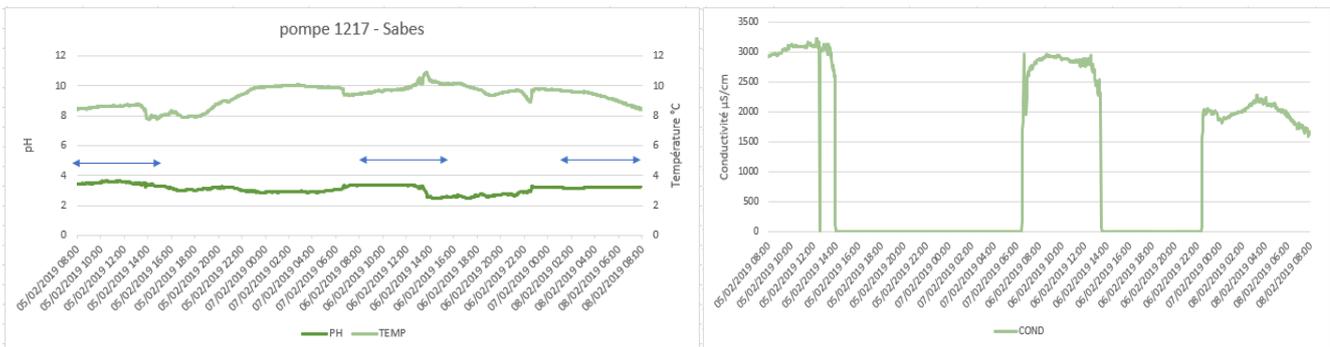


Figure 36 : Suivi du pH, de la température et de la conductivité des effluents issus de la verse du Sabès

Commentaires :

- Le pH est stable avec des valeurs comprises entre 3,2 et 3,5 (valeurs exploitables au niveau des flèches sur les graphiques).
- La température est stable également autour des 8,5°C.
- Concernant la conductivité, un fort dénoyage de la sonde au cours des mesures a eu lieu en raison d'un important marnage. La conductivité est proche des 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ puis baisse à 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

4.2.1.4. Conclusion cartographie amont fosse 2

La cartographie réalisée en amont de la fosse 2 a permis de mettre en évidence les points suivants :

- Les eaux renvoyées vers la fosse 2 présentent un pH acide caractéristique des eaux provenant de drainage minier (les valeurs mesurées se situent la plupart du temps entre 3 et 4).
- Les eaux sont assez minéralisées puisque les valeurs de conductivité fluctuent entre 900 et plus de 3000 $\mu\text{s}/\text{cm}$ sur la verse du Sabès et le bassin 1435 (pompes 1217 et 1435).
- Les volumes entrants sur la fosse 2 sont répartis de manière éclatée. Lors de la campagne, les eaux issues du process de purification de l'andalousite représentaient environ 50% des volumes entrants. Il s'agit d'eaux recyclées qui se chargent progressivement en sulfates, en manganèse et en fer au fur et à mesure de leur passage dans le process. Ceci se traduit par des concentrations en polluant plus importantes au niveau des effluents de l'usine.
- Les eaux issues des premiers drainages (fosse 3 et verse de Kerroué) présentent des concentrations en polluant plus faibles que les eaux issues du process de fabrication.
- Les concentrations en sulfates sont relativement homogènes (plus faible concentration sur fosse 3 et bassin Kerroué) ce qui induit une répartition diffuse de la pollution entrante.
- Le manganèse est principalement amené par les verses du Sabès et de Kerroué tandis que le fer est apporté quasi exclusivement par le décanteur en raison de sa très forte concentration en MES. Ces MES sont particulièrement chargées en particules ferromagnétiques en raison du système de sélection du process par séparation magnétique.

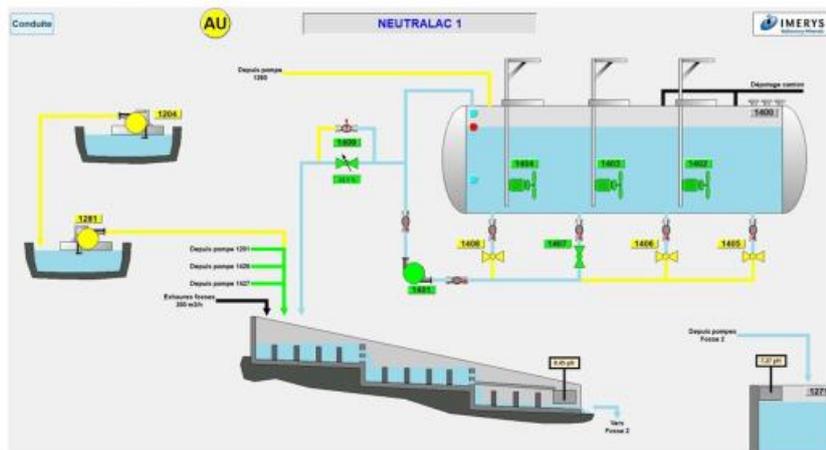
4.2.2. Fosse 2

4.2.2.1. Neutralisation entrée fosse 2

Les effluents arrivant sur la fosse 2 passent par une station de neutralisation appelée Neutralac 1. Cette station est constituée d'une cuve de chaux en poudre à l'intérieur de laquelle un ajout d'eau est réalisé pour fabriquer un lait de chaux.

Le lait de chaux est ensuite injecté dans un canal d'homogénéisation à l'entrée duquel toutes les eaux amont fosse 2 convergent. Une consigne de pH (~ 7) régule l'injection de chaux. Le mélange ainsi neutralisé est envoyé dans la fosse 2 afin d'être décanté. Les particules s'accumulent en fond de fosse tandis que l'eau surnageante neutralisée est pompée afin d'alimenter le process de fabrication et/ou être renvoyée vers la seconde station de traitement Neutralac 3, avant rejet au milieu naturel.

Synoptique TdE – Neutralac 1



TdE Neutralac1



Arrivée effluents

Injection lait de chaux

Figure 37 : Synoptique station Neutralac 1

NB : La concentration en lait de chaux au sein du silo n'est pas maîtrisée. Celle-ci varie en fonction de la quantité de chaux encore présente dans le silo et de la quantité d'eau introduite. De ce fait, la régulation du pH n'est pas optimale.

Au cours de la campagne, un suivi des débits et une analyse ont été réalisés sur le pompage des eaux clarifiées de la fosse 2.

4.2.2.2. Suivi des débits mesurés

Les débits en sortie de la fosse 2 ont été suivis grâce aux pompes 1211, 1212, 1215 et 1219. Les pompes 1211 et 1215 sont en série, tout comme les pompes 1212 et 1219. Un débit pour deux pompes est présent dans le tableau suivant. Celui-ci regroupe les valeurs minimales, moyennes et maximales des débits des pompes.

Campagne de mesure du 28/01 au 21/02/2019	Pluviométrie	1211-1212		1215-1219	
		Débit moyen horaire	Volume journalier	Débit moyen horaire	Volume journalier
	mm/j	m ³ /h	m ³ /j	m ³ /h	m ³ /j
min	0	2,7	202	0,1	3,5
moyen	3,8	194	4 030	93	2 284
max	16,6	299	6 335	225	4 819
somme	91,2		96 723		54 825

Tableau 15 : Débits mesurés lors de la campagne de mesure en sortie de la fosse 2

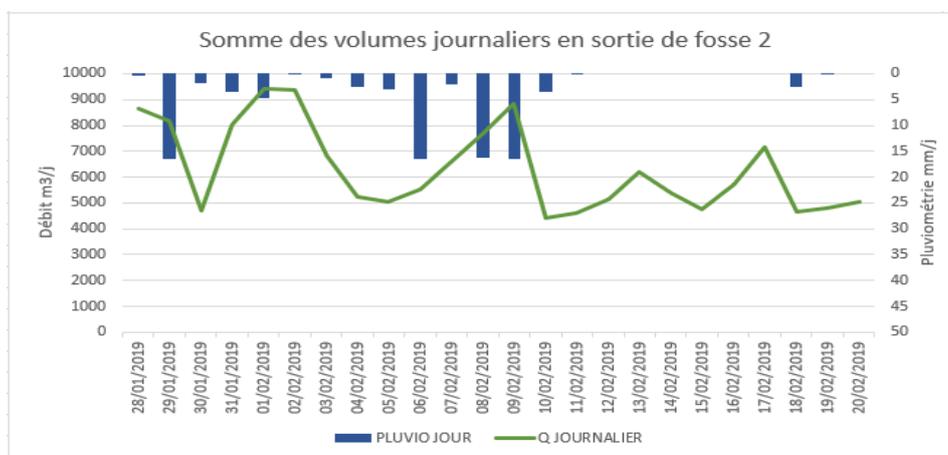


Figure 38 : Suivi de la somme des débits journaliers en sortie de la fosse 2

Commentaires :

- Le suivi des débits met en avant des variations importantes des débits horaires et journaliers. Ces fluctuations de débits ne sont pas systématiquement liées aux précipitations. Le débit minimal est de 202 m³/j pour un débit maximal mesuré à 6 335 m³/j pour les pompes 1211 et 1212, par exemple.
- La somme des débits pompés présentée au niveau du graphique illustre ces fluctuations avec des volumes pompés oscillant entre 4 000 et 9 000 m³/j. Une partie de ces eaux est utilisée pour le process tandis que le surplus est envoyé via le trop plein du bassin Dodin vers le bassin Richier puis vers la seconde station de traitement Neutralac 3, avant rejet au milieu naturel.

4.2.2.3. Répartition des concentrations et des charges

4.2.2.3.1. Concentrations

Les concentrations des différents paramètres suivis au cours de la campagne de mesure en sortie de la fosse 2 sont dans le tableau ci-dessous.

Paramètres	Concentrations des eaux de la fosse 2 (mg/l)
Manganèse (Mn)	3,7
Fer (Fe)	1,4
Aluminium (Al)	0,23
Sulfates	1500
Matières en suspension (MES)	20
Matières sèches	2350
DCO filtrée	<10
Mesure du pH	6,7
Température de mesure pH	20

Tableau 16 : Concentrations (mg/l) en sortie de la fosse 2

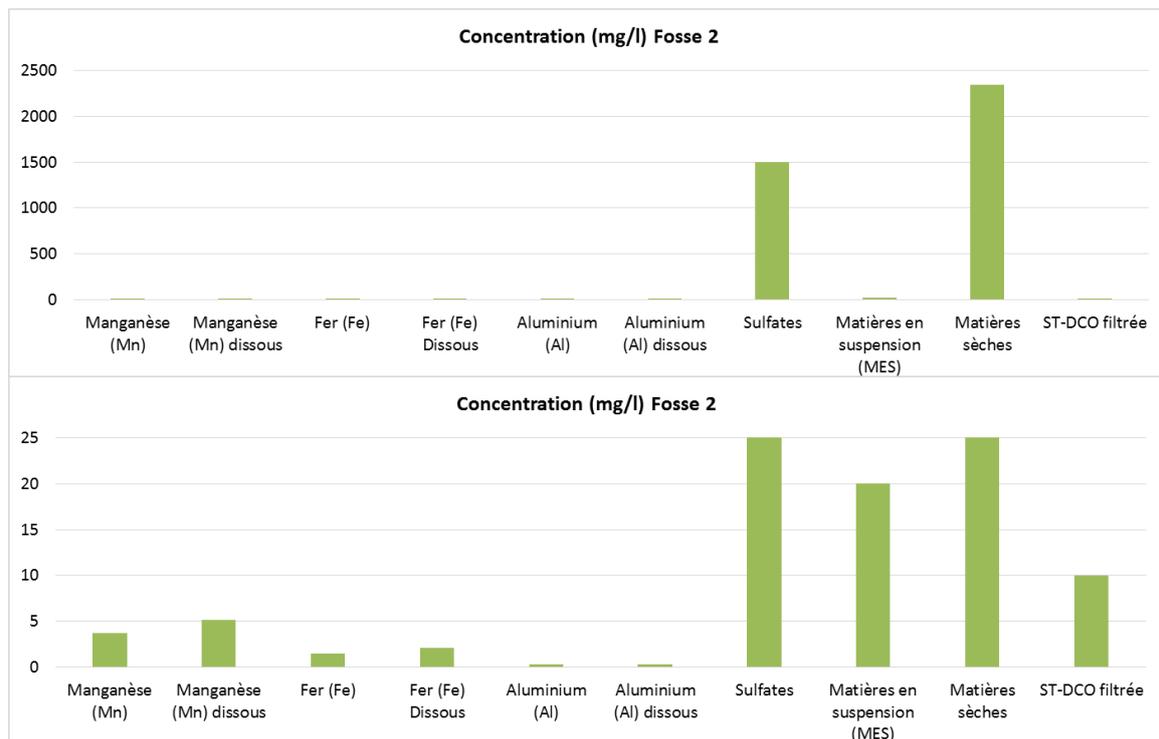


Figure 39 : Concentration des différents paramètres en sortie de la fosse 2

Commentaires :

- La fosse 2 est très chargée en matières sèches (2 350 mg/l), ce qui traduit une forte minéralité de l'eau. Cette forte minéralité est issue de la saturation de l'eau en chaux (calcium).
- Le pH des eaux de la fosse 2 est quasi à la neutralité (pH=6,3) ce qui met en évidence une neutralisation partielle des effluents entrants dont les pH oscillent entre 3 et 4.

- La concentration en sulfates mesurée sur les eaux surnageantes de la fosse 2 est dans la fourchette haute des concentrations analysées sur les eaux entrantes de la fosse 2 à savoir 1500 mg/l. L'abattement en sulfates lié à la précipitation de gypse par réaction avec la chaux est donc limité.
- La fosse 2 est en général très peu concentrée en métaux (Mn, Fe et Aluminium). La neutralisation à la chaux en entrée de fosse 2 permet en effet d'initier les réactions de précipitation des métaux sous forme d'hydroxydes métalliques insolubles. Ceux-ci décantent par la suite dans la fosse 2. Ainsi pour des concentrations en manganèse variant entre 6 et 26 mg/l en entrée fosse 2, la concentration en sortie est de 3,7 mg/l. Pour le fer, la concentration en sortie de 1,4 mg/l est très inférieure aux concentrations mesurées en entrée (14 à 3100 mg/l). L'étape de neutralisation en entrée présente donc une efficacité significative sur le retraitement de ces paramètres.

4.2.2.3.2. Charges

Les concentrations et les charges des différents paramètres mesurés en sortie de la fosse 2 sont regroupés dans le tableau ci-après.

Paramètres	Unités	Eaux de la fosse 2
Volume journalier	m ³ /j	6331
Manganèse (Mn)	mg/l	3,7
	kg/j	23,4
Fer (Fe)	mg/l	1,4
	kg/j	8,9
Aluminium (Al)	mg/l	0,23
	kg/j	1,5
Manganèse (Mn) dissous	mg/l	5,1
	kg/j	32,2
Fer (Fe) Dissous	mg/l	2,1
	kg/j	13,1
Aluminium (Al) dissous	mg/l	0,28
	kg/j	1,8
Sulfates	mg/l	1500
	kg/j	9497

Tableau 17 : Charges des paramètres mesurés en sortie de la fosse 2

Commentaires :

- Les charges ont été calculées à partir du volume moyen journalier pompé dans la fosse 2 et des concentrations mesurées lors de la campagne de mesure.
- Il est à noter que toutes les concentrations en métaux dissous sont plus élevées que celles des métaux totaux. Les résultats ayant été vérifiés par le laboratoire d'analyse, cette différence est probablement due à l'incertitude de mesure.

4.2.2.3.3. Répartition des formes particulières et dissoutes

Les analyses sur les métaux ont été effectuées à la fois sur leur fraction dissoute et sur leur forme particulière. Les graphiques ci-dessous montrent la répartition des charges particulières et dissoutes des métaux (aluminium, manganèse et fer) en sortie de la fosse 2.

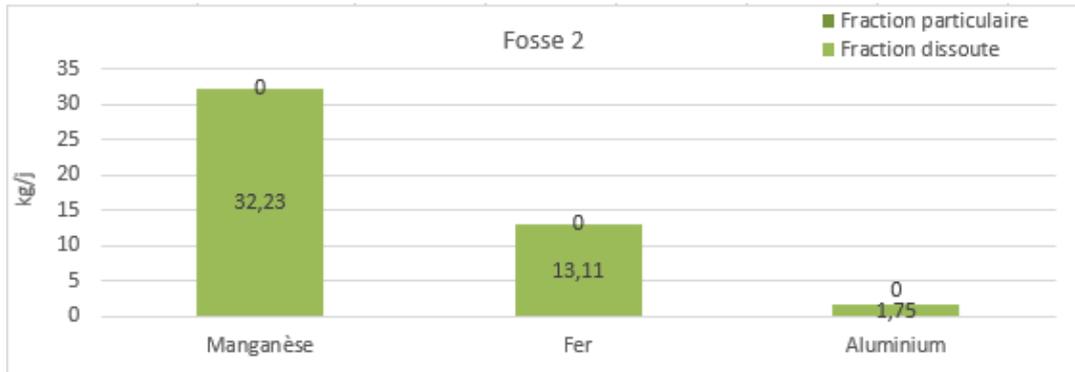


Figure 40 : Répartition des charges particulières et dissoutes (kg/j) en sortie de fosse 2

Commentaires :

- Aucun des métaux analysés n'est présent sous forme particulière en sortie de la fosse 2, ce qui confirme la précipitation des métaux sous forme particulière dans la fosse 2.

4.2.3. Aval fosse 2

Au cours de la campagne, les différents points situés en aval de la fosse 2 et renvoyés vers la station Neutralac 3 puis au milieu naturel ont été suivis :

- Les effluents usine qui proviennent du nettoyage des installations de traitement,
- Les effluents aval Richier correspondant aux effluents usine auxquels s'ajoutent le trop plein du bassin Dodin (eaux de la fosse 2 + surverse du décanteur) et les eaux collectées par le bassin Richier,
- Le fossé aval regroupant les effluents aval Richier ainsi que l'ensemble des fossés situés au sud-ouest du site en aval du bassin Richier dont le fossé V Bora,
- Le fossé V Digue qui collecte un des drains de l'ancienne digue, au sud-est du site,
- Le bassin 4 qui correspond au dernier point avant transfert vers le milieu naturel. Il est à noter que durant la campagne les concentrations en fer au niveau du bassin 4 ne permettant pas un rejet au milieu naturel, une grande partie des eaux a été renvoyée vers la fosse 2 ou le bassin Dodin.

Les fossés V Bora et V Digue se rejoignent en amont de la station Neutralac 3. Les eaux de ces deux fossés sont alors neutralisées par ajout de lait de chaux en fonction d'une consigne pH. Le mode de fonctionnement de la station Neutralac 3 est identique à celui de la station Neutralac 1 à la différence près que le lait de chaux est livré liquide sous forme de préparation de concentration stable.

4.2.3.1. Débits

4.2.3.1.1. Suivi des débits mesurés

Le tableau de suivi des débits en aval fosse 2 est fourni en annexe

Les débits des points se situant en aval de la fosse 2 (effluents usine, ancienne digue, fossé aval, aval Richier, sortie site, Richier et fossé V Bora) sont regroupés dans le tableau ci-dessous. Les points fossé aval et aval Richier ne seront pas étudiés dans la suite de l'étude. En effet, ceux-ci ont servi à déterminer les débits et les charges du fossé V Bora situés après le bassin Richier (différence entre les flux fossé aval et aval Richier) et ceux du bassin Richier (différence entre l'aval Richier et les effluents usine). Dans la suite de l'étude, seront distingués les effluents provenant de l'usine et du bassin Richier, et les eaux issues de la collecte des drains situés en aval du site de production à savoir les fossés V Bora et V Digue.

Campagne de mesure du 28/01 au 21/02/2019	Pluviométrie	Sortie usine		Bassin Richier		Fossé VBORA		Fossé V Digue		Fossé		Aval richier		Sortie site	
		Débit moyen horaire	Volume journalier												
		mm/j	m3/h	m3/j	m3/h										
min	0	191	16	25	1	224	20	291	12	440	37	216	17	31	1
moyenne	3,8	547	23	908	38	1 100	46	312	13	2 555	107	1 455	61	1 534	64
max	17	799	33	2 242	93	1 893	79	340	14	4 043	168	2 756	115	5 062	211
somme	91		510		832		1 019		301		2 360		1 341		1 534

Tableau 18 : Mesure des débits en aval de la fosse 2

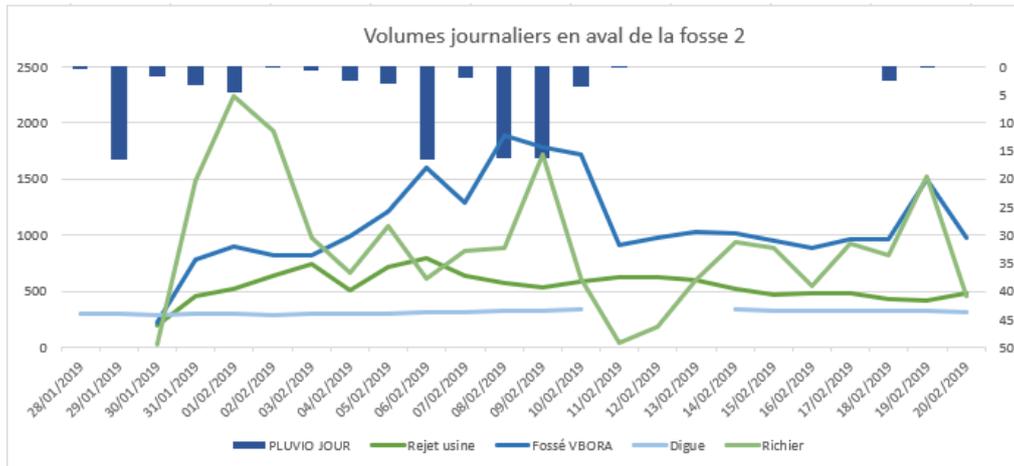


Figure 41 : Evolution des volumes journaliers en aval de la fosse 2

Commentaires :

- Le suivi des débits au cours de la campagne met en évidence une réponse rapide du bassin Richier et du fossé V Bora par rapport aux précipitations. Ainsi, le bassin Richier voit ses débits varier entre 25 et 2 242 m³/j et le fossé V Bora entre 224 et 1 893 m³/j lors des épisodes pluvieux.
- Les effluents usine et le fossé V Digue surtout semblent beaucoup plus stables et moins liés aux intempéries. Le fossé V Digue est stable autour des 300 m³/j malgré les fortes précipitations observées durant la mesure et l'origine des eaux collectées (drains). Les effluents usine varient de manière plus importante mais raisonnable. Ces débits ont fluctué entre 191 et 799 m³/j. Il est à noter que les effluents usine ont été surestimés lors de la campagne de mesure en raison d'un colmatage rapide des seuils de mesure par les MES présentes dans les effluents.
- Au total, les volumes journaliers en sortie site sont très en-dessous des valeurs guides de l'arrêté préfectoral (16 000 m³/j en janvier-février).

4.2.3.1.2. Répartition des volumes

A partir de la somme des volumes journaliers moyens de ces points, un diagramme de répartition a été réalisé. Il permet d'illustrer la répartition des volumes qui sont collectés au niveau de la fosse 2. On distingue les volumes issus du site de production (effluents usine + bassin Richier en vert) des effluents provenant des fossés et des drains situés en aval du site (fossés V Bora et V digue en bleu).

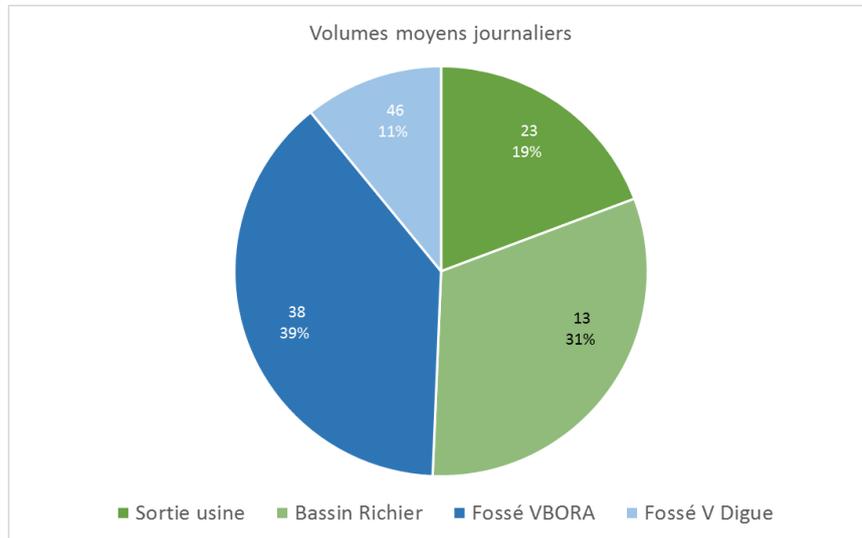


Figure 42 : Répartition des volumes journaliers moyens en aval de la fosse 2

Commentaires :

- Le graphique montre que la répartition des volumes est assez équilibrée durant la campagne entre les rejets provenant du site de production (51%) et les fossés situés en aval du site (49%). Cette répartition semble néanmoins amenée à évoluer en fonction des précipitations.
- Le fossé V Bora est la principale source en volume en aval du site de production, le bassin Richier apporte quant à lui la plus grande partie des volumes issus du site de production.

4.2.3.1.3. Estimation des surfaces actives

Une estimation des surfaces actives a pu être réalisée à partir des données suivantes : les débits mesurés par temps sec et par temps de pluie, ainsi que les hauteurs de précipitation collectées sur la période de la campagne. Les résultats sont présentés ci-après :

		Fossé VBORA	Fossé VDigue
Hauteur de précipitation pendant le temps de pluie	mm/j	49,2	49,2
Débit temps pluie	m3/j	5 286	965
Débit temps sec	m3/j	927	294
Surface active estimée	ha	5,09	0,17

Tableau 19 : Estimation des surfaces actives en aval de la fosse 2

4.2.3.2. Répartition des concentrations et des charges

4.2.3.2.1. Concentrations

Les concentrations des paramètres suivis lors de la campagne de mesure sur les points en aval de la fosse 2 sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Paramètres	Unités	Rejets Aval Fosse 2					
		Sortie usine	Aval Richier	Fossé	Digue	Bassin 4	Surverse décanteur
Manganèse (Mn)	mg/l	5,2	4,7	5,6	19	1,3	5,4
Manganèse (Mn) dissous	mg/l	6,9	5,95	7,27	25,3	1,599	6,95
Fer (Fe)	mg/l	12	7,9	25	170	0,64	8,9
Fer (Fe) Dissous	mg/l	0,05	0,034	2,65	165	<0.005	0,646
Aluminium (Al)	mg/l	6,1	0,99	4,2	15	0,35	1,1
Aluminium (Al) dissous	mg/l	2,43	0,449	3,95	22,7	0,331	0,389
Sulfates	mg SO4/l	1400	1400	1300	1100	1400	1500
Matières en suspension (MES)	mg/l	590	39	55	15	5	48
Matières sèches	mg/l	2650	2080	2020	1940	1950	2490
DCO filtrée	mg O2/l	<10	<10	<10	26	<10	<10
Mesure du pH	Unités pH	4,9	5,6	3,9	3,6	8,5	5,1
Température de mesure pH	°C	20	20	20	20	20	20

Tableau 20 : Concentrations des différents paramètres mesurés en différents points en aval de la fosse 2

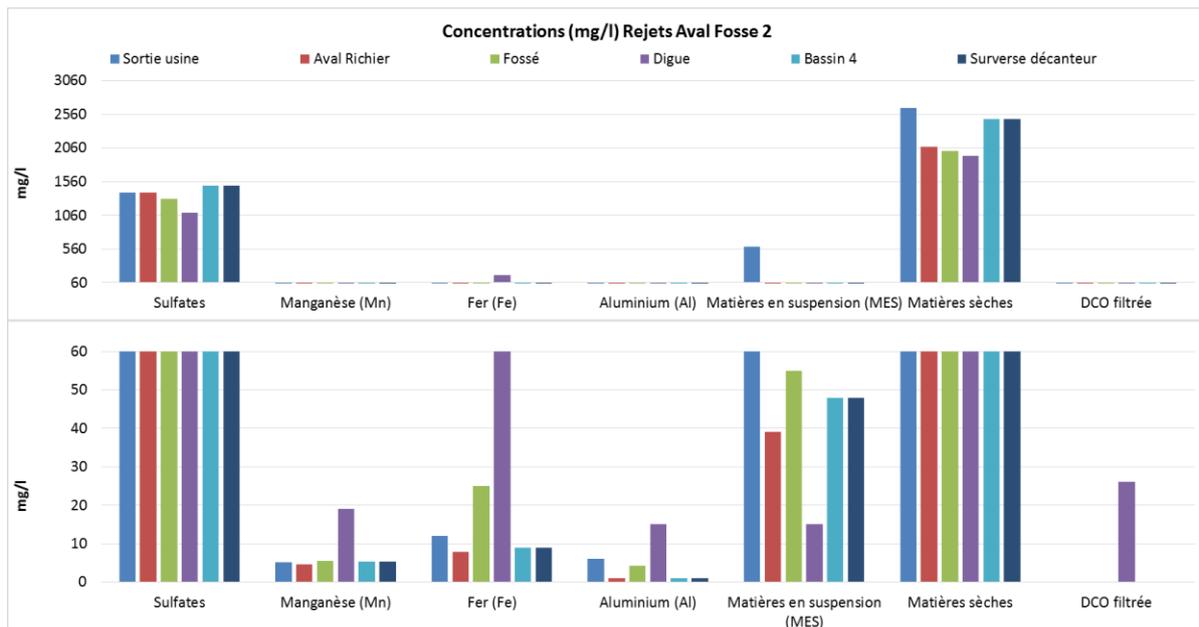


Figure 43 : Concentrations en différents points en aval de la fosse 2

Commentaires :

L'exploitation des analyses met en évidence les points suivants :

- Les effluents usine sont beaucoup plus chargés en MES (590 mg/l) que les autres effluents (< 50 mg/l). Ceci s'explique par le fait qu'une partie des fines provenant du process est rejetée par cette voie.
- L'ensemble des effluents est fortement concentré en matières sèches en raison de la saturation de ceux-ci en calcium notamment et en minéraux plus généralement.
- Les concentrations en sulfates sont relativement stables quel que soit le point de mesure avec une valeur aux alentours de 1400 mg/l, même au niveau du bassin 4 situé après la

station Neutralac 3. Cela signifie que cette station n'a que peu d'efficacité sur le traitement des sulfates.

- Hormis la digue et le bassin 4, tous les points de mesure ont des concentrations en manganèse similaires aux alentours des 5 mg/l.
- Le fossé V Digue présente quant à lui une concentration élevée en manganèse (16 mg/l) et surtout en fer (170 mg/l). Ainsi, si les effluents provenant de la fosse 2 sont partiellement traités pour les métaux (concentration inférieure à 5 mg/l), ceux-ci sont "pollués" lors du mélange avec le fossé V Digue en amont de la station Neutralac 3. Cela peut expliquer les concentrations parfois élevées en fer en sortie des bassins de décantation.
- Le bassin 4 présente quant à lui des concentrations en métaux plus faibles en raison de son positionnement en aval de la station Neutralac 3. L'augmentation de pH permet la précipitation des métaux sous forme d'hydroxydes qui décantent par la suite dans la série de bassins de décantation (bassins 1, 2, 3 et 4). Les valeurs mesurées montrent une bonne efficacité de la station Neutralac 3 sur le traitement des métaux. Une remise en suspension des hydroxydes peut également avoir lieu suite à des événements pluvieux conséquents, générant des volumes importants.

NB : Au niveau des points bassin 4 et surverse décanteur seules les concentrations ont pu être exploitées en raison de difficultés méthodologiques sur la mesure de débit pour la surverse décanteur et par un manque de représentativité du volume rejeté au niveau du bassin 4. En effet, en raison de concentration en fer trop élevée, une partie du débit a été renvoyé vers le bassin Dodin.

4.2.3.2.2. Répartition des volumes et des flux moyens

Une répartition des charges a été effectuée à partir des flux moyens des métaux et des sulfates. Elle est comparée, par paramètre, à la répartition des volumes afin de déterminer le pourcentage de volume associé à la majorité du flux. Le flux du bassin Richier a été calculé par différence : Aval Richier – sortie usine, tandis que le flux du fossé V Bora a été calculé de la manière suivante : Fossé - Aval Richier.

4.2.3.2.2.1. Sulfates

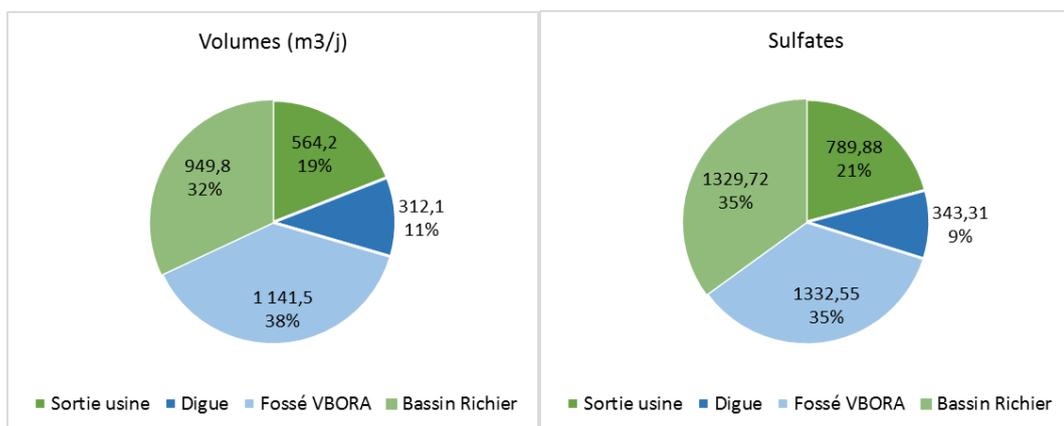


Figure 44 : Répartition des volumes et des flux en sulfates en aval de la fosse 2

Commentaires :

- On constate une répartition très proche entre les volumes et les flux en ce qui concerne les sulfates. Ceci s'explique par une concentration en sulfates assez similaire d'un point à l'autre (voir 4.2.3.2.1).

- Les flux en sulfates sont répartis de manière homogène entre les effluents provenant de l'usine et les fossés en aval. De ce fait, un traitement des sulfates sur la fosse 2 ne permettrait de traiter que 50% des flux.
- Les volumes comme les charges en sulfates proviennent principalement du fossé V Bora (38% des volumes pour 35% des charges en sulfates en aval de la fosse 2) et du bassin Richier (32% du volume pour 35% du flux). A eux deux, ils représentent 70% des flux de sulfates rejetés.

4.2.3.2.2.2. Manganèse

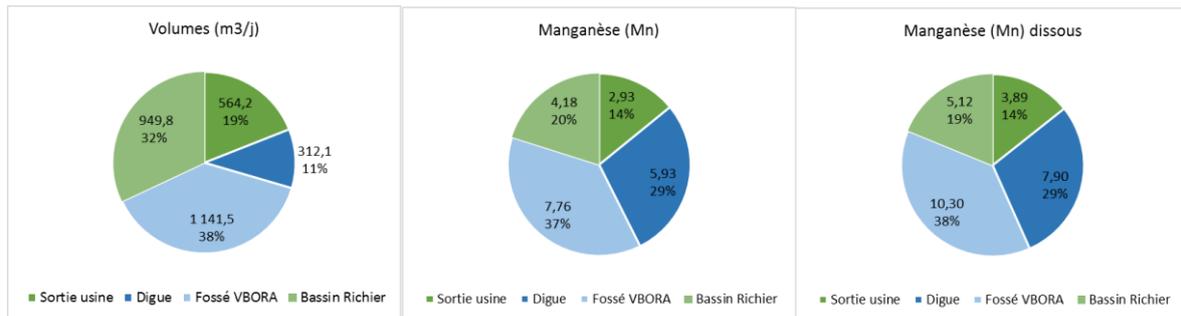


Figure 45 : Répartition des flux en manganèse en aval de la fosse 2

Commentaires :

- La répartition des flux est quasiment identique entre le manganèse et le manganèse dissous. En effet, comme vu au §4.2.1.2.3, le manganèse est très peu, voire absent, sous forme particulière dans les effluents en aval de la fosse 2.
- Les effluents issus de l'usine et du bassin Richier représentent 34% des charges en manganèse pour 51% du volume total mesuré.
- Les effluents issus des fossés V Bora et V Digue représentent 66% du manganèse pour 49% du volume. Lors de la campagne, la majorité du manganèse rejeté est donc en provenance des fossés en aval de la fosse 2, plutôt que de l'usine.

4.2.3.2.2.3. Fer

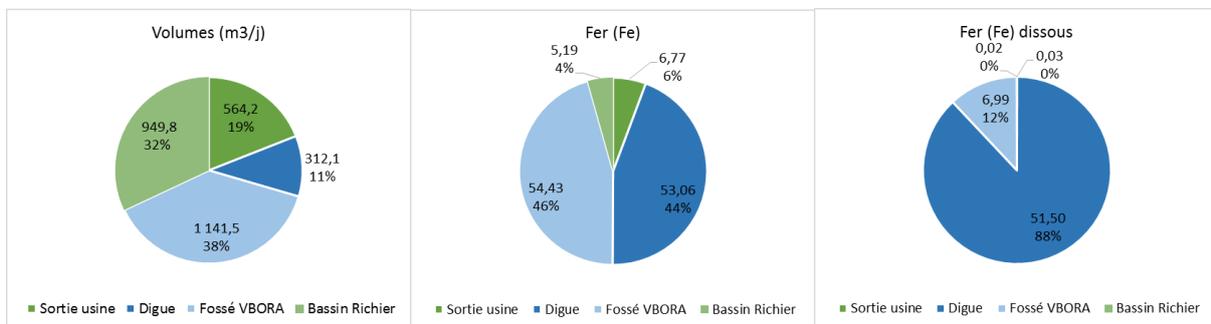


Figure 46 : Répartition des flux en fer en aval de la fosse 2

Commentaires :

- Le fer provient quasi exclusivement des fossés V Bora et V Digue. A eux deux, ces rejets représentent 90% des flux en fer rejetés (46% pour V Bora et 44% pour V digue) et 100% du fer dissous pour seulement 49% des volumes. Les problèmes de concentration en fer trop élevée observé durant la campagne proviennent donc exclusivement des fossés situés en aval du site de production.

4.2.3.2.3. Répartition des formes particulières et dissoutes

Les analyses sur les métaux ont été effectuées en différents points à la fois sur leur fraction dissoute et sur leur forme particulière. La répartition des charges particulières et dissoutes des métaux (manganèse, fer et aluminium) est illustrée sur les graphiques ci-dessous pour les différents points suivis en aval de la fosse 2 :



Figure 47 : Répartition des formes particulières et dissoutes des métaux en aval de la fosse 2

Commentaires :

- Le manganèse et l'aluminium se trouvent principalement sous forme dissoute.
- La forme prédominante du fer est particulière sur l'ensemble des points sauf pour la digue où le fer est quasiment exclusivement sous forme soluble.

4.2.3.3. Suivi des mesures physico-chimiques

Les mesures physico-chimiques des points en aval de la fosse 2 sont regroupées dans le tableau ci-dessous :

		Minimum	Moyenne	95 Centile	Maximum
pH	Sortie Usine	5,9			6,0
	Aval Richier	5,1			5,9
	Digue	3,3			3,3
	Fossé	3,8			4,0
	Rejet site	7,0			7,2

Température	Sortie Usine	8,3	8,7	9,1	9,1
	Aval Richier	8,4	8,7	9,0	9,0
	Digue	10,9	10,9	10,9	10,9
	Fossé	8,5	8,7	9,0	9,0
	Rejet site	7,3	7,9	8,5	8,5

Conductivité	Sortie Usine	26	130	224	234
	Aval Richier	1903	2054	2190	2205
	Digue	1807	1846	1880	1884
	Fossé	1734	2059	2351	2384
	Rejet site	1198	1220	1240	1242

Tableau 21 : Mesures physico-chimiques en aval de la fosse 2

NB : Le point sortie usine n'a pas pu être exploité en raison d'une accumulation de sables au niveau du seuil qui a provoqué un enfouissement de la sonde à répétition.



Figure 48 : Point sortie usine

4.2.3.3.1. Aval Richier



Figure 49 : Suivi du pH, de la température et de la conductivité au niveau du bassin Richier

Commentaires :

- Le pH reste stable avec une valeur minimale à 5,1 et une valeur maximale à 5,9. Le pH reste donc acide malgré l'apport du trop-plein du bassin Dodin (eau de la fosse 2 à pH=6.3). La température varie peu, avec une valeur moyenne qui oscille autour des 8,7°C.
- La conductivité varie peu également. Jusqu'à 16h le 06/02, la conductivité est de l'ordre de 2200 µS/cm puis elle diminue avant de remonter à 2000 µS/cm. La valeur moyenne est d'environ 2053 µS/cm.

4.2.3.3.2. Fossé V Digue

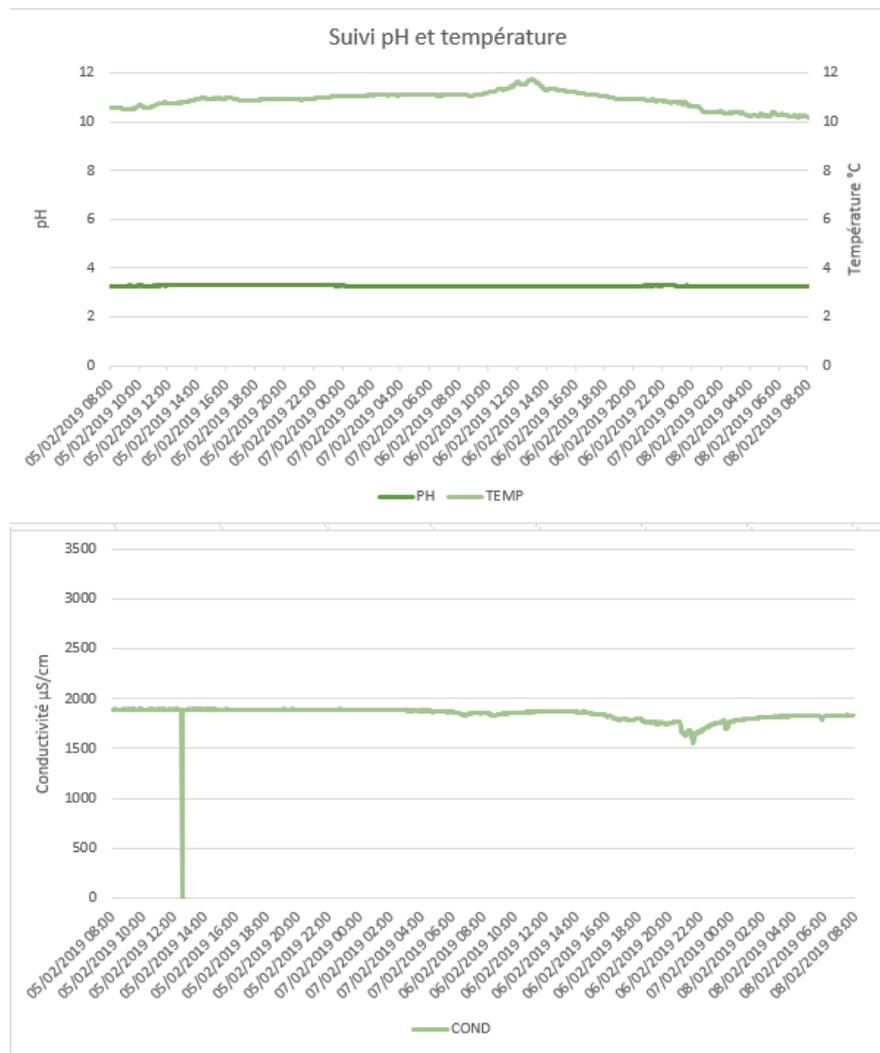


Figure 50 : Suivi du pH, de la température et de la conductivité à Digue

Commentaires :

- Le pH est stable avec une valeur proche de 3,3. Les eaux sont donc acides et caractéristiques d'un drainage minier. Cela explique la présence de fer uniquement sous forme soluble, celui-ci étant soluble à pH < 5. La température est stable avec une moyenne de 10,9°C.
- La conductivité reste stable au cours du temps avec une valeur moyenne de 1845 µS/cm.

4.2.3.3.3. Fossé V Bora



Figure 51 : Suivi du pH, de la température et de la conductivité au fossé V Bora

Commentaires :

- Le pH est acide comme pour le reste des fossés du site avec des valeurs stables comprises entre une valeur minimale de 3,8 et une valeur maximale de 4,0. La température varie un peu plus avec une moyenne de 8,7°C.
- La conductivité varie au cours de la campagne entre 1000 et 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, avec une valeur moyenne de l'ordre de 2058 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Tout comme les effluents Aval Richier, une baisse de la conductivité est observée à 16h le 06/02 jusqu'à 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, suivie d'une remontée progressive jusqu'à 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ sur les jours suivants.

4.2.3.3.4. Rejet Site - Bassin 4

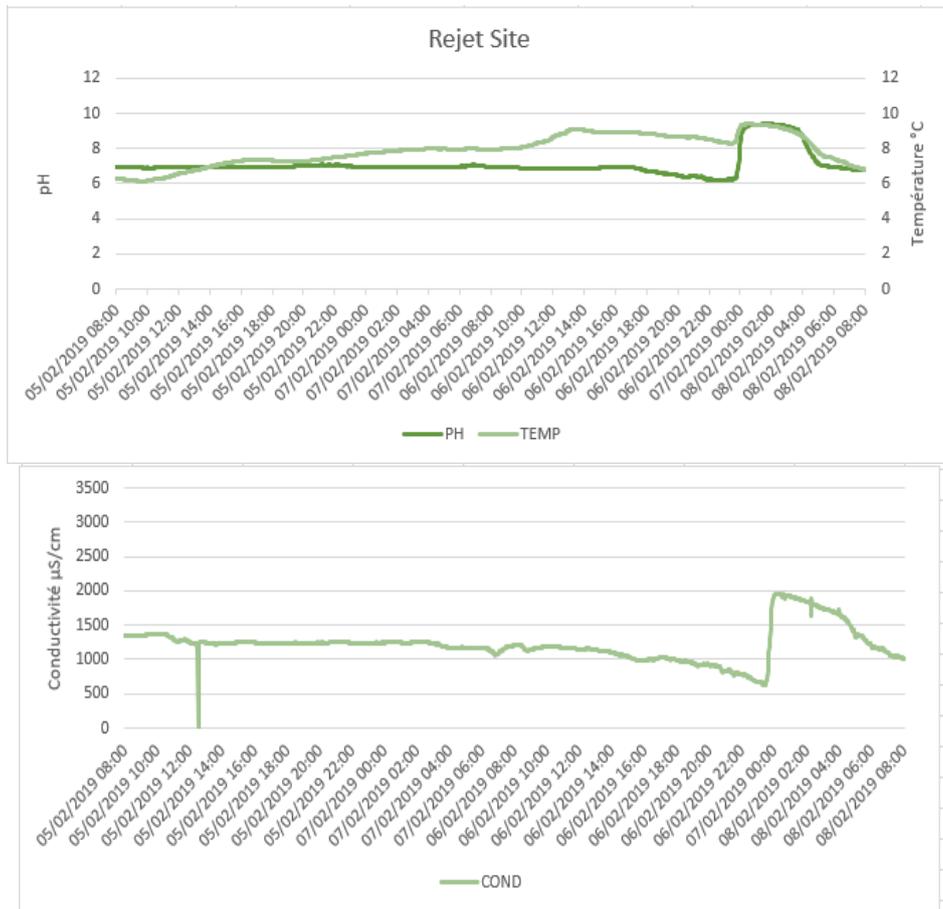


Figure 52 : Suivi du pH, de la température et de la conductivité au niveau du rejet site vers le milieu naturel

Commentaires :

- Le pH du rejet site est neutre, ce qui démontre l'efficacité de la station Neutralac 3. Celui-ci varie au cours de la campagne entre 6,9 et 7,2.
- La conductivité est plus faible que pour les autres points en aval de la fosse 2. Elle a une valeur moyenne de 1220 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

4.3. Conclusion

La campagne de mesure a permis de mettre en évidence les points suivants :

- Une forte variabilité des flux et des volumes rejetés est observée selon les points de mesure.
- Concernant les débits, la fosse 3 et la verse du Sabès répondent de manière importante à la pluviométrie ainsi que le fossé V Bora et la verse de Kerroué dans une moindre mesure. Le temps de réponse est d'environ une journée. Le fossé V Digue ne présente qu'une très faible réponse aux précipitations. Cela peut s'expliquer par le fait qu'il s'agit de drains en fond de digue : l'eau met donc plus de temps à être collectée.
- Tous les bassins liés à une infiltration ou à un ruissellement de l'eau sur la roche présentent des pH acides, avec des valeurs comprises entre 3 et 4 (production d'acide sulfurique). C'est le cas de la fosse 3, du bassin 1435, de Kerroué, du Sabès, de V digue et de V Bora.
- Tous les rejets en amont ou en aval de la fosse 2 présentent des caractéristiques similaires : ils sont acides, ont une température assez basse (entre 8 et 10°C) et sont tous relativement chargés en minéraux, ce qui se traduit par une conductivité élevée qui oscille entre 1800 et 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
- Tous les rejets situés en aval des stations de neutralisation présentent un pH à l'équilibre, et des abattements en métaux importants ce qui permet de conclure au bon fonctionnement de ces stations. En revanche, ces stations ne permettent pas le traitement des sulfates.

En ce qui concerne l'amont de la fosse 2 :

- Le retour du décanteur représente les charges les plus importantes à l'entrée de la fosse 2. Ce point est caractérisé par des concentrations en MES et en fer très élevées. Le fer est quasiment exclusivement présent sous forme particulaire. Les boues du décanteur représentent à elles seules 85% de la charge entrante en fer et 92% de la charge en aluminium pour 30% du volume total traité sur la station Neutralac 1.
- Les concentrations en sulfates varient en fonction des sources. Ainsi, la concentration observée sur la fosse 3 (750 mg/l environ) est inférieure de moitié à celle mesurée sur le Sabès (2000 mg/l). En règle générale, les eaux issues des roches mises à nues sont moins chargées que les eaux ayant déjà fait l'objet d'un traitement. Cela peut s'expliquer en partie par un phénomène de concentration des sulfates au niveau du process usine (évaporation d'une partie de l'eau, apport de produits soufrés...). La verse du Sabès est ensuite le second contributeur.
- Les effluents issus de la flottation représentent des volumes importants mais de faibles charges par rapport aux autres sources ce qui est en contradiction avec l'exploitation des données d'autosurveillance.

Concernant l'aval fosse 2 :

- Le rejet V digue ne représente que 11% du volume mesuré pendant la campagne mais apporte 44% du fer, 29% du manganèse et 9% des sulfates.
- Le rejet compris entre le bassin Richier et la station Neutralac 3 (Fossé V Bora) représente durant la campagne de mesures 38% du volume d'eau mesuré pour 35 % des sulfates, 38% du manganèse et 46% du fer rejeté. Ces proportions doivent cependant être différentes en période estivale à cause de la différence de pluviométrie.
- Le bassin Richier représente 51% du volume rejeté pour 56% des flux de sulfates. Ces effluents sont très peu chargés en fer et aluminium par rapport aux autres.
- Les sulfates sont répartis de manière assez homogène sur l'ensemble des autres effluents.
- En revanche, pour le manganèse, le fer et l'aluminium, les effluents issus des fossés V Bora et V digue représentent la majorité des flux polluants : 66% du manganèse, 70% de l'aluminium et 90% du fer.

- Enfin, il apparait que les charges en sulfates et en manganèse au sein du site sont réparties sur l'ensemble des effluents. Certains effluents apportent plus de sulfates et d'autres plus de manganèse. Il n'a pas été possible d'identifier d'effluents concentrés pouvant faire l'objet d'une séparation.
- On peut également ajouter qu'actuellement le respect des valeurs du rejet site ne dépend pas de la qualité d'un seul effluent mais de la répartition en volume et en concentration d'un mélange constitué des effluents provenant de l'usine et de deux fossés situés en aval du site (fossés V Bora et V Digue), ce qui complexifie la fiabilisation du traitement.

5. Estimation des flux rejeteables dans le milieu naturel

Afin de compléter l'étude d'impact réalisée par Imerys lors du dossier de demande d'autorisation pour l'extension de l'exploitation du site de Glomel, une estimation des flux potentiellement rejeteables a été réalisée pour les paramètres sulfates et manganèse. Les simulations réalisées ont été basées sur des hypothèses plus contraignantes afin de renforcer la préservation du milieu. Ont ainsi été considérées :

- Les concentrations maximales mesurées sur le milieu ces dernières années en sulfates et en manganèse (données extraites de l'étude hydrologique réalisée par Imerys dans le cadre du dossier demande d'autorisation de l'extension),
- Les valeurs limites définies par l'arrêté du 11/01/2007, relatif aux valeurs limites et aux références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine, à savoir :
 - Les valeurs définies sur l'eau brute (masse d'eau) pour les sulfates égales à 250 mg/l de sulfates en limite de qualité et à 150 mg/l de sulfates en valeur cible (référence de qualité).
 - La valeur de référence égale à 1 mg/l de manganèse pour les stations d'eau potable de type A3.
- L'objectif de l'AP du 03/08/2018 de limiter l'augmentation de la concentration en manganèse à 0,1 mg/l, au niveau de la station de Pont Saint Yves.

Les simulations ont été réalisées en considérant les eaux du site rejetées après traitement et sur les masses d'eau dans lesquelles sont rejetées les eaux d'Imerys à savoir le ruisseau du Crazius et la rivière de l'Ellé.

5.1. Présentation du milieu naturel récepteur

5.1.1. Localisation des rejets du site et le milieu récepteur

Le site de Glomel est localisé à la terminaison orientale des Montagnes Noires, à la limite des bassins versants du Blavet, au Nord, et de l'Ellé, au Sud. Le rejet du site est réalisé dans le ruisseau du Kergroaz qui rejoint l'étang du Crazius puis le ruisseau du Crazius à environ 400 m en aval. Le ruisseau du Crazius rejoint la rivière de l'Ellé à environ 7,5 km du point de rejet du site de Glomel.

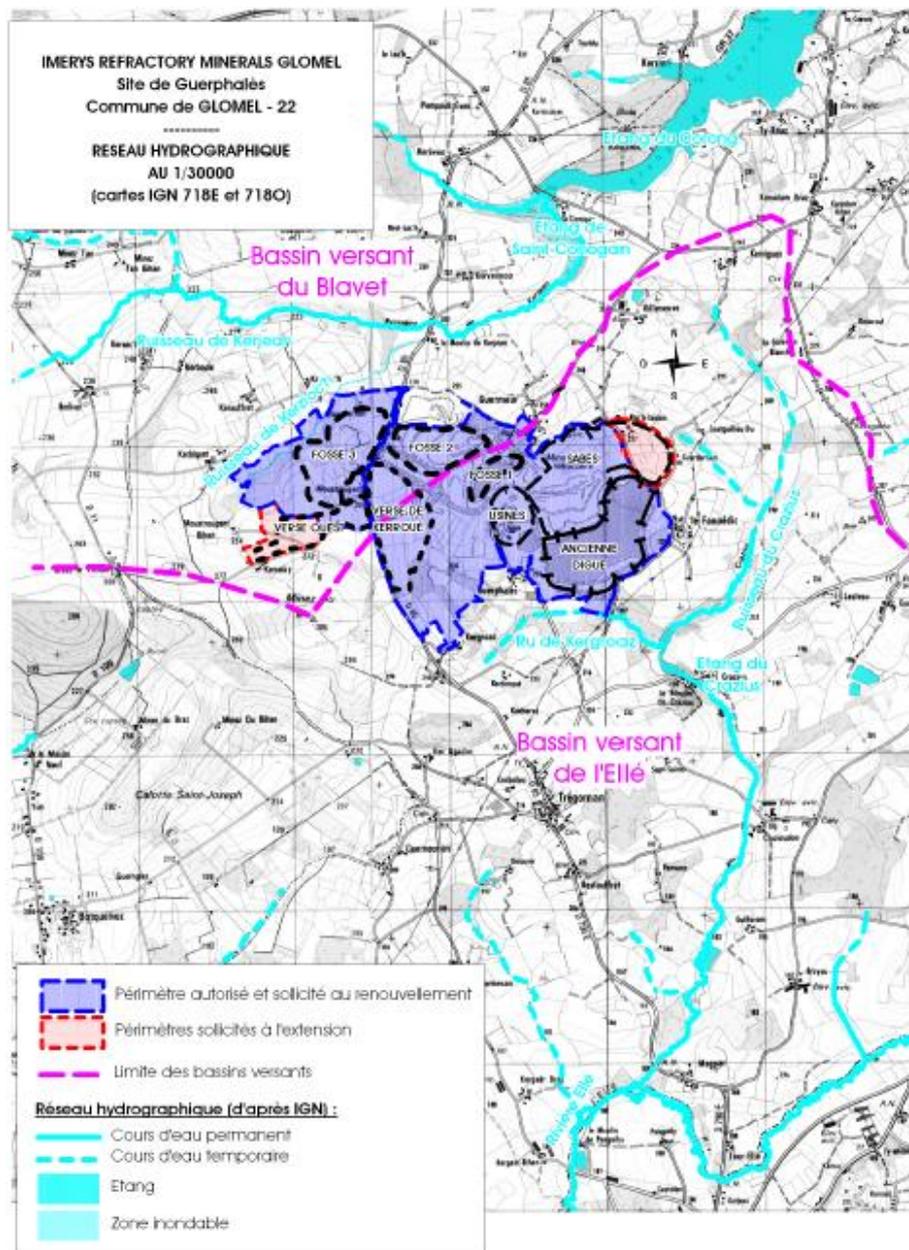


Figure 53 : Localisation du site de Glomel et délimitation des bassins versants du Blavet et de l'Ellé

Plusieurs cours d'eau sont présents autour du site de Glomel, comme illustré ci-dessous :

Bassin versant du Blavet	Ruisseau de Kersioc'h	Ruisseau de Kerjean	Etang de St-Conogan	Etang du Corong	Canal de Nantes à Brest	Blavet
Bassin versant de l'Ellé	Ru de Kergroaz	Etang du Crazius	Ruisseau du Crazius	Rivière Ellé		

Tableau 22 : Liste des cours d'eau présents autour du site de Glomel - Extrait de l'étude hydrologique Imerys

5.1.2. Descriptif de l'environnement général

5.1.2.1. Caractéristiques hydrologiques

L'étude des débits des cours d'eau s'appuie sur les données disponibles dans la Banque Hydro. Seule la station du Grand Pont au Faouët sur l'Ellé, à environ 16,5 km au Sud du site, se situe dans le secteur de l'étude sur le bassin versant de l'Ellé. Les données de débits sont mesurées au niveau d'un bassin versant d'une surface de 145 km². A partir de ces données collectées, une estimation des débits des masses d'eau a été réalisée en considérant les débits mesurés proportionnels à la surface des bassins versants à savoir :

- 11,5 km² de bassin versant pour le ruisseau du Crazius,
- 55 km² pour la rivière de l'Ellé au niveau de sa confluence avec le ruisseau du Crazius

Les débits mensuels de l'Ellé en amont de sa confluence avec le ruisseau du Crazius sont calculés par différence entre ceux du ruisseau du Crazius et ceux de l'Ellé à l'aval de sa confluence avec le ruisseau du Crazius, soit un bassin versant de 43,5 km².

Les débits estimés sont présentés ci-après.