

Expertise hydrogéologique

Le Mormont



Client: **Association pour la Sauvegarde du Mormont**
Sous la Roche 15, 1312 Eclépens

Rapport: Ecosens Romandie SA
Route de Beaumont 6 / CH – 1700 Fribourg
T: +41 (0)26 422 39 58
ecosens@ecosens.ch / www.ecosens.ch

Auteur: Stefan Fuchs, dipl. sc. de la terre BENEFRI UniFr
Michael Rüffer, dipl. hydrogéologue CHYN

Date: 28 avril 2021

TABLE DES MATIÈRES

1	INTRODUCTION	1
1.1	Contexte	1
1.2	Sources d'informations disponibles	1
2	BASES	2
2.1	Géologie	2
2.2	Hydrogéologie	2
3	INFLUENCE DE LA NOUVELLE CARRIÈRE DE LA BIRETTE	4
3.1	Influence sur l'alimentation des aquitards sup. (UB) et intermédiaire 1 (PJNS)	4
3.2	Influence sur la réserve d'eau des aquitards sup. (UB) et intermédiaire (PJNS)	5
4	CONCLUSION	8
5	ANNEXE	11

1 INTRODUCTION

1.1 Contexte

Dans le cadre de l'exploitation de la carrière Le Mormont, la première phase d'extension prévue consiste à exploiter la réserve à titre directeur inscrite dans le plan cantonal d'affectation (PAC) 308 Le Mormont, à savoir le plateau de La Birette. Ecosens Romandie SA avait été mandaté par l'Association pour la Sauvegarde du Mormont (ASM) afin d'effectuer une expertise géologique¹ pour le maintien d'une tranche de calcaire / d'un cordon boisé entre la carrière du Mormont et l'extension de La Birette. A la suite de cette étude, l'ASM souhaite dès lors compléter ce travail avec des investigations de l'impact de la carrière sur l'alimentation de la nappe phréatique et les cultures au pied du Mormont.

A la suite d'une offre établie le 14 mai 2020, Ecosens Romandie SA a été mandaté par l'Association pour la Sauvegarde du Mormont, en date du 14 janvier 2021, pour réaliser une expertise hydrogéologique du Mormont.

Limite de la responsabilité

Ce document a été réalisé par Ecosens Romandie SA. Son contenu ainsi que les constatations rapportées reflètent, en toute bonne foi, l'état des connaissances d'Ecosens basées sur les informations à disposition au moment de la rédaction du rapport. Ce document est exclusivement destiné au client qui en a fait la demande. Toute responsabilité envers les tiers découlant de ce document est expressément exclue.

1.2 Sources d'informations disponibles

Les documents suivants ont servi de base pour l'établissement de notre étude :

- [1] www.geo.admin.ch, carte tectonique de la suisse 1 :50'000 et atlas géologique 1 :25'000 feuille 1222, carte hydrologique 1 :100000 Vallorbe Lemane
- [2] Guichet cartographique cantonal, www.geovd.ch, carte protection des eaux
- [3] CSD Ingénieurs SA, Extension Carrière Birette du Mormont, Rapport d'impact sur l'environnement, Annexe M, carte des forages et sources, 18.06.2014
- [4] Extraits de l'inventaire cantonal des captages du canton de Vaud, diverses sources dans la région du Mormont.
- [5] Biol conseils SA, Modification du PAC 308 Le Mormont, Carrière de la Birette – Plan d'extraction et demande simultanée de permis d'exploiter l'étape 1, Rapport 47 OAT et Rapport d'impact sur l'environnement, 13 avril 2015

¹ Ecosens Romandie SA, Expertise géologique, Maintien d'un cordon boisé entre la carrière du Mormont et l'extension de la Birette, 04 juin 2020

[6] Département du territoire et de l'environnement, Décision finale relative à l'étude de l'impact sur l'environnement, Carrière de la Birette, 07 janvier 2019

2 BASES

2.1 Géologie

Par souci d'exhaustivité et pour avoir un aperçu général de la situation géologique, ce chapitre reprend des extraits de notre rapport de juin 2020.

La colline du Mormont constitue un pli anticlinal présentant un axe d'orientation approximativement Est-Ouest. Les strates montrent un plongement faible de 0 à 20° maximum, vers le Nord-Ouest ou le Sud-Est de part et d'autre de l'anticlinal.

Les couches de calcaires exploitées dans la carrière du Mormont appartiennent aux séries du Crétacé inférieur entre le Barrémien supérieur et l'Hauterivien inférieur. Le massif rocheux est passablement fracturé. La zone du Mormont est parcourue par un système complexe d'accidents qui se présentent sous forme de failles subverticales, transverses, conjuguées entre elles, décalant les axes de plis. Des zones de fracturation parallèles et perpendiculaires à ces axes principaux se propagent dans les couches rocheuses de la zone de carrière.

2.2 Hydrogéologie

Le projet de la carrière de La Birette se trouve entièrement en secteur Au de protection des eaux. Celui-ci est lié à la présence d'un aquifère profond dans le Valanginien et le Malm, à plus de 100 m de profondeur. Entre la surface de la zone de La Birette et l'aquifère profond, se trouve une succession de couches marneuses calcaires avec des porosités et perméabilités variables. Ces perméabilités sont généralement faibles à très faibles (aquitard et aquiclude), empêchant tout risque d'infiltration d'eau dans l'aquifère profond depuis la surface.

Le projet de La Birette prévoit l'exploitation des couches de l'Urgonien blanc (UB), Urgonien jaune (UJ), Hauterivien supérieur (PJNS) et l'Hauterivien inférieur (PJNI). De ces quatre unités, les formations lithologiques de l'Urgonien blanc et de l'Hauterivien sont des aquitards. Ce sont des unités semi-perméables dans lesquelles l'eau souterraine circule le long de discontinuités (limites des couches, fractures et failles). Les sorties d'eau gelées bien visibles sur la photo fig. 1 en témoignent.

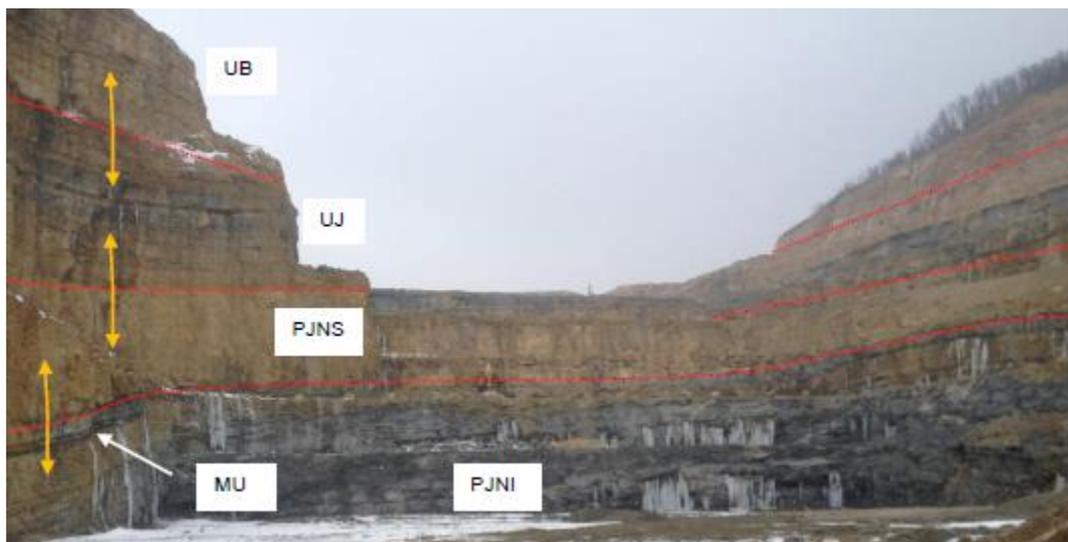


Figure 1: Photo de l'ancien front de carrière avec de nombreuses sorties d'eau dans l'aquitard intermédiaire 2 (PJNI), (au sommet de la formation PJNI les marnes des Uttins (MU)), (source [5])

Les eaux souterraines sous le plateau de La Birette sont alimentées par l'infiltration des eaux de pluie, comme le montrent les mesures effectuées dans les piézomètres SC14-01 et SC14-02 dans les aquitards supérieur et intermédiaire 1 [5] (figure 2).



Figure 2: Extrait annexe M du rapport d'impact [3], ligne verte : périmètre d'extension Birette, lignes jaune et bleu foncé : périmètre d'extraction et d'exploitation, ligne bleu clair : périmètre fontaine
 ● Piézomètre, ● Source d'eau

La colline du Mormont constitue un dôme de forme anticlinale avec un axe d'orientation Est-Ouest. Les strates dans la zone du plateau de La Birette sont horizontales puis plongent faiblement vers le nord-ouest et le sud-est de part de d'autre de l'anticlinal, avec une pente de 20° maximum.

L'écoulement souterrain le long des discontinuités plus perméables mène à la présence de différentes petites sources dans la zone du plateau de La Birette et aux flancs Sud et Nord du Mormont. Conformément au rapport d'impact sur l'environnement (RIE) de 2015 [5], l'alimentation de ces sources est liée soit à l'aquitard supérieur (Urgonien blanc), soit à l'aquitard intermédiaire 1 (Hauterivien supérieur). La qualité et la quantité de l'eau sont fortement influencées par les événements météorologiques. Les sources ne sont pas adaptées à l'usage public en tant qu'eau potable et ne sont pas d'intérêt public légal.

3 INFLUENCE DE LA NOUVELLE CARRIÈRE DE LA BIRETTE

3.1 Influence sur l'alimentation des aquitards sup. (UB) et intermédiaire 1 (PJNS)

Conformément au rapport RIE [5], l'effet de drainage qu'engendrera la carrière restera limité car le projet se situe sur un dôme structural. Ainsi, l'exploitation ne constituera qu'une très faible entrave aux flux rayonnants qui ont lieu dans ces aquitards superficiels.

Comme mentionné dans les études précédentes [5] et dans ce rapport, la future zone de projet est située le long de l'axe de l'anticlinal du Mormont, où la topographie est plate et les couches rocheuses sont stratifiées horizontalement. En d'autres termes, les eaux pluviales sont susceptibles de s'écouler à travers les dépôts quaternaires de faible épaisseur, principalement le long des fissures et des discontinuités entre couches, alimentant de cette manière l'aquitard supérieur. Lors de précipitations, le niveau d'eau dans l'aquitard supérieur augmente rapidement, ce qui mène à une augmentation de la pression d'eau dans ces discontinuités karstiques. Ce phénomène entraîne un écoulement radial lié à la structure en dôme. Cela explique aussi la parfaite corrélation des augmentations des débit d'eau mesurés dans les sources de l'aquitard supérieur à chaque épisode pluvial. Pour ces raisons, la direction de l'écoulement des eaux souterraines est probablement pas ou peu influencée par le pendage des couches. Elle dépend plutôt des discontinuités des fractures plus perméables au sein de cet ensemble rocheux, du niveau de l'eau dans ces fractures, ainsi que des quantités de précipitations et de la pression de l'eau qui en résulte.

Comme le montrent les études hydrogéologiques précédentes, les aquitards supérieur et intermédiaire 1 sont fortement influencés et alimentés par les événements pluvieux. A l'avenir, les précipitations tomberont directement dans le fond de la carrière et seront évacuées. Celles-ci ne pourront donc plus alimenter ces deux aquitards.

En considérant une quantité de précipitations d'environ 600 mm/an et l'hypothèse conservatrice qu'un tiers sera perdu par évapotranspiration et ruissellement, 20'000 m³ (surface du secteur exploité : 10 ha) d'eau par an au minimum ne pourront plus alimenter les deux aquitards (UB et PJNS), ce qui aura certainement une influence sur les volumes d'eau dans ces deux unités hydrogéologiques.

3.2 Influence sur la réserve d'eau des aquitards sup. (UB) et intermédiaire (PJNS)

La structure géologique du Mormont guide le sens des circulations d'eau de manière rayonnante autour du Mormont. De plus, les aquitards supérieur et intermédiaire 1 touchés par le projet de La Birette ne sont, conformément à l'étude [5], pas complètement isolés entre eux. Des communications peuvent se faire à la faveur de fissures et de fractures.

Le nouveau projet de carrière de La Birette viendra s'implanter sur le sommet du Mormont, le long de son axe anticlinal. Il se caractérise comme une extension de l'exploitation actuelle dans une orientation identique, sur une largeur de 200 m et une profondeur allant jusqu'à 70 m en moyenne. De par sa situation géographique, sa forme et surtout sa profondeur, cette extension ressemble à une tranchée qui coupera complètement les deux aquitards dans l'Urgonien blanc (aquitard supérieur) et dans la pierre jaune de Neuchâtel (aquitard intermédiaire 1) (voir fig. 3). L'écoulement des eaux souterraines se fait principalement le long des discontinuités entre les couches et le long des fractures. Le fond de carrière se trouvera à 49 m (aquitard supérieur) et 30 m (aquitard intermédiaire) sous les niveaux d'eau de ces deux aquitards. Cela crée un fort gradient de pression entre les aquitards et le fond de carrière.

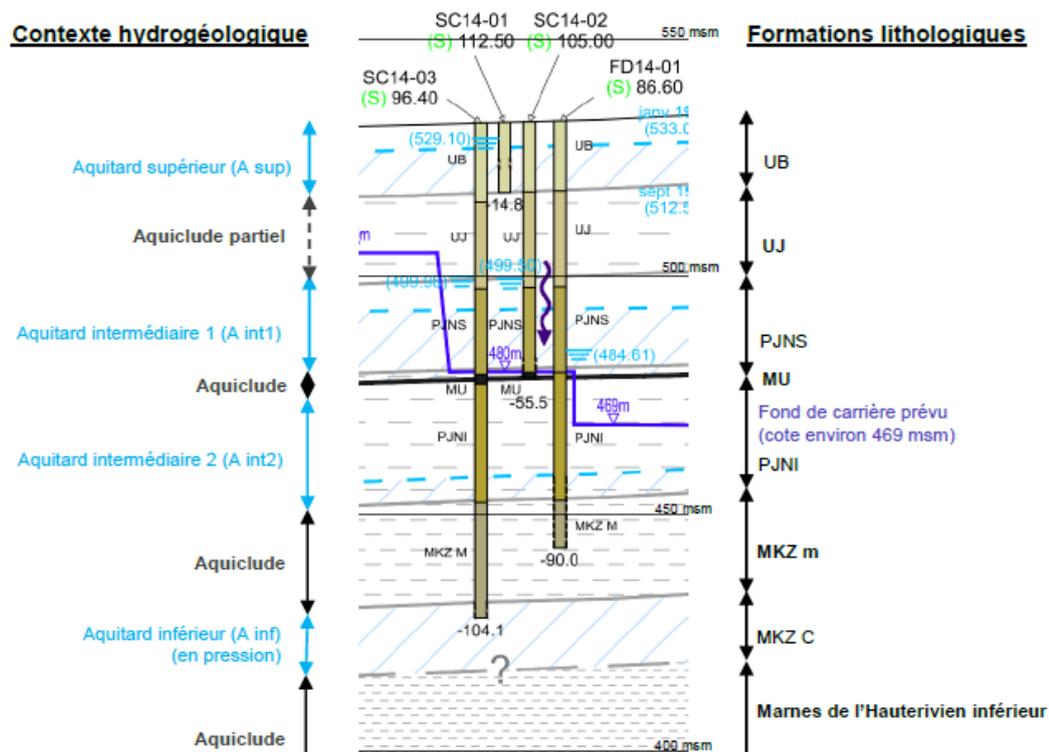


Figure 3: Profil schématique, formations lithologiques et des unités hydrogéologiques, source [5])

Au vu des pentages horizontaux des strates et de la géométrie de la nouvelle carrière, celle-ci aura probablement un effet drainant (tranchée drainante). Les venues d'eau gelées dans la carrière actuelle (photo fig. 1) démontrent bien qu'un drainage de ces aquitards supérieurs a lieu.

Afin d'estimer grossièrement les flux d'eau entrant dans la carrière en tenant compte d'un fond de carrière à environ 70 m, l'équation de rabattement selon BUSCH et LUCKNER a été utilisée. Celle-ci permet de calculer la limite du champ d'écoulement dont l'alimentation provient de tous les côtés.

$$Q_{GW} = \frac{2\pi T s \left(1 - \frac{s}{2H}\right)}{\ln \frac{R}{r_0}}$$

Q_{GW} = Flux dans la carrière

S = Rabattement dans l'aquitard

T = Transmissivité

R = Rayon du rabattement

r_0 = rayon hydraulique effectif du fond de carrière

H = zone saturée dans l'aquitard

Pour le calcul nous avons pris en compte les caractéristiques des unités hydrogéologiques résumées dans le rapport d'impact sur l'environnement (RIE), et résumé dans la fig. 4 ci-dessous [5].

Unité hydrogéologique	Aquitard sup	Aquitard int 1	Aquitard int 2	Aquitard inf	Aquifères profonds
Formation géologique	UB	PJNS	PJNI	MKZ c	Valanginien et Malm
Aquiclude à sa base	UJ	PJNI (MU)	MKZ m	MHI	Argovien, Oxfordien
Fluctuations cotes eau (m)	525-533	495-515	450-505	495-505	?
Epaisseur saturée (m)	5 à 15	10 à 20	5 à 25	5 à 15	quelques centaines de mètres
Etat de charge hydraulique	Eau libre, perchée par rapport aux plaines alluviales			Eau en pression	
Perméabilité (m/s)	Moyenne car épikarst et karsts (1x10 ⁻⁴ à 1x10 ⁻⁵)	Faible à moyenne si karsts (1x10 ⁻⁵ à 1x10 ⁻⁶)	Très faible (5x 10 ⁻⁷ à 1x10 ⁻⁹)	Faible (5x10 ⁻⁵ à 1x10 ⁻⁶)	Moyenne à élevée selon fracturation
Productivité	Faible	Faible	Très faible	Faible	?
Hydrochimie	NO ₃ ⁻ , Ca ⁺ , peu Na ⁺ , peu SO ₄ ²⁻	un peu NO ₃ ⁻	Cl ⁻ , SO ₄ ²⁻	Mg ²⁺ , SO ₄ ²⁻	?
Drainance verticale entre les unités hydrogéologiques	Alimentation directe eau de pluie	Oui, UJ pas étanche	Oui, MU pas complètement étanche	Non, MKZ m étanche	Non, MHI étanches
Origine de l'eau selon isotopes stables	local, 500 msm			Régional, pied du Jura 700-1'000 msm	Régional, Jura vaudois, 1'000-1'500 msm
Relation avec aquifères poreux des plaines alluviales	Alimentation partielle de manière rayonnante de part et d'autre de l'anticlinal			Sous-alimentation possible le long des failles Mormont nord et sud	
Captages privés en relation	En Fallette et Birette	Gondoux Dessus et Dessous	Non	Non	Non

Figure 4: Synthèse des principales caractéristiques des unités hydrogéologiques (source [5])

Dans le cadre d'une évaluation très conservatrice, nous avons pris en compte les perméabilités (k_f : 1x10⁻⁵ et 2x10⁻⁶), ainsi que les épaisseurs de saturation minimales (H : 5 et 10 m). Pour le calcul de la transmissivité nous avons pris en compte la formule :

$$T = k_f \cdot H$$

Les rayons R et les rayons effectifs r_0 sont calculés à partir des surfaces correspondantes selon l'équation suivante :

$$R = \sqrt{\frac{A}{\pi}} \quad \text{resp.} \quad r_0 = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

Pour l'estimation du rayon R, nous avons supposé, pour la détermination de la surface A, que la portée du rabattement de la nappe phréatique s'étend jusqu'aux bords sud et nord du Mormont. Ceci est particulièrement basé sur les données géologiques, c'est-à-dire que la stratigraphie du substratum rocheux dans ce secteur est horizontale et que l'écoulement des eaux souterraines devrait principalement suivre les discontinuités. Pour la surface A, de r_0 nous avons supposé que la largeur médiane de la carrière soit d'environ 100 m. Le calcul a été effectué séparément pour les étapes d'exploitation 1 et 2 de longueurs respectives de 340 m et 214 m.

Selon nos calculs, effectués avec les paramètres définis ci-dessous, il faut s'attendre lors de l'étape 1 à un flux d'eau d'environ 1,2 l/s dans l'aquitard supérieur, et d'environ 0,5 l/s dans l'aquitard intermédiaire 1. Lors de la deuxième étape d'exploitation, on attend des volumes d'eau drainés de 1,1 l/s et 0,5 l/s dans ces aquitards. Il en résulte un débit total de 1,7 l/s (102 l/min) pour l'étape 1 et de 1,6 l/s (96 l/min) pour l'étape 2.

4 CONCLUSION

Une visite des lieux effectuée par notre bureau, ainsi que les données disponibles au cadastre cantonal vaudois des sources, ont permis de répertorier la présence de plusieurs sources dans les environs immédiats du site.

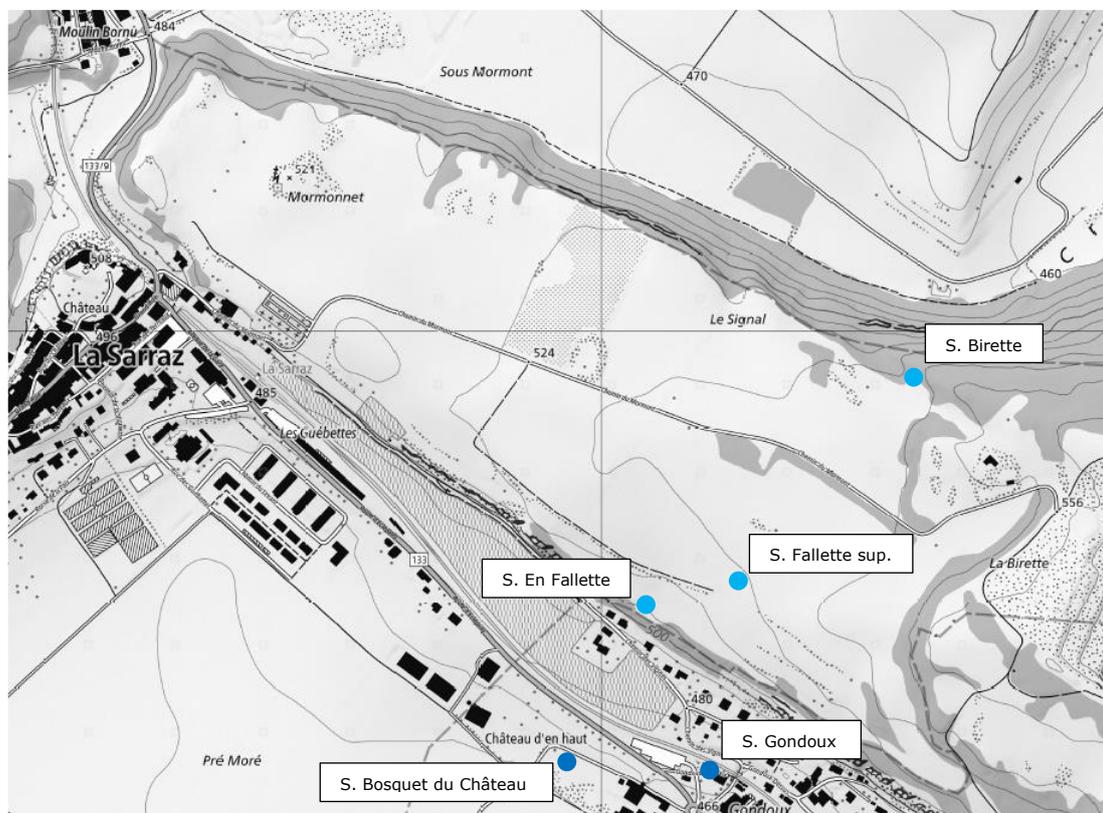


Figure 5: Carte avec emplacement des sources répertoriées par notre bureau et recensées dans le cadastre vaudois des sources. En bleu clair : sources liées à l'aquitard supérieur. En bleu foncé : sources liées à l'aquitard intermédiaire 1 (source Ecosens et [5])

Toutes les sources (En Fallette, Birette, « En Fallette sup. ») dans les environs immédiats de l'extension de La Birette montrent des débits peu importants (quelques décilitres à litres par minute, annexe A). Selon les données du cadastre vaudois des sources, la qualité et la quantité des eaux de ces sources dépendent fortement des influences météorologiques. Ces sources n'ont aucun intérêt public pour l'eau potable, ce qui est probablement la raison pour laquelle elles n'ont jamais été captées. Tous ces points d'eau ont comme point commun le fait que leurs eaux s'écoulent sur le terrain et alimentent la végétation environnante. Le bassin d'alimentation de ces sources sur le haut du plateau du Mormont est lié à l'aquitard supérieur.

Au pied du Mormont, dans les hauts du village d'Eclépens, d'autres sources sont présentes qui sont captées. Il s'agit des captages de Gondoux Dessous et de la source du Bosquet du Château d'Eclépens. Ces sources ont une conductivité légèrement supérieure à celle des eaux sur le haut du Mormont (env. 682-682 $\mu\text{S}/\text{cm}$, comparé avec les eaux de l'aquitard supérieur où la conductivité se situe entre 526-581 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Conformément aux études effectuées [5], le bassin d'alimentation est lié au Mormont et, au vu de l'altitude de résurgence et des conductivités légèrement différentes par rapport aux autres points d'eau sur le Mormont, doit correspondre à l'aquitard intermédiaire 1. Le débit de ces sources est également relativement faible et se situe dans l'ordre de grandeur de plusieurs dizaines de litres par minute (voir annexe A).

Les débits plutôt faibles de ces sources sont dus au coefficient d'emménagement relativement peu élevé des deux aquitards, ainsi qu'à un écoulement souterrain rapide le long des discontinuités lors de périodes de pluie, ce qui conduit également à une forte variabilité des débits. Avec le projet de La Birette, au minimum 20'000'000 litres d'eau de pluie par an (voir chapitre 3.1) s'écouleront directement au fond de carrière et seront évacués.

De plus, au vu de sa forme en dôme ainsi que sa localisation géographique et géologique, la future carrière de La Birette agira selon notre point de vue comme une tranchée drainante. Selon nos calculs (voir chapitre 3.2), cette configuration permettra de drainer encore 53'000'000 litres d'eau par an pour l'étape 1, et 50'000'000 litres pour l'étape 2. Le fond de fouille de la carrière sera nettement en-dessous du niveau d'eau des aquitards supérieur et intermédiaire. De plus, les volumes d'eau présents seront drainés de même que ceux qui tomberont directement au fond de la carrière à la faveur de précipitations. Au vu de ces éléments, il faudra s'attendre à un tarissement des sources alimentées par l'aquitard supérieur, présentes aux environs immédiats de l'extension de La Birette. Le débit des sources dans l'aquitard intermédiaire sera selon notre point de vue également influencé par ce nouveau projet.

Plusieurs sources sont recensées dans la zone du village d'Eclépens et il est fort probable que d'autres écoulements d'eaux souterraines prennent place au pied du Mormont, en s'écoulant dans les dépôts quaternaires. Ces points d'eau alimenteront non seulement la végétation et les vignes présentes dans ce secteur, mais également les nappes alluviales de la Venoge et du Nozon.

Les calculs de débit ainsi que des quantités d'eau drainées par la future carrière, de même que la situation géologique et hydrogéologique particulière de la région, ont permis d'établir les éléments suivants. Il est fort probable que la quantité d'eau souterraine, disponible principalement pour les cultures situées le long du flanc sud du Mormont, diminuera et mènera à des problèmes d'assèchement plus fréquents dans le futur, ce qui les rendra donc beaucoup plus sensibles aux périodes de sécheresse.

À ce stade, il convient également de noter que même après l'exploitation et le remplissage de la carrière, le drainage des eaux souterraines sera à jamais perturbé. Les matériaux rocheux meubles utilisés pour le remblayage de la carrière auront dans tous les cas des propriétés hydrogéologiques différentes de celles de la roche mère, de sorte que même après les travaux d'exploitation de la carrière, un drainage préférentiel dans ou vers la carrière se produira.

Fribourg, le 28 avril 2021

Ecosens Romandie SA


Michael Rüffer


Stefan Fuchs

5 ANNEXE

Annexe A : Photos et mesures des sources sur le Mormont

ANNEXE A

Source en Fallette



Mesures du 10.03.2021 :

Température eau : 8.6°C
Conductivité : 581 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Débit : 30 l/min

Source en Fallette supérieure



Mesures du 10.03.2021 :

Température eau : 7.1°C
Conductivité : 553 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Débit : 0.4 l/min

Source Birette



Mesures du 10.03.2021 :

Température eau : 7.9°C

Conductivité : 536 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Débit : 0.3 l/min

Source Bosquet du Château d'Eclépens



Mesures du 10.03.2021 :

Température eau : 8.9°C

Conductivité : 682 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Débit : 5.7 l/min