

# Étude technique d'une micro-centrale hydro-électrique sur le lac des Doyards à Vielsalm

Ing. J. GHUYSEN  
Ing. T. ANDRIEN  
HELMo-Gramme – Liège

*Cet article présente une étude approfondie d'une centrale hydro-électrique sur le lac des Doyards à Vielsalm, mettant en avant la turbine de type vis d'Archimède comme la meilleure solution. Il aborde les aspects techniques, financiers, et offre des recommandations précises pour sa mise en œuvre, favorisant ainsi une exploitation optimale des ressources hydrauliques tout en respectant les contraintes du site.*

*Mots-clés : Hydro-électricité, Turbine vis d'Archimède, Étude technique, Coûts*

*This article presents an in-depth study of a hydroelectric power station on the Lac des Doyards in Vielsalm, highlighting the Archimedes screw turbine as the best solution. It discusses the technical and financial aspects, and offers specific recommendations for its implementation, thus encouraging optimum use of hydraulic resources while respecting the site's constraints.*

*Keywords: Hydroelectricity, Archimedes screw turbine, Technical study, Costs*

## 1. Introduction

Face à l'urgence des enjeux environnementaux et énergétiques, la recherche d'une production électrique plus respectueuse de l'environnement, couplée à la sécurisation d'approvisionnement par la valorisation des ressources locales, se positionne au centre des priorités. L'énergie hydro-électrique est une source potentielle pour répondre aux besoins en énergie de la société. C'est dans ce cadre qu'œuvre la PME MTBE, bureau spécialisé dans la conception de petites centrales hydro-électriques au fil de l'eau.

L'objet de cette étude est un projet portant sur une centrale hydro-électrique à Vielsalm, commune située dans la province du Luxembourg, en Belgique. Le site envisagé se trouve au lac des Doyards, lac de 11 hectares alimenté par la rivière Salm et dont le niveau est contrôlé par le barrage des Doyards. Cet ouvrage est l'élément d'intérêt du projet, puisqu'une chute d'environ 7 m y est présente, comme illustré sur la Figure 1.



*Figure 1 : Chute présente au niveau du barrage des Doyards*

Une première étude du projet a vu le jour en 2019. La commune de Vielsalm a lancé un marché public, et MTBE y a répondu en 2020 en réalisant une première offre conjointement avec les sociétés Nelles Frères SA et Luc NELLES - Architectes associés SCRL. Ce groupement a été le seul à répondre au marché public. Malheureusement, cette offre dépassait les critères financiers de la commune de Vielsalm : en plus de la centrale, il y avait une volonté de faire du bâtiment abritant les locaux techniques un lieu didactique pouvant accueillir les visiteurs, écoles et autres. Le prix final dépassant les seuils souhaités par la commune, le projet a alors été abandonné.

En 2022, la commune a recontacté MTBE pour discuter à nouveau du projet, en redéfinissant les objectifs et les conditions. En effet, l'augmentation du prix de l'électricité et les enjeux politiques ont rendu le projet à nouveau attractif. Dans ce cadre, deux travaux parallèles se sont mis en place : celui-ci et celui d'un autre étudiant de HELMo Gramme, Léopold Delière. Chaque travail étudie la centrale hydro-électrique sur la Salm, mais avec des objectifs distincts : le travail de L. Delière se préoccupe de l'utilisation de l'énergie et son éventuel stockage, conjointement avec une analyse des nouvelles communautés d'énergie et coopératives citoyennes autour de projets renouvelables, etc. ; ce travail a pour but de repartir de zéro quant à l'étude du type de machine, et de sa mise en œuvre technique complète.

## **2. Objectifs de l'étude**

Dans cette nouvelle étude, les axes suivants ont été retenus :

- Repartir de zéro quant à l'étude comparative des différentes technologies hydro-électrique pour le site de Vielsalm, et faire un choix selon les critères énoncés ;
- Sur base du choix technologique envisagé, dimensionnement des éléments électro-mécaniques et hydrauliques ;
- Étude des équipements électriques et de génie civil ;
- Étude des coûts pour la future centrale.

Ce travail vise donc à étudier, évaluer et proposer une solution viable et durable pour la mise en place d'une centrale hydro-électrique sur le lac des Doyards à Vielsalm. L'accent est mis sur la sélection de la technologie appropriée, en prenant en compte les différents paramètres techniques, économiques et environnementaux, ainsi que sur la description de sa mise en œuvre. Les résultats de ce travail doivent servir de base précise et détaillée pour la réalisation future du projet, tout en garantissant une exploitation optimale des ressources hydrauliques disponibles sur le site.

## **3. Choix de la technologie**

Afin de caractériser les technologies adéquates pour le site de Vielsalm, une première étape consiste à analyser les données hydrauliques du site.

### 3.1. Caractéristiques hydrauliques

L'analyse pluriannuelle du débit de la rivière Salm sur la période 2002-2022 révèle une moyenne de  $1,84 \text{ m}^3/\text{s}$  (appelée module), avec une variation significative entre l'été et l'hiver (écart-type de  $1,25 \text{ m}^3/\text{s}$  sur les valeurs des débits moyens annuels). La Figure 2 exprime ces informations sous le regard d'années types.

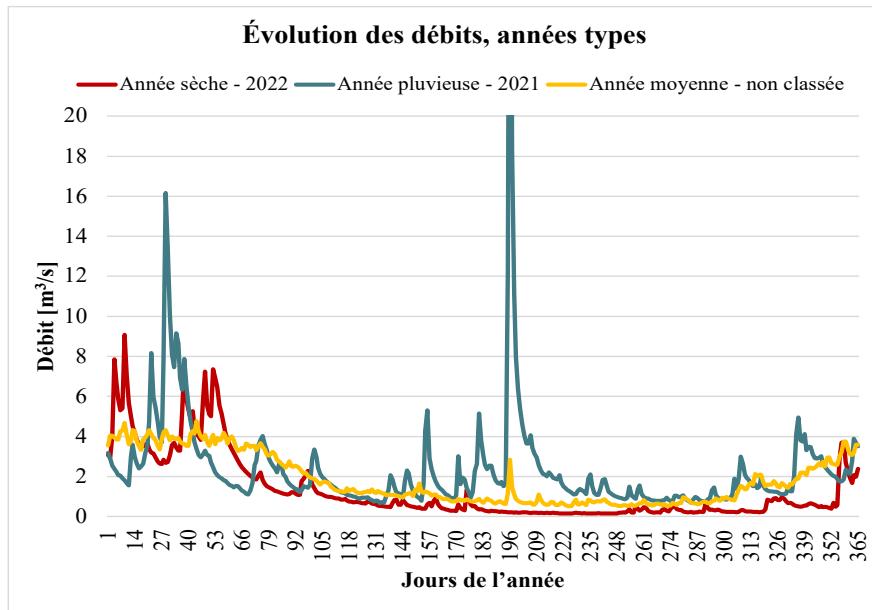


Figure 2 : Évolution annuelle des débits

Afin d'appuyer la Figure 2, le Tableau 1 reprend les valeurs remarquables de celle-ci :

	Année sèche - 2022	Année pluvieuse - 2021	Année moyenne - non classée
<b>Minimum</b>	0,14	0,67	0,52
<b>Maximum</b>	9,07	44,63	4,77
<b>Moyenne</b>	1,32	2,41	1,84

Tableau 1 : Valeurs de débits remarquables sur les années étudiées [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]

Pour préserver les fonctions biologiques tout au long de l'année, notamment la migration des poissons, un débit équivalant au percentile 95 est déduit du débit effectivement utilisable pour la production d'énergie [1]. Ce débit, appelé « débit réservé », équivaut à  $0,35 \text{ m}^3/\text{s}$  dans ce cas et n'est donc pas utilisable.

Le deuxième élément important sur un site hydro-électrique est la hauteur de chute d'eau, qui varie en fonction du débit de la Salm. Des mesures sont effectuées à différentes périodes de l'année, permettant de tracer une courbe de régression pour évaluer les performances de la centrale en fonction du débit traversant. Cette régression pour le site de Vielsalm est illustrée à la Figure 3. Comme énoncé, la chute d'eau varie autour des 7 m (écart-type de 0,3 m) pour le site étudié.

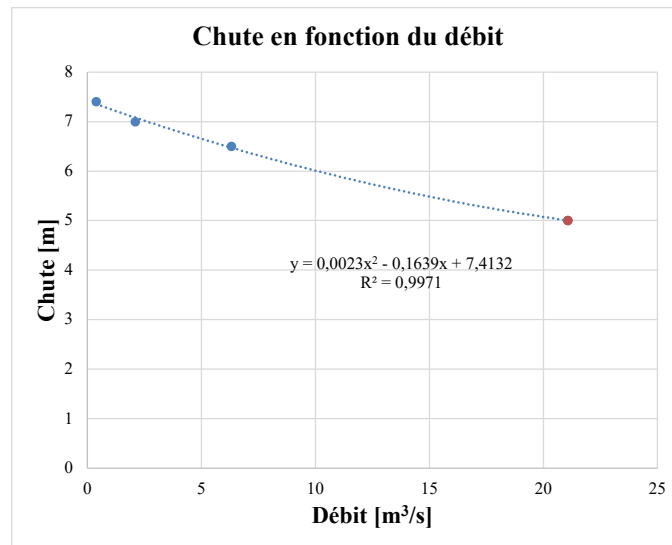


Figure 3 : Régression de la chute en fonction du débit

### 3.2. Technologies à l'essai

Sur base de ces informations, trois technologies appropriées pour le site de Vielsalm ont été sélectionnées : la turbine Kaplan, la turbine Banki-Mitchell et la turbine vis d'Archimède. Une première configuration est alors étudiée, permettant notamment l'évaluation des pertes de charges continues et ponctuelles pendant l'acheminement de l'eau à la turbine et sa restitution dans le cours d'eau en fonction de la technologie choisie. Cette étude représente la première étape de réflexion pour déterminer l'emplacement optimal de chaque machine, en tenant compte des diverses contraintes spécifiques au site et à chaque technologie.

Cette étape préliminaire permet ensuite de calculer le potentiel de production pour chaque machine retenue. Un débit d'équipement de 2 m<sup>3</sup>/s est choisi, à l'exception de la turbine Banki-Mitchell, pour laquelle le fabricant belge JLA-Hydro a été consulté. Leur turbine JLA52 prend cependant seulement 1,2 m<sup>3</sup>/s pour la chute considérée. Pour ces turbines, il est donc nécessaire d'en installer deux en parallèle, portant le débit d'équipement à 2,4 m<sup>3</sup>/s. Néanmoins, certains fabricants proposent des machines de taille suffisamment grande pour fonctionner avec un débit unique de 2

m<sup>3</sup>/s. Toutefois, cette possibilité n'a pas été retenue dans cette étude, afin de maintenir une approche axée sur la dimension locale du projet

En toute généralité, la puissance électrique  $P_e$  générée par une installation hydro-électrique est donnée par :

$$P_e = (q_{v,turbiné} \rho g H_{nette}) \cdot \eta_{turbo-générateur} = P_t \cdot \eta_{turbo-générateur} [W] \quad (1)$$

où  $q_{v,turbiné}$  [m<sup>3</sup>/s] désigne le débit volumique disponible,  $H_{nette}$  [m] la chute d'eau nette à laquelle est soumise la turbine (soit la chute d'eau brute à laquelle les pertes de charges ont été soustraites),  $\rho$  [kg/m<sup>3</sup>] la masse volumique de l'eau,  $g$  [m<sup>2</sup>/s] l'accélération gravitationnelle, et où  $\eta_{turbo-générateur}$  reprend les différents rendements correspondant aux pourcentages d'énergie récupérée à la fin des étapes de conversion d'énergie hydraulique, mécanique et électrique par rapport à la quantité d'énergie absorbée. Une analyse de ce rendement en fonction de la charge selon la technologie a donc pu être menée. La puissance  $P_t$  désigne, elle, la puissance hydraulique nette récupérable par la turbine.

### ***Limitation de puissance***

En Belgique, les Certificats Verts (CV) sont utilisés pour favoriser les projets d'énergies renouvelables en assurant leur rentabilité. Pour les centrales hydro-électriques, le prix de revente des CV dépend de leur puissance. Le projet de Vielsalm, avec une puissance limitée à 100 kW (afin de rester dans la catégorie ]0-100 kW]), présente un coefficient économique de calcul des CV ( $k_{eco}$ ) plus avantageux dans les prévisions pour 2024 que les centrales allant de ]100-1000 kW] ( $k_{eco}$  de 0,53 par rapport à 0,05), et offre donc une meilleure rentabilité.

En outre, un tel projet hydro-électrique est éligible à des subventions couvrant 20% de l'investissement initial, avec un plafond de maximum 9000€/kW pour une centrale de puissance égale ou inférieure à 100 kW, là où celui-ci serait de 5000€/kW pour une puissance supérieure à 100 kW [2].

Cette limitation de puissance suscite néanmoins des questions sur l'objectif final de l'installation, soulignant l'importance des considérations économiques dans de nombreux projets d'énergies vertes actuels, par rapport à la volonté d'une plus grande proportion de production d'énergie verte.

### ***Résultats***

Sur base des données hydrauliques et surtout du débit passant réellement dans la turbine, ainsi que de la chute nette, est calculée la puissance hydraulique  $P_t$ . Grâce aux valeurs des rendements de conversion mécanique par la turbine d'une part, et de

conversion électrique d'autre part, il est possible d'obtenir la puissance électrique aux bornes de la génératrice  $P_e$ . Puisque cette valeur part d'une valeur de débit moyen journalier, cette puissance est considérée comme la puissance moyenne journalière, et pour obtenir l'énergie récupérée sur une journée, cette puissance est multipliée par 24 (heures) pour obtenir des kWh.

Dans le cadre du projet de Vielsalm, et afin d'être éligible à un taux d'octroi de CV ainsi que de subsides intéressants comme expliqué dans la section précédente, la puissance de la centrale sera bridée à 100 kW. Cela implique alors de brider la puissance aux bornes de la génératrice à cette valeur lors de la simulation de productible.

Ensuite, une fois ce calcul réalisé pour tous les jours des 21 années étudiées, une moyenne peut être dégagée pour chaque technologie, comme indiqué dans le Tableau 2, permettant également de visualiser l'écart-type par rapport à cette moyenne calculée.

	Turbine Vis	Turbine Kaplan	Turbine Banki
Production annuelle moyenne	404 MWh	414 MWh	416 MWh
Écart-type	100 MWh	104 MWh	101 MWh

*Tableau 2 : Productible annuel moyen par technologie*

Les résultats obtenus présentent une meilleure performance des technologies Kaplan et Banki-Mitchell. Cela s'explique en effet par un meilleur rendement du groupe turbo-générateur. Cependant, cette différence n'est pas nette ( $\approx 3\%$ ), s'expliquant par de plus grandes pertes de charges pour ces deux mêmes technologies par rapport à la turbine vis d'Archimède. L'écart-type permet, lui, encore une fois, de mettre en évidence la variabilité de production d'année en année, selon que l'année soit plutôt « sèche » ou « pluvieuse ».

### 3.3. Intégration au site de Vielsalm

Le site de la centrale à Vielsalm est une destination touristique prisée, notamment en raison de la promenade des Doyards, un sentier fréquenté par les visiteurs autour du lac. Cependant, la prise d'eau nécessaire à la construction de la centrale hydro-électrique devra traverser cette promenade, nécessitant ainsi des aménagements spécifiques. En conséquence, après des discussions avec la commune de Vielsalm, il a été décidé de prendre en considération les impacts visuels et sonores de la prise d'eau, en cherchant à les minimiser, tout en préservant la vue d'ensemble de la centrale.

Un autre aspect est l'impact environnemental. En effet, certaines technologies sont ichtyocompatibles<sup>1</sup>, à l'image de la turbine vis d'Archimède, là où d'autres ne le sont pas, comme dans ce cas-ci la turbine Kaplan et la turbine Banki-Mitchell. Cela implique de devoir créer une prise d'eau qui sera, elle, dite ichtyocompatible et évitera aux poissons de devoir passer par la turbine. Ceci signifie des ouvrages en prise d'eau plus conséquents, notamment une grille à entrefer plus fin, ainsi qu'un ouvrage pour amener les poissons vers l'aval. Pour éviter de trop grandes pertes de charges, cette nouvelle grille implique l'usage d'un dégrilleur en raison d'un colmatage plus fréquent.

Même si la production est légèrement supérieure pour ces technologies, leur implantation est, elle, plus hasardeuse, et la visibilité des ouvrages est accrue. Le coût d'exploitation de ce type d'installation est également vu à la hausse, avec un suivi d'exploitation plus intense que pour la turbine vis d'Archimède (cette augmentation représente environ 5% du chiffre d'affaires supplémentaire, cette évaluation étant basée sur les divers chantiers exécutés par MTBE).

### 3.4. Rentabilité estimée

L'examen des diverses technologies de production et de leurs emplacements respectifs permet d'évaluer les investissements requis pour chacune d'entre elles, en vue d'une première évaluation de leur rentabilité. L'objectif de cette analyse est principalement de mettre en lumière les disparités de rentabilité entre les différentes implantations, en l'absence de données chiffrées précises à ce stade du projet. Certaines hypothèses, telles qu'un prix de revente fixe de l'électricité, ont donc été prises en compte. Une analyse plus approfondie de la rentabilité de la future centrale est abordée par L. Delière [3], notamment en examinant la possibilité d'une association avec une coopérative citoyenne ou une communauté d'énergie.

Un métré estimatif a été réalisé pour chaque technologie envisagée, en utilisant les prix de référence de MTBE pour l'investissement. Le chiffre d'affaires a été calculé en tenant compte de la vente d'électricité à un tarif fixe de 0,1 €/kWh, ainsi que de la valorisation des CV basée sur le  $k_{eco}$  de 2024, équivalant à 0,033 €/kWh. Les coûts d'exploitation ont été estimés à 15 à 20% du chiffre d'affaires, selon la technologie utilisée. La production utilisée dans le calcul est prise de manière sécuritaire, soit selon une répartition d'années moyennes, sèches et pluvieuses de respectivement 1/2, 1/3 et 1/6.

Puisque la puissance de la centrale est bridée à 100 kW, le projet est éligible à des subventions couvrant 20% de l'investissement initial, avec un plafond maximum de

---

<sup>1</sup> L'ichtyocompatibilité indique la compatibilité d'une turbine avec le milieu piscicole, autrement dit une technologie n'induisant pas ou très peu de dommages sur les poissons.



9000 € par kW [2]. Ce taux s'applique donc jusqu'à un investissement total de 900000 €, au-delà duquel la subvention est limitée à 180000 €. Le Tableau 3 présente la rentabilité prévue pour chaque technologie envisagée dans l'implantation du projet.

Technologie testée	Vis d'Archimède	Turbine Kaplan	Turbine Banki
<b>Chiffre d'affaires</b>			
Cash-Flow Net / an	43 361 €	41 821 €	42 153 €
<b>Investissement</b>			
Estimation investissement total	867 000 €	884 500 €	957 500 €
Subsides (20%)	173 400 €	176 900 €	180 000 €
Investissement à charge du client	693 600 €	707 600 €	777 500 €
<b>Rentabilité</b>			
Temps de retour sur investissement simple	<b>16,0 ans</b>	<b>16,9 ans</b>	<b>18,4 ans</b>

*Tableau 3 : Rentabilité estimée selon la technologie*

Plusieurs éléments ressortent de cette analyse. En effet, bien que l'on puisse noter un léger avantage pour la turbine vis d'Archimède, la turbine Kaplan s'en rapproche en termes de rentabilité. La turbine Banki-Mitchell est, elle, moins performante car son prix d'investissement, supérieur au plafond déterminé, n'est éligible qu'à 180000 € de subsides (20% de maximum 9000 €/kW), ce qui réduit nettement sa rentabilité.

De plus, la légère différence de production de la vis d'Archimède est compensée par des coûts d'exploitation plus faible. Ceci dégage donc finalement un cash-flow net annuel plus grand que ses concurrents, démontrant l'impact des ouvrages de prises d'eau additionnels des technologies Kaplan et Banki-Mitchell. De manière générale, il est intéressant de noter que la vente des CV constitue  $\frac{1}{4}$  du chiffre d'affaires généré.

Le prix de la turbine Kaplan et de ses équipements annexes est plus faible d'environ 50000 € par rapport à ses concurrents. Le surcoût causé par des ouvrages de prises d'eau ichtyocompatibles est donc en partie amendé par une meilleure production et un prix plus faible pour cette turbine. Si l'on se penche sur la turbine Banki-Mitchell, sa meilleure production ne parvient toutefois pas à rendre cette technologie plus attractive en raison de son investissement initial. Puisque les critères de production et de rentabilité ne permettent pas un choix tranché entre la turbine vis et la turbine Kaplan, la décision repose sur une analyse de l'ensemble des contraintes du projet.

### 3.5. Choix technologique retenu

Après une analyse approfondie des critères associés aux trois technologies sélectionnées, un tableau de tendance par technologie a été élaboré. Il convient de souligner que ce tableau ne cherche pas à établir une équivalence des poids ou à quantifier l'importance de chaque critère pour les différentes parties prenantes. Son objectif fondamental est de présenter une tendance préliminaire à la suite d'une étude préalable, visant à guider le choix ultérieur de technologie dans le projet. Les résultats sont consignés dans le Tableau 4.

Critère	Vis d'Archimède	Turbine Kaplan	Turbine Banki
Ichtyocompatibilité	Élevée	Requiert agencements supplémentaires	Requiert agencements supplémentaires
Visibilité de la prise d'eau	Modérée	Élevée	Élevée
Production annuelle	Modérée	Élevée	Élevée
Rentabilité	Élevée	Modérée	Faible
Suivi d'exploitation	Modéré	Élevé	Élevé

Tableau 4 : Tendances selon la technologie retenue

À la fin de cette analyse, il est possible de retenir comme choix technologique la vis d'Archimède (illustrée à la Figure 4). Malgré un productible légèrement plus faible, ce choix est motivé par une plus grande simplicité et une moindre visibilité des ouvrages. La différence la plus flagrante entre les diverses technologies se situe au niveau de la prise d'eau, et de la nécessité de la rendre ichtyocompatible, avec, pour les technologies Kaplan et Banki-Mitchell, un ouvrage plus conséquent et plus difficile à intégrer au paysage sans l'altérer. De plus, une telle prise d'eau nécessiterait un suivi d'exploitation plus intense. Ce choix se révèle donc être le meilleur compromis entre les différents tenants et aboutissants du projet.

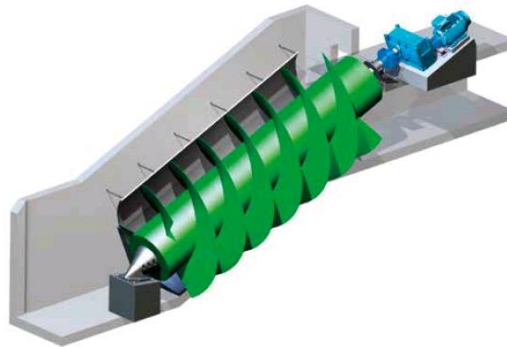


Figure 4 : Turbine vis d'Archimède [4]

## 4. Description de l'installation envisagée

Sur base du choix de la turbine vis d'Archimède, il est possible d'étudier la centrale, de pré-dimensionner les différents éléments (électromécaniques notamment), ainsi que de formuler des demandes de prix auprès des divers fabricants concernés.

### 4.1. Éléments d'électro-mécanique

Afin de limiter sa visibilité, la vis d'Archimède est enterrée, et un talutage au-dessus des ouvrages a été considéré. La vanne de garde, permettant l'arrêt de l'eau au plus proche de la turbine, est abritée dans le local technique afin de limiter sa visibilité également, et son lestage a été calculé pour permettre une fermeture gravitaire automatique en cas d'urgence. Le bâtiment du local technique a été prévu dans le même style que celui déjà présent pour une bonne intégration paysagère.

Au niveau du lac, afin d'éviter le placement de piézomètres<sup>2</sup>, l'idée d'une deuxième vanne a été retenue. Le choix du type de vanne s'est porté vers une vanne clapet inversée, offrant une faible visibilité et la possibilité d'une fermeture d'urgence en cas de perte du réseau. Le canal d'amenée est totalement enterré, afin de préserver la promenade des Doyards. Enfin, une trappe d'accès permettra l'accès au canal d'amenée. Pour être sécuritaire, la grille de protection de la turbine sera placée après ce canal, au niveau du local technique et avant la vanne de garde (protection pour l'homme). Néanmoins, une pré-grille sera placée à la prise d'eau pour éviter les gros embâcles<sup>3</sup>. Ces divers éléments sont visibles sur la Figure 5 ci-contre.

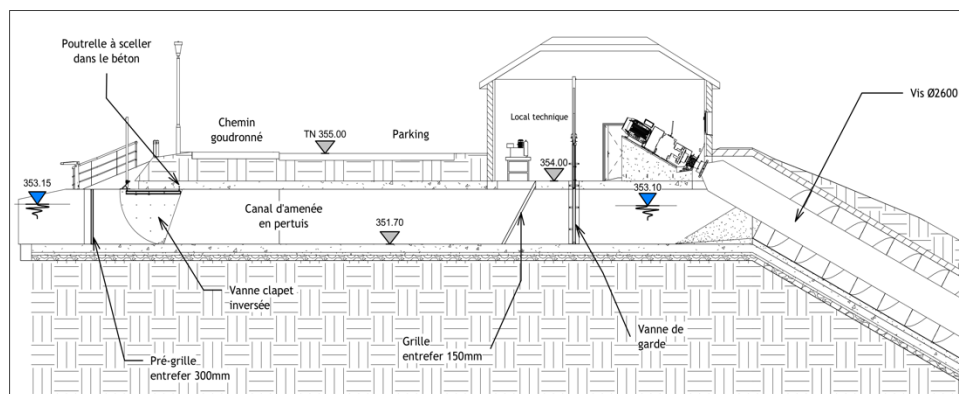


Figure 5 : Vue en coupe du canal d'amenée de la future centrale

<sup>2</sup> « Un piézomètre est un forage non exploité qui permet la mesure du niveau de l'eau souterraine en un point donné de la nappe » [5]. Dans le cas présent, le rôle des piézomètres était d'identifier une potentielle infiltration d'eau dans le talus de la berge. Ceux-ci sont néanmoins très coûteux (de l'ordre de 30000 €).

<sup>3</sup> Les embâcles sont des éléments naturels accumulés par un cours d'eau.

Les différents éléments tels que la pré-grille, la grille et les différentes vannes ont été désignés selon l'Eurocode 3, relatif aux constructions en acier. Les éléments principalement dimensionnants sont la pression hydrostatique sur les barreaux des grilles lorsque celle-ci sont obstruées (différence de niveau entre l'amont et l'aval), ou encore sur le tablier des vannes lorsqu'elles sont fermées, ainsi que le poids propre des éléments. Les cas de charges ont donc été évalués à l'Etat Limite Ultime (ELU), et la flèche maximale admissible a été vérifiée à l'Etat Limite de Service (ELS), afin de s'assurer de la bonne résistance des éléments par rapport au matériau utilisé. Une fois le dimensionnement de ces différents éléments réalisé, une mise en plan de ceux-ci a permis de formuler les demandes de prix auprès de fournisseurs nécessaires à la budgétisation de la centrale.

Parallèlement aux éléments de ferronnerie, la partie oléo-hydraulique a elle aussi fait l'objet d'un dimensionnement propre, afin d'assurer le bon fonctionnement et mouvement des différentes vannes via des vérins hydrauliques. Le groupe turbo-générateur est lui fourni par le fabricant de la vis d'Archimède.

#### **4.2. Génie civil et équipements électriques**

Afin de finaliser le budget et le livrable final, les derniers éléments à quantifier sont le génie civil d'une part, et les équipements électriques d'autre part. Le dimensionnement des éléments de génie civil sort du cadre de ce travail. Néanmoins, les plans de définitions et le modèle 3D aux dimensions de la centrale ont été réalisés sur Revit, afin d'être communiqué à une entreprise de génie civil.

Au niveau des équipements électriques, ont été prévus une ventilation adaptée, ainsi que l'ajout d'un variateur de fréquence, permettant de récupérer davantage d'énergie sur un site où le débit est fortement variable. En outre, les éléments de mesures, l'architecture contrôle-commande et les différentes entrées et sorties de l'automate ont également été étudiées selon le site précis de Vielsalm. Le dimensionnement des éléments de protections pour le raccordement au réseau est lui abordé dans le travail de L. Delière [3].

Ces différents résultats ont permis d'une part de consolider le dossier technique de la centrale, ainsi qu'à nouveau de pouvoir formuler des demandes de prix auprès des fournisseurs concernés.

#### **4.3. Résultats et budget final**

La Figure 6 présente le modèle 3D de la future centrale hydro-électrique. Celle-ci voit sa visibilité réduite au maximum, tant au niveau de l'amenée d'eau, de son passage dans la vis d'Archimède, ou encore la restitution à l'aval. Le local technique a

été imaginé pour correspondre au style des bâtiments aux alentours, et de manière à minimiser son empreinte visuelle et au sol.

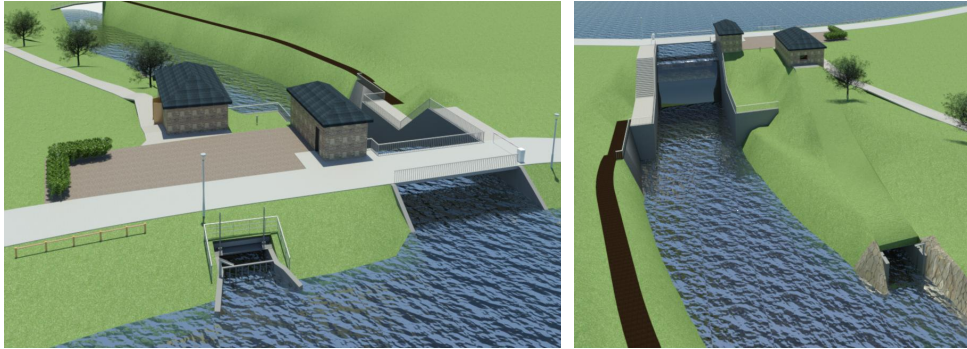


Figure 6 : Vue amont et aval de la centrale hydro-électrique

Chaque partie étudiée a également fait l'objet d'une demande auprès d'un fournisseur. Lorsque les demandes n'ont pu aboutir dans les délais, une estimation précise a été réalisée en se basant sur des listes de prix actualisées du matériel envisagé. La Figure 7 expose le budget de la centrale de Vielsalm, ainsi que sa répartition :

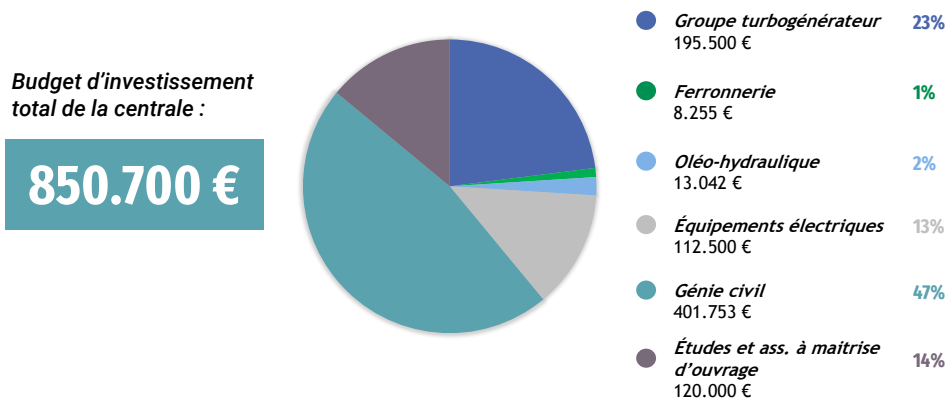


Figure 7 : Budget de la centrale hydro-électrique de Vielsalm

En termes de coûts d'exploitation, ceux-ci sont estimés à 15050 €/an, dont la majorité correspondent aux coûts de maintenance préventive (81%), le reste se distribuant dans les différentes taxes, frais de sociétés et assurances de base (19%). Selon l'installation retenue et développée, le productible final calculé est de 403 MWh/an en moyenne.

## 5. Conclusion

En conclusion, cette étude constitue une base précise et détaillée pour le projet de centrale hydro-électrique au lac des Doyards à Vielsalm. Les résultats obtenus ont permis de choisir la technologie la plus adaptée en fonction des contraintes du site et des objectifs du projet. Du point de vue technique, cette étude fournit les éléments nécessaires à la création d'un dossier technique complet pour le projet, y compris des estimations de coûts pour la mise en place de la centrale hydro-électrique, garantissant ainsi une exploitation optimale des ressources hydrauliques disponibles tout en minimisant les impacts sur l'environnement local.

## 6. Addendum

A l'heure actuelle, selon les dernières données disponibles pour la filière hydro-électrique (2<sup>e</sup> semestre de 2023), le taux d'octroi ( $k_{eco}$ ) des CV s'avère être de 0, rendant ainsi la rentabilité du projet hydro-électrique moins favorable que prévu (cette dernière donnée devra être actualisée en fonction de la date de reprise du projet). Cependant, malgré cette variation, le choix de la turbine vis d'Archimède demeure inchangée, en raison de son prix d'investissement plus faible et de ses avantages en matière d'ichtyocompatibilité. La limitation de la puissance à 100 kW de la centrale reste intéressante puisque les subsides sont moindres au-delà de cette valeur. Dès lors, bien que la rentabilité soit impactée, le compromis reste inchangé en faveur de la turbine vis d'Archimède. La durée de retour sur investissement est, elle, désormais estimée à 21 ans, démontrant davantage l'intérêt d'une intégration dans une communauté d'énergie ou coopérative citoyenne pour ce genre de projet.

## 7. Sources

[1] Direction des cours d'eau non navigables, « Circulaire relative à la mise en œuvre de nouveaux projets hydroélectriques ou à la modification d'aménagements hydroélectriques existants sur les cours d'eau non navigables de première catégorie de la Région wallonne. » 7 septembre 2010.

[2] « Demander une prime à l'investissement (PME ou Grande Entreprise) ». Consulté le: 2 octobre 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.wallonie.be/fr/demarches/demander-une-prime-linvestissement-pme-ou-grande-entreprise>

[3] L. Delière, « Centrale hydro-électrique à Vielsalm : Analyse technico-législative et financière de l'intégration d'une énergie renouvelable au réseau électrique », HELMo - Gramme, Belgique, 2023.

[4] « Archimedean screw pumps | MICHOS S.A. » Consulté le: 8 octobre 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.michos.gr/en/products/environmental-equipment/3168-archimedean-screw-pumps.html>

[5] « Qu'est ce que la piézométrie ? - SIGES Seine-Normandie - ©2023 ». Consulté le: 2 octobre 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://sigesn.brgm.fr/spip.php?article303>