

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

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

## 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.

Ce travail vise 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.

## 2. Choix d'une technologie

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). 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.

---

Revue Scientifique des Ingénieurs Industriels n°38, 2024

Une version plus développée de cet article est accessible en ligne à l'adresse suivante :

<http://www.isilf.be/>

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. Comme énoncé, la chute d'eau varie autour des 7 m (écart-type de 0,3 m) pour le site de Vielsalm.

### **2.1. 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 pendant l'acheminement de l'eau à la turbine et sa restitution dans le cours d'eau en fonction de la technologie choisie. De plus, une analyse du rendement en fonction de la charge a été réalisée, permettant d'évaluer un productible pour chaque technologie.

### **2.2. Critères de choix**

Outre la rentabilité financière et la production en fonction de la technologie choisie, d'autres facteurs ont également influencé la décision dans ce projet. 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. Par conséquent, en collaboration avec la commune de Vielsalm, il a été déterminé qu'il était primordial de prendre en considération les aspects visuels et sonores de la prise d'eau, en veillant 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 la turbine Kaplan et la turbine Banki-Mitchell. Ces deux dernières impliqueraient de devoir créer une prise d'eau qui serait, elle, ichtyocompatible et éviterait aux poissons de devoir passer par la turbine. Les ouvrages en prise d'eau en seraient néanmoins notablement plus conséquents.

### **2.3. 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

---

<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.

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 présentés dans le Tableau 1.

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 1 : Tendances selon la technologie retenue

À la fin de cette analyse, il est possible de retenir comme choix technologique la vis d'Archimède (montrée à la Figure 1). Malgré un productible légèrement plus faible ( $\approx 3\%$  de moins), 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.

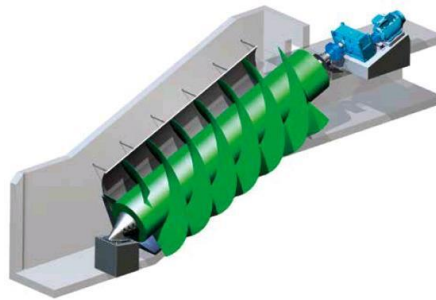


Figure 1 : Turbine vis d'Archimède [2]

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 seulement 5000€/kW pour une puissance supérieure à 100 kW [3].

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.

### 3. 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.

Dans ce projet, la centrale est logée dans un bâtiment technique conçu pour s'intégrer harmonieusement avec la structure existante de la région wallonne, qui abrite les équipements de régulation du niveau du lac. Pour tirer parti de la pente naturelle du terrain, l'eau est d'abord acheminée par un canal d'amenée souterrain. Ensuite, elle traverse la turbine vis d'Archimède, également dissimulée sous terre pour répondre aux exigences de la commune en matière de nuisances sonores et visuelles. Enfin, l'eau est réintégrée dans le cours d'eau existant grâce à un canal de restitution, partiellement souterrain, puis aménagé avec des berges en enrochement pour préserver son aspect naturel. Ces différentes parties sont montrées sur la Figure 2.

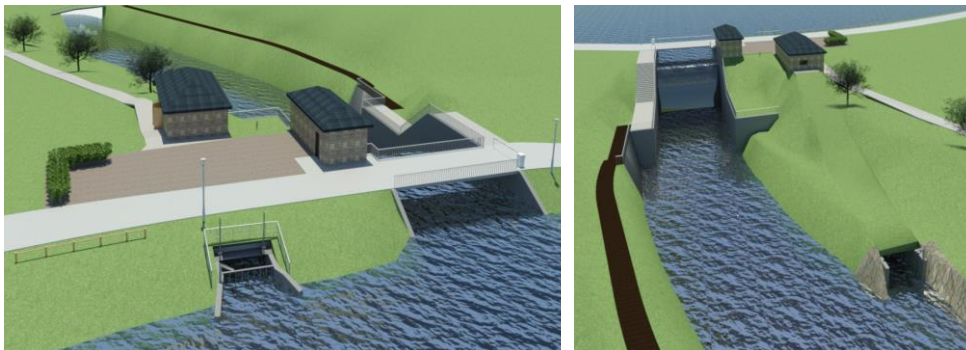


Figure 2 : Vue amont et aval de la centrale hydro-électrique

Une première pré-grille empêchera les éléments les plus importants de pénétrer le canal d'amenée en pertuis enterrés. Pour protéger ce même canal d'amenée en cas de crue, et en raison de craintes d'une perte d'étanchéité de celui-ci, une seconde vanne a alors été commandée à l'entrée du canal. Une grille de protection standard et une vanne guillotine à fermeture gravitaire ont également été prévues devant la

turbine. En cas d'incident, cette vanne peut se fermer automatiquement pour bloquer l'arrivée d'eau au plus près de la turbine. Enfin, le groupe turbogénérateur est lui-même fourni par le fabricant de la vis d'Archimède.

À partir du pré-dimensionnement de ces éléments d'électromécanique, de la réalisation de la mise en plan des éléments de génie civil (leur dimensionnement propre sortant du cadre de ce travail), et de la sélection des équipements électriques, des demandes de prix ont été initiées pour calculer le budget de la centrale. En cas de délais non respectés pour ces demandes, une estimation précise a été réalisée en se basant sur des listes de prix actualisées du matériel envisagé. La Figure 3 présente le budget de la centrale de Vielsalm et sa répartition.

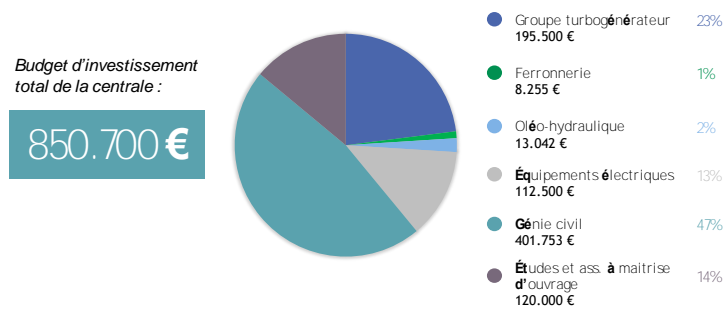


Figure 3 : Budget de la centrale hydro-électrique de Vielsalm

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, présentant un temps de retour sur investissement simplifié aux alentours des 16 années. Cependant, la rentabilité précise du projet de Vielsalm sort du cadre de ce travail, et a pu être développée selon la création d'une communauté d'énergie d'une part, ou coopérative citoyenne d'autre part dans le travail de L. Delière [4].

## 4. 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.

## 5. 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.

## 6. 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] « 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>

[3] « 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>

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