



CENTRALE HYDROÉLECTRIQUE DE CUISERY (71) MOULIN COCHARD - SAS HYDRELF

OPTIMISATION D'UN SEUIL EXISTANT PAR SURÉQUIPEMENT

La centrale en bref

En 2014, Ludovic Flahaut acquiert le moulin Cochard, sur la Seille à Cuisery (Saône-et-Loire), un site datant du XII^e siècle, dont les derniers kilos de farine ont été produits en 1992. Il compte y installer sa résidence principale et optimiser la production d'hydroélectricité. Les 2 turbines Francis plafonnent à 80 kW au total et elles n'utilisent que 7 m³/s pour un droit fondé en titre de 15 m³/s et 250 kW de puissance maximale autorisée. Une étude de faisabilité, réalisée par le bureau d'études Hydréole et subventionnée par l'ADEME Bourgogne-Franche-Comté, analyse 2 scénarios d'installation d'une turbine supplémentaire à la place des vannes de décharge : deux vis hydrodynamiques et une Kaplan verticale. Après des recherches et une analyse poussées, le producteur va plutôt choisir une Kaplan inclinée en siphon double réglage de 120 kW (conception THEE, commercialisée alors par Andritz Hydro*). En effet, la technologie du siphon et la position inclinée limitent le coût de terrassement ; de plus, le double réglage permet de valoriser les plus bas débits. Pour la prise d'eau, le producteur opte pour une grille verticale à barreaux horizontaux avec un dégrilleur à bras vertical immergé se déplaçant latéralement, en raison de l'efficacité et de la discréption de ce type d'équipement (lire plus bas).

Puissance électrique : 200 kW (2 anciennes Francis et une Kaplan inclinée double réglage)

Hauteur de chute : 1,70 m brute

Production moyenne : 750 000 kWh/an (contrat H07) dont 400 000 kWh/an pour le suréquipement

Travaux de suréquipement réalisés

- mise en place d'un groupe Kaplan incliné à la place des vannes de décharge ;
- construction d'un local technique pour le nouveau groupe ;
- pose d'une grille verticale à barreaux horizontaux avec écartement des barreaux de 20 mm selon les préconisations de l'administration ;
- mise en place d'un dégrilleur automatique à bras vertical immergé ;
- modification du contrôle-commande et de l'armoire électrique.



▷ Vue aérienne de la Seille et du Moulin Cochard



▷ Vue du bâtiment abritant les turbines Francis, avec étages transformés en habitation, avant implantation de la turbine Kaplan à la place de la vanne située à droite sur la photo

* Une nouvelle gamme est désormais proposée par Fugu-Tech.

Caractéristiques techniques de l'installation

Cours d'eau	Seille
Classement environnemental	Cours d'eau non classé (pas de dispositif de montaison piscicole)
Module interannuel	31 m ³ /s
Date de mise en service	2005 pour l'installation existante et 2021 pour le suréquipement
Hauteur de chute	1,70 m brute
Longueur du tronçon court-circuité	environ 60 m
Débit maximal dérivé	15 m ³ /s
Puissance installée	200 kW (le fondé en titre porte sur 250 kW mais le canal de restitution ne permet pas de les atteindre)
Turbines existantes	Deux turbines Francis anciennes pour une puissance réelle totale de 80 kW : – une turbine Darnell Bossard de 1890, turbinant 2,5 m ³ /s et délivrant 30 kW, avec multiplicateur à engrenages et génératrice asynchrone – une turbine Dumont de 1946 turbinant 5 m ³ /s et délivrant 50 kW, avec multiplicateur à engrenages et génératrice asynchrone
Nouvelle turbine	Turbine Kaplan inclinée en siphon, double réglage, de 120 kW turbinant 8 m ³ /s (installée en 2021), avec multiplicateur par poulie-courroie et génératrice asynchrone
Production annuelle moyenne réelle du site	750 000 kWh/an correspondant à une substitution de 64 tep (tonnes équivalent pétrole)
Équivalence énergétique	Consommation annuelle (hors chauffage et eau chaude) de 337 foyers (source Ceren et Remodece, base : 2 228 kWh par an et par foyer)
Réchauffement climatique (gaz à effet de serre évité)	210 tonnes de CO ₂ évitées par an*, soit l'équivalent d'une voiture particulière parcourant 2 millions de km**. *par rapport à une production d'électricité par cycle combiné à gaz **base de calcul = 103 g CO ₂ /km (moyenne des émissions du parc de véhicules particuliers en France en 2022)
Tarif d'achat	Tarif H07 à 2 composantes Prix moyen annuel d'achat : 12 c€/kWh

Bilan financier

Montant des investissements (HT)

OBJET	Montant HT	%
Études de faisabilité et d'optimisation	6 000 € (aide de 70 %)	0,8 %
Turbine et contrôle-commande	420 000 €	56 %
Génie civil	200 000 €	26,6 %
Dégrilleur et grille	95 000 €	12,6 %
Raccordement	30 000 €	4 %
TOTAL	751 000 €	
Ratio investissement (€HT par kW installé, seulement le nouveau groupe)	6 156 € HT/kW	

Financement des investissements (hors études)

OBJET	Montant HT	%
Subvention de la Région et de l'ADEME Bourgogne-Franche-Comté	300 000 €	40 %
Apport personnel	151 000 €	20 %
Prêt d'Unifergie (filiale du Crédit Agricole) au taux de 0,99 % sur 15 ans	300 000 €	40 %
TOTAL	751 000 €	



▷ Les 2 turbines Francis totalisant 80 kW de puissance ont été conservées. Ici, la génératrice et le multiplicateur du groupe de 30 kW

Rentabilité

Chiffre d'affaires annuel moyen (turbines Francis et turbine Kaplan)	100 000 €
Dont chiffre d'affaires annuel turbine Kaplan	50 000 €
Charges annuelles moyennes	
Assurance RC centrale + bris de machine + pertes de production	8 000 €
Cotisation foncière des entreprises (CFE) - Taxe foncière	4 800 €
Consommables divers (informatique, graisse,...)	2 200 €
Frais comptables	1 500 €
Frais généraux divers (banque, téléphonie,...)	1 200 €
Redevance agence de l'eau	540 €
Redevance d'accès au réseau public d'électricité (TURPE)	500 €
TOTAL des charges annuelles	18 740 €
Remboursements d'emprunts	
Prêt pour l'achat du site (dont assurance)	22 020 €
Prêt lié au suréquipement (dont assurance)	25 800 €
TOTAL des remboursements d'emprunts	47 820 €
Recette nette annuelle	33 440 €
Temps de retour brut sur l'investissement lié à la Kaplan	15 ans

Implantation de la turbine supplémentaire

L'étude d'optimisation de 2015-2016 propose d'installer soit 2 vis hydrodynamiques, soit une Kaplan verticale en siphon. Après quatre années d'analyses des débits et des coûts d'investissement, Ludovic Flahaut a préféré une solution basée sur une Kaplan inclinée en siphon double réglage (conception THEE, commercialisée par Andritz Hydro¹), réduisant fortement le budget du génie civil. Le dimensionnement de la machine a aussi été soigneusement réfléchi. « Avec une chute aussi faible où il est très difficile d'être rentable, il ne faut pas chercher à faire le productible maximal car au-delà d'une certaine taille de machine, chaque kW supplémentaire entraîne un énorme surcoût », indique-t-il. Il s'agit d'une Kaplan de 120 kW et 1 800 mm de diamètre qui peut absorber 8 m³/s. L'investissement s'est élevé à 751 000 € HT, financés par 151 000 € d'apport personnel, par 300 000 € d'aide de la Région Bourgogne-Franche-Comté² et par un prêt de 300 000 € accordé par Unifergie, filiale du Crédit Agricole spécialisée dans les énergies renouvelables (taux de 0,99 % sur 15 ans)³.

¹ Cette gamme, profondément reconçue, est désormais proposée par Fugue-Tech.

² Les aides aux investissements étaient encore possibles dans le cas d'un contrat d'obligation d'achat H07.

³ Lire le témoignage de Ludovic Flahaut sur le financement de son projet dans le *Guide du montage financier et juridique / Hydroélectricité, optimiser ou réhabiliter un site* (édition 2024).



► La nouvelle centrale (petit local au pan de toiture incliné) abritant la turbine Kaplan a été construit à l'emplacement des anciennes vannes de décharge



► Grutage de la turbine Kaplan double réglage



► La turbine Kaplan inclinée entraîne une génératrice asynchrone après multiplication par poulies-courroie

Un dégrilleur à bras vertical immergé

La turbine est précédée par une grille verticale, à barreaux horizontaux orientés, de 8 m de largeur et 3 m de hauteur, équipée d'un dégrilleur à bras vertical (fabrication par Brun Frères). Ludovic Flahaut



► Le dégrilleur et la grille verticale à barreaux horizontaux. Les feuilles et les bois sont poussés vers la vanne porte située à gauche

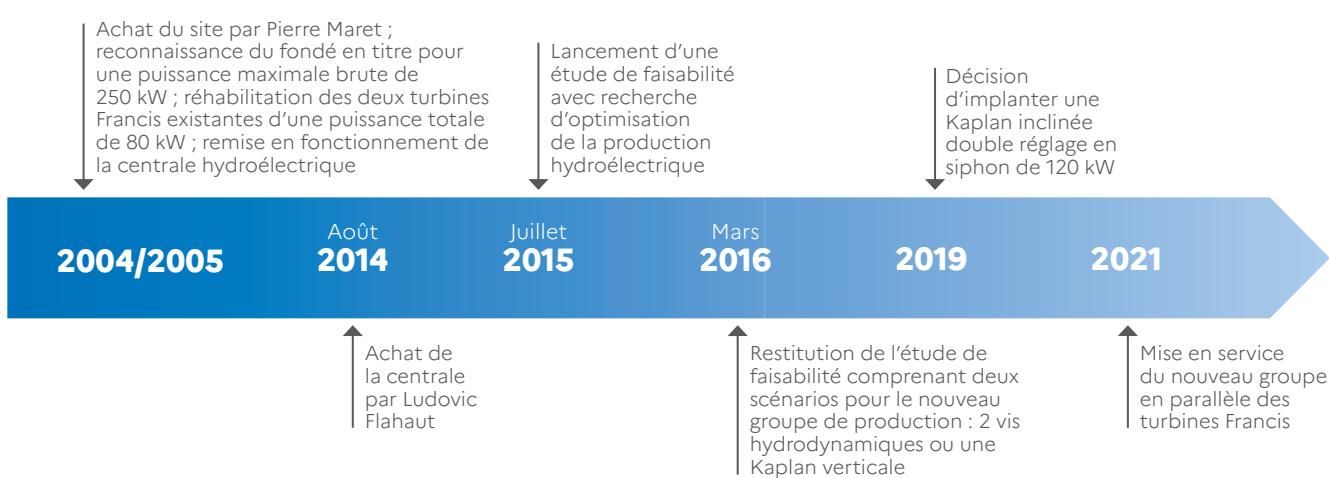
a choisi cette technologie pour sa discrétion puisque le bras reste dans l'eau (le moulin est aussi son lieu d'habitation). Après 4 ans d'utilisation, il juge le système très performant car le dégrilleur n'a pas besoin de sortir les feuilles, bois et algues de l'eau, mais seulement de les pousser vers une vanne-porte.

Bilan du site après optimisation

Avec l'installation de la turbine Kaplan, la production moyenne du site est passée à 750 000 kWh/an, contre 350 000 kWh avec les 2 turbines Francis seulement (l'étude prévoyait 640 000 kWh/an en moyenne). Le producteur se félicite d'avoir été prudent en conservant ces deux turbines car elles lui ont permis de maintenir des recettes entre février 2022 et mars 2023, alors que la turbine Kaplan était en réparation chez Andritz Hydro en Allemagne, pour rectifier un problème de rotation des pales.

Grâce au passage du H01 au H07, le producteur a par ailleurs doublé son prix de vente, portant ainsi le chiffre d'affaires annuel à 90 000 € HT en moyenne depuis 2021, versus 22 000 € HT avant rénovation. Il estime le temps de retour sur investissement de la nouvelle centrale à environ 15 ans.

Planning de réalisation des aménagements



ILS L'ONT FAIT



“Prendre le temps de rencontrer de multiples interlocuteurs”

TÉMOIGNAGE DE LUDOVIC FLAHAUT SAS HYDRELF

Passionné par la technique et amoureux de la nature, j'ai été séduit par le cadre naturel, encore sauvage, du Moulin Cochard, un lieu très agréable et qui bénéficiait d'un potentiel hydroélectrique intéressant. À l'origine, je recherchais seulement un site de production à acquérir. Devant le charme du site, le moulin est devenu mon lieu d'habitation. C'est une décision familiale et financière importante, que l'on ne prend pas sur un coup de tête. Technique, je n'étais pas inquiet mais j'avais besoin de mieux connaître les enjeux environnementaux, financiers, juridiques, patrimoniaux... Or, il est très difficile, voire impossible, de trouver la bonne personne ou le cabinet de conseil qui maîtrise l'ensemble des questions que l'on se pose. Chacun est très compétent dans son domaine mais a du mal à faire la synthèse de tous les enjeux pour nous orienter vers la solution idéale. Mon conseil à un futur producteur est donc de prendre le temps de rencontrer de multiples interlocuteurs pour faire le tour des enjeux de son projet (organismes de conseil, bureaux d'études, notaires, experts-comptables, banquiers...).

Pour ma part, j'ai choisi le statut juridique de la SAS (société par actions simplifiée), qui me permettait de conserver mon emploi salarié tout en étant président de la société sans devoir m'acquitter de cotisations sociales supplémentaires.



EN SAVOIR PLUS sur la petite hydroélectricité

Guides, fiches régionales et lettres HYDRO INFOS BFC

→ consulter :
<https://hydro-bfc.fr/ressources>

ADEME

Direction régionale Bourgogne-Franche-Comté
44 rue de Belfort - 25000 Besançon

Site de Dijon
15 boulevard de Brosses - 21000 Dijon

Tél. 03 81 25 50 00
ademe.bourgognefranche-comte@ademe.fr

<https://www.ademe.fr> et
<https://agirpourlatransition.ademe.fr>