RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

ADEME
AGENCE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE

ILS L'ONT FAIT

CENTRALE HYDROÉLECTRIQUE À VOULAINES-LES-TEMPLIERS (21)
ÉTANG DU ROI - SAS EDR ENERGIE

RÉAMÉNAGEMENT ET MODERNISATION D'UNE PETITE CENTRALE HYDROÉLECTRIQUE AVEC MISE EN CONFORMITÉ ÉCOLOGIQUE

La centrale en bref

Suite à l'achat de cette charmante résidence secondaire en 2014, les nouveaux propriétaires ont décidé de réaménager la petite centrale fonctionnant au fil de l'eau arrêtée depuis 2009. La remise en route a été effectuée début 2019.

Après une étude de faisabilité, réalisée en 2014, qui s'est montrée rassurante techniquement et économiquement, les propriétaires ont choisi d'engager les travaux nécessaires au redémarrage en conservant la turbine existante et en modernisant les annexes de production (prise d'eau, génératrice, armoire de commande, automatisation des vannages et du contrôle des niveaux d'eau).

Dans le cadre des obligations réglementaires pour ce tronçon de cours d'eau et après concertation avec les services de l'Etat, les propriétaires ont engagé conjointement des travaux de mise en conformité écologique du site notamment en aménageant une rivière de contournement qui sert de passe à poissons.

Puissance électrique : 90 kW (turbine Francis à double roue)
Hauteur de chute : 4,96 m brute (4,20 m nette)
Production attendue : de 120 000 à 210 000 kWh/an
(160 000 kWh/an en année moyenne)

Travaux réalisés

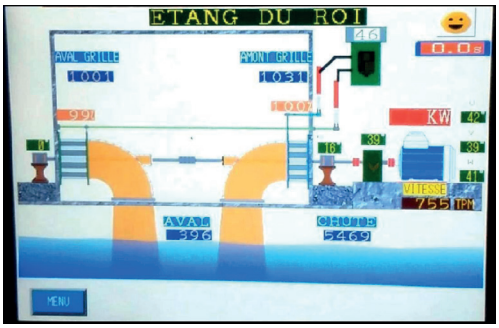
- réalisation d'une prise d'eau ichtyocompatible avec mise en place d'une grille à profil de têtard de 20 mm d'espacement et d'un dégrilleur ;
- révision de la turbine existante ;
- remplacement et modernisation de la génératrice ;
- remplacement et modernisation de l'armoire de commande électrique ;
- mise en place d'un système de surveillance à distance ;
- automatisation des vannes et du contrôle de niveau d'eau ;
- remplacement du transformateur électrique ;
- création d'une rivière de contournement pour permettre la montaison des poissons.

© Bernard LASNIER

▷ Vue d'ensemble du bâtiment hébergeant la centrale et de la prise d'eau

© Bernard LASNIER

▷ L'étang et le vannage automatisé



© Capture d'écran JILEO

▷ Ecran de contrôle de l'installation avec reports d'alarmes

RÉGION BOURGOGNE FRANCHE COMTÉ

Caractéristiques techniques de l'installation

Cours d'eau	Digeanne (sous-affluent de la Seine de 28 km)
Classement environnement du cours d'eau (loi LEMA)	liste 1 (réservoir biologique) et liste 2 (site avec obligation de restauration de la continuité écologique)
Module interannuel	1,15 m^3/s
Date de mise en service	janvier 2019
Hauteur de chute	4,96 m brute (4,20 m nette)
Tronçon court-circuité	aucun (centrale installée au fil de l'eau)
Débit turbinable (débit maximal dérivé)	3,53 m^3/s
Débit réservé	0,35 m^3/s (soit 30 % du module interannuel)
Puissance maximale autorisée (reconnue)	171,8 kW
Puissance installée	90 kW (puissance de la génératrice)
Turbine(s) existante(s)	1 turbine double de type Francis avec 2 roues de puissances différentes permettant un fonctionnement étagé
Nouvel équipement	révision de la turbine existante avec remplacement de la génératrice et automatisation des annexes électriques et hydrauliques
Production annuelle moyenne	160 000 kWh/an correspondant à une substitution de 13,8 TEP/an (Tonnes Équivalent Pétrole)
Équivalence énergétique	consommation annuelle (hors chauffage et eau chaude) de 59 foyers *(source CEREN et REMODECE, base : 2 700 kWh/an/foyer)*
Réchauffement climatique (gaz à effet de serre évité)	44,8 tonnes de CO_2 évitées par an* soit l'équivalent des émissions d'une voiture particulière parcourant 265 000 km** **par rapport à une production d'électricité par cycle combiné à gaz* ***base de calcul = 0,169 kg CO_2/ km (moyenne des émissions du parc de véhicules particuliers en France)*
Tarif d'achat (contrat en cours)	tarif règlementé H07 à 2 composantes (Eté/Hiver) pour une durée de 20 ans (2019-2039) Prix moyen annuel d'achat du kWh : 14 c€/kWh

Bilan financier

Montant des investissements (HT)

TRAVAUX	Montant HT	%
Assistance à la maîtrise d'ouvrage	10 125 €	2,8 %
Etude et travaux de réduction du bruit	8 805 €	2,4 %
Modification de la prise d'eau et modernisation du vannage	37 110 €	10,3 %
Révision de la turbine	39 440 €	10,9 %
Maçonnerie, terrassement (hors rivière de contournement)	70 335 €	19,5 %
Electricité et automatisme	67 775 €	18,8 %
Raccordement au réseau électrique	23 875 €	6,7 %
Mise en conformité de la circulation piscicole : (rivière de contournement)	102 950 €	28,6 %
TOTAL	**360 415 €**	

Ratio investissement (€HT/kW installé)	2 861 € HT/kW (hors travaux de continuité écologique) 4 005 € HT/kW (avec travaux de continuité écologique)

Financement des investissements

OBJET	Montant	%
Subvention Région au titre de la production d'hydroélectricité (65 % des dépenses réelles HT)	120 360 €	33,4 %
Subvention Région au titre des dispositifs de continuité écologique (50 % des dépenses réelles HT)	40 380 €	11,2 %
Subvention Agence de l'Eau Seine-Normandie au titre des dispositifs de continuité écologique (estimation sur la base des dépenses prévisionnelles et d'une aide plafonnée à 80% du reste à charge)	25 000 €	6,9 %
Emprunt (taux fixe de 2 % sur 12 ans)	152 000 €	42,2 %
Apport personnel	22 675 €	6,3 %
TOTAL	**360 415 €**	

Rentabilité

Pour une année moyenne (production de 160 000 kWh/an)

Recette brute annuelle (vente d'électricité)	**22 400 €/an**
Charges annuelles	
Frais d'assurances	1 000 €/an
Frais de maintenance (petit entretien)	1 000 €/an
Frais de comptabilité (cabinet comptable)	2 000 €/an
Redevance d'accès au réseau public d'électricité	860 €/an
Redevance Agence de l'Eau Seine-Normandie	0 € en 2020*
TOTAL des charges annuelles (hors remboursement de l'emprunt)	**4 860 €/an**

** Cette redevance est calculée chaque année en fonction du volume turbiné.*

Recette nette annuelle	**17 540 €/an**
Remboursement annuel de l'emprunt (années 2019 à 2030)	**13 560 €/an**
Temps de retour des travaux	21,2 ans (hors subventions) 10,6 ans (avec subventions)

Financement de l'étude de faisabilité

Fin 2014, une étude de faisabilité technico-économique et environnementale, d'un montant de 8 650 € HT, a été réalisée et financée par l'ADEME, dans le cadre du PECB* 2014, à 70% soit 7260 € (aide sur un coût maxi de 20 000 € TTC et calculée sur le montant HT lorsque le bénéficiaire récupère la TVA).

** PECB : Programme Energie Climat Bourgogne (programme conjoint de l'ADEME et de la Région Bourgogne, antérieur à la fusion des régions)*

Détails de l'installation

Équipement hydroélectrique

La turbine existante, ayant bénéficié d'une rénovation par l'ancien propriétaire en 2010, a simplement été révisée en 2018. Il s'agit d'une turbine double de type Francis avec deux roues de puissances différentes sur un même axe permettant un fonctionnement étagé de quelques kW à environ 80 kW.

La puissance maximale autorisée étant de 171,8 kW, l'installation d'une nouvelle turbine plus puissante n'a pas été souhaitée par le propriétaire afin de limiter l'investissement. Il a préféré maîtriser son budget en privilégiant le remplacement de la génératrice et une automatisation poussée de l'installation. Ce choix lui a permis d'intégrer plus aisément les travaux obligatoires de mise en conformité de la continuité écologique.

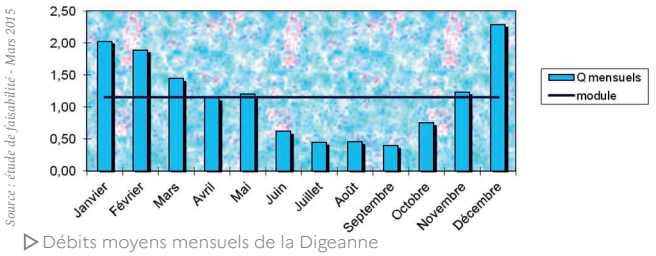
© Bernard LASNIER

▷ Salle des machines avec les nouveaux équipements (groupe hydraulique et génératrice) raccordés sur l'arbre de la turbine existante

Gestion de la centrale

N'étant pas sur place en permanence, le propriétaire a fait installer un système de suivi à distance (avec caméras de surveillance) en privilégiant l'arrêt automatique de la centrale en cas de défaut sur un des équipements.

Bénéficiant d'un tarif d'achat réglementé (H07 à 2 composantes été-hiver), la centrale fonctionne entre 2 000 et 3 000 heures par an principalement sur les mois de décembre à mars pendant lesquels l'hydrologie et le tarif d'achat sont les plus attractifs.



Source : étude de faisabilité - Mars 2015

▷ Débits moyens mensuels de la Digeanne

Obligations d'amélioration de la continuité écologique

Afin de mettre en œuvre dans de bonnes conditions les exigences des services de l'État pour la mise en conformité de la continuité écologique du site, le propriétaire a privilégié la concertation et a réuni toutes les parties prenantes dès le début de son projet de remise en service.

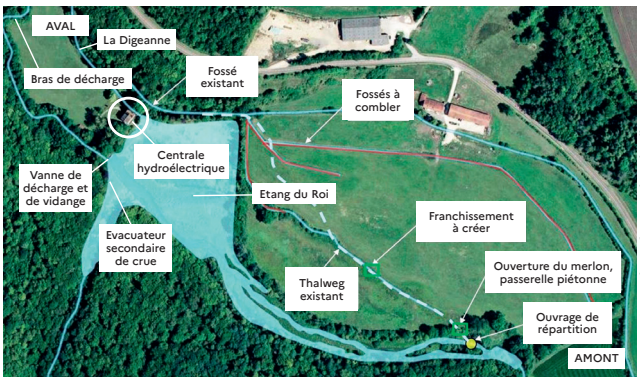
Les mesures règlementaires mises en œuvre sont les suivantes :

- aménagement d'une rivière de contournement pour faciliter la montaison des poissons (par la transformation d'un fossé existant) ;
- instauration d'un débit réservé prioritaire de 350 l/s (soit 30 % du module interannuel) permettant l'alimentation de la rivière de contournement ;
- mise en place d'une prise d'eau ichtyocompatible avec une nouvelle grille à profil de têtard et espacement de 20 mm (au lieu de 35 mm auparavant).

© Bernard LASNIER

▷ Prise d'eau avec grille ichtyocompatible et dégrilleur à chaîne

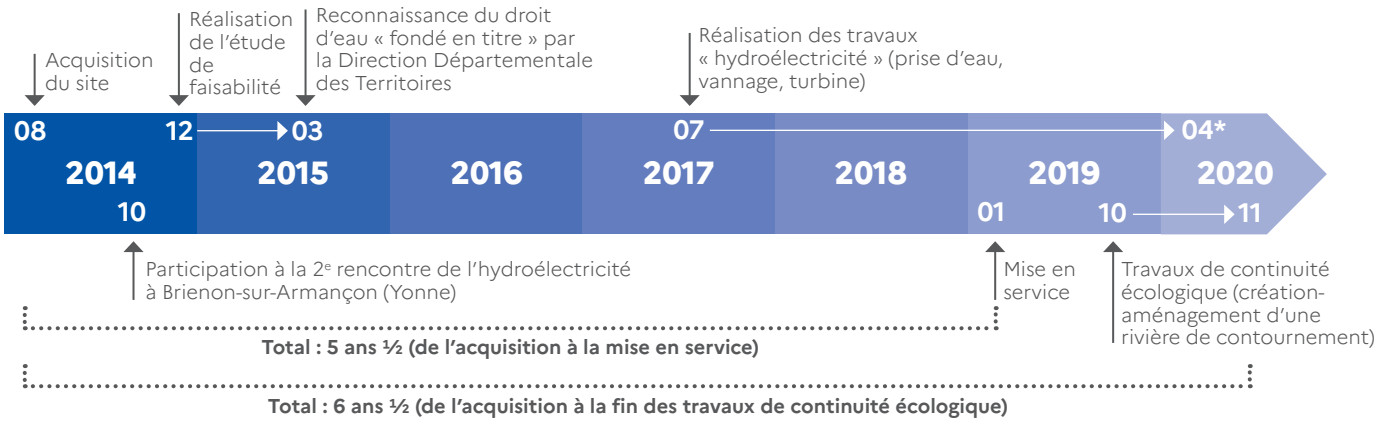
Avec la mise en place de la rivière de contournement (servant de passe à poissons) et d'un débit réservé conséquent permettant le maintien de la valeur écologique du site, le propriétaire consent à une perte de production. Pour lui, cette perte est effacée par son souhait de rendre la centrale la plus respectueuse possible de l'environnement.



Source : Géoportail - études Jacquel et Chatillon et PCM Ingénierie - SEGI

▷ Implantation de la centrale et de la rivière de contournement aménagée pour améliorer la circulation piscicole

Planning de réalisation des aménagements



* *date des derniers réglages techniques*

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

ADEME
AGENCE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE

ILS L'ONT FAIT

© Bernard LASNIER

"Devant la difficulté, pour un particulier, à devoir interagir avec autant d'administrations différentes, il est plus qu'utile de recourir à une assistance"

TÉMOIGNAGE DE MARC NEYRAND

Propriétaire et gérant du site

En 2014, avec mon épouse, nous avons acheté cette propriété appartenant à des proches, et dans laquelle nous venions régulièrement pour des réunions familiales. N'ayant pas d'expérience en hydroélectricité et très soucieux de bien entretenir ce site et son installation, j'ai été conforté dans mon projet par ma participation à la rencontre annuelle hydroélectricité ADEME-Région de 2014. J'ai tout de suite compris que je pouvais être accompagné par des personnes fiables et expérimentées pour ce type de projet qui demande des compétences autant technique, environnementale que comptable.

Travaillant dans un grand groupe de construction, je me suis servi de mes compétences professionnelles pour convaincre la banque d'accompagner financièrement mon projet. Je l'ai incitée à raisonner comme pour une concession autoroutière en mettant en avant les garanties de recettes apportées par un contrat long terme, en l'occurrence l'achat de l'électricité sur 20 ans, et un équilibre rapide des comptes qui permet d'assurer la bonne maintenance des équipements.

Pour la phase travaux (dossiers de consultation, planification, réception,...), devant la difficulté, pour un particulier, à devoir interagir avec autant d'administrations différentes, il est plus qu'utile de recourir à une assistance à maîtrise d'ouvrage. Pour la partie « hydroélectricité », mon choix s'est porté sur une entreprise régionale expérimentée (Jileo - Côte-d'Or). Cela a été source d'efficacité et de gains financiers. Par contre, je suis plus réservé sur le cabinet que j'ai retenu pour l'étude et l'accompagnement pour la partie « continuité écologique » (rivière de contournement) qui, à mon avis, a plus privilégié les souhaits de l'administration sans vraiment chercher à optimiser la performance hydroélectrique de mon installation.

Sur le long terme et malgré les inconnues sur le changement climatique et l'hydrologie, c'est un projet viable qui devrait permettre d'améliorer la qualité biologique du site tout en assurant une production d'énergie locale et renouvelable. La prise de risque financier est liée à une production qui peut être inférieure aux prévisions mais l'emprunt contracté sécurise tout de même ma trésorerie.

Malgré les difficultés rencontrées, l'aboutissement de cette réalisation est une grande satisfaction qu'il me sera toujours agréable de faire partager tant au voisinage qu'à de futurs producteurs.

EN SAVOIR PLUS

sur la micro hydroélectricité

Guides, fiches régionales et lettres HYDRO INFOS BFC

→ À télécharger sur :
www.bourgogne-franche-comte.ademe.fr
recherche par mot-clé «hydroélectricité»
ou sur le site :
https://rencontre-hydro-bfc.site.ademe.fr
puis onglet «Nos ressources»

Fiche réalisée dans le cadre d'un programme financé par l'ADEME Bourgogne-Franche-Comté et la Région Bourgogne-Franche-Comté

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.bourgognefranchecomte@ademe.fr

www.bourgogne-franche-comte.ademe.fr

RÉGION BOURGOGNE FRANCHE COMTÉ

ADEME Bourgogne-Franche-Comté - octobre 2021
Rédaction : Green Coaching Communication et ADEME - **Mise en page :** www.tuttiquanti.net
Crédits photos - illustrations : Bernard LASNIER, bureau d'études Jacquel et Chatillon, Jileo, PCM Ingénierie, SEGI - **Remerciements :** Marc Neyrand, bureau d'études Jacquel et Chatillon, Jileo.