

Centrale hydroélectrique de HAUTERIVE (89)

Moulin du Haras - SARL Energie 1089

ADEME



Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Énergie

RÉGION
BOURGOGNE
FRANCHE
COMTE

Construction d'une centrale hydroélectrique sur site existant et amélioration de la continuité écologique

LA CENTRALE EN BREF

Après deux années de recherche d'un site à rénover, Philippe Bourotte, exploitant agricole dans l'Aube, a été séduit par le potentiel du moulin du Haras, une ancienne filature située à Hauterive sur le Serein et inexploitée depuis le milieu du siècle dernier. Deux anciens moulins (un sur chaque rive) étaient présents sur ce site et fonctionnaient au fil de l'eau grâce à un barrage-poids avec déversoir et vannes de décharges.

Après acquisition en 2012, le site a été réhabilité en 2016/2017 par la mise en place, sur la rive droite, de deux vis hydrodynamiques d'une puissance totale de 272 kW. L'établissement d'une demande d'autorisation nouvelle a été nécessaire car le droit fondé en titre n'a pu être prouvé pour cette puissance. Des aménagements importants, tels la création d'une passe à poissons et l'automatisation des vannages, ont permis d'améliorer considérablement la continuité écologique du site.

A l'aval immédiat du barrage, il existe un second ouvrage qui régule l'alimentation en eau d'une autre installation située à environ 1 km : le moulin de Seignelay. Le règlement d'eau impose à l'exploitant du moulin du Haras de gérer la répartition des débits pour les deux installations.

TRAVAUX RÉALISÉS

- ➔ implantation de deux vis hydrodynamiques de 145 kW et 127 kW, système ichtyocompatible permettant la dévalaison des poissons (continuité piscicole) ;
- ➔ création d'une passe à poissons à bassins successifs permettant la montaison des poissons par le franchissement d'une hauteur de 3,23 m (continuité piscicole) ;
- ➔ implantation d'un clapet de décharge en rive gauche, avec agrandissement et automatisation, en substitution de la vanne motrice et des vannes de décharge existantes (continuité sédimentaire et évacuation des crues) ;
- ➔ remplacement et agrandissement de la vanne de décharge existante en rive droite par un clapet permettant d'améliorer l'évacuation sédimentaire lors des crues (continuité sédimentaire et évacuation des crues) ;
- ➔ création d'un poste de transformation pour le raccordement au réseau électrique ;
- ➔ création d'un bâtiment pour protéger l'ensemble des systèmes de commande et minimiser les impacts visuels.

Puissance installée : 272 kW

Hauteur de chute nette : 2,80 m

Production moyenne attendue : 907 000 kWh/an



➤ Vue avant travaux : le barrage et, au fond, l'ancienne centrale qui sera remplacée par deux vis hydrodynamiques et une passe à poissons



➤ Installation des vis hydrodynamiques et construction de la passe à poissons à bassins successifs (en bas à droite)



➤ Vue d'ensemble après travaux : prise d'eau avec drome et dégrilleur, passe à poissons à bassins successifs, local technique avec passerelle d'accès



CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DE L'INSTALLATION

Cours d'eau	Serein
Classement environnement du cours d'eau (loi LEMA)	Liste 2 (site avec obligation de mise en place de la continuité écologique avant fin 2017)
Module inter-annuel	11 m ³ /s
Date de mise en service	novembre 2017
Hauteur de chute	3,40 m brute (2,80 m nette)
Tronçon court-circuité	Sans objet (installation au fil de l'eau)
Débit turbinable (débit maximal)	12 m ³ /s
Débit réservé	1,1 m ³ /s
Puissance maximale autorisée (reconnue)	353 kW
Puissance installée	272 kW (puissance électrique)
Turbines existantes	Sans objet (désinstallées avant acquisition du site)
Nouvel équipement	2 vis hydrodynamiques Andritz de 145 kW et 127 kW 3,7 m de diamètre ; 13 m de longueur ; pente à 40 % (inclinaison de 22°)
Production annuelle moyenne	907 000 kWh/an correspondant à une substitution de 78 TEP (Tonnes Équivalent Pétrole)
Équivalence énergétique	Consommation annuelle (hors chauffage et eau chaude) de 335 foyers (source CEREN et REMODECE, base : 2 700 kWh/an/foyer)
Réchauffement climatique (gaz à effet de serre évité)	254 tonnes de CO ₂ évitées par an* soit l'équivalent des émissions d'une voiture particulière parcourant 1 502 000 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 (en cours)	Tarif réglementé H07 à 2 composantes (Eté/Hiver) pour une durée de 20 ans (2017-2037) Prix moyen annuel d'achat du kWh : 11 c€/kWh (estimation 2017/2018)

BILAN FINANCIER

Montant des investissements (HT)

(hors frais d'acquisition du site)

FRAIS D'ÉTUDES	Montant
Étude de faisabilité (aidée à 70 % sur coût maxi de 20 000 € soit 14 000 € versés par l'ADEME Bourgogne au titre du PECB 2012)*	22 000 €
Étude de continuité écologique	7 000 €
Montage du dossier d'autorisation (estimation du temps passé)	10 000 €
TOTAL	39 000 €

TRAVAUX	Montant	%
Maitrise d'œuvre	49 500 €	2,7 %
Mission SPS (Sécurité et Protection de la Santé)	4 300 €	0,2 %
Travaux sur rivière (pose de palplanches)	172 500 €	9,6 %
Travaux de terrassement	154 600 €	8,6 %
Travaux de génie civil (hors passe à poissons)	347 000 €	19,3 %
Passe à poissons	233 800 €	13,0 %
Aménagements hydrauliques (vannage, entrée d'eau, drome, dégrilleur)	161 300 €	9,0 %
Aménagements du site (local technique, passerelle, sécurisation)	94 900 €	5,3 %
Achat et pose des vis hydrodynamiques (hors génie civil)	398 000 €	22,0 %
Electricité (automatisation, vidéosurveillance)	154 000 €	8,6 %
Raccordement au réseau électrique	30 000 €	1,7 %
TOTAL	1 799 900 €	

Ratio investissement	5 758 €/kW (sans la passe à poissons)
€/HT/kW installé	6 617 €/kW (avec la passe à poissons)

Financement des travaux

Pour des nouveaux projets, il conviendra de se renseigner auprès de l'ADEME et/ou de la Région pour connaître l'existence d'aides financières pour les études ou investissements et leurs modalités d'application, le cas échéant.

OBJET	Montant	%
Subvention de la Région Bourgogne (au titre du PECB 2015)*		
- production d'énergie renouvelable (65 % de 1 308 495 €)	850 521 €	47,5 %
- continuité écologique, passe à poissons (50 % de 233 813 €)	116 906 €	6,5 %
Emprunt sur 12 ans	653 700 €	36 %
Autofinancement	178 773 €	10 %
TOTAL	1 799 900 €	

Rentabilité

Recette brute annuelle (Vente d'électricité)	99 500 €/an
--	-------------

Charges annuelles prévisionnelles (estimations pour l'année 2018)

Remboursement de l'emprunt (pour la partie travaux)	59 200 €/an
Frais d'assurances	4 950 €/an
Frais de maintenance (gardiennage et entretien du site)	5 000 €/an
Fournitures (pour petit entretien)	7 850 €/an
Cotisation foncière des entreprises (CFE)	3 600 €/an
Imposition forfaitaire sur les entreprises de réseau (IFER)	1 100 €/an
Redevance d'accès au réseau public d'électricité (TURPE)	1 000 €/an
Redevance Agence de l'Eau Seine Normandie	500 €/an
TOTAL des charges annuelles (estimation)	83 200 €/an

Temps de retour brut (TRB)	24,6 ans hors subventions
des travaux	11,8 ans avec subventions

* PECB : Programme Energie Climat Bourgogne (programme conjoint de l'ADEME et de la Région Bourgogne)

INTÉRÊTS DES VIS HYDRODYNAMIQUES

Par le passé, le site était équipé de deux centrales (une sur chaque rive), devenues complètement inutilisables car entièrement détériorées. De plus, les turbines avaient été démontées. Le choix technique et économique retenu a été l'implantation de vis hydrodynamiques en rive droite et en limite du barrage existant.

Ce choix présente plusieurs avantages : il permet de turbiner au fil de l'eau, d'utiliser le débit réservé (car il passe par une des vis), la dévalaison des poissons (car la vis est ichtyocompatible), un accès et un entretien aisés du système de production d'électricité (variateur et alternateur).

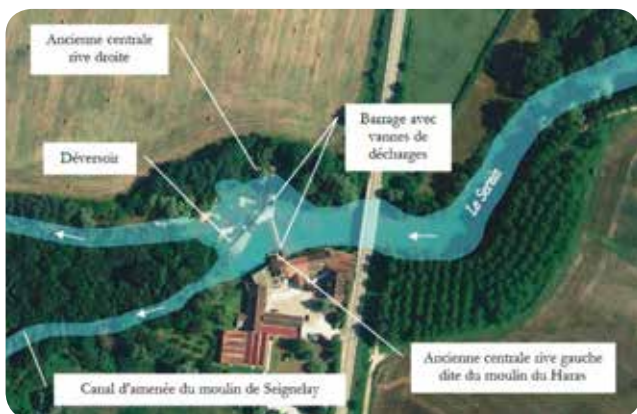


▷ Vue d'ensemble après travaux.

L'implantation de deux vis au lieu d'une seule permet de les faire fonctionner séparément ou en cascade selon le débit disponible (débit turbinable maximal de $2 \times 6 \text{ m}^3/\text{s}$). Une des deux vis, équipée d'un variateur de vitesse, permet le maintien du niveau d'eau légal, de turbiner le débit réservé fixé à $1,1 \text{ m}^3/\text{s}$, et jusqu'à $6 \text{ m}^3/\text{s}$ selon le débit de la rivière.

GESTION PARTICULIÈRE DU DÉBIT RÉSERVÉ

Source : étude de faisabilité 2013 - BE Jacques & Châtillon / Carte IGN-Géoportail



▷ Plan du site avant aménagement. Le déversoir en «Y» oblige l'exploitant à gérer le niveau d'eau pour un autre moulin situé à environ 1 km.

La contrainte majeure du site est la gestion du déversoir en forme de «Y» dont chacune des branches dessert une installation différente. Le règlement d'eau impose une répartition et un contrôle des débits entre le débit réservé, l'alimentation des vis, de la passe à poissons et l'alimentation du moulin aval voisin.

SURVEILLANCE À DISTANCE

Grâce à l'installation d'une automatisation de la gestion des niveaux d'eau, de caméras de surveillance, d'un système de suivi et de commandes à distance ainsi que d'un dégrilleur automatisé, le site ne nécessite pas de gardiennage permanent*. Les interventions humaines de contrôle des installations seront faites régulièrement et au minimum une fois par semaine. La passe à poissons nécessitera un entretien régulier et les vis un nettoyage trimestriel avec détartrage (point de vigilance à avoir pour les cours d'eau calcaire avec phénomène d'eutrophisation).

* choix à entériner après la première année d'exploitation.

AMÉLIORATION DE LA CONTINUITÉ ÉCOLOGIQUE

Une meilleure circulation de l'eau et des sédiments

Avant l'acquisition et le programme de travaux, le fonctionnement du site n'était pas satisfaisant et ne permettait pas d'assurer le maintien du niveau d'eau légal, la bonne évacuation de l'eau lors des crues ainsi que la continuité sédimentaire et piscicole. Le fonctionnement manuel des équipements de vannage, et leur détérioration pour partie, en était la cause principale.

Un clapet automatisé a été installé pour se substituer aux deux vannes existantes situées en rive gauche (vanne de décharge et vanne motrice). Il permet le contrôle des niveaux d'eau, une évacuation rapide de l'eau lors des crues et la pratique de chasses de dégravage (pour l'évacuation sédimentaire). En complément de l'ouverture du clapet, qui est prioritaire, l'ancienne vanne de décharge a été rénovée et élargie afin d'améliorer l'évacuation de l'eau et des sédiments lors de fortes crues.

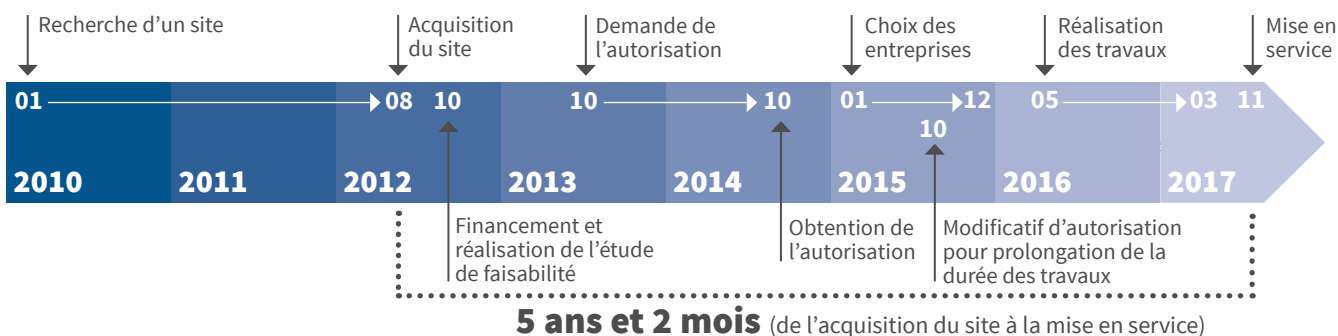
Ces travaux de modification et de modernisation ont permis de mettre le site en conformité vis-à-vis de la loi sur l'eau et d'améliorer considérablement la continuité et la qualité écologique du site.

La circulation piscicole nettement améliorée

Le classement du cours d'eau en liste 2 (au titre de l'article L.214-17 du code de l'environnement) obligeait à la mise en place d'une passe à poissons avant fin 2017. En complément des vis hydrodynamiques permettant la dévalaison des poissons, une passe à poissons, comprenant 14 bassins successifs pour la montaison de la chute de 3,23 m, a été créée. Son emprise foncière est non négligeable (environ 125 m^2) et son coût important (233 800 € HT)*.

* A la date de la prise de décision des travaux, la réalisation a pu bénéficier d'un soutien financier important (50% au titre de l'amélioration de la continuité écologique du Programme Energie Climat Bourgogne 2015, programme conjoint ADEME - Région).

PLANNING DE RÉALISATION DES AMÉNAGEMENTS





Les clés de la réussite passent par la concertation des acteurs et le choix des entreprises

TÉMOIGNAGE DE PHILIPPE BOUROTTE
Gérant de la Sarl Energie 1089



L'idée a germé en 2010, je recherchais alors à diversifier mon activité agricole et viticole pour apporter ma modeste contribution à la transition énergétique et aux engagements de la France pour la production d'électricité à partir d'énergies renouvelables.

Au cours de ce type de démarche, pour laquelle on ne possède pas forcément toute l'expérience nécessaire, il est fondamental de se faire aider par un bureau d'études spécialisé. Dans mon cas, la réussite est passée par les très bons conseils et les différentes petites recettes d'un bureau d'études qui m'a vraiment bien accompagné du début jusqu'à la fin.

La concertation et le partenariat

Pour le bon déroulement d'une telle construction, dès le début du projet il est très important de communiquer en toute transparence avec les acteurs locaux, les services de l'état et les partenaires impliqués (DDT - Police de l'eau, ONEMA, ADEME, Région, etc.). Le projet a entraîné une modification profonde du site et cela a suscité beaucoup d'interrogations de la part de la population environnante. Toutes ces interrogations doivent être levées par une communication et des échanges au niveau du voisinage, de la commune et plus largement si besoin.*

Le partenariat avec des entreprises locales, ayant de l'expérience dans le domaine, est aussi un facteur de réussite. Tout comme les différentes taxes et impôts profitent à la commune ou à la communauté de communes, il me semble important que les retombées économiques profitent à des entreprises compétentes (bureau d'études, maître d'œuvre, entreprise de terrassement, de génie-civil, électricien, etc.) et si possible locales. C'est un bon moyen de leur donner une belle image et de valoriser leurs savoir-faire.

Enfin, sans le soutien de l'ADEME et de la Région Bourgogne-Franche-Comté, ce projet n'aurait pas pu voir le jour. L'aide financière apportée a été un levier très important qui m'a permis d'assurer le montage technique et budgétaire, mais aussi de crédibiliser mon dossier auprès des établissements bancaires.

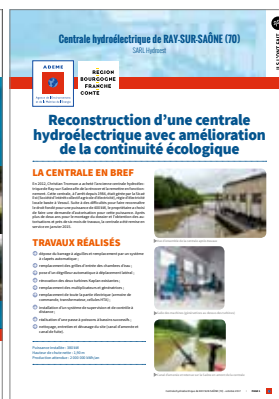
La précaution du référé préventif

Pour anticiper tout litige avec les riverains, j'ai fait réaliser un référé préventif. C'est une procédure juridique qui permet de nommer et de faire intervenir un expert judiciaire afin d'établir, avant le démarrage du chantier, l'inventaire et l'état des constructions avoisinantes qui pourraient être impactées par les travaux engagés (désordres, pollution sonore, etc.).

* L'ONEMA est devenu l'AFB (Agence Française pour la Biodiversité) depuis janvier 2017



▶ Travaux de génie civil pour l'installation des vis hydrodynamiques et de la passe à poissons



EN SAVOIR PLUS

sur la micro hydroélectricité

Informations, guides et fiches régionales

→ À télécharger sur :
www.bourgogne-franche-comte.ademe.fr
recherche par mot-clé
«hydroélectricité»



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 Broches - 21000 Dijon

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