

PUISSANCE

Le magazine de
l'hydroélectricité
Novembre 2023

HYDRO

Spécial
Bourgogne-
Franche-
Comté #2

La dynamique de projets dans la concertation

EN PRATIQUE

Les étapes clés
d'un projet

STRATÉGIE

L'ADEME,
facilitatrice pour les
porteurs de projet

À LA LOUPE

Reportages sur
6 centrales



À L'ADEME,

l'Agence de la transition écologique, nous sommes résolument engagés dans la lutte contre le réchauffement climatique et la dégradation des ressources.

Sur tous les fronts, nous mobilisons les citoyens, les acteurs économiques et les territoires, leur donnons les moyens de progresser vers une société économe en ressources, plus sobre en carbone, plus juste et harmonieuse.

Dans tous les domaines - énergie, économie circulaire, alimentation, mobilité, qualité de l'air, adaptation au changement climatique, sols... - nous conseillons, facilitons et aidons au financement de nombreux projets, de la recherche jusqu'au partage des solutions.

À tous les niveaux, nous mettons nos capacités d'expertise et de prospective au service des politiques publiques.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle du ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires, du ministère de la Transition énergétique et du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.

www.ademe.fr

www.agirpouurlatransition.ademe.fr

Twitter @ademe





**Puissance Hydro
N° spécial Bourgogne-
Franche-Comté #2**

Novembre 2023

Photo de couverture
Moulin de Moly (Côte-
d'Or). Aspirateurs volontairement émergés pour les montrer sur la photo.
Crédit : Juliette Talpin

Directeur de la publication :

Jérôme Chabaudie

Directrice éditoriale :

Juliette Talpin

Coordination technique :

Fabrice Bouveret (ADERA),
Lilian Geney (ADEME)

Rédacteurs :

Bruno Mortgat, Jean-François Remy,
Juliette Talpin

Maquette / illustrations :

Elise Vigney

Abonnements :

Puissance Hydro
2 place de Touraine, 78000 Versailles
Tél. : 01.70.29.08.39
abonnement@puissance-hydro.fr
www.puissance-hydro.fr
Numéro à l'unité : 25 €
Abonnement France (6 n°) : 99 €
Abo. autres régions : nous consulter

Dépôt légal : Novembre 2023

ISSN : 2609-9667

Commission paritaire : 0625 T 93728

Imprimeur :

ILD SAS
962 allée de Belgique
ZAC Artoipôle 2
62128 Wancourt (France)
Siren : 893 422 915

Éditeur :

Owatt Média SAS
2 place de Touraine,
78000 Versailles (France)
Tél. : 01.70.29.08.39
Siren : 838 971 927

Ce numéro a été réalisé avec le soutien technique et financier de l'ADEME Bourgogne-Franche-Comté



Concilier production d'énergie et biodiversité

Avec sa topographie variée entre plaines et moyennes montagnes, la Bourgogne-Franche-Comté attire un large panel de porteurs de projets d'hydroélectricité. Des propriétaires de moulin soucieux de remettre en service un patrimoine familial ou récemment acquis, jusqu'aux groupes énergétiques se constituant un parc de centrales hydroélectriques, en passant par des investisseurs individuels ou encore des collectivités. Cette attractivité s'explique pour beaucoup par le volontarisme d'une poignée d'acteurs, au premier rang desquels figure la direction régionale de l'ADEME. Car en Bourgogne-Franche-Comté, l'ADEME finance, conjointement avec la Région, une mission d'animation pour accompagner les porteurs de projets dans une démarche concertée avec l'Administration et les acteurs des cours d'eau, son leitmotiv étant la conciliation des enjeux énergétiques et environnementaux. Pour informer au mieux les producteurs et les porteurs de projets, l'ADEME organise, depuis plus de dix ans, une rencontre annuelle, devenue un rendez-vous incontournable de la filière. Elle publie aussi des outils d'accompagnement : site web, guides pratiques, fiches exemples, lettres d'information... Ce nouveau numéro spécial Bourgogne-Franche-Comté de *Puissance Hydro* vient encore enrichir cette offre en vous apportant des informations pratiques et des témoignages variés de producteurs. Bonne lecture !



Juliette Talpin, directrice éditoriale

Photo : DR

PUISSANCE HYDRO

Le magazine de
l'hydroélectricité



ABONNEZ-VOUS

DÈS **MAINTENANT**



6 NUMEROS / AN

JE M'ABONNE !



WWW.PUISSANCE-HYDRO.FR

SOMMAIRE

Photo : ADEME



6 L'ADEME, facilitatrice pour les porteurs de projet

Pour épauler au mieux les porteurs de projets, la direction régionale Bourgogne-Franche-Comté de l'ADEME et la Région Bourgogne-Franche-Comté proposent un accompagnement comprenant des visites de sites, des conseils, des guides ainsi qu'un soutien financier sur les études de potentiel, de faisabilité et d'avant-projet.



10 Les étapes clés d'un projet hydroélectrique

Optimiser, rénover ou réaliser une centrale hydroélectrique est un projet de longue haleine qui nécessite une préparation méticuleuse. Présentation des 8 étapes clés pour y parvenir avec les conseils de 6 experts.

4 Actus

6 Stratégie

L'ADEME, facilitatrice pour les porteurs de projet

10 En pratique

Les étapes clés d'un projet hydroélectrique

16 6 centrales à la loupe en Bourgogne-Franche-Comté

18 Centrale de Hauterive (Yonne)

Vis hydrodynamiques et continuité écologique

24 Centrale d'Émagny (Doubs)

Un projet 100 % franc-comtois

30 Centrale de Consolation-Maisonnettes (Doubs)

Une rénovation en autoconstruction sur un site loué

36 Moulin de Moley (Côte-d'Or)

Le bief du village reprend vie

42 Moulin des Chaudières (Jura)

Optimisation de la production après un incendie

48 Moulin de Chassy (Nièvre)

Turbine et chambres d'hôtes sous le même toit



16 6 centrales à la loupe en Bourgogne-Franche-Comté

6 reportages décrivent en détail des typologies de centrales neuves ou rénovées avec une diversité de solutions techniques.

52 Juridique

L'acquisition d'un moulin ou d'une petite centrale hydroélectrique : aspects administratifs, juridiques et fiscaux

58 Agenda - En savoir plus

526 MW de puissance installée

Mi-2023, la Bourgogne-Franche-Comté comptait 244 sites de production d'hydroélectricité pour une puissance totale installée de 526 MW¹ qui la place au 6^e rang parmi les 13 régions françaises. 7 installations affichent une puissance supérieure à 10 MW : Vouglans dans le Jura (3^e plus grande retenue de France, 285 MW), Saut-Mortier (Jura, 44 MW avec 16 MW supplémentaires en projet), Châtelot (Doubs, 30 MW), Bois-de-Cure (Yonne, 25,5 MW), Mouthier-Haute-Pierre (Doubs, 24,5 MW), Refrain (Doubs, 12 MW) et Liebvillers (Doubs, 10,4 MW). Plus de 80 % de la puissance installée se concentre sur le Jura et le Doubs. Fin 2023, 4 sites supplémentaires seront entrés en fonctionnement dans la région pour une puissance totale de 1 210 kW². La production d'hydroélectricité représente environ 8 % de la production régionale d'énergies renouvelables (électricité et chaleur confondues). Très fluctuante d'une année sur l'autre ; elle a atteint 708 GWh en 2022 contre 888 GWh en 2021. ■

¹ Ministère de la transition écologique (juillet 2023)

² Boussières 990 kW, Demangevelle 85 kW, Salins-les-Bains 80 kW, Moutaine 55 kW



▲ Dans les prochaines années, EDF Hydro installera une turbine-pompe de 16 MW au barrage de Saut-Mortier (44 MW aujourd'hui), en aval de la retenue de Vouglans, pour produire 200 GWh/an d'hydroélectricité supplémentaire et améliorer le multi-usage de l'eau de la vallée de l'Ain. Photo : EDF Hydro

Petite hydroélectricité

Des installations en construction ou en projet avancé



▲ Chantier de construction de la centrale d'Ounans (Jura), sur la Loue (499 kW, 30 m³/s, 3 m de chute). Photo : Fabrice Bouveret

La Bourgogne-Franche-Comté fait partie des régions où émergent de nombreux projets de petites centrales hydroélectriques, qu'il s'agisse d'optimisation, de rénovation de sites existants ou de projets neufs. À Ounans (Jura), sur la Loue, la société Hydro-Jura construit une installation de 499 kW (30 m³/s, 3 m de chute) grâce à une Kaplan double réglage, dont la mise en service est prévue pour l'automne 2024. Toujours sur la Loue, à Port-Lesney, Nouvergies effectue des travaux de confortement du barrage et construit des passes à poissons et à canoës, avant d'installer une nouvelle Kaplan double réglage et une vis sur la dévalaison (499 kW, 28,7 m³/s, 2,1 m de chute). Sur la Bienne, à La Rixouse (Jura), Hydroforce EFC va débiter le chantier de sa centrale de 400 kW équipée d'une Kaplan double réglage avec alternateur à aimants permanents (7,2 m³/s, 6,15 m de chute). Sur l'Orain, à Villerserine (Jura), Daniel et Marie-Laure Petitpas porteront la puissance de leur moulin de 15 à 25 kW après remplacement de la Francis double par deux Francis (1,35 m³/s, 2,65 m de chute). Dans le Doubs, Artesol lancera prochainement la reconstruction de la centrale du Colombier-Fontaine (rivière Doubs, 30 m³/s, 2 m de chute). De très nombreux autres projets autorisés, en procédure d'autorisation ou en étude d'avant-projet, devraient se concrétiser dans les prochaines années, sur les 8 départements de la région (Pagny-le-Château, L'Isle-sur-le-Doubs, Fraisans, Chaux, Bussières, La Chapelle-de-Bragny, Auxerre, Grandvillars...). ■

Doubs

Deux visites de sites avec l'ARIC

Le 26 mai dernier, deux centrales hydroélectriques implantées sur le Doubs, ont ouvert leurs portes aux adhérents de l'Association des Riverains Industriels Comtois (ARIC³). Le site dit de Boussières 2, appartenant à Gaz Électricité de Grenoble (GEG), est alors en toute fin de construction, en parallèle de la centrale historique de Boussières 1. Avec ses 2 VLH cumulant 990 kW de puissance (53 m³/s, 2,44 m de chute), Boussières 2 produit 5,3 GWh/an en plus des 1,6 GWh/an de Boussières 1. Les producteurs comtois ont également pu visiter la centrale d'Osselle-Routelle, quelques kilomètres en aval, appartenant à la Sicaé Est. Depuis 2009, le Doubs y est ici turbiné par 3 Kaplan inclinées THEE totalisant 420 kW de puissance (1,6 GWh/an, 33 m³/s et 2 m de chute). Lors de l'assemblée générale de l'ARIC, qui se tenait le même jour, plusieurs sujets d'actualité ont été abordés : renouvellement des tarifs d'obligation d'achat, sécheresses récurrentes, évolution de la production... Par ailleurs, un état des lieux du parc installé en ex-Franche-Comté a été dressé par Fabrice Bouveret de l'ADERA. Sur les 162 centrales de ce territoire, 143 appartiennent à des propriétaires privés pour un total de près de 50 MW, et 19 sites sont exploités par EDF pour une puissance totale de près de 400 MW. Il existe actuellement un potentiel de 65 projets (15 MW) réalisables à plus ou moins long terme. ■

³ L'association regroupe une quarantaine de propriétaires de centrales hydroélectriques de l'ex-Franche-Comté.

Avec ses 2 VLH cumulant 990 kW de puissance, la centrale de Boussières 2 produit 5,3 GWh/an en plus des 1,6 GWh/an de Boussières 1. Photo : GEG



Ressources

Un site web sur l'hydroélectricité régionale

Au fil des années, la mission d'animation de la filière hydroélectricité en Bourgogne-Franche-Comté pilotée par la direction régionale de l'ADEME et la Région, en partenariat avec l'ADERA, a produit de nombreuses ressources pour faciliter la réalisation des projets. Il s'agit notamment des lettres HYDRO INFOS BFC, des guides à destination des

porteurs de projets, des fiches de retours d'expérience, des vidéos réalisées lors des éditions de la Rencontre de l'hydroélectricité, de ce numéro spécial de *Puissance Hydro*, d'articles de presse... Vous pouvez désormais retrouver toutes les ressources sur le site internet dédié : www.hydro-bfc.fr ■

L'ADEME, facilitatrice pour les porteurs de projet

Un projet de centrale hydroélectrique est complexe sur les plans technique, administratif, juridique et financier tout en conciliant les enjeux environnementaux. Pour épauler au mieux les porteurs de projets, la direction régionale Bourgogne-Franche-Comté de l'ADEME leur propose un parcours comprenant des visites, des conseils, des guides ainsi qu'un accompagnement financier sur différents types d'études (potentiel, faisabilité et avant-projet). Par Juliette Talpin

Parmi toutes les énergies renouvelables que l'ADEME – Agence de la transition écologique – accompagne, l'hydroélectricité fait figure de Petit Poucet. Avec ses quelque 150 ans de recul, la houille blanche est en effet considérée par l'ADEME comme une énergie mature, qui ne nécessite plus de soutiens techniques et financiers importants. Les directions régionales n'ont pas l'interdiction d'aider les projets de petite hydroélectricité mais elles ne peuvent y consacrer que peu de temps.

Dans ce contexte, la direction régionale de Bourgogne-Franche-Comté conduit depuis une vingtaine d'années une politique originale, mêlant accompagnement pratique des porteurs de projet et soutien financier (voir tableau page 9). *"Notre direction régionale est la seule au sein de l'ADEME à accorder autant de moyens, en cofinancement avec la Région, au développement de l'hydroélectricité avec une mission d'animation, des aides financières pour les études, des guides et des fiches exemples ainsi qu'une journée*

annuelle dédiée accueillant 200 à 250 participants venant de la France entière", souligne Adrienne Simon-Krzakala, directrice régionale de l'ADEME Bourgogne-Franche-Comté, "cela montre qu'il y a un besoin et nous motive à poursuivre notre action".

Près de 535 000 € de budget en 2022

L'investissement est conséquent puisqu'il comprend une soixantaine de jours dédiés à l'hydroélectricité au sein de l'ADEME et environ 200 jours d'animation par l'ADERA¹ chaque année. S'ajoutent à cela près de 535 000 € de budget dont 460 000 € accordés par l'ADEME et la Région aux études de faisabilité et d'avant-projet. Et les résultats sont là. Depuis 2016, une centaine d'études de faisabilité ont été financées. *"22 nouveaux sites hydroélectriques ont été aidés en 2022 et 7 études d'avant-projet, c'est important par rapport aux nombres d'études réalisées sur*

¹ Association pour le développement des énergies renouvelables et alternatives.

"Cibler les sites régionaux avec le meilleur compromis entre puissance et impact environnemental"

François Huger, référent régional, direction régionale Bourgogne-Franche-Comté de l'OFB

"Dès le départ, l'OFB a été associée par l'ADEME Bourgogne-Franche-Comté à l'élaboration du cahier des charges des études de faisabilité de microcentrales. Nous étions bien sûr favorables aux réunions de concertation en amont des études. Ces temps d'échanges entre le maître d'ouvrage, la DDT et l'OFB notamment, permettent de partager et de sensibiliser le maître d'ouvrage sur les enjeux écologiques et la réglementation attachés au site ciblé. Ces réunions permettent d'écarter d'emblée les solutions d'équipement irréalisables au regard de leur impact environnemental. Nous alertons le porteur le plus en amont possible de potentielles difficultés de conciliation vis-à-vis d'un projet qui impacterait un tronçon présentant des enjeux écologiques et des objectifs environnementaux de préservation forts. Par ailleurs, nous orientons le maître d'ouvrage dans la recherche de mesures d'évitement ou de réduction. Sur ce dernier point, chaque cas est particulier et le panel de mesures techniques possibles est large. Pour plus d'efficacité en matière de conciliation des enjeux écologiques liés aux milieux aquatiques et



Photo : OFB

de développement des capacités de production, il faudrait une approche stratégique à l'échelle régionale conduite par les services en charge des politiques énergétiques et environnementales pour privilégier l'optimisation du parc existant puis cibler les sites avec le meilleur compromis entre la puissance produite et l'impact environnemental et éviter la multiplication de petits sites sur des secteurs à forts enjeux écologiques."

la géothermie ou sur d'autres énergies renouvelables", témoigne Adrienne Simon-Krzakala. Et la transformation des projets est bien réelle puisqu'environ 5 centrales sont construites ou rénovées chaque année dans la région. Pour autant, le potentiel de projets semble loin d'être tari. "Certes, les centrales les plus importantes et les plus rentables ont été réalisées mais de nombreux moulins ou sites de 400 à 500 kW de potentiel restent à rénover ou optimiser. La centaine de sites étudiés présentent un potentiel de puissance d'environ 25 MW", observe Lilian

Geney, chargé de mission hydroélectricité à l'ADEME Bourgogne-Franche-Comté. Par exemple, des collectivités comme Besançon ou Auxerre ont réalisé des études de faisabilité sur plusieurs sites importants de leur territoire pour favoriser leur développement.

Passer à l'action

Toutefois, faire un maximum d'études de faisabilité n'est pas une finalité en soi, il s'agit surtout de les transformer en réalisations concrètes. "Les études de faisabilité sont



▲ Au lancement et à la restitution de l'étude de faisabilité aidée par la Région, une réunion doit être organisée avec les parties prenantes. Ici à Crotenay (Jura), de g. à d. : David Caillard (bureau d'études IOA-Oteis), Jean-Louis Garot (OFB du Jura), Nicolas Potet (Nouvergies, porteur de projet), Fabrice Bouveret (ADERA, mission d'animation de l'hydroélectricité en Bourgogne-Franche-Comté), Stéphane Viennet (bureau d'études Hydrole) et Isabelle Detot (DDT du Jura). Photo : Juliette Talpin

incontournables pour mettre les projets sur de bons rails mais il est impératif d'avoir une mission d'animation pour favoriser le passage à l'action ; sans cela, beaucoup de projets ne se seraient pas faits", observe Lilian Geney. La mission d'animation réalisée par Fabrice Bouveret de l'ADERA, apporte un accompagnement complet aux porteurs de projets : visites de centrales, premiers conseils, analyse d'opportunité, suivi des projets dès la phase étude de faisabilité mais aussi accompagnement sur la demande de subvention. La philosophie générale de l'accompagnement est *"d'être un facilitateur pour les porteurs de projets qui se retrouvent*

confrontés à de très fortes contraintes administratives et financières et à des enjeux complexes de concertation avec les acteurs et usagers du cours d'eau dans le but d'intégrer, notamment, les enjeux environnementaux de continuité écologique et de migration piscicole", résume Lilian Geney. Cette concertation est d'ailleurs une exigence du cahier des charges de l'étude de faisabilité financée jusqu'à 70 % par l'ADEME et la Région. Au lancement et à la restitution de l'étude, le porteur de projet et son bureau d'études doivent organiser une réunion avec toutes les parties prenantes et usagers du cours d'eau : Police de l'eau, Office français de



▲ "Notre direction régionale est la seule au sein de l'ADEME à accorder autant de moyens, en cofinancement avec la Région, au développement de l'hydroélectricité", précise Adrienne Simon-Krzakala, directrice régionale de l'ADEME Bourgogne-Franche-Comté.
Photo : ADEME Bourgogne-Franche-Comté

la biodiversité (OFB), syndicat de rivières, club de kayak, fédération de pêche... "L'idée est de définir un compromis qui puisse satisfaire tout le monde", commente Lilian Geney (voir aussi l'interview de François Huger de l'OFB). Pour aller encore plus loin dans la conciliation entre objectifs environnementaux et développement de la production hydroélectrique, le chargé de mission propose la création d'une carte régionale des cours d'eau sur lesquels des projets hydroélectriques pourraient être développés avec le minimum d'impact sur l'environnement, ce qui rejoint une demande de l'OFB. ■

Plus de 20 ans d'actions régionales pour l'hydroélectricité

1998	Premières visites de centrales organisées par l'Ajena ³ (Franche-Comté).
2000	Soutien aux études de faisabilité en hydroélectricité par l'ADEME Bourgogne et l'ADEME Franche-Comté. Soutien des investissements par la Région Bourgogne.
2013	Création de missions d'accompagnement des porteurs de projets en Bourgogne et en Franche-Comté. Soutien aux études et aux investissements par l'ADEME Bourgogne et la Région Bourgogne. Première Rencontre régionale de l'hydroélectricité en Bourgogne (90 participants).
2015	Démarrage de la mission hydroélectricité en Bourgogne. Mise en place du 1 ^{er} forum des exposants lors de la 3 ^e Rencontre de l'hydroélectricité. Parution du 1 ^{er} guide hydroélectricité sur les démarches administratives et de la 1 ^{ère} fiche exemple.
2016	Fusion des deux Régions. Fusion des missions d'animation à l'échelle de la Région Bourgogne-Franche-Comté financées par l'ADEME. Continuité du soutien aux études par l'ADEME Bourgogne-Franche-Comté et aux investissements par la Région Bourgogne-Franche-Comté.
2017	Nouveau format pour la 5 ^e Rencontre de l'hydroélectricité (150 participants).
2018	Cofinancement ADEME, Région et ADERA de la mission régionale d'animation de la filière hydroélectricité.
2019	7 ^e Rencontre de l'hydroélectricité (240 participants).
2021	8 ^e Rencontre de l'hydroélectricité à Beaune (Côte-d'Or) suite au report de 2020, 230 participants.
2022	9 ^e rencontre de l'hydroélectricité à Beaune (Côte-d'Or), 270 participants.
2023	10 ^e rencontre de l'hydroélectricité, les 10 ans ! Construction du programme Renov-Hydro dédié à la rénovation du patrimoine bâti et hydraulique des moulins

³ Association Énergie et environnement en Bourgogne-Franche-Comté

Les étapes clés d'un projet hydroélectrique

Optimiser, rénover ou réaliser une centrale hydroélectrique est un projet de longue haleine qui nécessite une préparation méticuleuse. Voici un rappel des phases successives à traverser, commentées par six experts. Par Bruno Mortgat

Le nombre de sites aménageables pour produire de l'hydroélectricité est aujourd'hui restreint par la topographie des rivières, mais aussi par la volonté de maintenir et restaurer la continuité écologique des cours d'eau. Dans ce contexte, la création de nouveaux ouvrages avec barrage est difficile mais de nombreux sites existants (reconnus fondés en titre à l'usage de l'eau et/ou autorisés) ou ayant un usage pour la navigation, l'alimentation en eau potable ou l'irrigation peuvent être équipés, rééquipés,

rénovés ou optimisés, tout en préservant l'état écologique des cours d'eau. La réalisation d'un tel projet ne laisse aucune place à l'improvisation.

Les porteurs, propriétaires de site ou investisseurs qui s'y engagent doivent se préparer méthodiquement et suivre un cheminement type, pouvant être découpé en huit étapes, du premier descriptif à la réalisation des travaux, en passant par la constitution des dossiers techniques et administratifs et par le montage juridique et financier. ■

8 ÉTAPES À SUIVRE

1/ Pré-faisabilité

Avant de rencontrer partenaires, bureaux d'études ou services de l'État, compiler les informations connues dans un descriptif sommaire du site et des ouvrages existants en précisant leur état : nature, dimensions, plans... Rechercher en premier lieu des informations sur l'existence légale du site et sur la possession d'un droit d'eau, sur les règles applicables au cours d'eau en termes de classement écologique, sur la maîtrise foncière nécessaire au projet, et sur les règles urbanistiques ou environnementales applicables.

Mission d'animation : un accompagnement financé par l'ADEME et la Région

Fabrice Bouveret – ADERA (Association pour le développement des énergies renouvelables et alternatives, Haute-Saône)

Photo : Juliette Talpin

"Cette mission d'animation de la filière hydroélectricité est financée par l'ADEME et la Région Bourgogne-Franche-Comté. Elle porte entre autres sur l'aide à la recherche de la réglementation applicable : si un moulin existait déjà sur le site avant la date du 20 août 1790, l'administration pourra reconnaître ce droit d'eau, qui devient ainsi perpétuel. Pour les cours d'eau domaniaux, c'est la date de l'Édit de Moulins (février 1566) qui prévaut et pour les provinces rattachées au Royaume de France postérieurement à l'édit de Moulins ou à la Révolution, ce sont ces dates de rattachement qui sont prises en compte.

Les centrales de moins de 150 kW, règlementées antérieurement à 1919, bénéficient également d'un droit d'eau perpétuel. Dans les autres cas (installation plus récente, supérieure à 150 kW, ou si la nouvelle centrale n'est pas située au niveau de l'installation ancienne mais au niveau du seuil), il faut une nouvelle autorisation. Si le projet est petit, alors dans la plupart des cas nous déconseillons de le poursuivre s'il nécessite une demande d'autorisation car la procédure et les coûts à engager seront disproportionnés par rapport aux bénéfices potentiels.

On regarde ensuite la hauteur de chute, le volume d'eau disponible et la production d'énergie envisageable, pour arbitrer entre autoconsommation ou vente de l'électricité produite. On vérifie aussi s'il n'y a pas intérêt à produire l'énergie directement au niveau du seuil, solution moins contraignante en termes de volume d'eau à dériver, permettant de disposer d'un volume d'eau plus important et de générer, la plupart du temps, davantage de production. L'administration est en effet plutôt encline à favoriser cette solution ne nécessitant généralement pas de tronçon court-circuité".



2/ Prises de contacts et recherche d'informations

Prendre contact avec :

- l'ADEME, la Région ou leurs relais d'animation (l'ADERA en Bourgogne-Franche-Comté) pour un premier échange, voire pour des visites du site ;
- un bureau d'études spécialisé pour une première approche technique et réglementaire du site et définir une orientation du projet.

L'étude de faisabilité : porter attention à l'intégration des équipements

Stéphane Viennet, directeur du bureau d'études Hydreole (Haute-Savoie)

"Dans l'étude de faisabilité, un des critères clé est l'intégration des équipements dans les anciens moulins qui n'ont pas été dimensionnés pour eux. Il s'agit souvent d'anciennes forges, minoteries ou moulins, qui autrefois fonctionnaient avec de grandes roues à aubes, mais pour produire de l'électricité à 50 Hz, les contraintes sont différentes. Il faut donc trouver les turbines les mieux adaptées aux spécificités de chaque site et comment les insérer pour minimiser les travaux de génie civil. Dans un projet neuf, on a un degré de liberté plus large mais les coûts de génie civil doivent être bien maîtrisés pour ne pas altérer la viabilité du projet.

Les deux autres critères principaux, outre la possibilité de disposer d'une reconnaissance de droit d'eau fondé en titre, sont l'hydrologie et la hauteur de chute. La puissance dépend linéairement de ces deux facteurs, mais c'est l'importance de la chute qui sera le plus souvent déterminante pour la rentabilité du projet. Or, en Bourgogne-Franche-Comté, nous avons souvent un effacement de la chute en période de hautes eaux, et ce type de situation n'est pas forcément une bonne chose. De plus, nous veillons également à intégrer aux impacts sur la ressource en eau ceux liés au changement climatique notamment avec les années sèches que l'on rencontre de plus en plus fréquemment. L'étude aborde ensuite le dimensionnement et l'optimisation des équipements de production et des ouvrages de génie civil, les modalités de réalisation des travaux, le contrôle des eaux et les accès. Le productible et l'analyse financière déterminent la viabilité du projet selon plusieurs critères technico-économiques".



3/ Étude de faisabilité

L'étude de faisabilité permettra de cerner tous les éléments administratifs, hydrologiques, environnementaux, techniques et économiques et d'évaluer la viabilité du projet. Selon le classement du cours d'eau, une étude d'implantation et de dimensionnement en vue d'assurer la continuité écologique pourra aussi être exigée. Les réunions de démarrage et de restitution de l'étude de faisabilité donnent l'occasion au porteur de projet de concerter toutes les parties prenantes (DDT, OFB, fédération de pêche...). D'autres études d'avant-projet peuvent être nécessaires avant le démarrage du chantier : sondage de sol, bathymétrie, relevés topographiques, études de génie civil, etc.

En Bourgogne-Franche-Comté et sur quelques autres régions (lire *Puissance Hydro #31*), il est possible d'obtenir une aide pour les études de faisabilité et/ou d'avant-projet couvrant 50 à 70 % de leur montant.

Voir aussi le guide "Démarches administratives, techniques et intégration des enjeux de continuité écologique" de l'ADEME Bourgogne-Franche-Comté

Négociation de l'emprunt : présenter le projet comme une concession

Marc Neyrand, président de SAS EDR Énergie (Côte-d'Or)

"Pour mon installation hydroélectrique de l'Étang du Roi à Voulaines-Templiers (Côte-d'Or), j'ai investi 300 000 euros, financés à 50 % par un emprunt bancaire. Pour l'obtenir, mon expérience de collaborateur d'un grand groupe français spécialiste des concessions m'a beaucoup aidé. Un projet hydroélectrique s'apparente en effet à un projet en concession (type autoroutière ou aéroportuaire), dans lequel le porteur du projet supporte la plupart des risques (construction, exploitation, technique, risque hydrologique), celui-ci a donc tout intérêt à réaliser une construction de qualité. Concernant l'hydrologie, on dispose, en France, d'historiques des débits des rivières qui, combinés avec le contrat d'achat d'électricité sur 20 ans, permettent de se projeter et de définir une séquence de remboursements sur un temps très long, avec une possibilité d'amortir les "mauvaises années".

Ce parallèle avec le modèle de la concession donne indubitablement des clés de compréhension au banquier. J'ai ainsi obtenu un prêt sur 12 ans assez facilement, alors que c'était le premier projet hydroélectrique qu'il traitait.

L'appoint des subventions s'est aussi révélé indispensable, mais le rythme de leurs versements implique une certaine gymnastique de trésorerie. En revanche, 4 ans après, je m'aperçois que j'ai minoré l'impact négatif de la mise en service d'une rivière de contournement sur le débit à turbiner, et, en outre, la pluviométrie des dernières années ne nous a pas aidés à respecter nos objectifs de production. Le projet reste viable, mais la notion de durée prend tout son sens..."

Photo : Bernard Lasnier



4/ Montage juridique et financier

Une fois la solution technique retenue, la rencontre avec un expert-comptable ou un cabinet spécialisé permettra d'échanger sur les enjeux financiers, juridiques, patrimoniaux et fiscaux du projet et de choisir le meilleur compromis. Dans la plupart des cas, pour des raisons fiscales, il sera nécessaire de créer une société ou de s'appuyer sur une structure juridique existante pour l'exploitation de la centrale (SARL, SAS...). Il pourra aussi être étudié l'intérêt d'acquérir le site par une autre entité que celle qui l'exploitera.

5/ Obtention des autorisations

(ou reconnaissance du droit d'eau existant)

Une reconnaissance du droit d'eau fondé en titre (existence et consistance légale) peut être demandée dès l'étude de faisabilité. Sur certains sites à fort potentiel, il pourra être justifié de ne pas s'y limiter et d'aller vers une démarche d'autorisation complémentaire. En absence de droit d'eau fondé en titre, et jusqu'à 4 500 kW, c'est le régime de l'autorisation qui s'applique. Pour toutes ces démarches, il faut se rapprocher des services du Préfet (service police de l'eau notamment) pour connaître les contraintes et le contenu précis des dossiers à déposer.

Financement bancaire : la décision reste en région

Romain Salomon, coordinateur sur le marché des énergies renouvelables, Crédit Agricole Franche-Comté

"Nos méthodes d'intervention sur les projets d'énergies renouvelables et plus spécifiquement hydroélectriques reposent toujours sur la même approche : la qualification du productible (débit, hauteur de chute, régime hydraulique), qui permet d'appréhender l'intérêt économique du projet. En fonction de la nature et du niveau d'investissement, les dossiers sont instruits communément par le réseau d'agences et par un expert régional. La décision est prise au niveau régional par le service engagement ou le comité de crédit.

Nous évaluons la capacité de financement du projet en fonction du taux de couverture des charges de remboursement par la trésorerie dégagée par le projet (ratio DSCR). Idéalement, ce taux doit être supérieur à 120 %, mais cela peut varier car chaque projet est différent.

Le plan de financement peut intégrer une avance à court terme sur la TVA voire sur d'éventuelles subventions, sachant que certaines aides sont versées après la construction, voire même un an après la mise en service.

Le processus implique généralement plusieurs rendez-vous. Si nous avons tous les éléments, le dossier passe en comité sous 15 jours à 3 semaines. Mais, à ce stade, nous aurons déjà validé avec le client les points réglementaires, juridiques et financiers (apport, garanties). Il est important pour le porteur de prévoir une marge dans les délais, car nous restons souvent tributaires de points techniques ou d'avancées du dossier administratif".



Photo : Crédit Agricole

6/ Établissement des devis définitifs

Sur la base de l'étude de faisabilité (voire de l'étude d'avant-projet), choisir parmi les différentes options proposées et consulter plusieurs entreprises, tant pour la partie génie civil que pour la partie hydroélectrique. Il pourra être utile de se faire appuyer par un cabinet spécialisé en maîtrise d'œuvre voire d'un assistant à maîtrise d'ouvrage. Étudier également la faisabilité technique et économique du raccordement au réseau électrique en relation avec Enedis ou l'entreprise locale de distribution (ELD) compétente.

7/ Financement du projet

Un financement bancaire sera le plus souvent nécessaire, à rechercher auprès d'une agence locale, pour les projets jusqu'à 200 kW, ou d'une agence dédiée aux entreprises au-delà. Le montage devra prévoir l'avance des fonds pour les études éventuellement subventionnées. Voir aussi Puissance Hydro #15 et le guide "Montage juridique et financier" de l'ADEME Bourgogne-Franche-Comté

Suivi du chantier et du raccordement : un maître mot, la coordination

Ambroise Bailly et Paul Joliet, SAS Jileo (Côte-d'Or)

Photo : Ambroise Bailly

"Le plus important pour la réalisation du chantier est la coordination de tous les intervenants pour que chacun d'eux ait la place et le temps de faire son travail. Les travaux se déroulent de mai à octobre pour les chantiers avec faible chute et davantage d'eau, qui requièrent l'état sec pour travailler. L'autorisation de travaux implique le dépôt d'un dossier précisant le protocole de travaux et comment le chantier limite ses impacts. Sur les chutes plus importantes, les chantiers concernent plutôt des conduites forcées avec une prise d'eau réduite. Il est alors plus facile de travailler à sec, sur une période d'avril à décembre. Les autorisations de travaux sont aussi plus simples.

Si on ne réussit pas à caler les travaux pendant ces périodes, il sera assez facile de prendre 6 mois à un an de retard, car chaque intervenant a ses propres délais.

Concernant le raccordement, le point le plus délicat est de savoir quand faire la demande à Enedis : trop tard, le risque est de ne pas pouvoir démarrer la centrale dès son achèvement ; trop tôt, il est de devoir accepter la proposition de raccordement et d'engager les travaux sans certitude sur la finalisation du dossier, ou de la refuser et de devoir la renouveler, retardant le projet de plusieurs mois. Autre point de vigilance : entre le moment où la centrale est raccordée et celui où elle peut commencer à produire, il peut se passer trois à huit semaines, en fonction de la qualité de la coordination avec l'organisme de certification Consuel qui doit impérativement valider la conformité de l'installation électrique".



8/ Réalisation des travaux

Les travaux ne peuvent commencer qu'avec l'autorisation du service police de l'eau. Des conditions météorologiques et hydrologiques favorables sont nécessaires d'où généralement leur réalisation entre mai et octobre.

L'établissement d'un planning prévisionnel réaliste est indispensable pour éviter de pâtir d'aléas techniques, administratifs, climatiques ou matériels qui pourraient retarder la mise en service et avoir des conséquences sur la trésorerie.

6 centrales à la loupe en Bourgogne-Franche-Comté

Textes et photos :
Juliette Talpin, sauf mention contraire

Photo : Berti Hanna



**Centrale de Hauterive
(Yonne)**

Page 18



**Moulin de Chassy
(Nièvre)**

Page 48





**Moulin de Moley
(Côte-d'Or)**

Page 36

Photo : SICAE - Consult Hydro



**Centrale d'Émagny
(Doubs)**

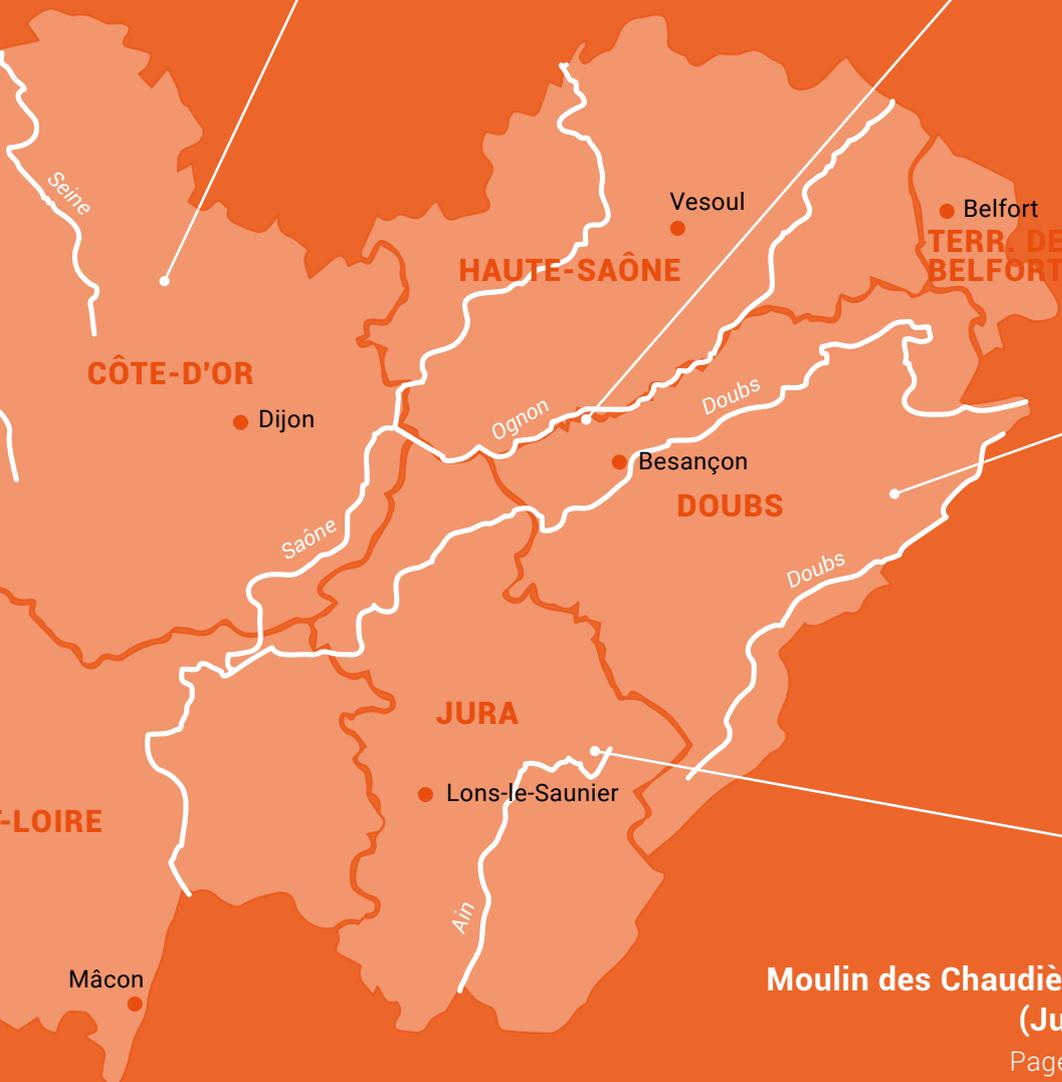
Page 24

Photo : Bertrand Olivier



**Centrale de
Consolation-Maisonnettes
(Doubs)**

Page 30



**Moulin des Chaudières
(Jura)**

Page 42



Centrale de Hauterive (Yonne)

Vis hydrodynamiques et continuité écologique

Après l'acquisition du déversoir existant et l'obtention d'une nouvelle autorisation, Philippe Bourotte a fait construire une centrale neuve respectant toutes les exigences de continuité écologique. Particularité du site : un déversoir en Y exigeant une répartition des eaux avec un moulin en aval.



▲ La prise d'eau est protégée par une drome et par une grille de 9,40 m par 3,86 m avec 10 cm d'écartement entre les barreaux, nettoyée par un dégrilleur automatique. Photo : Berti Hanna

Le site hydraulique du Moulin du Haras, à Hauterive, dans l'Yonne, connaît une nouvelle vie depuis décembre 2017. À l'emplacement d'une ancienne filature implantée au bord du Serein, deux moulins ont fonctionné au fil de l'eau jusqu'au démontage des anciennes turbines au milieu du vingtième siècle.

Le seuil figure sur la carte de Cassini (réalisée à la fin du 18^e siècle) et daterait de l'époque de Colbert. Sa conception très particulière lui donne une forme en Y car il doit aussi assurer une répartition des eaux avec le Moulin de Seignelay situé, en rive gauche, à un kilomètre en aval.

C'est en 2012 que Philippe Bourotte se porte acquéreur du site. Céréaliier et viticulteur, il possède un parc éolien de 10 MW depuis 2009, dans l'Aube, avec d'autres exploitants agricoles mais il souhaite investir dans l'hydroélectricité. "Une

Une surverse de 9,32 m a été installée au bout de la passe à poissons. Photo : Berti Hanna



centrale hydro a une dimension patrimoniale comparable à de l'immobilier ; la durée de vie des équipements est connue et dépasse les cinquante ans", estime-t-il. Le bureau d'études Jacquel & Chatillon l'ayant accompagné dans son projet de parc éolien, Philippe Bourotte a aussi fait appel à cette structure pour la recherche d'un site hydraulique favorable à l'implantation d'une centrale puis pour l'ensemble des études et l'assistance à maîtrise d'ouvrage du projet.

Le seuil de Hauterive dispose d'une hauteur de chute intéressante pour une zone de plaine (3,40 mètres brut directement au droit du seuil) et d'une hydrologie favorable à une production électrique élevée. Le site est par ailleurs distant d'une trentaine de kilomètres seulement des vignes de Philippe Bourotte, dans le chablisien.

Autorisation d'exploiter pour 12 m³/s

S'agissant de créer une nouvelle unité de production avec augmentation de puissance, le droit fondé en titre à l'usage de l'eau de ce site ne pouvait s'appliquer et de fait, une demande d'autorisation d'exploitation complète a dû être effectuée. Plusieurs échanges ont été organisés en amont du dépôt du dossier avec l'OFB¹ et la DDT², pour déterminer quelle solution de turbinage pouvait être envisagée plutôt que d'eraser le barrage comme le préconisait l'Agence de l'Eau. "Ce dialogue avec les services de l'État pendant pratiquement un an avant la demande d'autorisation, a été très important pour obtenir un avis favorable sur notre dossier", souligne Philippe Bourotte.

La solution technique retenue est basée sur la mise en place de deux vis hydrodynamiques ichtyocompatibles associées à une passe à poissons et à des clapets dimensionnés pour améliorer le passage des crues. "Le bureau d'études a proposé la technologie des vis car l'administration y est favorable pour favoriser la continuité écologique et en particulier la dévalaison piscicole ; avec des turbines de type Kaplan, il aurait, semble-t-il, été beaucoup plus contraignant et long d'obtenir l'autorisation

¹ Office français de la biodiversité

² Direction départementale des territoires

mais le rendement aurait été meilleur et l'investissement plus faible", précise Philippe Bourotte. L'autorisation porte sur un débit de 12 m³/s maximum. Cependant, l'avantage des vis est qu'elles permettent de produire de l'électricité avec un faible débit dont une partie du débit réservé. Celui-ci étant de 1,1 m³/s et sachant que 0,4 m³/s sont dédiés à la passe à poissons, il reste 0,7 m³/s qu'il est possible de turbiner sachant qu'il n'existe aucun tronçon court-circuité du Serein. Au-delà du débit réservé, l'arrêté préfectoral oblige le maintien d'un débit prioritaire de 1,3 m³/s pour alimenter le moulin de Seignelay dont la prise d'eau se trouve sur la rive opposée.

Carte d'identité

Cours d'eau : Serein (liste 2)

Hauteur de chute : 3,40 m brute
2,80 m nette

Débit turbinal maximal : 12 m³/s

Module inter-annuel : 11 m³/s

Débit réservé : 1,1 m³/s
dont : 0,4 m³/s pour la passe à poissons
0,7 m³/s turbinable

Débit destiné au moulin du Seignelay (rive gauche) :
1,3 m³/s

Production d'électricité par vis

La centrale a été installée en rive droite à côté de l'ancien moulin. Le déversoir de type poids a été découpé sur près de 13 mètres afin d'aménager une place pour les vis et la passe à poissons. La prise d'eau se fait dans l'axe de la rivière par une ouverture de 9,40 m protégée par une grille à barreaux plats espacés de 10 cm. Une drome empêche l'arrivée d'une grande partie des éléments flottants, ce qui réduit les interventions du dégrilleur automatique.



▲ La passe à poissons mesure 49 m de longueur par 2,80 m. Elle compte 14 bassins successifs (3,20 m par 2,80 m) avec un débit de 400 l/s pour une chute brute de 3,50 m. La chute entre bassins est de 17 cm.
Photo : Berti Hanna

La production d'électricité est assurée par deux vis hydrodynamiques de marque Andritz Hydro³ qui peuvent fonctionner indépendamment ou en cascade (voir Tableau 1). Celle de 127 kW de puissance fonctionne en régime fixe à 6 m³/s alors que celle de 145 kW dispose d'un variateur de vitesse. Avec un régime allant de 0,7 à 6 m³/s, elle régule automatiquement et en continu le niveau d'eau à partir des données des sondes positionnées en amont et aval du déversoir. Les vis tournent à 22 tr/min au maximum. Dans le bâtiment de la salle des machines, chacune est reliée à un multiplicateur (Schneider) qui entraîne une génératrice Leroy Somer. La vis en régime fixe est couplée à une génératrice asynchrone (1 000 tr/min). La vis "en débit variable" est couplée à une génératrice synchrone (2 000 à 2 400 tr/min), associée au variateur de vitesse.

En rive gauche, un clapet de 7,5 m² piloté par un verin automatisé, assure la régulation à 1,3 m³/s du débit destiné au moulin de Seignelay et l'évacuation des crues. Un autre clapet plus grand (9 m²), situé à côté des vis, offre une capacité complémentaire de régulation lors des crues et laisse passer les sédiments. Une surverse de 9,32 m permet aussi l'évacuation des crues en relais des clapets quand ces derniers sont ouverts à 100 %.

³ Aujourd'hui, Andritz Hydro ne propose plus cette technologie

Tableau 1 – Production électrique de la centrale de Hauterive

Mise en service de la centrale	Décembre 2017
Puissance maximale autorisée	353 kW
Puissance installée	272 kW
Équipement de production d'énergie	2 vis hydrodynamiques de 145 kW (avec variateur de vitesse) et 127 kW. Rendement : 72 % 3,7 m de diamètre, 13 m de longueur, inclinaison de 22°
Production moyenne de 2020 à 2022	759 418 kWh/an

Continuité écologique améliorée

Une des priorités de la centrale de Hauterive est de favoriser la continuité écologique du cours d'eau. La dévalaison des poissons est permise par la grille de prise d'eau comportant un espacement de 10 cm entre barreaux, puis par les vis hydrodynamiques. Leur rotation lente permet une descente des poissons sans blessure. La remontée des poissons est quant à elle assurée par une passe à bassins successifs. Sa longueur est de 49 m et elle compte 14 bassins de 3,20 m par 2,80 m pour franchir 3,50 m de hauteur de chute. Des poissons sont régulièrement observés dans la passe. Quant à la circulation sédimentaire lors des crues, elle est principalement assurée par les clapets de décharge en rives gauche et droite, qui remplacent les vannes préexistantes. Ils ont été agrandis, approfondis et automatisés.

Les 2 vis hydrodynamiques permettent la dévalaison des poissons. Leur dimension est de 3,70 m de diamètre par 13 m de longueur.
Photo : Berti Hanna



"Amélioration de la prime qualité du H07"

"J'exploite la centrale depuis 7 ans et j'observe que les périodes d'étiage sont de plus en plus marquées. En général, la production s'arrête en avril et elle redémarre vraiment en novembre. C'était prévu dans l'étude mais la tendance s'est accentuée. Je prévoyais 6 mois de production pleine et un septième mois réparti sur la période mai-octobre, or il semble que je ne puisse plus compter sur ce septième mois. A contrario, je ne subis pas de crue en hiver, et comme les niveaux d'eau sont optimaux pour la production, cela me permet de réaliser de bons chiffres d'affaires ces mois-là. Donc ce qui est perdu l'été avec les fortes périodes d'étiage est rattrapé en hiver par l'absence de crues. Cela a pour conséquence d'améliorer la prime qualité qui récompense la régularité interannuelle de la production hivernale. Elle est passée de 1,68 à 1,95 c€/kWh, lors de sa révision au bout de 5 ans de contrat H07."

Tableau 2 – Investissements en € HT
(hors frais d'acquisition du site - source ADEME)

INVESTISSEMENTS	MONTANT HT
Études	
Étude de faisabilité (aidée à hauteur de 14 000 € par l'ADEME)*	22 000 €
Étude de continuité écologique	7 000 €
Montage du dossier d'autorisation	10 000 €
Total études	39 000 €
Travaux	
Maîtrise d'œuvre	49 500 €
Mission sécurité et protection santé	4 300 €
Travaux sur rivière	172 500 €
Travaux de terrassement	154 600 €
Travaux de génie civil	347 000 €
Passer à poissons	233 800 €
Aménagements hydrauliques	161 300 €
Aménagements du site	94 900 €
Achat et pose des vis hydrodynamiques	398 000 €
Électricité	154 000 €
Raccordement au réseau	30 000 €
Total travaux	1 799 900 €
Ratio en € HT/kW installé	5 758 €/kW (hors passer à poissons) 6 617 €/kW (avec passer à poissons)



Un bon bilan financier

La centrale de Hauterive représente un montant d'investissement de près d'1,8 M€ hors études et hors achat du foncier. Les postes les plus importants sont les vis hydrodynamiques (22 %), le génie civil (19,3 %) et la passer à poissons (13 %) (voir Tableau 2). Le ratio par kW installé est de 6 617 €, un niveau élevé lié au fait que la centrale est neuve. Le projet a bénéficié de subventions conséquentes de la Région Bourgogne et de l'ADEME au titre du Programme Énergie Climat Bourgogne pour l'étude de faisabilité en 2012 et l'investissement en 2015 : 850 500 € pour la production d'énergie et 117 000 € pour la passer à poissons (le programme est désormais terminé). Le solde est financé par un prêt sur 12 ans (653 000 €) et par de l'autofinancement (178 800 €). Le chiffre d'affaires moyen 2020-2022 s'élève à 111 398 € HT alors que les charges représentent environ 83 000 € HT. Le temps de retour brut des travaux avec les subventions n'est que de huit ans (voir Tableau 3). "Sans les subventions de la Région Bourgogne-Franche-Comté et de l'ADEME, nous n'aurions pas pu réaliser le projet. De ce fait, nous avons dû opter pour le tarif H07 puisque le H16 exclut les projets ayant bénéficié de subventions. Notre prix moyen est donc de 11 c€/kWh au lieu de 13 mais les subventions compensent largement cet écart. Avec l'investissement dans le foncier, le temps de retour sera de 15 à 20 ans, ce qui est court au regard de la durée de vie de ces équipements mais long pour un investisseur, nous sommes sur des temps de retours proches de ceux de l'immobilier". ■

Voir aussi fiche exemple "Centrale hydroélectrique de Hauterive" de l'ADEME Bourgogne-Franche-Comté.

◀ Pour Philippe Bourotte, propriétaire de la centrale de Hauterive : *"le dialogue avec les services de l'État avant la demande d'autorisation, a été très important pour obtenir un avis favorable"*. Photo : Berti Hanna

Tableau 3 – Rentabilité

Vente d'électricité annuelle moyenne de 2020 à 2022 (contrat H07 de 20 ans à composantes été-hiver, prix moyen annuel 11 c€/kWh)	111 400 € HT
Charges annuelles	83 200 € HT (dont 59 200 € HT de remboursement d'emprunt)

Vue du seuil avant travaux. Le seuil a une forme de Y pour gérer la répartition des eaux entre le site du Moulin du Haras et le Moulin de Seignelay en aval. Photo : Philippe Bourotte



Recommandations

Concernant l'acceptabilité du projet par le voisinage, Philippe Bourotte conseille de réaliser un référé préventif. Cette procédure juridique 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.). En cas de litige, le porteur de projet dispose ainsi d'informations rationnelles pour objectiver les échanges.

Philippe Bourotte conseille aussi de communiquer en amont avec les collectivités locales (commune, communauté de communes) et auprès du grand public (journal communal, presse...). *"Il est important d'expliquer le projet pour le faire accepter, sans laisser d'interrogations qui génèrent des rumeurs"*.

Centrale d'Émagny (Doubs)

Un projet 100 % franc-comtois

Parmi les 25 barrages construits sur l'Ognon, celui d'Émagny (Doubs) a été équipé d'une centrale entièrement neuve. Patrice Garraud, son cogérant, a confié l'essentiel des travaux à des entreprises locales qu'il connaît de longue date.

Dans bien des régions, le tissu industriel lié à l'hydroélectricité a périclité. Pourtant, en Haute-Saône, tous les métiers requis pour la construction d'une centrale sont encore bien présents et sont à même de conjuguer leurs savoir-faire pour réaliser des chantiers de A à Z. Pour le constater de visu, il suffit de se rendre à Émagny, dans le département du Doubs, en rive gauche de l'Ognon, à côté de l'ancien moulin du XIV^e siècle. Une centrale flambant neuve construite par des entreprises de Haute-Saône, le département voisin, a été mise en service fin 2019. Ce barrage a été acheté en 2013 par Patrice Garraud, cogérant de 5 autres centrales dont une sur l'Ognon déjà. Au cours des rénovations de ces sites, le producteur a pu constater les compétences de plusieurs de ces entreprises de Haute-Saône. Les autres intervenants ont été choisis en raison de leur longue expérience dans le domaine de l'hydroélectricité.

Les études amont (autorisation, faisabilité, dimensionnement, implantation) ont été confiées à Consult Hydro (Vesoul), filiale de la Sicaé Est¹ et à Naldeo (Besançon) pour

¹ Distributeur historique d'électricité sur la Haute-Saône, la Haute-Marne et les Vosges

Carte d'identité

Cours d'eau : l'Ognon

Date d'autorisation : 11 avril 2018

Hauteur de chute nette : 2 m

Module : 25 m³/s

Débit d'équipement : 25 m³/s (12,5 m³/s par turbine)

Débit réservé : 2,5 m³/s (dévalaison 1 m³/s, barrage 0,7, canal de l'ancien moulin 0,5 et passe à canoës 0,3)

la partie environnementale et étude d'impact, partenaires de tous les projets de Patrice Garraud. "Frédéric Mischler, responsable de Consult Hydro, m'a accompagné dans les rénovations de mes 5 autres centrales pour passer du HR97 au H07", précise le producteur qui a aussi confié la maîtrise d'œuvre à ce professionnel.

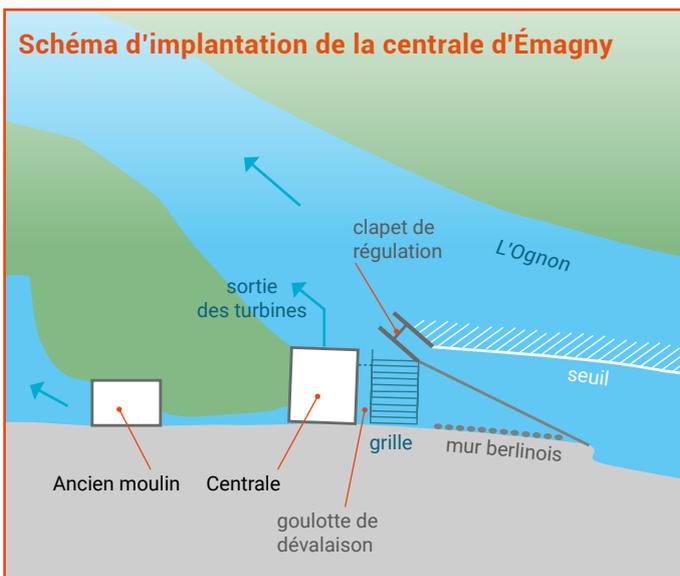
Deux Kaplan verticales en siphon

La nouvelle centrale se situe une vingtaine de mètres en amont de l'ancien moulin qui a été conservé. Sa conception



▲ Le barrage d'Émagny fait partie des 25 ouvrages construits sur la basse et la moyenne vallée de l'Ognon. Photo : SICAE - Consult Hydro

Patrice Garraud, à droite, a confié à Frédéric Mischler de Consult Hydro, la réalisation des études amont (autorisation, faisabilité, dimensionnement, implantation) ainsi que la maîtrise d'œuvre de la construction de la centrale. ▼





▲ Les 2 turbines sont des Kaplan simple réglage, avec poulie-courroie, construites par les Ets Ballet Constructions (Noidans-lès-Vesoul, Haute-Saône).

S'agissant de turbines en siphon, une pompe à air (en noir, à droite) provoque l'aspiration de l'eau dans la chambre d'eau pour le couplage réseau ; des soupapes (en bleu, à droite) font entrer de l'air dans la chambre d'eau pour désamorcer la turbine en cas de coupure de ▼ réseau ou d'arrêt du groupe.



Tableau 1 – Investissements en € HT

Études pour demande d'autorisation. Enquête publique	54 000 €
Assurance tous risques chantier	8 000 €
Terrassement, batardeau, aménagement terrain	304 000 €
Architecte, géomètre	12 000 €
Génie civil, bâtiment	620 000 €
Mur berlinois	60 000 €
Lot mécanique turbines, vantellerie, dégrilleur	850 000 €
Compensation écologique au syndicat SMAMBVO	50 000 €
Électricité	155 000 €
Raccordement HTA	20 000 €
Divers	31 000 €
Maîtrise d'œuvre Consult Hydro	90 000 €
TOTAL	2 254 000 €

La drome suit le niveau de l'eau grâce à une rampe d'articulation fixée à la berge et à un système de coulissement le long d'un poteau métallique, situé à côté du clapet de décharge. ▶

La goulotte est munie d'un clapet de régulation (non visible sur la photo) pour maintenir le débit de dévalaison en cas de blocage par des embâcles ou d'évolution du niveau d'eau. ▶

Tableau 2 – Rentabilité

Production : 1 800 000 kWh/an (2 turbines Kaplan simple réglage de 200 kW chacune)

Contrat : H16 à deux composantes

Chiffre d'affaires : 163 000 à 194 000 €/an

Temps de retour sur investissement : 9 à 13 ans





◀ Le dégrilleur, la vannerie et le bâtiment ont aussi été réalisés par les Ets Ballet Constructions.

a donc dû tenir compte de cette configuration particulière, qui ne permettait pas d'aligner les canaux d'amenée et de restitution. Ainsi, la technologie de la vis d'Archimède ou de la VLH n'aurait pas été adaptée car elles requièrent cet alignement. Par ailleurs, une vis hydrodynamique aurait demandé beaucoup plus de place. La solution préconisée par Consult Hydro a donc été de mettre en place deux Kaplan verticales simple réglage de 200 kW chacune. "Cette solution permet de turbiner, au total, de 6 à 25 m³/s, comme pourrait le faire une unique Kaplan double réglage de 400 kW, mais ici le coût est moindre et on sécurise le fonctionnement grâce à deux machines", explique Frédéric Mischler. L'optimisation économique s'explique par le choix de machines à siphon, une technique très répandue qui évite de mettre en place une vanne wagon devant la prise d'eau pour arrêter la centrale. Le distributeur de la turbine est fixe et se situe au-dessus du niveau d'eau amont. Pour amorcer la machine et la coupler au réseau, un système de pompe à air provoque l'aspiration de l'eau dans la chambre d'eau. À l'inverse, en cas de coupure de réseau, une soupape fait entrer de l'air dans la chambre d'eau, ce qui désamorce la turbine.

Usinage à Vesoul par un tour automatisé

Les deux turbines, mais aussi le bâtiment, le dégrilleur et le clapet de décharge ont été fabriqués par l'entreprise Ballet Constructions, implantés à proximité de Vesoul. Longtemps spécialisée dans la charpente métallique et la

serrurerie, l'entreprise familiale s'est diversifiée en 1997 dans la vannerie et la chaudronnerie pour les centrales hydroélectriques, qui représentent aujourd'hui les trois quarts de son chiffre d'affaires. "En vingt ans, nous sommes intervenus sur une cinquantaine de centrales du Grand Est pour installer ou rénover des turbines Kaplan de tous

types", précise Régis Ballet, cogérant de l'entreprise. Forte de cette connaissance du terrain, l'entreprise a décidé en 2014 de construire ses propres turbines Kaplan verticales. "Nous avons investi 150 000 € dans la conception et la fabrication d'un tour automatisé, capable d'usiner au micron près des pièces atteignant 3,50 m de diamètre", précise le dirigeant. Selon lui, la maîtrise de l'usinage est la clé du succès : "la fabrication du distributeur en interne coûte quatre fois moins cher que de la sous-traiter, ce qui nous permet d'être bien placés sur le marché". Quant aux pales et moyeux, ils sont fabriqués par la fonderie Bot (Voiron, Isère) à partir de moules en bois conçus par Modelage de Chartreuse (Rives, Isère). "Nous fabriquons et entretenons depuis 8 ans les dégrilleurs et les vannes des sites gérés par Patrice Garraud ; à Émagny, il nous a fait confiance pour fabriquer nos deux premières turbines", indique Régis Ballet.

Chandelle sous l'alternateur

Les deux turbines tournent à 120 tr/min, elles sont équipées de poulies et de courroies entraînant des alternateurs Leroy-Somer fonctionnant à 750 tr/min. "Deux de nos centrales ont brûlé à cause d'incendies de condensateurs, nous avons donc retenu la solution avec des alternateurs au lieu des génératrices asynchrones, ce qui permet de supprimer les condensateurs, même si c'est un peu plus cher", précise Patrice Garraud. Pour éviter les efforts radiaux qui déséquilibrent le rotor de l'alternateur, la transmission

du mouvement du multiplicateur de type poulie-courroie s'effectue par une chandelle dont l'axe entraîne l'alternateur. Quant aux travaux électriques et à l'automatisme, ils ont été réalisés par A3E (Vesoul), une autre filiale de la Sicaé Est.

Le terrassement et le génie civil ont également été assurés par des acteurs de Haute-Saône, respectivement l'entreprise Carsana, située à Gevigney-et-Mercey et l'entreprise Faucogney située à Cubry-lès-Faverney, compétentes dans la construction de centrales et dans les travaux de terrassement en rivière, pour VNF notamment.

En rive gauche, pour retenir la terre, un mur berlinois a été construit par l'entreprise SEG (Société Exploitation Grosjean), située à Provenchère. Les palplanches, qui ont ici une position horizontale et non verticale, sont fixés à d'imposants tubes métalliques enfoncés à 5 m de profondeur dans la roche.

Goulotte de dévalaison avec clapet

La circulation des sédiments est assurée par l'ouverture d'un clapet implanté juste à côté de la goulotte de dévalaison exigée par l'OFB (Office français de la biodiversité). Le plan de grille de 12 m possède une inclinaison de 25° pour éviter le plaquage des poissons, et un écartement de 20 mm entre barreaux pour empêcher leur entrée dans les turbines. La largeur de la goulotte de dévalaison est de 1 m pour laisser passer les gros flottants qui auraient franchi la drome puis seraient venus s'appuyer sur la grille.

Cette goulotte est munie d'un clapet de régulation à sa sortie que l'on ouvre pour maintenir le débit de dévalaison en cas de blocage par des embâcles ou d'évolution du niveau d'eau. Le nettoyage de la grille est assuré par un dégrilleur mobile à bras. Pour éviter au maximum le passage des embâcles, la drome, située en amont, suit le niveau de l'eau. Côté berge, elle dispose d'une rampe d'articulation qui lui permet de monter ou descendre. Côté centrale, la drome coulisse verticalement autour d'un poteau métallique.

Au titre des mesures de compensation écologique, le propriétaire de la centrale hydroélectrique d'Émagny a versé 50 000 € au SMAMBVO (Syndicat mixte d'aménagement de la moyenne et de la basse vallée de l'Ognon), pour la réalisation de travaux environnementaux. Le syndicat a aussi été un partenaire important du projet pendant tout son déroulement (voir l'interview d'Yves Marchiset-Nialon, directeur du SMAMBVO). Un point clé pour sa réussite. ■

"Les relations avec les sociétés privées sont basées sur l'échange"

Yves Marchiset-Nialon, directeur du Syndicat mixte d'aménagement de la moyenne et basse vallée de l'Ognon (SMAMBVO) et du Syndicat intercommunaire du bassin de la haute vallée de l'Ognon (SIBHVO)



Photo : SMAMBVO

"Le syndicat a été créé en 1969 pour acquérir et restaurer 22 barrages situés sur la moyenne et la basse vallée de l'Ognon, que leurs propriétaires n'avaient plus les moyens d'entretenir. Pour assurer la continuité écologique, la solution de l'arasement des barrages a d'emblée été écartée. Tout d'abord, nous aurions perdu nos zones humides et nos frayères. De plus, l'arasement aurait engendré des coûts pharaoniques pour stabiliser les ouvrages d'art en amont, en raison des prélèvements excessifs de sable qui ont eu cours jusqu'aux années 70. Nous avons donc privilégié le maintien des barrages avec la création de passes à poissons ou de rivières de contournement et la rénovation des centrales hydroélectriques. Nous signons une convention d'occupation de 40 ans avec les exploitants privés moyennant une redevance de 5 à 7 % du chiffre d'affaires par an. Les relations avec les sociétés privées sont basées sur l'échange. Ce fût le cas avec Patrice Garraud pour la centrale d'Émagny, dont j'ai suivi tout le chantier. Cependant, la situation de ce site est particulière puisqu'il fait partie des 3 seuls barrages qui n'appartiennent pas au syndicat (la société exploitant la centrale d'Émagny en est le propriétaire). Autre singularité : il ne possède pas de passe à poissons car l'OFB a jugé que cet aménagement aurait été inefficace sur ce site. Il ne reste que 2 ou 3 centrales à rénover sur l'Ognon, mais le syndicat a décidé de les assurer par lui-même afin d'en retirer davantage de retombées financières".

Centrale de Consolation-Maisonnettes (Doubs)

Une rénovation en autoconstruction sur un site loué

Ancien responsable de la sécurité des systèmes d'information, Bertrand Olivier s'est reconverti dans la production hydroélectrique en reprenant l'exploitation de la centrale de Consolation-Maisonnettes. Pour rénover ce site, dont il est locataire, il a pris en charge de nombreux postes.

Bertrand Olivier, 55 ans, se passionne depuis toujours pour la technique. Pourtant, après des études en automatisme et en électricité, complétées par un master en informatique, c'est dans ce dernier domaine qu'il exercera pendant vingt ans pour plusieurs grands groupes français, avec comme dernière fonction occupée, la responsabilité de la sécurité des systèmes d'information. Or, au fil du temps, *"le management et les visioconférences avec des interlocuteurs à l'autre bout de la planète m'ont lassé ; je me suis rendu compte que la technique et le terrain me manquaient"*, se souvient-il. En 2008, il a le déclic pour l'hydroélectricité en visitant une centrale voisine de sa résidence secondaire d'Ornans, dans la vallée de la Loue (Doubs), dont il est originaire. Il consacre alors tous ses week-ends et soirées à se former et à visiter des sites avec les associations spécialisées Ajena puis Adera¹. Il sillonne la région en quête d'une centrale à reprendre et identifie celle de Consolation-Maisonnettes (Doubs), juste en amont de l'impressionnant monastère de Consolation, haut lieu

¹ Ajena : Association énergie et environnement en Bourgogne-Franche-Comté (Lons-le-Saunier, Jura). Adera : Association pour le développement des énergies renouvelables et alternatives (Gourgeon, Haute-Saône)

Carte d'identité

Cours d'eau : Dessoubre

Hauteur de chute nette : 63 m

Débit maximal turbiné : 1 050 l/s

Module : 300 l/s

Débit réservé : 55 l/s

Conduite forcée : 800 mm sur 120 m (50 cm de perte de charge théorique). Acier, revêtement époxy intérieur, PE extérieur

Tronçon court-circuité : 330 m

Autorisation : pour 30 ans à partir d'octobre 2013 et 694 kW de puissance maximale brute

touristique et spirituel, notamment au 15 août, à l'occasion de la fête de la Vierge Marie.

12 % du CA en redevance

La Fondation du Val de Consolation, propriétaire du monastère, des forêts alentours et de la centrale datant



- ▲ Les travaux au niveau de la prise d'eau, concernent le rejointoiement du seuil et le changement des réhausse de bois. *Photo : Bertrand Olivier*
- ◀ Le canal d'amenée a été reconstruit sur les 180 premiers mètres et son étanchéité a été refaite sur les 220 mètres suivants. *Photo : Bertrand Olivier*

de 1895, cherche alors un nouvel exploitant pour cette dernière, le contrat en cours arrivant à échéance en février 2010. Bertrand Olivier candidate et l'emporte face à un autre producteur. La Fondation ne souhaite pas vendre le site et impose un bail commercial de 40 ans prévoyant le versement de 12 % du chiffre d'affaires annuel, la prise en charge de l'intégralité des travaux de rénovation et la restitution intégrale du site en fin de bail. Pour lui, le défi mérite d'être relevé car la centrale, située sous 63 m de chute, présente un fort potentiel d'amélioration. Mais, l'informaticien ne se lance pas bille



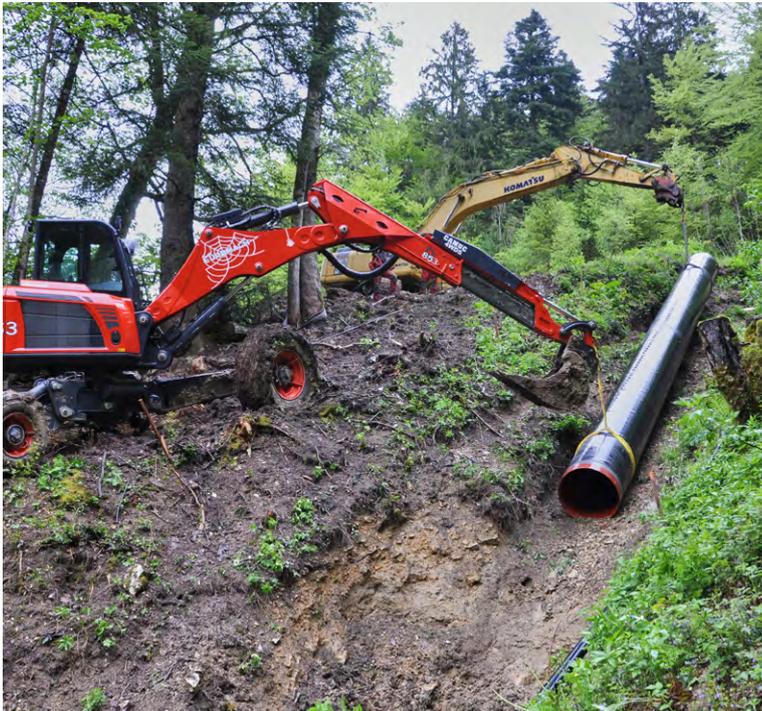
▲ Intérieur de la centrale en vue générale (groupes de production et équipements électriques). Photo : Gilles Cruypenynck



▲ Intérieur de la centrale avec focus sur les deux groupes de production, en cours de montage. Photo : Gilles Cruypenynck

▼ Pose de la conduite forcée : approvisionnement des tubes de 12 mètres de long à la pelle araignée et à la pelle à chenilles. Photo : Bertrand Olivier

▼ Pose de la conduite forcée : première section de 60 mètres. Photo : Bertrand Olivier



Rentabilité

Bail commercial : jusqu'en février 2050

Loyer : 12 % du CA annuel

Investissement : 950 000 € financés sur fonds propres et prêt bancaire

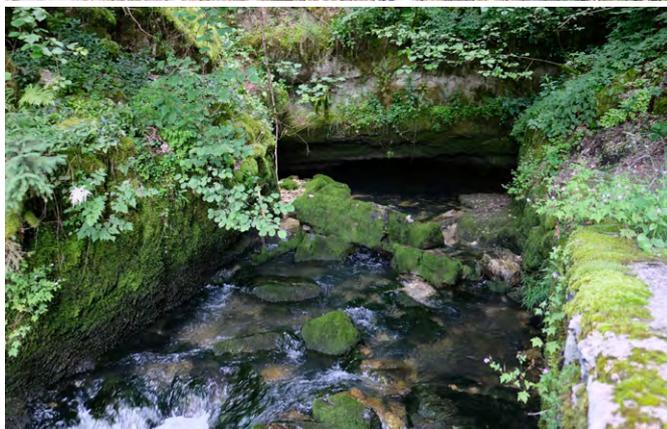
Production moyenne : 1 225 000 kWh/an (70 % réalisés l'hiver, 30 % l'été)

Contrat : H16 à 2 composantes, chute supérieure à 30 m, pour 498 kW

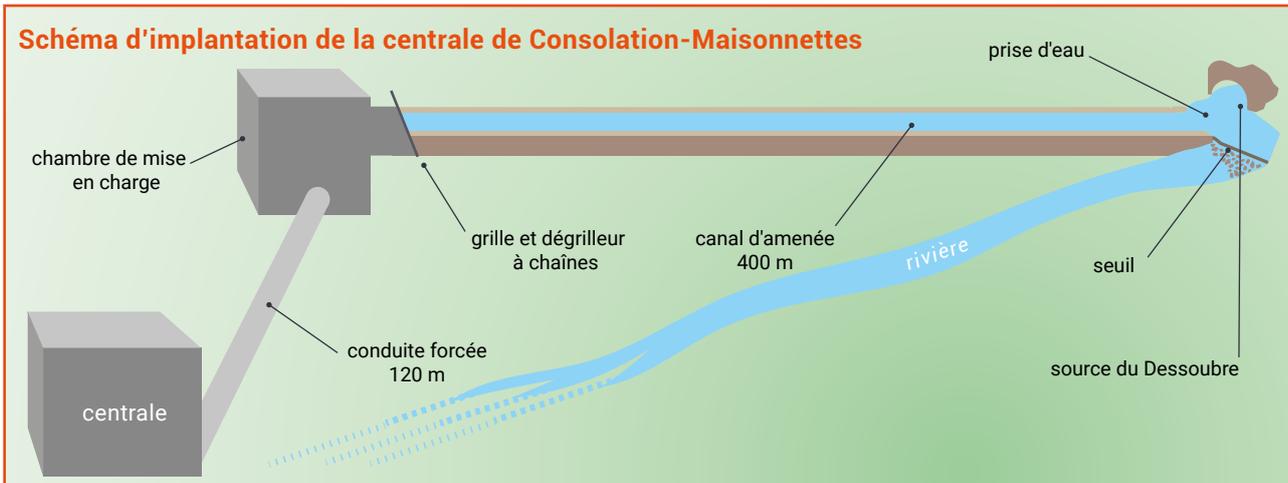
CA moyen : 175 000 €/an (2 turbines crossflow Ossberger de 360 et 180 kW)



Talus reconstitué - deux rangs d'acrosols et terre armée avec géogrille (sur le haut du talus). Photo : Bertrand Olivier



La prise d'eau se trouve à quelques mètres d'une résurgence souterraine qui constitue la source du Dessoubre.



en tête dans la rénovation et, pendant 3 ans, exploite la centrale en l'état, afin de bien comprendre les variations de débit du Dessoubre. "La prise d'eau se trouve en tête d'un bassin versant de 13 km² très impulsif, car les pluies s'infiltrent facilement dans le karst² puis ressortent brutalement sous forme de résurgence souterraine au niveau de la source", décrit-il. Et à l'inverse, après 7 jours sans pluie, le cours d'eau est à l'étiage.

Après avoir confié le dossier de renouvellement de l'autorisation au cabinet Reilé (Doubs) en 2010, il obtient l'autorisation administrative en octobre 2013, pour une puissance brute de 694 kW et une durée de 30 ans. Le débit réservé est de 55 l/s pour un module supposé de 300 l/s (l'étude officielle date de 1973).

Au début du projet, Bertrand Olivier envisageait de contracter un H07, mais les travaux d'un voisin, ayant détérioré la prise d'eau et une partie du canal d'aménée, ont engendré un important retard, il a finalement misé sur un contrat H16 neuf à 2 composantes de 498 kW. Et la rénovation, dont il va réaliser les études et assurer toute la maîtrise d'œuvre, ira bien au-delà des exigences du contrat : "en haute chute, à partir de la chambre de mise en pression, tout doit être neuf, or ici nous avons aussi reconstruit le canal d'aménée sur les 180 premiers mètres et nous avons refait son étanchéité sur les 220 mètres suivants". A contrario, la grille fine (16 mm d'écartement) et le dégrilleur à chaînes ont été conservés. L'intérieur du bâtiment de la centrale et la chambre de collecte et d'évacuation des eaux turbinées située en sous-œuvre ont également été refaits à neuf. Tous les ouvrages de génie civil ont été réalisés par la SARL Gigouley R.C (Doubs).

Confortement du talus en terre armée

La nouvelle chambre associée à la nouvelle conduite forcée, de 800 mm de diamètre (contre 650 mm précédemment), porte la pression à 6,3 bar. La conduite se termine en forme de Y pour distribuer le flux hydraulique sur les 2 groupes de production : un groupe de 360 kW (700 l/s) et un plus petit groupe de 180 kW (350 l/s). Le remplacement des 120 mètres de conduite - fournie et posée par la société CTM Vissac (Puy-de-Dôme) - a été épique car elle passe sous un talus en tuf extrêmement friable, avec une pente variant de 45 à 60°. Le confortement du talus a été dimensionné par le bureau d'études Géoconcept Consultant (Isère) et réalisé

grâce à des acrosols et à de la terre armée, techniques moins chères que les 200 000 € requis par celle du béton projeté. La société locale Jura Natura Services a creusé le talus sur 8 mètres de profondeur pour extraire l'ancienne conduite afin de procéder à la pose de la nouvelle conduite. Les talus ont été reconstitués par lés successifs de 75 cm d'épaisseur en intégrant une géogrid. Chaque lé est rabattu sur lui-même et bloqué par le poids des lés du dessus. Et dans les secteurs où la pose de géogrid n'était pas possible, le producteur a opté pour des parois métalliques, fournies et posées par la société AcroBTP (Haute-Savoie) ancrées à la roche primaire, à 12 mètres de profondeur. Tous les emplacements des divers tronçons de la conduite forcée ont été modélisés par Bertrand Olivier et il a supervisé leur positionnement à la grue, à la pelle araignée et pelle à chenilles.

Des crossflow pour les charges partielles

Avant la rénovation, la centrale abritait trois turbines Francis (SHM et Douge & C^{ie}) dont 2 étaient en état de fonctionnement à la reprise mais seul le groupe SHM fonctionnait réellement. La puissance injectée ne dépassait pas 440 kW.

Bertrand Olivier a choisi de les remplacer par 2 turbines de type crossflow, de marque Ossberger, de 360 et 180 kW, du fait de la forte variabilité de la source. Contrairement aux Francis qui ont leur rendement maximal à partir de 85 % du débit nominal, "les crossflow sont adaptées à un fonctionnement fréquent à charge partielle mais permettent aussi de turbiner ponctuellement de très forts débits³". Cette caractéristique s'explique par le mode d'écoulement traversant de ces turbines (dénommées aussi Banki-Mitchell) : les vannes directrices donnent une section rectangulaire au jet d'eau entrant qui traverse la couronne d'aubes du rotor cylindrique d'abord de l'extérieur vers l'intérieur, puis de l'intérieur vers l'extérieur en sortant. Ce principe d'écoulement permet aussi, sous l'effet de la force centrifuge, d'éliminer les feuilles, les débris et la glace projetés entre les pales lors de l'admission. Les deux turbines comportent chacune deux compartiments

² Le karst est une structure géologique formée par l'érosion de certaines roches calcaires (craie, tuf...).

³ Le rendement d'une turbine crossflow peut atteindre 70 % dès 20 % du débit nominal et 85 % dès 50 % du débit nominal.



◀ Au début de son projet, Bertrand Olivier (à droite) a été accompagné par Fabrice Bouveret de l'ADERA (à gauche), dans le cadre de la mission d'animation sur l'hydroélectricité en Bourgogne-Franche-Comté.

d'admission qui se séparent ensuite en deux tiers/un tiers. Le petit compartiment est utilisé pour les faibles débits, le grand pour les moyens débits, puis les deux ensemble pour le débit maximum. "Je démarre à 15 % du débit nominal de la petite turbine soit 52 l/s et, avec les deux groupes, la centrale peut turbiner jusqu'à 1 050 l/s, débit maximum turbinable pour atteindre la puissance de 498 kW net en injection", résume le producteur. Les turbines sont accouplées en prise directe avec deux génératrices asynchrones Helmke tournant respectivement à 600 tr/min (pour le groupe de 360 kW) et 750 tr/min (pour le groupe de 180 kW).

Automatisme auto-conçu

Le producteur a effectué lui-même une partie du montage des groupes, l'alignement entre les arbres des turbines et des génératrices grâce à l'appui de l'entreprise HydroForce EFC (Côte-d'Or). Mais ce n'est pas tout, Bertrand Olivier a conçu et réalisé toute l'installation hydraulique, notamment celle des vérins qui actionnent les bras reliés aux directrices des turbines. Après deux mois de travail, il a également élaboré son propre automatisme pour le pilotage de la centrale (câblage de l'armoire et programmation) pour permettre la régulation des deux turbines à deux compartiments, faisant ainsi quatre variables de régulation pour le pilotage des groupes. Et bien sûr, la sécurité informatique a été une priorité. "J'ai prévu un routeur industriel Ewon par HMS Network qui découple la centrale d'internet et

empêche tout accès en direct ; l'accès à distance est réalisé par un processus d'authentification forte et établissement d'un tunnel VPN via les serveurs centraux Ewon qui empêchent ainsi tout accès par une personne non authentifiée", précise le spécialiste.

Les câblages de l'armoire électrique, du poste HTA et du tableau général basse

tension ont été fournis et installés par la société ltesya (Doubs), qui s'est aussi chargée de la mise en place d'une batterie de condensateurs automatiques CLMX de Condensator Dornit, logés dans des caissons de vermiculite, qui ont la propriété de se vitrifier en cas de départ de feu.

Le producteur dresse le bilan de son investissement. "Sans compter mes heures de travail, j'ai investi 950 000 €, entre le concours d'un prêt bancaire auprès du Crédit Agricole et mes fonds propres ; au-delà, il aurait été impossible d'être rentable car je donne 12 % du chiffre d'affaires annuel en redevance et je ne serai jamais propriétaire du site", souligne-t-il. Son objectif est donc de tout amortir sur les 20 ans du H16, tout en tenant compte d'une diminution régulière des débits sur la période, en lien avec le changement climatique. Pour cela, il peut compter sur la simplicité d'exploitation du site. En effet, le cours d'eau ne véhicule pas d'embâcles ou d'algues et ne connaît pas de fortes crues, contrairement au Doubs sur lequel se trouve la centrale de basse chute de Laissey (140 kW), qu'il a acquis en 2012.

Les premiers tests et paramétrages ont été réalisés en octobre-novembre 2020 et la mise en production effective en décembre 2020. Après quasiment 3 années complètes d'exploitation, le producteur est pleinement satisfait de son projet : les choix techniques basés sur deux crossflow permettent de bien exploiter la ressource disponible grâce à une large plage de fonctionnement, se traduisant par une production effective supérieure aux estimations. ■

Moulin de Moloy (Côte-d'Or)

Le bief du village reprend vie

Propriétaire d'une résidence familiale régulièrement inondée par le bief d'un moulin à l'abandon, Bruno Viain-Lalouette l'a racheté ainsi que l'ancien haut-fourneau dont le vannage amont barre le même canal d'amenée au moulin. Mis en service en novembre 2019, le moulin rénové est équipé de deux turbines Kaplan à la place de l'ancienne turbine Francis.

C'est à Moloy, à une quarantaine de kilomètres au nord de Dijon, que Bruno Viain-Lalouette aime passer le peu de temps libre que lui laisse le cabinet d'avocats d'affaires dont il est associé. Il se rend toujours avec plaisir dans la propriété familiale, une ancienne tannerie construite au bord d'un bief dérivant l'Ignon sur quelques centaines de mètres.

Cette imposante bâtisse en pierre témoigne de l'activité industrielle qui a rythmé la vie du bief pendant des siècles. En amont, se trouve un ancien haut-fourneau, et en aval, une forge côtoie un moulin équipé pour produire de l'électricité mais désaffecté. Jusqu'en 2012, le bief appartenait à l'usine installée à côté du haut-fourneau, reconvertie en scierie puis en atelier de décolletage. Mais suite à la faillite de l'établissement, le bief n'était plus curé et l'entretien des vannes négligé ; conduisant à de fréquentes inondations dans l'ancienne tannerie où réside la mère de Bruno Viain-Lalouette.

Deux sociétés à part

"Au départ, je ne visais pas la production d'énergie sur le bief mais la préservation du site, pour éviter les inondations

Carte d'identité

Cours d'eau : l'Ignon (rivière non classée)

Fondé en titre : 49 kW, reconnu le 8 octobre 2015

Mise en service : Novembre 2019

Hauteur de chute nette : 3,30 m

Module : 1,55 m³/s

Tronçon court-circuité : 735 m

Débit turbinable : 1,35 m³/s

Débit réservé : 0,23 m³/s

et créer une réserve pour les poissons car la rivière est presque à sec l'été", raconte-t-il. Après un an de négociation, la SCI familiale "Bief de la Tannerie" acquiert le bief en avril 2012 (hors canal de fuite). Quelques mois plus tard, Paul Joliet, de la société Jileo, spécialisée dans l'assistance à maîtrise d'ouvrage en rénovation de microcentrales hydroélectriques, lui propose de l'accompagner pour



▲ Bruno Viain-Lalouette, qui habite Dijon à une trentaine de kilomètres de Moly, gère lui-même l'exploitation du moulin.

▲ Le moulin, entièrement rénové, renforce l'attractivité du village, très fréquenté par les touristes.

redonner vie au moulin. Afin d'étudier le projet, il crée une SARL en plus de la SCI en juillet 2012. *"La SCI me permettra à terme de transférer librement l'immobilier à mes enfants par donation ; elle accorde à la SARL la jouissance gratuite pour ne pas augmenter les charges sur un petit projet et pour éviter de percevoir des revenus fonciers fortement taxés"*, détaille l'avocat fiscaliste.

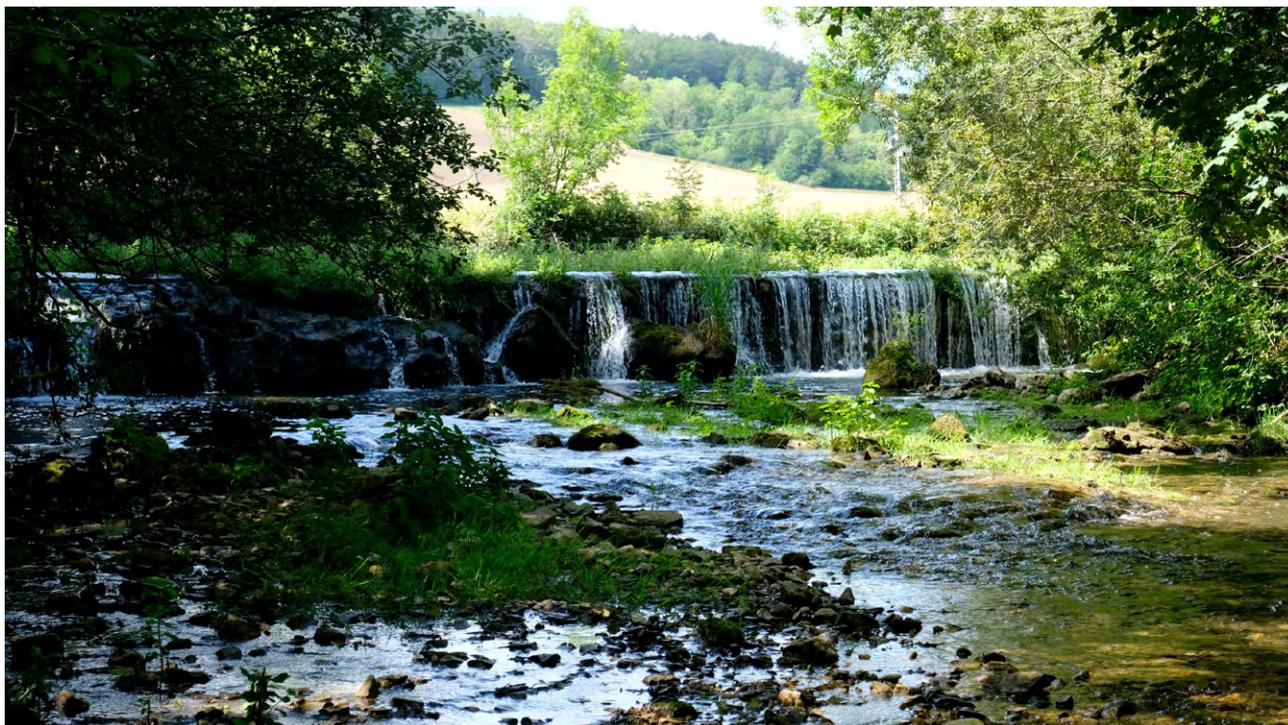
Courant 2013, il prépare les démarches de reconnaissance du droit d'eau fondé en titre auprès de la DDT de Côte-d'Or. Pour cela, il fait appel à une société spécialisée dans les recherches historiques pour prouver que le moulin est bien répertorié sur la carte de Cassini. Le droit d'eau lui sera finalement accordé pour une puissance maximale brute de 49 kW.

En parallèle, une étude d'opportunité montre que le débit du bief peut permettre au moulin de produire de l'électricité

de façon rentable. En octobre 2013, Bruno Viain-Lalouette rencontre Lilian Geney, chargé de mission hydroélectricité à l'ADEME Bourgogne-Franche-Comté, qui lui donne son accord de principe pour financer l'étude de faisabilité de la remise en service et de l'optimisation du site. L'aide de 7 700 € HT a été décisive pour engager l'étude d'un montant de 11 000 € HT.

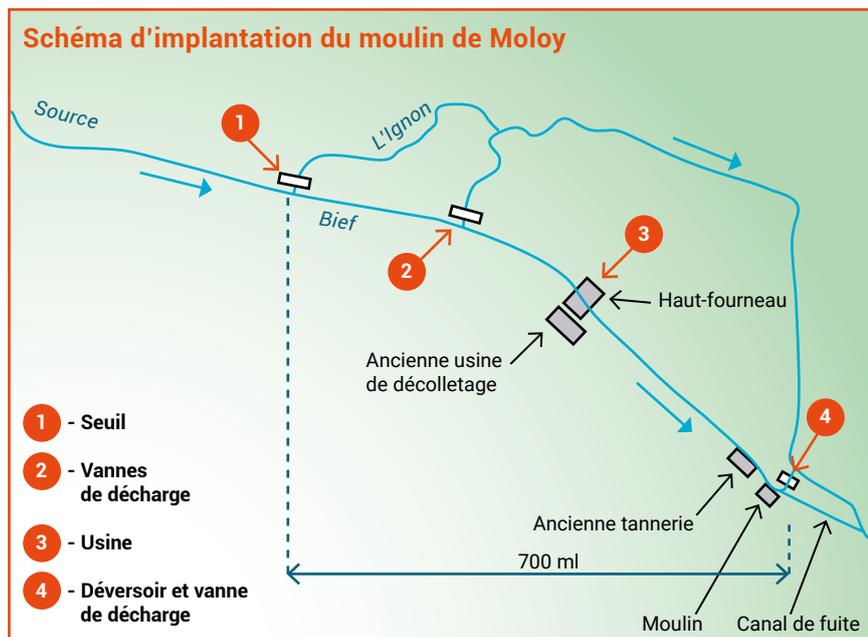
Maîtrise du foncier en amont

En avril 2014, le travail du bureau d'études Jacquiel & Chatillon confirme la faisabilité du projet à la condition impérative d'avoir la maîtrise de la vanne amont située sous l'ancien haut-fourneau, propriété de la Société de décolletage de Moly, en liquidation judiciaire. La DDT de Côte-d'Or imposera également cette condition dans



▲ L'automatisation de la vanne de régulation demandée par la DDT garantit le déversement permanent de 15 % du module, au minimum, au-dessus du seuil.

L'ancien haut-fourneau, implanté sur le même canal d'amenée que le moulin, est équipé d'une vanne afin de réguler le débit alimentant le moulin. ▼



Un dégrilleur à chaîne pousse les flottants dans une goulotte, où une "chasse d'eau" manuelle les évacue dans le canal de fuite.



Tableau 1 – Investissements en € HT

Assistance – conseils	7 350 €
Étude de faisabilité	11 000 € (aide de 7 700 € HT de l'ADEME Bourgogne-Franche-Comté)
Groupes hydroélectriques (turbines et annexes)	111 000 €
Grille et dégrilleur	18 000 €
Gros œuvre	131 840 €
Divers (raccordement électrique, gestion du débit réservé...)	55 000 €
TOTAL	334 190 €

La turbine Francis a été remplacée par 2 Kaplan simple réglage inclinées de 24,5 kW chacune. Photo : Bruno Viain-Lalouette



Tableau 2 – Rentabilité

Puissance installée	49 kW (2 groupes Andritz Hydro MiniGrid de 24,5 kW)
Tarif d'achat	H07 à 2 composantes période d'hiver 16,785 c€/kWh et été 7,765 c€/kWh
Production moyenne estimée	136 300 kWh/an (de 105 000 à 170 000 kWh/an)
CA annuel estimé	de 15 000 € à 22 000 €
Investissement	334 190 €
Subvention du Conseil Régional	159 000 €
Temps de retour sur investissement	7 à 11 ans



▲ L'ancienne tannerie qui appartient à la famille de Bruno Viain-Lalouette était régulièrement inondée avant l'acquisition du bief, du moulin et du haut-fourneau.

l'autorisation accordée le 8 octobre 2015 au moulin. *"Nous insistons toujours auprès des porteurs de projets pour qu'ils aient la maîtrise totale du foncier et de la ressource en eau, c'est crucial"*, souligne de son côté Lilian Geney. S'ensuivent alors quatre années de démarches auprès du liquidateur pour acquérir ladite vanne et le bâtiment du haut-fourneau. La transaction se conclut finalement en juin 2018 ; à l'avenir Bruno Viain-Lalouette compte bien reconverter en salles de réception cette immense bâtisse dotée d'un monumental haut-fourneau en pierre et d'une charpente spectaculaire.

Entre-temps, l'opiniâtre avocat, assisté de Paul Joliet, avait obtenu en 2017 tous les devis pour la rénovation du moulin, soit environ 300 000 € HT de travaux. Une subvention demandée au Conseil régional de Bourgogne-Franche-

Comté, qui finance également la mission d'animation régionale sur l'hydroélectricité avec l'ADEME, lui sera accordée (45 % des dépenses éligibles, soit 130 000 €). Toutefois, les interventions sur le bief n'ont pas attendu 2018 pour être lancées. *"Des travaux urgents de consolidation ont été effectués car les murs soutenant l'ouvrage étaient en mauvais état et leur effondrement risquait d'entraîner une inondation dans une partie du village"*, indique Bruno Viain-Lalouette. Ensuite des travaux réguliers de grattage du bief pendant les crues, de réfection des berges, de remplacement des vannes et aussi de rénovation du bâtiment en ruine furent progressivement réalisés.

Turbiner les bas débits

Avant sa rénovation, le moulin était équipé d'une turbine

"La rénovation du moulin valorise l'entrée du village"

Florian Paquet, maire de Moloy (230 habitants)

"Dès le Moyen-Âge, de nombreuses forges se sont implantées dans la vallée de l'Ignon, et notamment à Moloy. Au XVI^e siècle, le travail du fer a été modernisé par la construction de hauts-fourneaux et par l'utilisation de l'énergie hydraulique pour actionner les soufflets et les marteaux. À Moloy, elle a aussi permis de fournir de l'électricité à l'ancien château. Il y a donc un lien historique très fort entre les habitants de la commune et la force hydraulique. Mais depuis la fermeture du haut-fourneau, reconverti en scierie puis en usine de décolletage, le bief était en perdition. Les déchets et les algues s'accumulaient ; les riverains et les champs étaient régulièrement inondés. Depuis la réhabilitation du site par Bruno Viain-Lalouette, le bief est curé et les vannes sont entretenues. La rénovation du moulin valorise l'entrée du village, empruntée par de nombreux touristes à pied ou à vélo. Par ailleurs, nous avons beaucoup apprécié d'être tenus au courant au fur et à mesure de l'avancement des travaux".



Francis en chambre d'eau, une technologie qui n'a plus cours aujourd'hui en basse chute en raison de son faible rendement dans les bas débits. La première solution envisagée pour la nouvelle centrale était d'installer deux vis d'Archimède à côté du moulin, pour des raisons économiques et pour faciliter la circulation des poissons. Mais la DDT de Côte-d'Or s'y est opposée car le droit d'eau a été accordé pour un équipement installé à l'intérieur du bâtiment. Le choix s'est donc porté sur deux turbines Kaplan simple réglage Minigrad Andritz Hydro de 24,5 kW chacune (1,35 m³/s de débit d'équipement total). "Nous avons préféré installer deux machines pour pouvoir turbiner les très bas débits et pour continuer à fonctionner même en cas de panne de l'une d'entre elles", précise Bruno Viain-Lalouette. Les turbines sont en position inclinée. Elles entraînent par poulie-courroie deux génératrices asynchrones ABB ; des cônes d'aspiration assurent l'évacuation de l'eau. Pour installer les groupes, il a fallu abattre le mur arrière du moulin puisque l'aspirateur de la turbine Francis était d'abord vertical puis empruntait un coude souterrain qui sortait sous le canal de fuite. Un automate pilote la mise en route de chacun des groupes en fonction du débit de la rivière. Le producteur dispose d'une supervision à distance sur son téléphone.

En amont de la turbine, la société Jileo a installé une grille à 30 mm d'écartement entre barreaux pour bloquer les flottants. Un dégrilleur à chaîne évacue les débris dans une goulotte. Une caméra permet au producteur de constater les blocages du dégrilleur, pour venir les dépanner en fonction de ses disponibilités (il réside à 30 minutes de Moloy).

La rivière n'étant pas classée, il n'a pas eu l'obligation de construire de passe à poissons. En revanche, pour le maintien du débit réservé dans la rivière, la DDT a demandé la mise en place d'une vanne automatisée au niveau du haut-fourneau garantissant le déversement continu de 15 % du module au-dessus du seuil. Ce qui pose des problèmes à l'étiage. "Pendant l'été, le bief peut se retrouver à sec alors que l'eau du bief est utile à la commune et aux pompiers pour lutter contre d'éventuels incendies ; le maire de Moloy a rédigé une attestation en ce sens", indique le producteur. Une décision de l'État sera sans doute nécessaire au sujet du moulin de Moloy pour arbitrer entre la continuité de la lutte contre les incendies et la continuité écologique. ■

Moulin des Chaudières (Jura)

Optimisation de la production après un incendie

Détruite par un incendie en mai 2021, la centrale du Moulin des Chaudières a été reconstruite sans modification du génie civil. La nouvelle turbine Saxo verticale, plus puissante, associée à un alternateur en prise directe, permettent de gagner environ 10 % de productible. Grâce au contrat H16, le chiffre d'affaires augmentera d'environ un tiers.

Texte et photos Juliette Talpin (sauf mention)

La production d'hydroélectricité sur la rivière de l'Ain évoque pour beaucoup la retenue de Vouglans, troisième plus grande de France. Mais l'eau qui arrive à Vouglans a déjà été turbinée plusieurs fois par de plus petits ouvrages, parmi lesquels ceux de Conte, de Crotenay et de Champagnole. Ils appartiennent au développeur d'énergies renouvelables Nouvergies, créé en 1999 par Jean-Claude Bourrellet, le fondateur des magasins Bricorama. Nouvergies a choisi le massif du Jura pour acquérir ses premières installations hydroélectriques à partir de 2018 (six de ses sept centrales y sont implantées). Le Moulin des Chaudières à Conte (Jura), construit en 1986, est l'ouvrage le plus en amont sur l'Ain, à seulement 2 km de la source de cette rivière.

Nouvergies l'achète en janvier 2021 mais la centrale est détruite par un incendie quatre mois plus tard, malgré le passage de l'Apave quelques jours avant. Même si l'expertise d'assurance est toujours en cours pour connaître l'origine du sinistre, le développeur a déjà reconstruit la centrale et l'a remise en service en novembre 2022.

Cette réhabilitation répond à plusieurs objectifs. Le premier est de porter la puissance de 450 à 500 kW grâce à un

Carte d'identité

Cours d'eau : l'Ain

Autorisation : 2010 (30 ans, 594 kW de puissance maximale)

Date de remise en service après rénovation : novembre 2022

Hauteur de chute brute : 9 m

Module : 6,3 m³/s

Débit d'équipement : 6,8 m³/s

Débit réservé : 0,63 m³/s

groupe neuf, ce que permet l'autorisation datant de 2010, prévoyant une puissance maximale brute de 594 kW. Le second est de passer d'un contrat H07 à un H16 afin d'optimiser le chiffre d'affaires de la centrale.

Fiabiliser l'exploitation

Pour Nouvergies, cette reconstruction a été l'occasion d'apporter plusieurs améliorations au site tout en conservant



▲ Serge Perrusset, David Brugnot et Jérôme Gérard (de gauche à droite) composent l'équipe d'exploitation de Nouvergies, basée à Champagnole. Leurs compétences leur permettent d'effectuer de multiples travaux mécaniques, électriques ou d'égavage, en plus du pilotage et de l'entretien quotidien des centrales.

un maximum d'équipements et d'ouvrages existants. Au niveau du barrage et de la prise d'eau, la finalité a surtout été de faciliter et de fiabiliser l'exploitation en automatisant les vannes de dégrèvement et en implantant deux caméras. Auparavant, ces vannes motorisées étaient commandées manuellement depuis la centrale, sans retour vidéo. Les exploitants n'avaient donc pas de contrôle précis sur le taux d'ouverture des vannes et sur la présence d'éventuels embâcles bloquant leur mouvement. Ils devaient donc se rendre sur place pour constater la situation, souvent en pleine nuit et sous la pluie. *"Maintenant, grâce à la supervision accessible sur nos téléphones, nous pouvons manœuvrer précisément les vannes depuis le bureau de Champagnole (à une dizaine de kilomètres), depuis nos domiciles ou directement au barrage"*, explique David Brugnot, responsable d'exploitation. Le respect de la cote maximale des hautes eaux, à ne pas dépasser pour ne pas inonder la maison voisine, est assuré grâce au pilotage automatique de la vanne du barrage. Quant à la vanne



▲ Fabrice Bouveret de l'association ADERA (à droite), accompagne les porteurs de projets de petite hydroélectricité en Bourgogne-Franche-Comté, dont Nicolas Potet, directeur de l'activité hydroélectrique chez Nouvergies.



▲ La vanne du barrage, qui garantit notamment le niveau des hautes eaux, a été automatisée et dotée d'une caméra.



Un poste de livraison a été créé à l'extérieur du bâtiment ▼ de la centrale.

▲ La vanne de dégrèvement en entrée de canal a aussi été automatisée.

Le dégrilleur à chaîne a été ▼ conservé.





▲ Le bâtiment, tout en hauteur, a demandé un grutage minutieux des éléments de la turbine. *Photo : ER3i*



▲ Un alternateur à aimants permanents Bernard Bonfond a remplacé l'ancienne génératrice asynchrone qui nécessitait un multiplicateur.



▲ La nouvelle turbine Saxo simple réglage (en bleu) a été mise en place sans aucun changement de génie civil. *Image : ER3i*

Le nouvel automate et la supervision facilitent le travail des exploitants, au niveau des ouvrages de prise d'eau notamment. ▶



de chasse des sédiments en entrée de canal, elle pourra désormais s'ouvrir automatiquement lors des périodes autorisées et lorsque le débit dépasse deux fois le module. La communication entre le barrage et la centrale s'effectue en wifi via un pont radio fréquence. Pour la liaison Internet de la centrale, cela se fait par une connexion par satellite car le vallon est une zone blanche pour la 4G. Le canal d'aménée en béton, de 300 m de long, a été curé dans sa partie amont par l'entreprise de terrassement TP Prati Jean et fils (Jura). En arrivant à la centrale, l'eau passe par la grille équipée d'un dégrilleur à chaîne Hydreco (Vosges). Même si ce dernier n'est pas efficace à 100 %, il a été conservé : "il n'est pas limitant car nous sommes proches de la source de l'Ain, la rivière transporte encore peu de feuilles et d'autres déchets flottants", souligne David Brugnot.

Zéro génie civil

La reconstruction de la centrale a été confiée à l'entreprise ER3i (Meurthe-et-Moselle), via un contrat clé-en-main comprenant la turbine, les groupes oléo-hydrauliques, les équipements électriques et l'automatisme conçus et

fabriqués en interne, ainsi que la vanne de garde (fabriquée par Ballet Constructions, Haute-Saône). "Ce type de contrat est relativement rare en hydroélectricité mais standard dans l'éolien, il permet de maîtriser les budgets en ayant un objectif de résultat", explique Nicolas Potet, directeur de l'activité hydroélectrique de Nouvergies. L'assistance à maîtrise d'ouvrage a été assurée par Jean-François Bansard, Hydroélectricité Conseils Expertises (Meurthe-et-Moselle), qui avait construit la première centrale.

L'ancienne turbine était une Kaplan verticale double réglage de type Saxo (en conduite, marque Hydro Réalisations). L'enjeu était de loger la nouvelle turbine exactement au même emplacement que l'ancienne dans un bâtiment

Tableau 1 – Production

Groupe de production : turbine Kaplan Saxo verticale de 500 kW (diamètre roue - 1 200 mm) avec alternateur à aimants permanents

Production estimée : 1 750 000 kWh/an

Tableau 2 – Investissements en € HT

Turbine, automate	445 000 €
Alternateur	200 000 €
Poste de livraison	95 000 €
Terrassement	35 000 €
TOTAL (hors études, main d'œuvre interne et coûts liés à l'incendie)	775 000 €

tout en hauteur (10 m de haut, 5 m de long, 4 m de large), sans toucher au génie civil mais en optimisant le profil hydraulique du corps de la turbine. "Nous avons fait faire un scan 3D du bâtiment et des relevés de cotes extrêmement précis", indique David Marie, responsable de l'activité mécanique d'ER3i. Il s'agit de la première Saxo verticale réalisée par le constructeur lorrain qui, jusque-là, avait fabriqué des machines inclinées pour des chutes plus basses. "Ce challenge ne nous posait pas de problème, car une machine verticale est plus simple à concevoir, du fait que les efforts sont principalement verticaux alors que dans une machine inclinée, il y a une composante horizontale plus difficile à reprendre par les paliers turbine et le génie civil notamment sous une chute de 9 m !", commente David Marie. Toutes les Kaplan de ER3i sont conçues en simple réglage ; c'est le cas aussi pour celle-ci, d'autant que le cercle de vannage du double réglage, dans cet encombrement contraint, aurait fait perdre du diamètre à la machine et donc de la performance.

Démarrage à 7 % du débit nominal

Un convertisseur de fréquence (variateur de vitesse) devait répondre à deux objectifs : augmenter la production d'énergie dans les très bas débits, tout en ne pénalisant pas le rendement maximal, via un système de by-pass et également produire l'énergie réactive nécessaire. Un retard de livraison a conduit ER3i à mettre en service la centrale sans ce variateur. Or après 10 mois de fonctionnement, il n'apparaît peut-être pas indispensable puisque la turbine fonctionne déjà avec une large plage de débits : elle démarre à seulement 7 % du débit nominal (480 l/s).

Le retour sur investissement de ce composant étant incertain, un choix sera nécessaire entre installer ce convertisseur de fréquence ou maintenir les batteries de condensateurs installées initialement de manière provisoire.

Le rendement du site a aussi été optimisé dans sa partie génératrice puisque la turbine entraîne en direct un alternateur à aimants permanents (Bernard Bonnefond, Loire, 330 tr/min), contrairement à l'ancienne machine qui était associée à une génératrice asynchrone.

Le nouveau bâtiment étant particulièrement exigu, le poste de livraison, comprenant les batteries de condensateurs, les cellules HTA et le transformateur, a été placé dans un conteneur préfabriqué à l'extérieur de la centrale (Elec ENR, Haute-Saône), après le remodelage du terrain voisin par le terrassier et un confortement avec des blocs de béton. La centrale dispose maintenant d'un toit démontable (Ballet Constructions) et, pour assurer son intégration paysagère, les murs sont recouverts d'un bardage en douglas provenant de la scierie voisine de Champagnole, toujours dans le souci de valoriser les compétences locales ou hexagonales. Et l'esthétique va de pair avec l'optimisation de la production puisque la nouvelle centrale produira 1 750 000 kWh/an en moyenne, au lieu de 1 600 000 kWh/an (+9 %). Quant au chiffre d'affaires, grâce à la grille tarifaire plus favorable du contrat H16, il devrait atteindre environ 280 000 €, c'est-à-dire 30 à 35 % de plus qu'avant le sinistre. Enfin, en raison du maintien de nombreux ouvrages et équipements, mais aussi de l'absence de travaux de génie civil dans la centrale, l'investissement se limite à 775 000 € HT, soit 1 550 €/kW installé, remboursés en seulement trois ans (temps de retour brut – hors coût d'acquisition). Un exemple qui illustre bien le potentiel important qu'offrent les optimisations de sites existants. ■

Tableau 3 – Rentabilité

CA annuel : 280 000 € (contrat H16-2022 à 2 composantes)

Charges : < 20 % du CA

Temps de retour sur investissement brut : 3 ans (hors coût des études, de la main d'œuvre interne et des travaux liés à l'incendie)

Moulin de Chassy (Nièvre)

Turbine et chambres d'hôtes sous le même toit

David Charoud et Fu Fen Tsang ont choisi le moulin de Chassy en tant que résidence secondaire dont les travaux et l'entretien pouvaient être partiellement financés par la vente d'électricité. Le groupe Kaplan, qui jouxte le séjour, se devait d'être silencieux.

Texte et photos Juliette Talpin

Au début des années 2010, David Charoud et sa compagne Fu Fen Tsang, ingénieurs dans le bâtiment en région parisienne, décident d'acheter un moulin à rénover avec un projet à moyen terme de le transformer en chambres et table d'hôtes. La production hydroélectrique fait partie intégrante du projet puisque le couple compte sur sa vente pour contribuer au financement des travaux et, plus tard, pour lui apporter un complément de revenus. D'emblée, il cible le massif du Morvan où vit un ami proche. De plus, à l'époque, la Région Bourgogne soutient fortement les projets de production hydroélectrique. Après la visite d'une demi-douzaine de sites, les deux ingénieurs découvrent le moulin de Chassy à Mhère (Nièvre), dans une zone boisée et vallonnée du Parc naturel régional du Morvan. La pré-étude effectuée par David Charoud est plutôt favorable. *"Non seulement le site était référencé sur la carte de Cassini, mais son droit fondé en titre (3,5 m³/s, 130 kW) et son règlement d'eau de 1859 étaient disponibles aux archives de Nevers"*, explique-t-il. De plus, la puissance potentielle du site dépasse les 30 kW, seuil minimal pour rentabiliser le projet. Certes, les deux turbines Francis



▲ David Charoud et Fu Fen Tsang ont acquis leur moulin via une SCI et ont créé une société de projet pour financer et exploiter la centrale.

encore présentes dans l'ancienne minoterie ne dépassent pas un total de 18-20 kW de puissance selon les calculs de l'ingénieur, mais les relevés de débit de l'Yonne, disponibles dans une station de mesure proche de la prise d'eau, indiquent un module de 5,2 m³/s, bien supérieur au droit d'eau. Autre point fort, le moulin se trouve juste à l'aval du lac-réservoir de Pannecièrre, géré par l'Établissement public territorial de bassin Seine-Grands Lacs pour réguler le débit de la Seine. Entre juin et novembre, le moulin est donc assuré de ne pas connaître d'étiage.

Faible niveau sonore

Le couple acquiert en 2015 l'imposante bâtisse de 600 m² à rénover entièrement. L'étude de faisabilité du bureau d'études Jacquél & Chatillon confirme un potentiel intéressant mais les groupes doivent être remplacés par des machines plus performantes, mieux dimensionnées et silencieuses car le projet de rénovation prévoit que le local de turbinage soit contigu au séjour de l'habitation. Le travail de conception puis de maîtrise d'œuvre est confié au bureau d'études Hydreole qui intègre cette dernière contrainte au cahier des charges. Le couple choisit une turbine Kaplan double réglage Watec Hydro de 69 kW, en prise directe avec un alternateur à aimants permanents (231 tr/min), une solution bien moins bruyante que le système poulie-courroie. En parallèle, David Charoud sollicite un acousticien pour traiter les vibrations transmises



▲ Le couple souhaite reprofiler le canal de fuite derrière l'aspirateur pour diminuer les remontées d'eau en aval et ainsi augmenter les performances du groupe.

par le béton grâce à la pose de plaques d'élastomère (lire *Lettre Hydro Infos BFC n°2* et *Puissance Hydro #10*). Aujourd'hui, le couple est pleinement satisfait du niveau sonore. "Lorsqu'on se trouve dans la partie habitation, si on ne sait pas qu'il y a une turbine, on ne peut pas le deviner", indique David Charoud.

Le moulin a le droit de turbiner 3,5 m³/s mais, dans les faits, il ne dépasse pas 2,8 m³/s car il subit de multiples pertes. En premier lieu, le seuil en pierres maçonnées qui s'était érodé au fil du temps, n'était plus à la hauteur réglementaire. Le producteur l'a réhaussé de 30 cm, pour retrouver sa cote d'exploitation d'origine, avec des planches en bois, soutenues par des potelets métalliques. "Aujourd'hui, il fuit toujours un peu mais il fait son office à 80-85 %", estime David Charoud. Le canal d'amenée d'une longueur de 400 m n'est pas maçonné et pâtit aussi de nombreuses fuites latérales et de pertes de charge mais sa restauration serait trop onéreuse. Toutefois, le producteur a motorisé sa vanne de tête avec une alimentation solaire et batterie bien plus facile à manœuvrer que l'ancienne crémaillère manuelle.

Pistes d'amélioration

Le canal de fuite fait aussi partie des pistes d'amélioration : le moulin perd en effet 10 cm sur la hauteur de chute de 2,40 m bruts car l'écoulement est freiné en sortie

Carte d'identité

Cours d'eau : Yonne (tronçon en liste 1)

Droit fondé en titre : 3,5 m³/s, 130 kW

Date de mise en service : 2019 après la rénovation (1565 pour les premières traces du moulin)

Hauteur de chute : 2,40 m bruts

Module : 5,2 m³/s

Débit d'équipement : 2,8 m³/s

Débit réservé : 512 l/s



▲ Le producteur a réaménagé une digue pour limiter le débit passant par la rivière de contournement du seuil.

La vanne de tête du canal d'amenée a été motorisée et alimentée par ▼ un panneau solaire.

Le bruit dégagé par la turbine Kaplan en prise directe avec un alternateur à aimants ▼ permanents ne dépasse pas 65 dB à 1 m.



Tableau 1 – Production

Groupe de production : turbine Kaplan verticale Watec Hydro de 69 kW avec alternateur à aimants permanents
Puissance maximale réelle : 48 kW (moyenne sur une journée complète)
Production moyenne : 200 000 kWh/an

d'aspirateur par un amas de sédiments. "Il faudrait creuser le canal de fuite mais nous n'avons pas encore fait de demande d'autorisation", précise le producteur. Enfin, le débit réservé de 512 l/s est très souvent dépassé. "Il passe par une rivière de contournement, créée en 1859 pour assurer le flottage du bois et utilisée aujourd'hui pour la montaison des poissons, mais le débit d'entrée n'est pas régulé ; j'ai réaménagé une digue en pierre qui limite ce débit mais l'eau passe souvent au-dessus", détaille le producteur.

Du fait de ces pertes, la turbine ne dépasse pas 48 kW (moyenne sur un jour entier) au lieu des 69 kW potentiels mais les propriétaires espèrent bien apporter des améliorations dans les prochaines années. Désormais, le couple est présent 100 % du temps au moulin, cela lui évite de faire tourner la turbine en sous régime en son absence, par



▲ La centrale n'est pas équipée de dégrilleur par souci d'économie et d'esthétique (périmètre de moins de 500 m du château de Chassy). La grille aux barreaux profilés têtard a été fabriquée par David Charoud et sa famille.

Tableau 2 – Investissements en € HT

Étude de faisabilité	7 950 € HT (5 560 € d'aide de l'ADEME)
Études, maîtrise d'œuvre	32 000 €
Groupe de production	198 000 €
Génie civil	150 000 € (dont 30 000 € pour limiter le bruit)
Électricité-automatisme	33 000 €
Raccordement réseau	22 000 €
Vantellerie	21 000 €
TOTAL	463 950 €
Aide à l'investissement Région Bourgogne-Franche-Comté	192 200 €
Prêt par la Nef	215 000 € sur 15 ans
Fonds propres	51 190 €

crainte des coupures réseau, qui étaient fréquentes avant une intervention d'Enedis en automne 2022 sur un transformateur. Mais la turbine produit bien, en moyenne, les 200 000 kWh/an estimés par David Charoud. Le couple en tire aujourd'hui un léger bénéfice et, à la fin du prêt en 2034, la vente de l'électricité constituera effectivement un complément de revenu. À plus court terme, David Charoud projette d'organiser des formations de 2 jours pour les porteurs de projet, sur le droit d'eau, le montage du dossier administratif, les calculs de productible... Plusieurs propriétaires de moulin et des visiteurs qui ont des projets similaires ont en effet souhaité bénéficier de son retour d'expérience. ■

Tableau 3 – Rentabilité

CA annuel : 22 000 à 23 000 € (contrat H07 à 1 composante)

Annuités : 18 000 €

Charges annuelles : 4 000 €

Temps de retour sur investissement brut : 21 ans sans aides, 12 ans avec aides de l'ADEME et de la Région

L'acquisition d'un moulin ou d'une petite centrale hydroélectrique : aspects administratifs, juridiques et fiscaux



Par Jean-François Remy
Avocat à la Cour d'Appel de Nancy

Photo : Jean-François Remy

Les aspects administratifs

L'acquisition d'un moulin ou d'une petite centrale hydroélectrique est souvent la concrétisation d'un rêve. Et pour éviter que ce rêve ne tourne finalement au cauchemar, il convient d'être prudent et de bien appréhender, notamment, les aspects juridiques d'une telle acquisition.

Parmi les points d'attention, le "*droit d'eau*" est sans doute l'un des plus sensibles.

Au plan foncier en effet, les notaires ne sont pas toujours convenablement informés des spécificités de ce type d'ouvrages, de sorte que le droit d'eau est rarement identifié très clairement dans le titre de propriété.

Au plan administratif par ailleurs, si les parlementaires réaffirment régulièrement leur soutien à la petite hydroélectricité, l'administration n'a pas toujours la même vision des choses et accumule depuis plusieurs années des textes relatifs au rétablissement de la continuité écologique, à la remise en service des ouvrages, à la fixation de la consistance légale d'un droit fondé en titre, etc.

De même, les contentieux relatifs à de potentiels états de ruine des ouvrages ou encore à la définition de la puissance des droits d'usage de l'eau ne cessent de croître.

Le sujet mérite donc qu'une petite synthèse – non exhaustive – y soit consacrée.

1. La première question à se poser lors d'une telle acquisition, consiste à se demander si les ouvrages bénéficient effectivement d'un "*droit d'eau*", ou encore en langage plus juridique, d'un "*droit d'usage de l'eau*".

Conformément en effet aux dispositions des articles L 214-1 et suivants du Code de l'environnement et L 511-1 et suivants du Code de l'énergie, l'utilisation de l'énergie hydraulique des cours d'eau, des lacs et des mers est soumise par principe à autorisation administrative (pour les ouvrages d'une puissance administrative inférieure à 4 500 kW, le régime applicable au-delà étant celui de la concession).

Par dérogation à ce principe, les articles L 214-6 II du Code de l'environnement et L 511-4 du Code de l'énergie prévoient que les ouvrages "*fondés en titre*" sont réputés autorisés au titre du Code de l'environnement et dispensés d'autorisation au titre du Code de l'énergie.

En pratique, sont considérés comme fondés en titre les ouvrages situés :

- Sur un cours d'eau non domanial, dont l'existence est matériellement établie antérieurement à la Révolution française de 1789, et plus précisément antérieurement à la loi du 20 août 1790 ayant soumis à autorisation la création de barrages et seuils destinés à utiliser l'énergie hydraulique,
- Sur un cours d'eau domanial, dont l'existence est établie antérieurement à l'Édit de Moulins de février 1566 si le territoire concerné faisait déjà partie de la France à cette époque, ou encore antérieurement à la date de rattachement du territoire concerné à la France si cette dernière est postérieure à 1566 (exemple : rattachement du Béarn en 1620, de la Franche-Comté en 1678, de la Lorraine en 1766...),
- Quel que soit le cours d'eau concerné, si les ouvrages ont fait l'objet d'une vente de biens nationaux à la suite de la Révolution française de 1789.

En conséquence, si des preuves matérielles (indication sur la Carte de Cassini, la Carte de Belleyme, la Carte des Naudins, un plan terrier, un acte de naissance visant le moulin concerné, etc.) de l'existence de ces ouvrages avant la date de référence évoquée précédemment ont pu être identifiées, il est acquis que l'ouvrage dispose historiquement d'un droit fondé en titre.

Il est également possible que les ouvrages bénéficient d'une autorisation ancienne, accordée avant 1919 et pour

une puissance de 150 kW au plus, dont le régime suit de très près celui des droits fondés en titre (il y sera revenu ci-dessous au sujet de l'état de ruine).

Pour ces autorisations en effet, l'article L 214-6 II du Code de l'environnement prévoit qu'elles valent autorisation au titre du Code de l'énergie, l'article L 511-9 du Code de l'énergie prévoyant quant à lui que ces autorisations continuent à produire effet sans aucune limitation de durée.

À la différence des ouvrages fondés en titre toutefois, la seule existence matérielle ne permet pas de prouver l'existence d'une autorisation : il est nécessaire d'établir qu'une autorisation (décret présidentiel, ordonnance royale, arrêté préfectoral) a bien été accordée avant la publication au JORF de la loi du 16 octobre 1919 *sur l'utilisation de l'énergie hydraulique* et que par ailleurs la puissance des ouvrages à cette date était de 150 kW au maximum.

Enfin, il est possible que l'administration ait accordé une autorisation administrative après 1919.

Dans cette hypothèse, il est nécessaire de se procurer une copie de l'autorisation délivrée, qui régleme souvent de manière précise le fonctionnement des ouvrages.

Au vu de ces premiers éléments, mais aussi de ces premières recherches sans doute, il est possible de se forger une première opinion quant à l'existence ou non d'un droit d'usage de l'eau.

2. La deuxième question à se poser, est de savoir si l'état actuel des ouvrages pourrait avoir conduit à l'extinction du droit d'usage de l'eau précédemment identifié. Dans la mesure en effet où la jurisprudence – le Conseil d'État en particulier – considère que le "*droit d'eau*" est juridiquement constitutif d'un droit d'usage, et non d'un droit de propriété, il convient d'avoir à l'esprit que ce droit d'usage disparaît naturellement lorsque les principaux ouvrages nécessaires à l'utilisation de l'énergie hydraulique sont dans un état de ruine tel que, en réalité, il n'est plus possible d'utiliser l'énergie hydraulique sans procéder à de véritables travaux de reconstruction.

Or, l'administration et l'Office français de la biodiversité (OFB) ayant parfois une conception très élargie de l'état de ruine, de nombreux contentieux se sont noués ces dernières années au sujet de cet état de ruine... et se sont conclus, avec un certain bon sens, de manière plutôt favorable aux propriétaires d'ouvrages.

Selon deux décisions du Conseil d'État en effet¹, la circonstance qu'une partie des débits du cours d'eau circule normalement dans les ouvrages et permet de constater la persistance d'une chute d'eau à l'emplacement des anciennes roues hydrauliques, ou encore le fait que le barrage ou seuil de prise d'eau – même très dégradé – assure encore au moins en partie son rôle de retenue d'eau, ne permettent pas de constater que les ouvrages essentiels à l'utilisation de l'énergie hydraulique seraient à l'état de ruine et que le droit fondé en titre se serait en conséquence éteint.

Le Conseil d'État considérant par ailleurs à ce sujet que la disparition du droit d'usage de l'eau résultant d'une autorisation délivrée avant 1919 et pour 150 kW au plus obéit au même régime que celui du droit fondé en titre, l'administration ne pouvant valablement abroger de telles autorisations anciennes lorsque l'état de ruine n'est pas vérifié.

Cette vérification réalisée, il est possible – si elle s'avère concluante – de passer ensuite à la phase de détermination de la consistance légale ou puissance dans la limite de laquelle les ouvrages peuvent être exploités.

3. La troisième question à se poser, une fois l'existence et la persistance du droit d'usage de l'eau établie, concerne la consistance légale ou puissance administrative, c'est-à-dire le débit maximal et la chute maximum de la dérivation qui peuvent être exploités.

Le Conseil d'État considère en effet que le droit fondé en titre, comme l'autorisation accordée avant 1919, ne produisent leurs effets que dans la limite de la consistance que présentaient les ouvrages à l'origine et qu'au-delà, en conséquence, la puissance supplémentaire exploitée est soumise à délivrance d'une autorisation administrative complémentaire.

À ce sujet, la question est parfois délicate, puisqu'il est relativement rare que l'état des ouvrages en 1566, ou encore en 1789/1790 soit précisément connu ; c'est la raison pour laquelle, si l'état d'origine des ouvrages n'est pas connu, il convient de retenir l'état le plus ancien connu, et à défaut encore l'état actuel (une fois l'existence du droit fondé en titre établie, c'est l'administration qui a la charge d'établir le cas échéant que les ouvrages ont pu connaître des

¹ Conseil d'État 11 avril 2019, n°414211 et Conseil d'État 31 décembre 2019, n°425061



▲ Lors de l'acquisition d'un moulin, il faut savoir si les ouvrages bénéficient effectivement d'un "droit d'usage de l'eau". Photo : Aude Richard

modifications au cours de l'histoire, dont il est résulté une augmentation de puissance depuis l'origine).

Une fois identifié l'état "de référence" des ouvrages, il convient de tenir compte :

- Du débit maximal dérivable par les vannes motrices installées à l'entrée du moulin ou de l'usine hydraulique si elles existent encore, ou à défaut par les vannes d'entrée du canal,
- De la chute de la dérivation, déterminée par différence entre la cote de la crête du barrage ou seuil de prise d'eau, et la cote des eaux au point de restitution en rivière.

Pour être tout à fait complet à ce sujet, il est précisé que l'administration, comme l'OFB, font de plus en plus référence à ce sujet – conformément d'ailleurs aux prescriptions de l'article 3 de l'arrêté de prescriptions techniques générales du 11 septembre 2015 – à des données de débit et de chute issues d'états statistiques établis à la fin du XIX^e-début du XX^e siècle, dont la fiabilité est toutefois limitée dans la mesure où ils résultaient le plus souvent de déclarations et de relevés ne répondant pas aux critères actuels, et qui par ailleurs conduisent dans l'immense majorité des cas à minimiser la consistance légale ; cette pratique est contestable aux plans technique et juridique.

4. Enfin, la quatrième question à se poser

consiste à savoir quelles démarches doivent être engagées auprès de l'administration, dans les différentes situations susceptibles de se présenter :

4.1. Les ouvrages sont à l'arrêt depuis quelques années et aucune reconnaissance de droit fondé en titre ou d'autorisation administrative n'a pour l'instant été réalisée : il convient dès lors de constituer et transmettre à l'administration un dossier historique et technique contenant les éléments permettant d'établir l'existence du droit d'usage de l'eau, sa persistance le cas échéant lorsque les ouvrages ne sont pas en bon état général mais permettent toujours d'utiliser l'énergie hydraulique, et enfin évaluant la consistance légale.

Précision étant faite que l'envoi de ce dossier aux services de l'État est une obligation avant toute remise en service, remise en état des ouvrages, etc., conformément aux dispositions de l'article R 214-18-1 du Code de l'environnement.

4.2. Les ouvrages fonctionnent mais aucune reconnaissance de droit fondé en titre ou d'autorisation administrative n'a pour l'instant été réalisée (cela existe encore... !) : dans ce cas, même s'il n'existe pas d'obligation dans la mesure où les dispositions de l'article R 214-18-1 du Code de l'environnement ne sont pas applicables, il est recommandé de clarifier la situation et de transmettre pour ce faire un dossier historique et technique semblable à celui évoqué dans l'hypothèse précédente.

4.3. Les ouvrages fonctionnent et sont en conformité avec un droit fondé en titre ou une autorisation ancienne reconnus par l'administration : dans ce cas, l'acquisition des ouvrages doit théoriquement donner lieu à une information du Préfet dans les conditions prévues par l'article R 181-47 III du Code de l'environnement, avant réalisation de la vente.

Théoriquement, ces dispositions sont applicables uniquement aux autorisations délivrées après 1919, mais pas aux droits fondés en titre ni aux autorisations délivrées avant 1919 et pour 150 kW au plus ; en pratique toutefois, même si le Préfet n'a pas à prendre acte du transfert du droit d'usage de l'eau, cette formalité est utile afin d'informer l'administration du changement d'identité de l'exploitant. ■

Les aspects juridiques et fiscaux

Lorsque se concrétise enfin le projet d'acquisition d'un moulin ou d'une petite centrale hydroélectrique, l'une des questions qui taraude souvent "*l'aspirant producteur*" est de savoir quel est le régime juridique et fiscal le mieux adapté pour l'exploitation de son installation. À ce sujet, et comme souvent en droit, il n'existe pas de réponse "*toute faite*", qui pourrait être gagnante à tous les coups, mais plusieurs solutions pouvant ou non être adaptées à la situation.

Le choix de la bonne structure suppose tout d'abord de se poser quelques (bonnes) questions liées notamment à l'importance technique et financière du projet, l'horizon d'amortissement ou de rentabilité envisagé, le souhait ou non de poursuivre l'aventure par d'autres acquisitions, la volonté de cession à plus ou moins long terme, de transmission à ses enfants, etc.

À ce sujet, un rappel non exhaustif des structures les plus couramment rencontrées étant réalisé, une typologie des projets et structures d'exploitation sera présentée.

À la base de l'aventure entrepreneuriale, la structure la plus simple et qui aujourd'hui encore est la plus fréquente en France est l'entreprise individuelle : cette "*structure*" d'exploitation correspond en fait à une simple inscription de la personne physique au Registre du Commerce et des Sociétés, en qualité de producteur, d'artisan et/ou de commerçant.

Au plan juridique, l'entreprise individuelle ainsi créée se confond en réalité avec la personne physique, qui devient commerçante.

Au plan fiscal, la création de cette entreprise individuelle oblige l'entrepreneur à tenir une comptabilité commerciale, lui permet d'amortir les ouvrages et matériels acquis, lui permet de récupérer la TVA ayant le cas échéant grevé le prix des matériels acquis, et enfin suppose le dépôt annuel d'une déclaration de revenus au titre des Bénéfices Industriels et Commerciaux (les bénéfices, s'ils existent, étant directement imposés au nom de la personne physique exploitante).

Au plan social, l'entrepreneur individuel est affilié à l'URSSAF et doit régler – outre un minimum forfaitaire – des cotisations sociales à proportion des bénéfices réalisés.

En synthèse : l'entreprise individuelle est très bien adaptée aux très petites et petites entreprises, et par ailleurs présente un coût de création quasiment égal à 0.

Lorsque l'activité est plus importante, mais nécessite que soit préservée une certaine simplicité de gestion, que puisse être préparée l'entrée de tiers investisseurs/partenaires techniques, ou encore qu'une succession puisse être préparée, il est généralement conseillé d'opter pour la création d'une SARL (Société à responsabilité limitée).

Au plan juridique, l'activité est cette fois réalisée à l'intérieur d'une structure juridique distincte du chef d'entreprise, ce qui présente l'avantage notamment – si les choses sont convenablement établies – de protéger le patrimoine personnel des associés et du chef d'entreprise en cas de difficulté liée à l'exploitation par exemple.

Au plan fiscal, deux régimes alternatifs peuvent se présenter :

- Soit la SARL est constituée exclusivement entre membres d'une même famille et a opté au régime spécial des "*SARL de famille*" et dans ce cas, les résultats (bénéfice ou déficit) de la société doivent être intégrés aux déclarations de revenus de chaque associé, chacun pour sa part dans le capital social,
- Soit la SARL est constituée entre personnes ne faisant pas partie de la même famille ou encore n'a pas formulé l'option pour le régime des "*SARL de famille*", et dans ce cas, c'est la société elle-même qui doit déclarer chaque année ses résultats à l'administration fiscale, et régler le cas échéant l'impôt sur les sociétés (IS).

Au plan social, le chef d'entreprise est tenu au règlement de cotisations sociales s'il est gérant majoritaire ou encore s'il dispose avec son(sa) conjoint(e) de la majorité des parts sociales.



▲ La structure juridique de l'entreprise individuelle est adaptée aux très petites et petites entreprises, mais lorsque l'activité est plus importante, il est généralement conseillé d'opter pour la création d'une structure plus adaptée (SARL, SAS...). *Photo : Aude Richard*

En synthèse : la SARL est très adaptée aux petites et moyennes entreprises ; précision étant faite qu'il n'est pas toujours judicieux de séparer l'immobilier et les moyens d'exploitation (matériels, contrats, etc.), contrairement à ce qui est souvent conseillé pour d'autres types d'activités.

En alternative à la SARL, la SNC (Société en nom collectif) peut également être choisie lorsque les associés souhaitent voir leur quote-part de résultat dans la société soumise à l'impôt sur le revenu (IR) ; attention toutefois : dans cette structure, la responsabilité des associés n'est pas limitée au montant de la mise initiale, c'est-à-dire le capital social apporté, et en cas de faillite, les conséquences sont parfois graves au plan financier et/ou patrimonial.

Enfin, lorsque l'activité gagne encore en importance et/ou lorsque les ambitions en termes de développement sont importantes, il est généralement conseillé d'opter pour la création d'une SAS (Société par actions simplifiée).

Au plan juridique, l'activité est – comme pour la SARL – réalisée à l'intérieur d'une structure juridique distincte du chef d'entreprise, avec les mêmes avantages en termes notamment de limitation possible de la responsabilité des associés et du dirigeant dans l'hypothèse où l'opération tournerait mal.

Au plan fiscal, le régime est le même que pour les SARL classiques (c'est-à-dire autre que les SARL de famille).

Au plan social, enfin, quelle que soit la répartition du capital social, il n'y a de cotisations sociales à régler qu'en proportion des rémunérations versées le cas échéant aux dirigeants.

En synthèse : la SAS est très adaptée aux entreprises dont l'ambition est de croître régulièrement, et qui considère que le premier projet doit en réalité n'être qu'un "galop d'essai".

Cette présentation succincte réalisée, se pose dès lors

la question de savoir quelle structure peut utilement être proposée aux candidats à l'acquisition d'un moulin ou d'une petite centrale hydroélectrique.

À ce sujet, la réponse correspond globalement à la typologie esquissée précédemment :

- Pour les très petites et petites installations (de quelques kW à 50/100 kW), l'entreprise individuelle est souvent la structure la plus adaptée : elle permet de bénéficier d'une quasi-gratuité en termes de coût de création ainsi que d'une grande simplicité juridique et de gestion.

En revanche, l'entreprise individuelle – comme son nom l'indique – ne permet pas de faire participer ses enfants à l'exploitation, pas plus que de faire entrer un tiers investisseur, un ami, etc ; pour réaliser un tel projet, il est nécessaire de transformer l'entreprise individuelle en société.

- Pour les installations de taille plus importante (aux alentours de 50/100 kW et jusqu'à quelques centaines de kW), la création d'une SARL, d'une SASu ou d'une SNC apparaît tout à fait adaptée. Ces structures permettent en effet de conserver une certaine souplesse de gestion, tout en permettant d'associer à l'activité (ou de le prévoir en tout cas) un partenaire financier, un partenaire technique, le conjoint, les enfants...

- Enfin, pour les installations de taille plus importante (quelques centaines de kW et plus) ou encore lorsqu'il est envisagé d'exploiter plusieurs installations au sein d'un même groupe, la création d'une SAS dédiée à chaque centrale hydroélectrique est souvent le mode de structuration le plus adapté.

Si la création de plusieurs sociétés complexifie quelque peu l'organisation juridique, elle permet d'offrir aux banques une structuration conforme à leurs habitudes en matière de financement de projet, mais aussi de circonscrire les risques liés à chaque installation dans la structure juridique qui lui est dédiée.

Bien évidemment, la gestion juridique, administrative et fiscale est moins simple qu'au travers d'une seule SARL ou SNC, mais ce type de structuration est bien adapté à la gestion d'un groupe désireux de prendre de l'ampleur.

En tout état de cause, il convient de retenir que le Conseil juridique est un artisanat, qui doit donner lieu à une analyse de chaque cas individuellement. C'est le prix du "bon conseil"... ■

Voir aussi le guide "Montage juridique et financier" de l'ADEME Bourgogne-Franche-Comté

Chaque automne

RENCONTRE DE L'HYDROÉLECTRICITÉ

Évènement annuel organisé depuis 2013 par l'ADEME Bourgogne-Franche-Comté, en association avec la Région. Autour de tables rondes, témoignages et échanges sur le parcours du porteur de projet et le rôle des DREAL, DDT ou OFB.

Présentation des actualités de la filière.

Ateliers d'échanges d'expérience.

Espace d'exposition regroupant une trentaine de fournisseurs spécialisés.

Mini-conférences animées par les fournisseurs.

Participation, sur inscription, en présentiel.

<https://adm-hydroelectricite-bfc.ademe.fr>

Chaque semestre

VISITES DE PETITES CENTRALES HYDROÉLECTRIQUES

Visites organisées par l'ADERA, dans le cadre de la mission d'animation sur l'hydroélectricité en Bourgogne-Franche-Comté.

Sur une journée, visites de 3-4 centrales de plusieurs puissances avec différentes solutions techniques mises en place.

Témoignages d'exploitants de centrales et retours d'expérience.

Intervention technique de fournisseurs (turbiniers, bureaux d'études...).

f.bouveret@adera.asso.fr - 09 87 66 06 30

EN SAVOIR PLUS

ADEME BOURGOGNE-FRANCHE-COMTÉ

Direction régionale

44 rue de Belfort
25000 Besançon

Site de Dijon

15 boulevard de Brosses
21000 Dijon

www.bourgogne-franche-comte.ademe.fr

Contact : Lilian Geney
lilian.geney@ademe.fr

ADERA - Association pour le développement des énergies renouvelables et alternatives

47 Grande Rue – 70120 Combeaufontaine

www.adera-asso.fr

Contact : Fabrice Bouveret

f.bouveret@adera.asso.fr - 09 87 66 06 30

RÉGION BOURGOGNE-FRANCHE-COMTÉ

4 square Castan – CS 51857

25031 Besançon Cedex

Contacts : André Laurent

(pour les départements 25, 39, 70 et 90)

andre.laurent@bourgognefranche.comte.fr

Marie-Pierre Sirugue

(pour les départements 21, 58, 71 et 89)

mariepierre.sirugue@bourgognefranche.comte.fr

RESSOURCES

L'ADEME Bourgogne-Franche-Comté propose de nombreuses ressources sur l'hydroélectricité :

2 GUIDES pour monter votre projet

- ⊗ Démarches administratives, techniques et intégration des enjeux de continuité écologique
- ⊗ Montage juridique et financier



DES FICHES DE RETOURS D'EXPÉRIENCES en Bourgogne-Franche-Comté



La lettre d'information de l'hydroélectricité en Bourgogne-Franche-Comté :
HYDRO INFOS BFC



Télécharger toutes nos ressources
sur le site :

<https://www.hydro-bfc.fr>

→ Rubrique Ressources

Ad'07

Hydroélectricité

S'INFORMER

S'EXPRIMER

PARTAGER

ÉCHANGER

Rencontre de l'hydroélectricité

Producteurs, porteurs de projet, professionnels,
collectivités, services de l'Etat...

Chaque année, à l'automne, venez
participer à l'événement hydroélectricité
de Bourgogne-Franche-Comté !

TOUTES LES INFORMATIONS SUR :
<https://adm-hydroelectricite-bfc.ademe.fr/>

En association avec


RÉGION
BOURGOGNE
FRANCHE
COMTÉ