

SAS Turbines F

884 928 326 RCS COUTANCES, Société par Actions Simplifiée à capital variable de 1.250 €



1 ante rue du Moulin 50450 GAVRAY SUR SIENNE robin@grandMoulin.fr +33.7 89 63 81 35

PRÉSENTATION

Lieu : moulin à eau du Moyen Âge sur le fleuve La Sienne, transformé en usine de production d'énergie hydroélectrique en 2018. Son barrage est un ouvrage d'art au fil de l'eau avec passe à poisson et à anguille, dérivant jusqu'à 15,24 m³/s vers une chute de 2,10 m, soit 314 kW de puissance.

Porteur de projet : enseignant en sciences et sapeur-pompier, marié et père de trois enfants. Militant écologiste depuis 2000, il est sociétaire de plusieurs coopératives régionales Enercoop, actionnaire Énergie Partagée et associé de deux sociétés de production d'électricité renouvelable.

SOMMAIRE

Situation initiale : transformation (18 kVA).....	2
Création de la société participative Turbines F.....	4
Projet « tremplin » : modernisation (41 kW).....	5
Projet « maximum » : optimisation (249 kVA).....	6

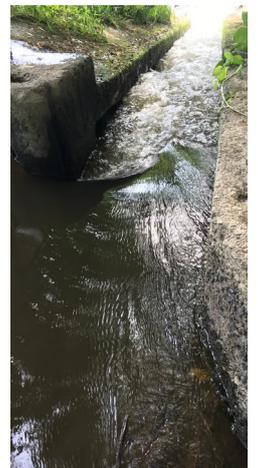
Situation initiale : transformation (18 kVA)



Propriété du roi Louis XI, qui en fait mention dès 1463 dans ses ordonnances, et en partie reconstruit après la seconde guerre mondiale, le grand moulin de Gavray est un ensemble de bâtiments de 15 pièces et 880 m² habitables, répartis sur 4 niveaux et les deux rives du fleuve La Sienne sur un terrain de 1889 m². Cette usine de production d'énergie hydroélectrique se situe sur la rive gauche et au fil de l'eau, au bout d'un déversoir de 61 m parallèle au cours d'eau et à la confluence avec la rivière La Bérence.

L'ouvrage hydraulique commence par un barrage de 8,7 m muni d'une passe à poisson oblique à ralentisseur de fond de 0,64 m² de section et 5,7 m de long. Un premier vannage de décharge de 2,45 m, composé de deux vannes, précède un autre barrage de 25,85 m prolongé par le canal d'amenée de 21,4 m à partir de la rive gauche de La Bérence. Un deuxième vannage de décharge de 2,37 m, également composé de deux vannes, est placé avant le filtre à grille de 8 m².

Ensuite, un sas couvert de 5 m recueille l'eau devant les vannes ouvrières, de 2 m chacune et perpendiculaires au courant, avant qu'elle ne passe dans la chambre d'eau de 45 m³. Le canal de fuite de 56 m, dont 18 m sont couverts, restitue l'eau à La Sienne.



La chambre d'eau était équipée de deux turbines verticales de type Francis de 22 kW (devant) et 7 kW (au fond) qui transformaient l'énergie potentielle de pesanteur de l'eau (chute brute de 2,10 m) en énergie mécanique.

La grande turbine a son distributeur fermé à 80 % et bloqué par la rouille, suite à l'obturation de l'orifice de vidange de la chambre d'eau et au manque de manœuvre.

La petite turbine ayant son hélice bloquée et son distributeur laissant passer une partie du débit de la chambre, elle a été colmatée et est en cours de démontage.

Un engrenage conique alluchons-acier et trois courroies plates en cuir (lubrification des paliers par cartouche automatique) multiplient la vitesse de rotation d'un facteur d'environ 25 et transmettent l'énergie mécanique de la grande turbine à une machine asynchrone triphasée en étoile de 18 kW à rotor bobiné (employée jadis en moteur pour remplacer la turbine lors de forte sécheresse). Cette génératrice transforme enfin l'énergie mécanique en courant électrique jusqu'à 4 kW. Un relais de surveillance électrique Areva MiCOM P922 assure le découplage de sécurité avec un relais bistable 5 V/230 V et un contacteur 230 V/400 V. Un réenclencheur Réarm 2 protège le site contre les disjonctions. La surveillance de la production est effectuée à la fois par une passerelle Enphase Envoy-S Metered polyphasée et une Cartelectronic® WiFi TIC (Télé-Information Client du compteur eneDis).



Le filtre grille qui retient les déchets du fleuve détourne également la faune aquatique vers les organes de franchissement (passe à poisson et déversoir) par des lames d'acier doux de 5 x 45 x 2000 mm espacées de 20 mm et inclinées de 56°, en cours de remplacement par des lames d'acier inoxydable de nuance 316 et de dimensions 5 x 30 x 2000 mm.

Un dégrilleur servomotorisé montant et descendant sort du fleuve les déchets capturés au bout du canal d'amenée. Une vanne de décharge du canal d'amenée et une vanne ouvrière sont également servomotorisées.

Les servomoteurs triphasés sont tous pilotés par une paire de contacteurs 230 V/400 V, déclenchées par des relais monostables 5 V/230 V.

L'ensemble du moulin (servomoteurs, génératrice et lumières) est automatisé et géré à distance avec cinq caméras, deux micro-contrôleurs, douze relais 5 V/230 V, sept contacteurs 230 V/400 V, un commutateur de huit ports avec alimentation électrique par câble informatique et deux connexions (une optique et une radio). Le moDem optique est filtré contre la foudre ainsi que l'alimentation électrique des commandes qui est protégée par une alimentation continue sans interruption à double conversion. Les bâtiments sont également raccordés aux réseaux d'eau potable, d'assainissement collectif et bientôt de gaz naturel (avec Enercoop).



Création de la société participative Turbines F



Le jeudi 21 mai 2020, environ un an après la signature du contrat de vente de l'électricité BOA et deux ans après la transformation du moulin, la société de production d'énergie verte Turbines F a été créée afin à la fois de trouver de l'aide et de partager cette ressource naturelle. De fonctionnement coopératif, l'entreprise est constituée de trois collègues (Fondateur, Bassin-Versant et Partenaire) et ouverte à la souscription de part sociale avec ou sans compte courant d'associé(e).

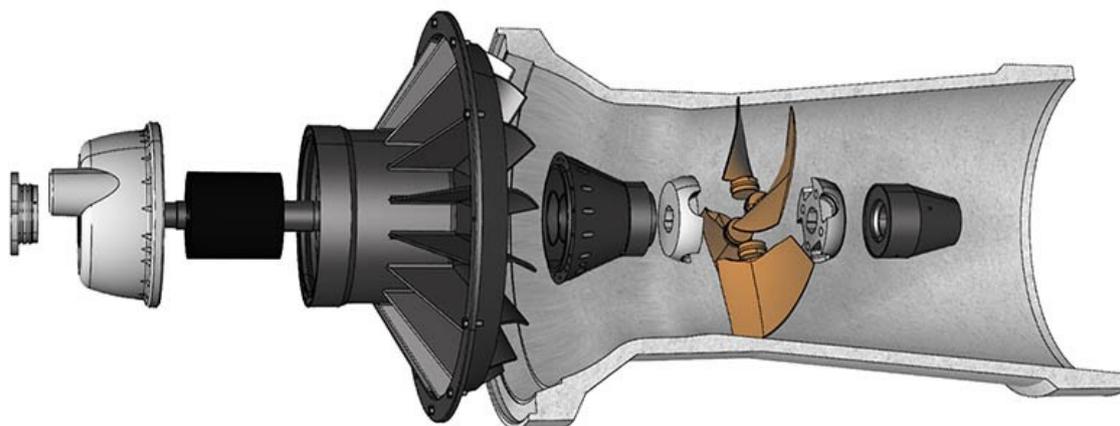
L'usine dispose en effet d'un droit d'usage de l'eau perpétuel « fondé en titre », dont **l'existence** n'est reconnue par la DDTM50 que depuis le mercredi 26 juin 2013. Cependant, **la consistance** du droit d'eau n'est pas encore définie par l'administration française (puissance réglementée par erreur à 14 kW depuis 1925).

Elle est ainsi raccordée au réseau eneDis à seulement 18 kVA (CAE 633 140) avec un compteur triphasé Linky Itron (injection en surplus) et un contrat Bénéficiaire de l'Obligation d'Achat de l'électricité H16OA v1 basse chute à deux composantes jusqu'en 2039 (BOA 31 417) en cours de transfert vers Enercoop.

Le tarif hiver indexé initialement à 184 €/MWh est appliqué pendant 5 mois (de novembre à mars) puis le reste de l'année est en tarif d'été (de 97,44 €/MWh), mais faute de compteur communiquant en début de contrat, deux relèves manuelles annuelles autorisent depuis d'étaler l'hiver tarifaire du 15 octobre au 15 avril inclus, soit 6 mois. Le rachat BOA étant limité à 120.000 h sur 20 ans, il est possible de ne turbiner que l'hiver et par conséquent de vendre au moins 300 k€ pendant ce contrat (120.000 x 14, ou plutôt 18, en tarif saisonnier puis à 40,60 €/MWh si dépassement).

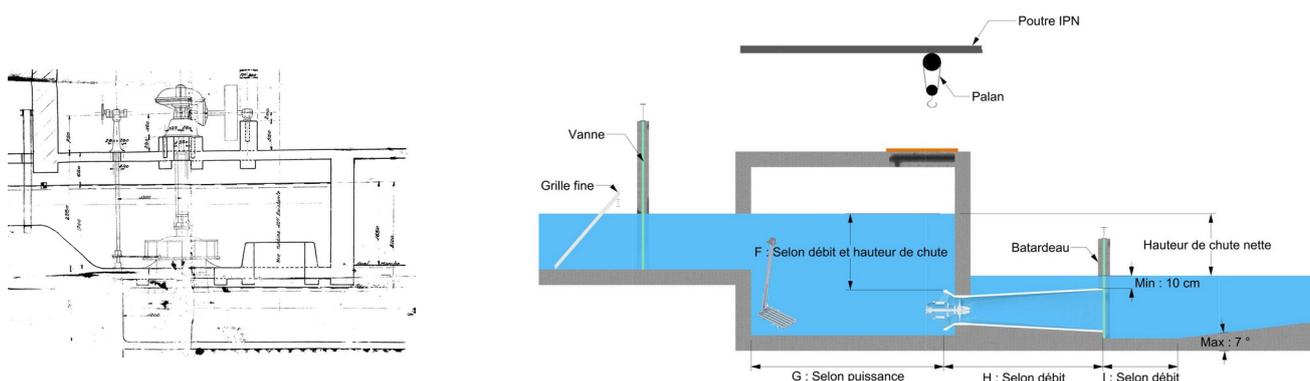
Composée de 21 associé(e)s, nous avons réunis 4,2 k€ à ce jour. Lorsque la trésorerie le permettra, un loyer mensuel de l'ordre de 10 €/kVA sera versé au propriétaire et la vente d'électricité injectée en surplus reviendra à la société comme stipulé dans le bail à construction. Tout en constituant un apport pour un éventuel prêt bancaire cette somme a aussi permis de commencer certains travaux (géomètre, remplacement d'un moteur de vanne et d'un quart de la grille).

Projet « tremplin » : modernisation (41 kW)



Hydrogénérateur Tigre T1300 de la société TurbiWatt
(https://www.turbiwatt.com/uploads/images/Gallery/turbine_eclate.jpg)

Modification de la chambre d'eau actuelle pour remplacer les deux turbines radiales verticales de type Francis et la machine asynchrone par un hydrogénérateur horizontal immergé, composé d'une machine synchrone triphasée de 41 kW à rotor à aimants permanents fusionnée à une turbine axiale de type Kaplan (réglage distributeur-hélice pour 2,8 m³/s et 23 kW de ballast permanent et 50 Hz, diffuseur de 5 m de long).



Le courant électrique ainsi produit est déjà aux normes du réseau enedis et n'a pas besoin d'être redressé et ondulé pour permettre sa distribution. En cas de découplage et pendant le couplage, une résistance thermoplongeuse de décharge (ballast électrique) dissipe l'énergie non distribuée dans l'eau de la chambre en attendant l'arrêt ou le couplage de l'hydrogénérateur (auss appelé groupe bulbe).

Actuellement raccordé pour une puissance apparente de 18 kVA, la puissance active maximale productible sera donc de 18 kW (soit 44 % du générateur) en attendant la correction de la Puissance Maximale Brute, la DDTM ayant corrigé la chute à 2,1 m le mois dernier. La précédente installation étant raccordée en 42 kVA et le compteur actuel pouvant supporter 36 kVA, il faudra simplement le changer pour passer à 41 kW.

L'obligation d'achat actuelle permet déjà la vente de 1,68 GWh d'électricité à un tarif de 184,73 €/MWh en hiver soit 14 k€/an en supposant ne produire qu'en hiver et à 18 kW (puis 33 k€/an à 41 kW en débranchant le ballast de 23 kW). Le débit du distributeur permettant de turbiner tout l'hiver et une partie de l'été (moitié du module du fleuve), le revenu hivernal maximal à 18 kW peut être considéré comme le revenu annuel moyen.

Ce projet financera également, une poutre en acier IPE, grille et vantaux en acier inox. 316, deux convoyeurs à bande (évacuation dégrillage) et cinq nouveaux servomoteurs (motorisation de quatre vannes et création d'une vanne aval).

Projet « maximum » : optimisation (249 kVA)

L'analyse hydrologique de l'ouvrage (barrage déversoir-canal d'amenée, chambre d'eau et canal de fuite) permet selon la jurisprudence de 2016 (arrêt numéro 393 293 du Conseil d'État) de définir la Puissance Maximale Brute de **314 kW**.

En effet, c'est cette valeur que l'on trouve selon la loi en multipliant la chute maximale (chute brute) de **2,10 m** par le débit maximal de **15,24 m³/s** prélevable au fleuve à la prise d'eau (les passes à poissons et à anguilles en amont prélevant le débit minimum biologique) et par l'accélération de la pesanteur de **9,81 m/s²**. Cependant, afin d'optimiser l'installation, nous envisageons une puissance réelle de 246 kW avec une chute nette à 90 % de la chute brute et 13,28 m³/s de débit (cote entre les deux déversoirs).

Ce débit moyen dans la chambre d'eau, additionné du débit réservé, est bien atteignable par le fleuve pendant au moins quelques jours chaque année (le mois de janvier est à 12,10 m³/s en moyenne) et la section de la prise d'eau de 11,72 m² (6,32 m de largeur et 2,05 m au plus profond) peut canaliser 13,28 m³/s à la vitesse **moyenne** de 1,13 m/s.

Le débit maximal quant à lui, correspondant aux eaux de pleines rives évaluées à 24,59 m³/s en 1925, permet seulement le calcul de la puissance théorique maximale (ou PMB) en dérivant 62 % du fleuve et en réservant **9,348 m³/s** soit bien plus des 10 % du module pour le débit biologique (L214-18 CE). Cette puissance administrative ne pourra jamais être atteinte mais contrôle le droit d'eau par le raccordement électrique, la chute étant en effet maximale lorsque le débit est nul et vice versa.

La chute nette actuelle de 1,65 m passerait à 1,89 m avec un ou plusieurs groupes bulbes (perte de charge moindre car section d'eau faible, position horizontale adaptée au site, rendement supérieur du rotor et pas de transmission).

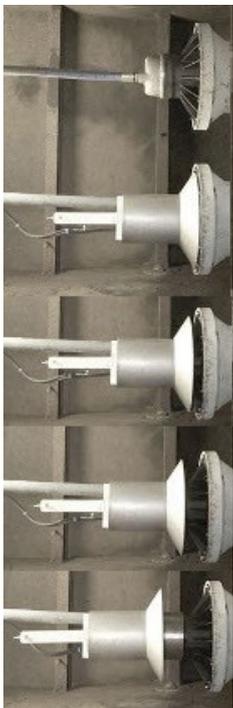
débits interannuels de 2009 à 2018

	station de	station de	coefficients de Myers	grand moulin de Gavray
	Cécile 17 021 020	Cérences 17 111 010		
	A	B		C
Bassin Versant (km ²)	85,7	422		276
septembre (m ³ /s)	0,59	1,83	0,710063007	1,35
octobre (m ³ /s)	0,93	3,86	0,892786535	2,64
novembre (m ³ /s)	2,21	10,9	1,001014825	7,13
décembre (m ³ /s)	3,2	16,84	1,041685918	10,82
janvier (m ³ /s)	3,73	18,55	1,006215884	12,10
février (m ³ /s)	3,36	14,94	0,935983989	10,04
mars (m ³ /s)	2,52	10,26	0,880714956	7,06
avril (m ³ /s)	1,45	5,26	0,808308791	3,73
mai (m ³ /s)	0,97	3,36	0,779348394	2,41
juin (m ³ /s)	0,69	1,8	0,601479691	1,39
juillet (m ³ /s)	0,54	1,65	0,700661596	1,23
août (m ³ /s)	0,53	1,62	0,700876754	1,20
étiage (QMNA5)	0,29	0,8	0,636533087	0,61
débit maximal (QMXA)	4,38	19,54	0,938062659	13,12
crue biennale (QIX2)	14	43,3	0,708273088	32,05

calcul des coefficients de Myers : $\gamma = \ln(Q_A/Q_B) / \ln(BV_A/BV_B)$

calcul des débits : $Q_C = Q_B \times (BV_C/BV_B)^\gamma$

source : <http://hydro.eaufrance.fr>



C'est pourquoi le projet « maximum » ne vise pas 314 kW mais 249 kW, et plus exactement 249 kVA pour rester en comptage basse tension (230 V/400 V au lieu de 11.500 V/20.000 V) et être exonéré de la quote-part S3R (depuis 2020). Pour atteindre cette puissance plusieurs autres hydrogénérateurs Tigre T1300 seront installés, identiques au premier soit un générateur de 41 kW et un réglage distributeur-hélice à 2,8 m³/s ainsi qu'un Lion T800 de 10 kW et 0,73 m³/s. L'ancien chargé de dossier à la DDTM50 suggérait environ 100 kW en se basant sur l'étude publique SCE de 2010 et en employant le module du fleuve pour 105 kW de puissance théorique **modulée** (5,1 x 2,1 x 9,81) contrairement au 14 kW autorisés depuis un procès-verbal de 1925 (moulin alors équipé de trois roues à aubes plates et 1,2 m de chute nette, soit 3 x 0,4 x 1,2 x 9,81, puis bombardé pendant la seconde guerre mondiale). La puissance théorique **minimale** serait de 68 kW (5,1 x 1,36 x 9,81) en tenant compte de la chute partielle de 1,36 m mesurée au pied du barrage et non à la restitution.

L'installation électrique de production, le compteur et le raccordement eneDis devront être changés. La chambre d'eau devra être élargie (avec la partie terminale du canal d'amenée) et compartimentée afin de permettre l'installation des trois hydrogénérateurs. Cinq nouvelles vannes de têtes servomotorisées seront installées devant chaque compartiment ou sur chaque distributeur (vannes cloches) pour isoler le fonctionnement des turbines. La grille sera remplacée, plus large et plus inclinée. Le dégrilleur sera doté d'un deuxième bras et le peigne séparé en deux.

Une nouvelle obligation d'achat devra être demandée selon la correction de la Puissance Maximale Brute par la DDTM50 et avec l'appui du sénateur de la Manche Philippe BAS. Le productible annuel passerait ainsi à 1,5 GWh et le revenu bénéficiant de l'obligation d'achat atteindrait 276 k€/an. Selon le choix technologique retenu (machines asynchrones ou unique turbine Kaplan à double réglage sont également envisagées) et si l'évolution de la situation le permet, les deux projets pourront être fusionnés.