

Projet de micro-centrale hydroélectrique au Moulin Billet

Etude de faisabilité

Commune de Villedieu en Fontenette
Département de la Haute-Saône



Etude réalisée pour le compte du Syndicat Intercommunal d'Electricité de la Haute-Saône

Sommaire

1. Présentation du projet
2. Localisation du site
3. Evaluation des besoins en électricité
4. Mesure du dénivelé
5. Débit turbinable
 - 5.1 Estimation de la consistance du droit d'eau
 - 5.2 Estimation de l'évolution du débit en fonction du temps
6. Evolution de la puissance brute et nette en fonction du temps
 - 6.1 Puissance brute
 - 6.2 Puissance nette
7. Dimensionnement et descriptif des équipements hydroélectriques
 - 7.1 Turbine
 - 7.2 Régulation
 - 7.3 Protections / comptage
8. Dimensionnement et descriptif des solutions complémentaires
 - 8.1 Besoins pris en compte
 - 8.2 Groupe électrogène et batterie
 - 8.3 Générateur photovoltaïque
9. Travaux à réaliser
10. Budget de fourniture, prestations et travaux
 - 10.1 Budget microturbine
 - 10.2 Budget des solutions d'appoint
 - 10.3 récapitulatif des budgets
11. Droit d'eau
12. Planning prévisionnel
13. **Annexes :**
 - Annexe 1 : plan de masse du projet (plan 4626/03)
 - Annexe 2 : plan de masse du local technique (plan 4627/03)
 - Annexe 3 : extrait du cadastre
 - Annexe 4 : données hydrologiques
 - Annexe 5 : règlement d'eau
 - Annexe 6 : photographies du site

1. Présentation du projet

Le Moulin de Billet, résidence principale de Monsieur Fariney, n'est pas raccordé au réseau électrique, situé à environ 1.2 km de distance ; il est composé d'un ensemble de bâtiments dont le moulin lui même - bâtiment de trois étages dont la rénovation des niveaux 1 et 2 est pratiquement achevée - et une dépendance complètement rénovée qui constitue l'habitation proprement dite.

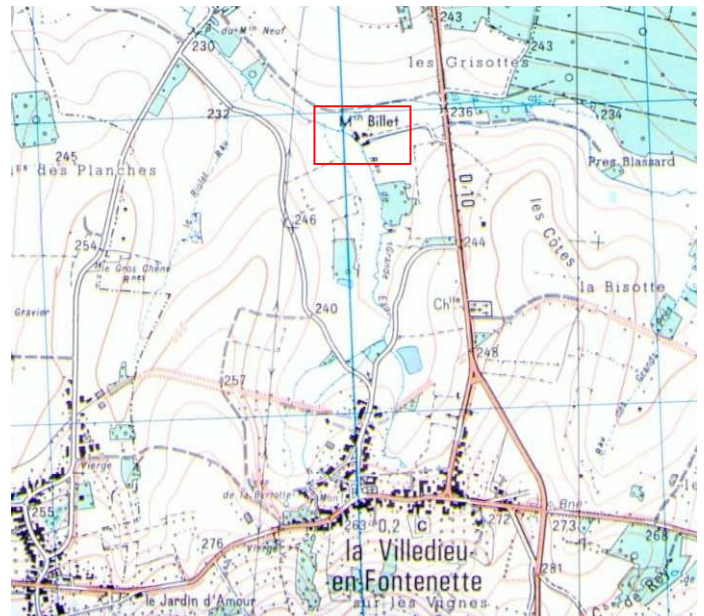
L'objet de la présente étude de faisabilité est d'évaluer les possibilités de mise en œuvre d'une petite centrale hydroélectrique en lieu et place de l'ancien moulin pour l'alimentation en électricité des bâtiments.

2. Localisation du site

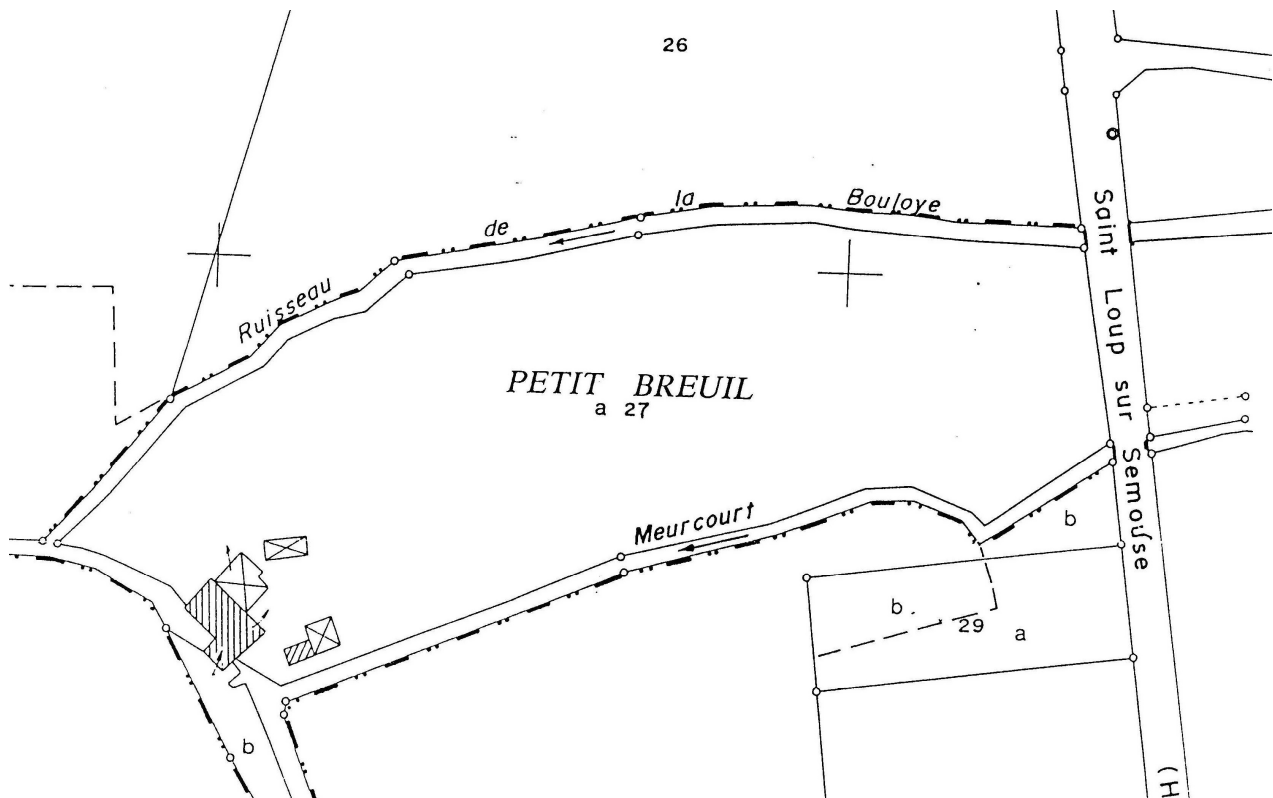
Le Moulin de Billet (ou Moulin Lajux) est situé juste à l'aval de la confluence des ruisseaux de Meurecourt et de la Grande Eau (affluents de la Lanterne) au Nord à 1.2 km de la commune de Villedieu en Fontenette en bordure de la départementale D10.

Sur l'extrait du cadastre ci-après les principales composantes du moulin sont reconnaissables :

- le moulin (bâtiment ouest) est situé à l'aval immédiat de la confluence des deux ruisseaux (Meurecourt et Grande Eau)
- le débit entrant dans le moulin est réglé par une vanne situé sur le seuil adjacent,
- le bras de décharge qui contourne le moulin par l'ouest,
- le canal de fuite en sortie du moulin.



Localisation du site



Extrait du cadastre

3. Evaluation des besoins en électricité

Ils concernent l'alimentation des deux bâtiments, et ont été définis comme ci-après avec le client :

- Eclairage :

Description des points lumineux par pièce	Nombre	Type (1)	Puissance active (W)	Tension (V)	Facteur de puissance	Puissance apparente
Moulin						
rez de chaussée	10	F	15	230	0.6	250
1er étage	18	F	15	230	0.6	450
2e étage	12	F	15	230	0.6	300
Dépendance						
pièce	8	F	15	230	0.6	200
Total points lumineux :	48				Total en VA :	1 200

(1) abréviations : I (incandescent), S (Sodium BP), N (tube fluorescent), F (fluo-compact)

- Autres besoins :

Description des récepteurs	Type ou quantité	Puissance nominale (W)	Tension d'utilisation (V)	Facteur de puissance	Puissance apparente (VA)
Lave-linge	entrée eau-chaude gaz	250	230	0.6	417
Lave-vaisselle	1	2500	230	0.8	3 125
Réfrigérateur 200l	2	150	230	0.6	500
Congélateur 300l	1	250	230	0.6	417
Téléviseur	TV 60cm	75	230	0.65	115
Magnétoscope	1	30	230	0.65	46
Radio, hi-fi	1	20	230	0.7	29
Ordinateur / imprimante	1	200	230	0.6	333
Télécopieur	1	50	230	0.5	100
Micro-onde	1	1000	230	0.5	2 000
Petit électroménager	oui	500	230	0.6	833
Fer à repasser	oui	1200	230	1	1 200
Aspirateur	oui	1000	230	0.7	1 429
Petit outillage	GE	1000	230	0.7	1 429
Pompage	HMT 10m	750	230	0.6	1 250
Surpresseur	1	1500	230	0.6	2 500
Brûleur chaudière	1	500	230	0.7	714
Circulateur chaudière	2	150	230	0.6	500

Total autres équipements (VA) :	16 937
Total avec éclairage (VA) :	18 137

Le total des puissances installées est de **18.1 kW**, sachant qu'un foisonnement existe sur l'usage des équipements de la liste ci-dessus.

Plusieurs simulations faite sur les équipements susceptibles de fonctionner en même temps conduit à la définition d'une **puissance maximum de 6.6 kVA** qui devra correspondre au nominal de dimensionnement hydroélectrique.

Cette valeur est obtenue en considérant le fonctionnement simultané de 15 points d'éclairage, du lave-vaisselle, des 2 réfrigérateurs et du congélateur, de la pompe, du brûleur et du circulateur du système de chauffage.

4. Mesure du dénivelé

La mesure du dénivelé total réalisé à la lunette entre le niveau amont (au niveau du seuil) et le niveau aval (point de jonction entre l'exutoire du moulin et le bras de décharge) est de :

Hauteur brute $H_b = 3.785$ m



Précautions à prendre : la remise en service du moulin implique la mise en charge des deux ouïes d'alimentation des deux l'anciennes roues, ceci étant obtenue par la mise en place et le réglage d'une vanne sur le seuil existant.

L'élévation de niveau attendu correspondant au droit d'eau est de l'ordre de 40 cm : compte tenu de l'état de berges en amont notamment sur le ruisseau de la Grande Eau, des débordements seront inévitables.



Les berges devront donc être remises en état avant la remise en route de l'installation.



5. Débit turbinable

5.1 Estimation de la consistance du droit d'eau

Le débit lié au droit d'eau est évalué à partir de la section de passage de l'alimentation de deux anciennes roues décrites dans le droit d'eau joint en annexe, et d'une vitesse d'eau d'écoulement estimée à 1 m/s dans le canal d'amenée :

Section des deux orifices : - orifice en rive gauche : $0.29 \text{ m} \times 0.39 \text{ m} = 0.113 \text{ m}^2$
 - orifice en rive droite : $0.78 \text{ m} \times 0.39 \text{ m} = 0.304 \text{ m}^2$

En considérant un coefficient de contraction de 0.8, le **débit maxi capable de transiter dans l'installation** est évalué à : **Q max : 0.330 m³/s**

5.2 Estimation de l'évolution du débit en fonction du temps

Cette estimation est réalisée en évaluant la surface du bassin versant des ruisseaux de Meurecourt et de la Grande Eau au droit du moulin (carte IGN au 25 000^{ème} ref. 3420O) ; la superficie concernée s'étend de Meurcourt à l'est de Villeneuve en Fontenette (soit 3.5 km environ) et de part et d'autre de la D6 sur 1.5 à 2km.

Soit une surface de bassin versant de l'ordre de 12.5 km^2 pour l'ensemble de deux ruisseaux.

Les données de la station hydrologique la plus proche sont celle de Fleurey les Faverney sur la Lanterne (voir détail en annexe) ; les écoulements naturels moyens mensuels calculés sur 39 ans sont les suivants :

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
Débit spécifique en l/s.km2 à la station de mesure	36.2	35.1	31.7	25.0	19.7	13.5	8.8	6.5	8.6	16.1	25.6	37.8

Cette station concerne la Lanterne, cours d'eau vosgiens, qui draine au départ les écoulements sur des terrains granitiques, des grès ou des terrains métamorphiques. Or les ruisseaux de Meurecourt et de la Grande Eau s'écoulent sur des bassins calcaires sur lesquels on peut s'attendre à des débits spécifiques beaucoup plus faibles que ceux constatés sur la Lanterne : l'observation des débits spécifiques de stations hydrologiques situées sur des terrains similaires à celui du Moulin de Lajux amène à revoir à la baisse le gisement mesuré sur la station de Fleurey les Faverney.

Données hydrologiques d'autres stations :

Station de Denèvre sur le Salon :

- bassin versant : 390 km²
- module interannuel : 4.82 m³/s
- débit spécifique : 12.35 l/s.km²

Station de Pontcey sur le Durgeon :

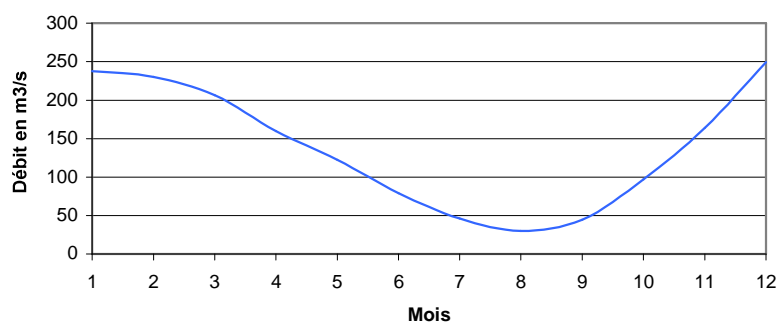
- bassin versant : 410 km²
- module interannuel : 6.67 m³/s
- débit spécifique : 16.27 l/s.km²

On retiendra la valeur de débit spécifique de la station de Denèvre, plus conservatrice et semble t'il plus représentative du débit au moulin de Lajux, notamment en période estivale :

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	Moy
Débit spécifique en l/s.km ² à la station de Faverney	36.2	35.1	31.7	25.0	19.7	13.5	8.8	6.5	8.6	16.1	25.6	37.8	22.1
Débit spécifique en l/s.km ² recalé à partir des données de la station de Denèvre	20.3	19.7	17.8	14.0	11.0	7.6	4.9	3.6	4.8	9.0	14.3	21.2	12.4
Débit moyen estimé au droit du moulin (l/s)	253	246	222	175	138	95	62	46	60	113	179	265	154.4
Débit moyen estimé au droit du moulin minoré du débit réservé choisi à 10% du module (l/s)	238	230	206	160	122	79	46	30	45	97	164	249	138.9

Remarque : d'un point de vue purement légal le débit réservé est fixé au 1/40^{ème} du module, nous retiendrons volontairement une valeur de 10% en accord avec la législation concernant les nouveaux sites hydroélectriques. **Les simulations de production ci-après sont faites en tenant compte d'un débit réservé du 10^{ème} du module, soit 15.4 l/s.**

Débits moyens mensuels estimés au Moulin de Lajux minorés du débit réservé (15.4 l/s)



6. Evolution de la puissance brute et nette en fonction du temps

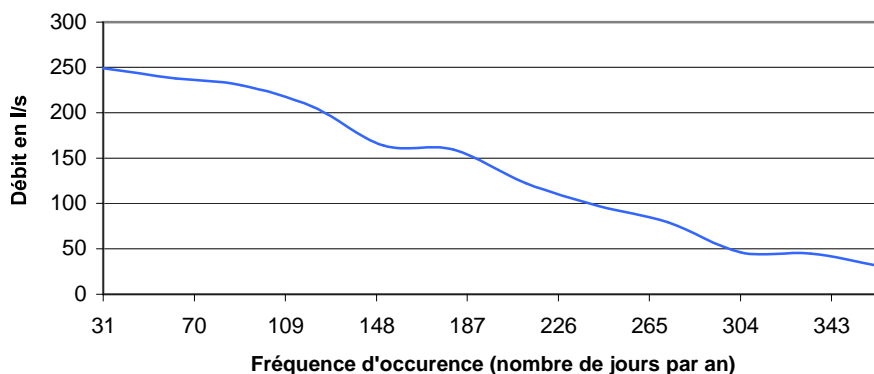
6.1 Puissance brute

La puissance brute est évaluée ci-après au module soit 0.15 m³/s, la machine étant dimensionnée de façon classique pour passer de l'ordre du double, soit 0.3 m³/s et ce afin favoriser la production en hiver ou la consommation est plus importante.

Dans les sites de basse chute la hauteur varie avec le débit jusqu'à s'annuler en particulier en période de crues ; en première approche, afin de vérifier que l'ordre de grandeur du productible est cohérent avec les besoins du client, on a considéré que la hauteur de chute était constante, la diminution de la hauteur de la lame d'eau en amont à l'étiage étant supposée compensée par la baisse du niveau aval et la minoration de la perte de charge dans le canal de fuite.

La période la plus critique est susceptible de se produire entre juin et septembre (suivant l'hydraulicité de l'année considérée), période pendant laquelle les besoins sont plus réduits (au minimum éclairage et production de froid) mais pendant laquelle une deuxième source d'énergie devra pouvoir être mobilisée. Cette répartition permet de calculer la courbe des débits classés permettant de confirmer le choix du débit d'équipement :

Courbe des débits classés minorés du débit réservé(15.4 l/s)



L'évolution moyenne mensuelle de la puissance brute que le site sera capable de fournir en tenant compte du débit réservé est de :

$$P_{\text{brute}} = 9.81 \times Q \times H \quad \text{avec} \quad Q : \text{débit en m}^3/\text{s} \quad \text{et} \quad H : \text{hauteur de chute en m}$$

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
Débit l/s	238	230	206	160	122	79	46	30	45	97	164	249
P brute (kW)	8.8	8.6	7.7	5.9	4.5	2.9	1.7	1.1	1.7	3.6	6.1	9.3

Pour mémoire la puissance brute est la puissance théorique que peut produire un débit donné sous une hauteur de chute donnée ; les valeurs de puissance nette sont donnés ci-après, en tenant compte du fait qu'une machine quelle qu'elle soit ne pourra fonctionner que dans une plage de débit donné (de 25 à 100 % de Q_{nominal} par exemple) et devra donc être arrêtée pour des débits en dessous de cette plage (au dessus, la machine ne sera pas capable de "passer" plus de débit que sa valeur nominale).

6.2 Puissance nette

Elle est évaluée en appliquant à la puissance brute définie ci-dessus, les rendements des différents transformateurs de puissance que sont la turbine, la multiplication de vitesse et l'alternateur, et ce pour les différents débits disponibles en fonction du temps.

Cette analyse permet d'établir une courbe des puissances attendues en fonction du temps :

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
Débit turbinable (l/s)	238	230	206	160	122	79	46	30	45	97	164	249
Pbrute (kW)	8.8	8.6	7.7	5.9	4.5	2.9	1.7	1.1	1.7	3.6	6.1	9.3
Q/Qnom (%)	79%	77%	69%	53%	41%	26%	15%	10%	15%	32%	55%	83%
Pélectrique (kW)	5.8	5.6	5.0	3.4	2.4	0.3				1.5	3.5	6.0

Soit une production supérieure ou égale à

5.0 kW	en moyenne pendant	121 jours / an (hiver)
3.0 kW		181 jours / an
1.5 kW		243 jours / an

Ce productible, hors étiage, est cohérent avec les besoins de pointe définis par le client (de l'ordre de 6 kW).

Comme indiqué précédemment la discontinuité de la fourniture d'énergie hydroélectrique liée à la faiblesse du gisement notamment en période estivale conduit à concevoir une installation hybride permettant de rendre un service minimum au client en période de basse eaux ou d'étiage.

7. Dimensionnement et descriptif des équipements hydroélectriques

7.1 Turbine

Vitesse spécifique de la machine éligible pour un débit de $0.3 \text{ m}^3/\text{s}$ sous 3.785 m de chute :

Vitesse de rotation de la turbine (min -1)	1000	1050	1100
Vitesse spécifique (min -1)	606	636	667
Type de machine	Kaplan	Kaplan	Kaplan

NB : vitesse spécifique avec P en CV et rendt turbine = 80%

La turbine sera du type Kaplan à pales fixes (réglables à l'arrêt) avec un diamètre de l'ordre de 0.28 m ; elle sera positionnée à l'aval immédiat des deux orifices originels des deux roues du moulins captés dans un entonnoir métallique (voir plan n° 4627/03 en annexe). La turbine entraînera un alternateur à 1500 min^{-1} au travers d'une multiplication type poulie/courroies. Les risques de cavitation sont inexistants, la hauteur limite d'aspiration (avec coef. de sécurité) est de 6.0 m pour le site considéré (altitude 250m).

7.2 Régulation

Compte tenu des faibles puissances mises en jeu, et la nécessité pour le client de chauffer son local technique en hiver, une régulation de charge/fréquence par absorption d'énergie est la solution la plus simple et la moins onéreuse à mettre en œuvre.

Cette régulation consiste en une carte de commande permettant d'appliquer en permanence une charge constante sur l'alternateur, charge dépendant du débit transité dans la machine. L'énergie non appelée par le client est dissipée en chaleur dans une batterie de résistance. Cette régulation par "débordement" viendra en aval d'un chargeur de batterie d'accumulateurs qui sera rechargée par la micro-turbine pendant les heures de faible consommation et par le deuxième système de production d'énergie associé en période estivale ou le débit disponible est trop faible (voir solutions ci-après).

7.3 Protections / comptage

Le coffret de régulation intégrera les protections électriques classiques des équipements de production (puissance et commande) et celle du départ vers le disjoncteur différentiel 300 ou 500mA limite de concession. Des afficheurs des caractéristiques de fonctionnement de l'installation seront prévues : mesure des intensités et tensions par phase, mesure de la fréquence et de la puissance active produite.

7.4 Conditionnement de la distribution

Les applications du client étant exclusivement domestiques, il est proposé d'utiliser en amont du disjoncteur limite de concession un transformateur triphasé / monophasé (400V triphasé / 230V monophasé 50Hz de puissance 12 kVA) permettant ainsi de faciliter la distribution électrique dans les bâtiment en s'affranchissant de l'équilibrage des phases et en reproduisant donc une alimentation classique.

8. Dimensionnement et descriptif des solutions complémentaires

La période concernée par l'arrêt complet probable de la microturbine s'étend en moyenne de juillet à septembre :

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
Pélectrique (kW)	5.8	5.6	5.0	3.4	2.4	0.3				1.5	3.5	6.0

Pendant cette période l'énergie qui sera stockée sur batterie (pour récupérer tout ce qui pourra être produit par la micro-turbine) pourra provenir de deux sources : un groupe électrogène ou un générateur solaire photovoltaïque qui présente l'avantage d'être très complémentaire en période estivale.

Dans les deux cas le service pris comme hypothèse est minimum, la deuxième source à mettre en œuvre étant onéreuse, soit à l'investissement, soit à l'exploitation.

Les besoins pris en compte sont détaillés ci-après, ils concernent principalement l'éclairage (peu important en été), le froid et les principaux équipements électroménagers et audio/vidéo.

8.1 Besoins pris en compte

- Eclairage :

Description des points lumineux par pièce	Nombre	Type (1)	Puissance (W)	Facteur de puissance	Puissance réelle	Tension (V)	Durée d'utilisation (h/jour)		Consommat° (Wh/j) (2)	
							Eté	Hiver	Eté	Hiver
Moulin										
rez de chaussée	3	F	15	0.8	56	230	2	4	141	281
1er étage	2	F	15	0.8	38	230	2	4	94	188
2e étage	2	F	15	0.8	38	230	2	4	94	188
Dépendance										
pièce	4	F	15	0.8	75	230	2	4	188	375
	11				206					
							Total Wh/j	516	1031	

- Autres équipements :

Description des récepteurs	Type (3) ou quantité	Puissance nominale (W)	Facteur de puissance	Puissance en veille (W)	Tension d'utilisation (V)	Durée d'utilisation (h/jour)		Consommation (Wh/j) (3)	
						Eté	Hiver	Eté	Hiver
Lave-linge (4)	entrée eau-chaude gaz	250	0.7		230	4 cycles / semaine		268	268
Réfrigérateur 200l	2	150	0.7	5	230	permanent		1200	1200
Congélateur 300l	1	250	0.7	5	230	permanent		1200	1200
Téléviseur	TV 60cm	75	0.7	5	230	2	3	268	402
Magnétoscope	1	30	0.7	5	230		2	0	75
Radio, hi-fi	1	20		0	230	3	3	75	75
Ordinateur / imprimante	1	200	0.6	10	230		2	0	500
Télécopieur	1	50	0.6	5	230	0.5	0.5	31	31
Micro-onde	1	1000		0	230	0.2	0.2	250	250
Petit électroménager	oui	500		0	230	0.2	0.2	125	125
Fer à repasser	oui	1200		0	230	0.1	0.1	150	150
Aspirateur	oui	1000		0	230	0.1	0.1	125	125
Petit outillage	GE	1000		0	230	0.1	0.1	125	125
Pompape	HMT 10m	750		0	230	0.25	0.25	234	234
Surpresseur	1	1500		0	230	0.25	0.25	469	469
Bruleur chaudière	1	500			230	0.2	2	125	1250
Circulateur chaudière	2	150			230		12	0	2250
Onduleur	oui	Eteint		3	230	8	12	24	36
						Total Wh/j :		4669	8765
						Total avec éclairage (Wh/j) :		5185	9796

8.2 Groupe électrogène et batterie

Cette solution permettra d'alimenter directement le moulin sur le groupe électrogène et/ou de recharger la batterie sur laquelle pourra fonctionner le réseau du client. Cette solution autorise le dimensionnement d'un parc batterie relativement modeste dans la mesure où sa recharge est maîtrisée par le démarrage du groupe électrogène.

Le critère de durée de vie de la batterie est dans ce cas que la décharge journalière ne dépasse pas 15% de la capacité en C10 du parc :

Besoins journaliers été :	5185 Wh/jour en 48V
Décharge équivalente en Ah/j :	113.7 Ah/jour (tension d'arrêt de 1.9V / élément)
Capacité en C10 correspondante à 20°C :	760 AhC10
Capacité en C120 correspondante à 20°C :	993 AhC120
Correction pour une T° du local technique de 0°C :	1250 AhC120

┌ **Capacité batterie à mettre en œuvre :** **1250 AhC120 (éléments à plaques positives tubulaires)**

Le groupe électrogène devra être capable de recharger la batterie avec une intensité maxi du dixième de la capacité en C10, soit 76A ; ce qui correspond à une **puissance minimum à installer de 6 kVA**.

La fourniture du groupe électrogène ne pourra faire l'objet d'un financement du Face, ce qui est par contre le cas de la batterie, de son chargeur et l'onduleur associé.

- **Caractéristiques générales du groupe électrogène :** la vitesse de rotation et la technique de refroidissement du moteur seront choisies en fonction de la qualité et la longévité du groupe désirée par le client :

- **puissance :** **7.5 kVA monophasé 230V 50 Hz (*)**
- **vitesse de rotation :** **1500 min⁻¹ ou 3000 min⁻¹**
- **refroidissement :** **eau ou air**
- **démarrage :** **auto. sur seuil de tension basse batterie**

(*) un modèle triphasé serait moins onéreux à l'achat, il suppose que l'équilibrage des phases soit assuré – la contrepartie est le coût du chargeur triphasé ; ces contraintes font que nous préconisons plutôt un modèle monophasé.

- **Caractéristiques générales du chargeur de batterie :** le chargeur devra intégrer sa propre régulation de charge avec 2 niveaux de tension : charge d'égalisation et floating. La plage de tension d'alimentation devra être suffisamment large pour permettre son fonctionnement sur groupe électrogène.

- **tension d'entrée :** **230V / 50Hz**
- **intensité de charge :** **75 A / 48V intensité réglable par potentiomètre**

- **Caractéristiques générales de l'onduleur :** l'onduleur devra délivrer une onde sinusoïdale (onduleur type "sinus"). Ses performances devront respecter les points suivants :

- **Puissance nominale :** **3.5 kVA 230V - 50Hz (et 3 fois cette puissance pendant 15 min.)**
- **Rendement > 90% à la puissance nominale**
- **Rendement > 80% à partir de 5% de la puissance nominale**
- **Consommation à vide < 1% de la puissance nominale**
- **Consommation en stand by < 1,5 W**
- **Taux de distorsion harmonique inférieur à 5%**
- **Plage de tension d'entrée :** **45.6V à 60V (délestage en dessous du seuil bas et contact sec pour démarrage du groupe électrogène et chargeur de batterie – supervision de la charge et arrêt du groupe électrogène lorsque le seuil haut est atteint).**

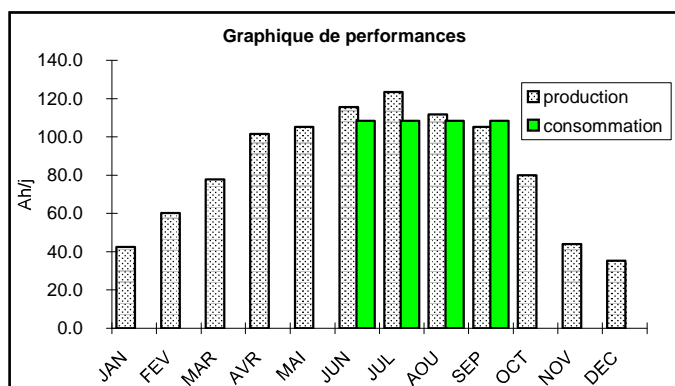
8.3 Générateur photovoltaïque

- **Dimensionnement** : il est prévu pour les besoins définis en 8.1, et pour la période de juin à septembre ; le reste de l'année il produira une énergie moindre et contribuera à la charge des batteries pour des usages autres que ceux prévus sur la microturbine.

RAPPEL DES PRINCIPALES DONNEES			
RECEPTEUR:	Résidence principale	HEMISPHERE:	NORD
TENSION NOMINALE:	48 V	PAYS:	France
ENERGIE MAXI CONSO. :	108.44Ah/j	SITE METEO :	BESANCON
ENERGIE MOYEN. CONSC	108.44Ah/j	LATITUDE:	47.25° °N
AUTONOMIE DESIREE:	240 h	LONGITUDE:	5.98° °E
CODE BASE METEO:	14	ALTITUDE:	250m
Puissance unitaire module à 25°C :	50.00 Wc	T° AMB. MINI:	-10°C
Puissance crête nominale de l'installation :	2000.00 Wc	T° AMB. MAXI:	+35°C
		VITESSE MAXI VENTS:	120km/h

CARACTERISTIQUES DU SYSTEME RECOMMANDE									
TYPE DE MODULE (1000W/m2, 25°C)			CHAMP DE MODULES PHOTOVOLTAIQUES			BATTERIE			
PUISSANCE	TENSION	INTENSITE	BRANCHE(S)	NB TOTAL	MASQUES	PUISSANCE	INCLINAISON	TENSION	CAPACITE
50 WATTS	17.0 VOLTS	2.88 AMPERES	10 MODULE(S)	40 MODULE(S)	non	2000 WATTS	40 °/ HORIZON.	48.0 VOLTS	1600 Ah c120
PERFORMANCES ATTENDUES									
PERIODE D'UTILISATION ANUELLE	POURCENT. D'UTILISATION PAR MOIS	IRRADIATION GLOBALE JOURNALIERE PLAN HORIZ.	IRRADIATION TOTALE JOURNALIERE A 40 °	PRODUCTION ENERGETIQUE DES MODULES PV	INLUENCE DES MASQUES	PRODUCTION INCLUANT COEFFICIENT DE SECURITE	CONSO. MOYENNE PAR JOUR DES EQUIP.	RATIO. PRODUCTION / CONSO.	CAPACITE BATTERIE RELEVÉE EN FIN DE MOIS
MOIS	%	Wh/m2/j	Wh/m2/j	Ah/j	%	Ah/j	Ah/j		%
JAN	0	1001	1849	53.2	0%	42.6	0.0	-	100
FEV	0	1681	2615	75.3	0%	60.3	0.0	-	100
MAR	0	2665	3379	97.3	0%	77.8	0.0	-	100
AVR	0	4106	4410	127.0	0%	101.6	0.0	-	100
MAI	0	4841	4567	131.5	0%	105.2	0.0	-	100
JUN	100	5598	5017	144.5	0%	115.6	108.4	1.1	100
JUL	100	5839	5359	154.3	0%	123.5	108.4	1.1	100
AOU	100	4778	4849	139.7	0%	111.7	108.4	1.0	100
SEP	100	3744	4571	131.7	0%	105.3	108.4	1.0	94
OCT	0	2309	3470	99.9	0%	79.9	0.0	-	100
NOV	0	1123	1909	55.0	0%	44.0	0.0	-	100
DEC	0	819	1533	44.2	0%	35.3	0.0	-	100
MOYENNE	33	3208.67	3627.35	104.5	0%	83.6	36.1	1.1	100

DESCRIPTION DU PARC DE STOCKAGE		
TYPE DE BATTERIE	STATIONNAIRE PV	
TENSION NOMINALE	48VOLTS	
CAPACITE PARC n°1	1600Ah	
CAPACITE PARC n°2	0Ah	
CAPACITE TOTALE	1600Ah	
T° MINI DU LOCAL	+0°C	
CARACTERISTIQUES	à 20° C	à T° min.
% DE CAPACITE UTILE	108 %	85%
CAPACITE UTILE	1728Ah	1469Ah
DECHARGE JOURNALIERE	6.3%	7.4%
DECHARGE D'AUTONOMIE	67.8%	79.7%
Ah APRES AUTONOMIE	644Ah	276Ah
DECHARGE MAXI TOLEREE	80%	80%
AUTONOMIE REELLE	306h	260h



• Caractéristiques du générateur photovoltaïque :

- Puissance crête : 2 000 Wc
- Inclinaison du champ photovoltaïque : 40° / horizontale
- Tension nominale de production : 48V
- Capacité batterie : 1600 AhC120
- Tension de distribution : 230V 50Hz

- **Couplage à la microturbine**

Les deux systèmes sont prévus pour fonctionner séparément ; un inverseur permettra de basculer l'alimentation du moulin sur la microturbine ou sur le générateur solaire ; une troisième entrée pour un groupe électrogène de secours est également prévue.

En hiver le moulin est alimenté par la microturbine, il maintient la batterie du générateur solaire en charge en permanence (en parallèle avec le générateur photovoltaïque) ; en cas d'excédent d'énergie celle-ci est dissipée dans des résistances permettant ainsi de chauffer le local technique, d'autres pièces ou alimenter un ou plusieurs chauffe-eaux.

Au intersaisons ou à l'approche de l'été (saison de basses eaux) la microturbine ne sera capable de débiter en instantané qu'une puissance modeste éventuellement insuffisante pour les besoins du client ; elle rechargera en revanche en permanence la batterie (en parallèle avec le générateur photovoltaïque) qui restituera son énergie en fonction des appels de puissance du client.

A l'été, la microturbine sera arrêtée et le générateur photovoltaïque, dimensionné pour les besoins d'été, prendra le relais jusqu'aux nouvelles pluies.

- **Installation du générateur photovoltaïque**

- Champ photovoltaïque : au sol à l'arrière de la dépendance (voir plan de masse 4626/03 en annexe) ; l'avantage de cette dernière disposition est que le générateur n'est que très peu visible depuis les bâtiments.
- Local technique : au rez-de-chaussée du moulin dans le local adjacent à l'ancienne roue qui sera aménagé en local technique (voir plan d'aménagement n° 4627/03 en annexe). La liaison champ photovoltaïque / local technique se fera en souterrain pour la partie extérieure, puis sous la dalle du moulin en cours de rénovation.
- Disjoncteur limite de concession, inverseur microturbine / générateur solaire : dans la partie accessible au client du local technique.

9. Travaux à réaliser

- Réfection des berges : **elle sera à la charge du client** ; la mise en charge de la prise d'eau par mise en place d'une vanne provisoire (planches) permettra de déterminer le niveau auquel devront être rehaussées les berges (vraisemblablement sur 150 à 250m au delà du moulin). Le niveau pourra encore être déterminé à la lunette.
- Dégrilleur : il sera positionné au départ du bief, juste après la vanne de décharge permettant ainsi la collecte des déchets flottants sur le talus.
- Entrée d'eau : les deux orifices seront utilisés pour l'alimentation de la turbine, sans aucune modification de la section d'entrée actuelle ; en aval de ces ouïes l'alimentation sera réalisée dans une cuve métallique de façon à collecter les débits des deux ouïes adjacentes et intégrer une grille et une vanne permettant d'isoler la turbine de l'amenée d'eau. L'implantation de cette vanne à l'intérieur du bâtiment permet de supprimer son impact sur le bâtiment.
- Implantation turbine : elle nécessite peu de modification du lieu où était implantée la roue (voir plan 4627 en annexe). Pour une question de facilité d'installation et manutention, l'aspirateur pourra être installé dans le bâtiment par l'aval du moulin. Le support de la machine sera réalisée par deux poutres métalliques scellées dans les murs latéraux qui encadraient l'ancienne roue. L'implantation est prévue de telle sorte que l'alternateur soit hors d'eau en période de crue. La sortie de l'aspirateur sera noyée à l'intérieur du bâtiment (pas d'impact sur la façade nord).
- Aménagement du local technique commun à la batterie ou à la batterie et aux organes de régulation et de conversion du générateur photovoltaïque : il sera réalisé dans l'espace adjacent à la turbine à partir d'éléments préfabriqués isolés phoniquement. Un compartiment sera dédié au parc batterie (soit seul sur groupe électrogène, soit sur générateur solaire), les autres organes de régulation de la turbine, du générateur solaire et les convertisseurs (onduleur et chargeur) seront logés dans un compartiment adjacent. Une dalle béton ferrillée devra être réalisée sur toute la surface du local technique et les parois seront dressées et enduites. Une porte permettra d'accéder à la turbine, qui pourra également être contrôlée visuellement par un regard en Plexiglas par le couloir d'accès au local technique.

- Aménagement des canaux : le canal d'amenée et le canal de fuite devront être curés et nettoyés. Le canal de fuite devra être creusé et sorti et aménagé de façon à permettre une évacuation du débit turbiné dans de bonnes conditions (évacuation des gravats).

10. Budget de fourniture et travaux

Deux budgets ont été étudiés ci-après : le premier correspond à la solution de la microturbine associée à un parc de batterie rechargé à l'étiage par le groupe électrogène du client, le deuxième correspondant à la solution de la microturbine associée à un générateur photovoltaïque pour la période d'étiage d'été.

10.1 Budget microturbine

Poste	Type	Nbre	Prix unitaire	Prix total HT
Fournitures :				
Turbine 7.5 kW électriques (3.50m - 300 l/s) avec	Kaplan	1	26 000.00	26 000.00 €
Dispositif de réglage manuel des pales				
Alternateur 1500 trs/min 10 kVA 230V/400V - 50Hz				
Transmission poulies / courroies				
Conduit d'entrée et aspirateur				
Vanne manuelle en entrée turbine				
Grille entrée turbine				
Régulation par débordement et résistances				
Coffret commande et protection avec mesures				
Transformateur tri/mono 12 kVA				1 200.00 €
Total budget fournitures Hors Taxes :				27 200.00 €
Génie civil (matériel et main d'œuvre)				
Batardeau aval pour travaux et vidange		1	1 000.00	1 000.00 €
Réfection seuil		1	1 500.00	1 500.00 €
Réalisation vanne sur seuil		1	2 200.00	2 200.00 €
Réfection parements latéraux local turbine		1	3 500.00	3 500.00 €
Reprise maçonnerie entrée moulin		1	1 500.00	1 500.00 €
Poutres support turbine et caillebotis		1	3 500.00	3 500.00 €
Aménagement pour pose turbine		1	1 200.00	1 200.00 €
Aménagement bassin mise en charge		1	2 500.00	2 500.00 €
Total budget génie civil				16 900.00 €
Main d'œuvre				
Pose turbine, raccordements hydrauliques, électriques et mise service		10	450.00	4 500.00 €
Supervision montage - Tests- réception		1	inclus avec turbine	
Total budget main d'oeuvre				4 500.00 €
Divers et imprévus	5%			2 400.00 €
Ingénierie :				
Ingénierie et maîtrise d'œuvre			48 600.00	4 900.00 €
Total budget ingénierie Hors Taxes				4 900.00 €
Estimation du coût total d'investissement H.T. :				55 900.00 €
soit T.T.C. (T.V.A. 19.6%) :				66 856.40 €

Cette microturbine sera associée à un parc de batterie rechargée par le groupe électrogène client en été ou un générateur photovoltaïque.

10.2 Budget solution d'appoint (service d'été)

- Batterie et convertisseurs sur groupe électrogène client

	Type	Nbre	Prix unitaire	Prix HT
Fournitures :				
Liaison Régulation / batterie	HO7 VK 1 x 50 mm²	20	15	300.00 €
Batteries	1250 Ah C 120 - 48 V	24	270	6 480.00 €
Bac de rétention d'acide		1	500	500.00 €
Liaison onduleur / coffret de distribution	3G6	30	15	450.00 €
Liaison GE / chargeur	câble 3G6	30	15	450.00 €
Chargeur	50A / 48V	1	1750	1 750.00 €
Onduleur / pilote du groupe électrogène	3500 VA sinus	1	2750	2 750.00 €
Inverseur		1	500	500.00 €
Total budget fournitures Hors Taxes :				13 180.00 €
Frais de transport			2% du budget total fournitures	200.00 €
Génie civil (matériel et main d'œuvre)				
Local technique	A construire entièrement	1	7000	7 000.00 €
Total budget génie civil				7 000.00 €
Main d'œuvre				
Pose des équipements + frais		8	500	4 000.00 €
Total budget main d'oeuvre				4 000.00 €
Ingénierie :				
Ingénierie et maîtrise d'oeuvre	10% du montant des travaux		2 438.00	2 400.00 €
Total budget ingénierie Hors Taxes				2 400.00 €
Estimation du coût total d'investissement HT				26 780.00 €
soit T.T.C.				32 028.88 €

- Générateur photovoltaïque

	Type	Nbre	Prix unitaire	Prix HT
Fournitures :				
Modules photovoltaïques	modules de 50 Wc	20	310	6 200.00 €
Interconnexions modules + liaisons BJP		20	5	100.00 €
Diodes by-pass		20	5	100.00 €
Structure alu / inox		5	120	600.00 €
Visserie antivol		20	10	200.00 €
Boîte de jonction avec diodes		2	80	160.00 €
Protection foudre par BJP		2	80	160.00 €
Liaison BJP / régulation	U 1000 R02V 2 x 25 mm²	60	15	900.00 €
Coffret régulation et commande + acquisition		1	2500	2 500.00 €
Liaison Régulation / batterie	HO7 VK 1 x 50 mm²	20	15	300.00 €
Batteries	1600 Ah C 120 - 48 V	24	350	8 400.00 €
Bac de rétention d'acide		1	500	500.00 €
Liaison régulation / onduleur	HO7 VK 1 x 50 mm²	20	15	300.00 €
Liaison onduleur / coffret de distribution	3G6	30	15	450.00 €
Liaison GE / chargeur	câble 3G6	30	15	450.00 €
Chargeur	50A / 48V	1	1750	1 750.00 €
Onduleur	3500 VA sinus	1	2250	2 250.00 €
Inverseur		1	500	500.00 €
Total budget fournitures Hors Taxes :				25 820.00 €
Frais de transport			2% du budget total fournitures	400.00 €

Génie civil (matériel et main d'œuvre)				
Local technique	A construire entièrement	1	7000	7 000.00 €
Plots ou longrines béton		1.0	2000	2 000.00 €
Tranchées		25	30	750.00 €
Total budget génie civil				9 750.00 €
Main d'œuvre				
Pose du générateur + frais		2000	2.75	5 500.00 €
Total budget main d'oeuvre				5 500.00 €
Ingénierie :				
Ingénierie et maîtrise d'oeuvre	10% du montant des travaux		4 147.00	4 100.00 €
Total budget ingénierie Hors Taxes				4 100.00 €
Estimation du coût total d'investissement HT				45 570.00 €
soit T.T.C.				54 501.72 €

10.3 Récapitulatif des budgets

- Solution 1 : microturbine et parc batterie**

- Fourniture et pose microturbine 7.5 kW (*) :	55 900.00 € H.T.
- Fourniture et pose parc batterie 1250 AhC120 et convertisseurs (*) (**):	26 780.00 € H.T.
Total H.T. solution 1 :	82 680.00 € H.T.
TVA (19.6%) :	16 205.28 €
Total T.T.C. solution 1 :	98 885.28 €

- Solution 2 : microturbine et générateur photovoltaïque**

- Fourniture et pose microturbine 7.5 kW (*) :	55 900.00 € H.T.
- Fourniture et pose générateur photovoltaïque 2 kWc /1600 AhC120 (*) (**):	45 570.00 € H.T.
Total H.T. solution 2 :	101 470.00 € H.T.
TVA (19.6%) :	19 888.12 €
Total T.T.C. solution 2 :	121 358.12 €

(*) y compris maîtrise d'œuvre

(**) y compris aménagement local technique.

11. Droit d'eau

Le Moulin de la Villedieu en Fontenette figure sur la carte de Cassini, mais il n'est pas localisé à la confluence des ruisseau de Meurcourt de la Grande Eau ; en revanche le moulin dispose d'un arrêté préfectoral qui définit le règlement d'eau.

Ce règlement d'eau (voir en annexe) date de 1862 (donc antérieur à la loi sur l'eau de 1919) et porte sur une puissance inférieure à 150 kW : la remise en route du moulin n'est donc pas soumise à nouvelle autorisation mais à une simple déclaration de remise en service.

A cette occasion les côtes du seuil et du niveau de restitution aval seront rattaché au NGF (intervention d'un géomètre) et transmise à la police des eaux (DDAF).

12. Planning prévisionnel

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Acceptation de la demande de financement au FACE												
Mise en place de la subvention												
Etude de projet												
Elaboration des dossiers de consultation												
Lancement des consultations et délais légaux												
Elaboration des marchés												
Fabrication des équipements												
Elaboration du génie civil												
Pose des équipements												
Tests, réception et mise en service												
Remise d'ouvrage												

Soit un délai de 8 mois pour la réalisation du projet, sachant que les travaux de génie civil devront être réalisés de préférence en période de basses eaux (juillet à septembre).

13. Annexes

- Annexe 1 : plan de masse du projet (plan 4626/03)
- Annexe 2 : plan de masse du local technique (plan 4627/03)
- Annexe 3 : extrait du cadastre
- Annexe 4 : données hydrologiques
- Annexe 5 : règlement d'eau
- Annexe 6 : photographies du site