# ETUDE DE FAISABILITE

## Opération de Production Décentralisée d'Électricité à partir d'une pico-centrale hydroélectrique couplée à un générateur photovoltaïque

| | |
|---|---|
| **Site** | Refuge du Clot-des-Vaches |
| **Commune** | 05 220 LE MONETIER LES BAINS |
| **Propriétaire** | Commune du Monetier-les-Bains<br>Mairie<br>05 220 LE MONETIER LES BAINS |
| **Solution :** | Pico-centrale hydroélectrique de 2,4kW couplée à un générateur photovoltaïque de 6 kWc.<br>Alimentation du refuge avec un onduleur de 7kVA. |

| | |
|---|---|
| Latitude : | 45°1'556 |
| Longitude : | 6°29'4 |
| Altitude : | 2 250 m |

| | |
|---|---|
| **Visite sur site effectuée le :** | 10-octobre-22 |
| **Installation hydroélectrique :** | Pico-centrale hydroélectrique de 2,4 kW<br>Débit prélevé : 10 l/s<br>Hauteur de chute nette : 39 m |
| **Montant de l'installation :** | 215 901 €HT |
| **Installation photovoltaïque :** | Générateur photovoltaïque de 6 000 Wc. Onduleur de 7kVA. Parc batterie de 1 737 Ah en C120. |
| **Montant de l'installation :** | 82 488,00 €HT |

| Version | Date de modification |
|---|---|
| V3 | 15 juillet 2024 |


AXENNE

80, cours Docteur Long
69 447 LYON Cedex 03
Tél/fax 04 37 44 15 83 – 06 70 27 73 84
hl.gal@axenne.fr
SARL au capital de 28 425 €
RCS LYON 419 024 302
Siret 419 024 302 00053 APE 742C


Dossier réalisé pour le compte de :


Commune du Monêtier-les-Bains
05 220 Le Monêtier-les-Bains
Tél : 04.92.24.40.04

# Sommaire

**TABLES DES ILLUSTRATIONS 5**

**PRESENTATION DU SITE 7**

1. INFORMATIONS ADMINISTRATIVES ..... 7

2. L'ENERGIE AU REFUGE ..... 8

2.1. OCCUPATION DU SITE 8

2.2. RECENSEMENT DES BESOINS ELECTRIQUES 8

2.3. RECENSEMENT DES BESOINS THERMIQUES 11

3. LE PROJET D'ALIMENTATION DU REFUGE ..... 12

3.1. CHOIX TECHNIQUES 12

3.1.1. L'installation photovoltaïque 13

3.1.2. L'installation hydroélectrique 14

**INSTALLATION HYDROELECTRIQUE 15**

4. EMPLACEMENT DES OUVRAGES ..... 15

4.1. ACCES AU SITE 15

4.2. CARTE DETAILLEE 16

4.2.1. Point sur la situation foncière 16

5. RESSOURCE EN EAU ..... 18

5.1. BASSIN VERSANT 18

5.2. APPROCHE QUANTITATIVE 19

5.3. DEBITS CARACTERISTIQUES DE REFERENCE 19

5.3.1. Méthode des bassins versants 19

5.3.2. Débit attendu à la prise d'eau à 2 197 m d'altitude 20

6. CARACTERISTIQUES PRINCIPALES DES OUVRAGES ..... 22

6.1. LA PRISE D'EAU 22

6.2. BASSIN DE MISE EN CHARGE 24

6.3. CONDUITE DE MISE EN CHARGE 25

6.4. TRONÇONS COURT-CIRCUITES 27

6.5. PICO-CENTRALE HYDROELECTRIQUE 27

6.6. CONDUITE DE RESTITUTION 27

6.7. LIAISON ELECTRIQUE 29

6.8. LE DEBIT MAXIMAL DERIVE 29

6.9. HAUTEUR DE CHUTE BRUTE MAXIMALE 29
6.10. HAUTEUR DE CHUTE NETTE 30
6.10.1. Pertes linéaires 30
6.10.2. Pertes de charge locales 31
6.10.3. Hauteur de chute nette 31
6.11. PUISSANCE MAXIMALE BRUTE HYDRAULIQUE 31
6.12. PUISSANCE INSTALLEE 31
6.13. VOLUME STOCKABLE 32
6.14. LE DEBIT MAINTENU DANS LA RIVIERE 32
6.14.1. Ce que dit la loi 32
6.14.2. Ce que nous avons prévu 32
7. PROFIL EN LONG DE LA SECTION DU COURS D'EAU ..... 33
8. DUREE DE L'AUTORISATION DEMANDEE ..... 33
9. DUREE PROBABLE DES TRAVAUX ..... 33
**INSTALLATION PHOTOVOLTAÏQUE 34**
10. ASPECTS REGLEMENTAIRES POUR UNE INSTALLATION PHOTOVOLTAIQUE ..... 34
10.1. PERMIS DE CONSTRUIRE 34
10.2. ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX 34
11. DONNEES METEOROLOGIQUES ..... 35
11.1. ENSOLEILLEMENT 35
11.2. INFLUENCE DES MASQUES 35
12. POSITIONNEMENT DES MODULES ..... 36
12.1.1. L'inclinaison et l'orientation 36
13. DEFINITION DU GENERATEUR PHOTOVOLTAÏQUE : ..... 38
13.1. CHAMP DE MODULES : 38
13.2. STOCKAGE D'ENERGIE 38
13.3. CONVERSION DE L'ENERGIE (CC/CA) 39
13.4. CHARGEUR DES BATTERIES 39
13.5. GESTION DE L'ENERGIE : REGULATION ET ACQUISITION DE DONNEES 39
13.6. GROUPE ELECTROGENE 39
**BILAN ENERGETIQUE MENSUEL PICO + PHOTOVOLTAIQUE 40**
13.7. REJET DE CO2 41
**BILAN ENERGETIQUE MENSUEL PHOTOVOLTAIQUE + GROUPE ELECTROGENE 43**
**EVALUATION DES DEPENSES 45**

14. INSTALLATION HYDROELECTRIQUE ..... 45

16. INSTALLATION PHOTOVOLTAÏQUE ..... 46

# TABLES DES ILLUSTRATIONS

## Figures

Figure 1 : Répartition de la consommation sur l'année ..... 11
Figure 2 : Consommation journalière des usages thermiques ..... 11
Figure 3 : Appareil de mesure de débit (salinomètre) ..... 19
Figure 4 : Débits mensuel (l/s) et spécifique (l/s/km²) du torrent du Rif au Monêtier-les-Bains (lieu dit Le Lauzet) ..... 20
Figure 5 : Débits mensuels (l/s) estimés du torrent du RIF à 2197 m d'altitude ..... 20
Figure 6 : Courbes des débits du torrent du RIF à 2197 m d'altitude ..... 21
Figure 7 : schéma de principe de la prise d'eau « en dessous » ..... 22
Figure 8 : Exemple d'un local turbine ..... 27
Figure 9 : Schéma de principe de la restitution de l'eau ..... 27
Figure 10: Débits maximal dérivé ..... 29
Figure 11 : Schéma de principe d'une installation hydroélectrique ..... 30
Figure 12 : Profil en long de la conduite forcée ..... 33
Figure 13 : Solutions d'intégration du champ photovoltaïque sur un site ..... 34
Figure 14 : tableau des données météorologiques (ensoleillement, température) ..... 35
Figure 15 : masques dus à la géographie du terrain ..... 35
Figure 16 : Influence mois par mois de l'inclinaison des modules en toiture et des masques ..... 37
Figure 17 : Bilan énergétique annuel pico-centrale hydroélectrique + photovoltaïque ..... 41
Figure 18 : Rejet de $CO_2$ évité ..... 41
Figure 17 : Bilan énergétique annuel photovoltaïque + groupe électrogène ..... 44

# Photographies

Photographie 1 : Photo du lieu d'implantation de la prise d'eau ..... 23
Photographie 2 : Photo du lieu d'implantation du bassin de mise en charge ..... 24
Photographie 3 : parcours de la conduite forcée depuis le bassin de mise en charge ..... 25
Photographie 4 : Lieu d'implantation de la pico-centrale et de la restitution de l'eau ..... 28

# Cartes

Carte 1 : Cartes d'accès et de situation ..... 15
Carte 2 : Plan cadastral du secteur du refuge de la Balme ..... 16
Carte 3 : Implantation détaillée des équipements ..... 17
Carte 4 : Carte du bassin versant au niveau de la prise d'eau ..... 18

# Avertissement

Cette étude est confidentielle et à l'usage exclusif de

**La commune du Monêtier-les-Bains**

**Les résultats présentés ne pourraient en aucun cas être utilisés pour une réalisation, sans avoir été confirmés par une étude d'exécution.**

# PRESENTATION DU SITE

## 1. INFORMATIONS ADMINISTRATIVES

**Site :** Refuge du Clot des Vaches
**Adresse :** 05 220 Le Monêtier-les-Bains
Hautes-Alpes
**Téléphone :** 04 92 24 40 04

| | |
|---|---|
| Latitude : | 45°1'55 |
| Longitude : | 6°29'4 |
| Altitude : | 2 250 m |

**Nom du demandeur :** **Commune du Monêtier-les-Bains**
Mairie
05 220 Le Monetier les Bains
04 92 24 40 04

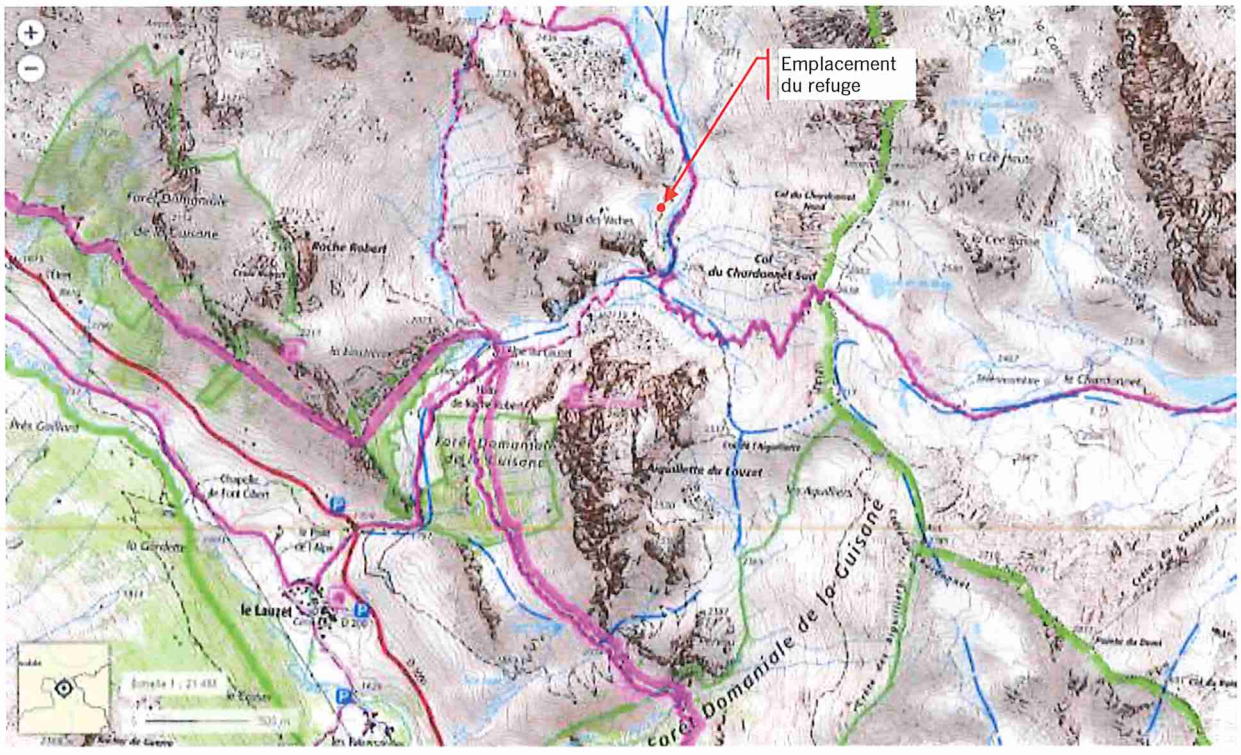
**Type de bâtiment :** un refuge de montagne à construire, d'une capacité de 30 places.

**Equipements à alimenter :** l'éclairage, les appareils de froid, un lave-vaisselle, un lave-linge, des appareils électroménagers, etc.

**Contraintes :** température très basse en hiver et neige en abondance.

**Positionnement prévisionnel du refuge :**

Le refuge du Clot-des-Vaches sera implanté au lieu dit Clot des Vaches sur le parcours du GR57.



# 2. L'ENERGIE AU REFUGE

## 2.1. OCCUPATION DU SITE

Deux hypothèses sont pour l'instant formulées pour l'occupation du site :

| | • Hypothèse 1<br>utilisation de mars à mi-septembre | • Hypothèse 2<br>utilisation de Noël à mi-septembre |
|---|---|---|
| **Besoins de chaleur** | **9 800 kWh** | **17 115 kWh (+75%)** |
| **Besoin en ECS** | **5 685 kWh**<br>**Soit 1 575 kWh de gaz**<br>**avec couverture solaire 73% sur la période** | **6 740 kWh (+18%)**<br>**Soit 2 000 kWh de gaz (+27%)**<br>**avec couverture solaire 70% sur la période** |

Dans le cadre de cette étude, nous tiendrons compte de l'occupation la plus importante (hypothèse 2) pour le dimensionnement des équipements.

## 2.2. RECENSEMENT DES BESOINS ELECTRIQUES

Le recensement des besoins du refuge se base sur l'APD du projet et notre expérience sur des sites similaires.
Le tableau à la page suivante recense les besoins énergétiques du refuge lors de la période de fréquentation la plus importante en été, mais finalement avec une ouverture annuelle, les besoins seront relativement constants toute l'année.

## ECLAIRAGE

| Localisation | Cmd | Nombre | Type de luminaire | Tension d'alimentation (V) | Puissance (Watts) | Durée d'utilisation (heure) | Consommation (Wh/jour) | Puissance appelée (Watts) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Refuge rdc** | | | | | | | | |
| Eclairage extérieur | | 4 | LED | 230 V | 10 W | 4,0 | 160,0 | 40 W |
| Sas d'entrée | | 1 | LED | 230 V | 7 W | 6,0 | 42,0 | 7 W |
| Salle de dépose matériel | | 2 | LED | 230 V | 7 W | 6,0 | 84,0 | 14 W |
| Accueil puiblic / résa / caisse | | 2 | LED | 230 V | 7 W | 6,0 | 84,0 | 14 W |
| Salle de restauration | | 12 | LED | 230 V | 7 W | 4,0 | 336,0 | 84 W |
| Sanitaire WC + lavabo | | 3 | LED | 230 V | 7 W | 2,0 | 42,0 | 21 W |
| Accueil gardien / gérant | | 1 | LED | 230 V | 7 W | 1,0 | 7,0 | 7 W |
| Cuisine | | 3 | Réglette LED | 230 V | 22 W | 6,0 | 396,0 | 66 W |
| Cellier | | 1 | Réglette LED | 230 V | 22 W | 0,5 | 11,0 | 22 W |
| Escalier | | 1 | LED | 230 V | 7 W | 2,0 | 14,0 | 7 W |
| Sous-sol | | 3 | LED | 230 V | 7 W | 0,5 | 10,5 | 21 W |
| **Refuge étage** | | | | | | | | |
| Dortoirs | | 5 | LED | 230 V | 7 W | 2,0 | 70,0 | 35 W |
| Chambre gardien | | 2 | LED | 230 V | 7 W | 2,0 | 28,0 | 14 W |
| Douche gardien | | 2 | LED | 230 V | 7 W | 1,0 | 14,0 | 14 W |
| Dortoir guide | | 2 | LED | 230 V | 7 W | 2,0 | 28,0 | 14 W |

## FROID

| Désignation | Capacité | Nombre | Détail & classe énergétique | Caractéristiques | Tension d'alimentation (V) | Consommation (Wh/jour) | Puissance appelée (Watts) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Armoire froid | Polar UGS : CD084 | 1 | 1890(H) x 780 (L) x 695 (P) | +2°C à +5°C - 513 litres | 230 V | 1 838 | 345 W |
| Armoire froid bar | Polar UGS:DA463 | 1 | 650(H) x 1795 (L) x 700 (P) | -2°C à +8°C - 194 litres | 230 V | 2 181 | 155 W |
| Congélateur | Liebherr GTP 4656-21 | 1 | 915(H) x 1653 (L) x 809 (P) | 419 l | 230 V | 478 | 106 W |

## EQUIPEMENTS ELECTRIQUES DIVERS

| Désignation | Lieu | Nombre | Détail | Tension d'alimentation (V) | Puissance (Watts) | Durée d'utilisation (heure) | Consommation moyenne pour un mois* (Wh/jour) | Puissance appelée (Watts) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Lave-vaisselle | | 1 | Entrée eau chaude (boiler off) | 230 V | 2000 W | 9 cycles de 3 min | 1 035 | 2000 W |
| Lave-linge | | 1 | Entrée eau chaude | 230 V | 250 W | 2,0 | 500 | 250 W |
| Cafetière thermos | | 1 | Matin et midi | 230 V | 800 W | 1,0 | 800 | 800 W |
| Machine à bière | | 1 | | 230 V | 773 W | 0,5 | 386 | 773 W |
| Trancheuse à jambon | | 1 | | 230 V | 180 W | 1,0 | 180 | 180 W |
| Micro-onde | | 1 | | 230 V | 1500 W | 0,5 | 750 | 1500 W |
| Hotte | | 1 | | 230 V | 200 W | 5,0 | 1 000 | 200 W |
| Petit électroménager | | 1 | Mixeur, batteur, etc. | 230 V | 350 W | 0,5 | 175 | 350 W |
| Aspirateur | | 1 | | 230 V | 1 200 W | 1,0 | 1 200 | 1200 W |
| Fourneau gaz (régulation) | | 1 | Régulation, sécurité | 230 V | 12 W | 24,0 | 288 | 12 W |
| Ordinateur portable | | 1 | | 230 V | 45 W | 12,0 | 540 | 45 W |
| Décodeur satellite | | 1 | | 203 V | 30 W | 24 | 720 | 30 W |
| Box internet | | 1 | | 230 V | 26 W | 24 | 624 | 26 W |
| Borne de secours | | 1 | | 230 V | 50 W | 2 | 100 | 50 W |
| Imprimante | | 1 | | 230 V | 18 W | 2 | 36 | 18 W |
| TPE carte bleue | | 1 | | 230 V | 15 W | 12 | 180 | 15 W |
| Recharge téléphone | | 3 | | 230 V | 30 W | 3,0 | 90 | 90 W |
| Extracteur WC sec | | 3 | | 24 V | 25 W | 12,0 | 300 | 75 W |
| Poêles à bois (régulation) | | 2 | Régulation, sécurité | 230 V | 30 W | 24 | 1 440 | 60 W |
| Circulatuer ECS | | 1 | | 230 V | 80 W | 10 | 800 | 80 W |
| Traitement UV | | 1 | | 230 V | 18 W | 24,0 | 432 | 18 W |
| Extracteur pour les vestiaires | Vestiaire | 1 | | 230 V | 60 W | 12,0 | 720 | 60 W |
| Douche électrovannes | Sanitaire | 2 | | 24 V | 12 W | 1,0 | 24 | 24 W |
| Pompe Surpresseur | Sanitaire | 1 | 60litres 3m³/heure | 230 V | 750 W | 1 | 750 | 750 W |
| Détecteur de fumée | | 1 | Sur pile | | | | 0 | 0 W |
| Alarme incendie | | 1 | Sur pile | | | | 0 | 0 W |
| | | | | | | | | 0 W |
| | | | | | | | | 0 W |

| | Foisonnement | Consommation (Wh/jour) | Puissance appelée (W) |
|---|---|---|---|
| *Eclairage* | 0,8 | 1 327 | 304 |
| *Froid* | 1 | 4 497 | 606 |
| *Equipements électriques* | 0,7 | 13 070 | 6 024 |
| *Consommation de l'onduleur, des régulateurs et de l'auto décharge batterie :* | | *828* | |

**Consommation journalière totale en juillet (rendement onduleur inclus) : 19 722 Wh/jour**
**PUISSANCE APPELEE ONDULEUR (coéf. de foisonnement inclus) : 6 934 W**

Nous présentons ici les coefficients mensuels d'ajustement des consommations. La valeur 1 tient compte d'une consommation maximum pour la journée du mois considéré (correspondant à la consommation en Wh/jour présentée dans le tableau de la page précédente), une valeur de 0,5 signifie que 50% de la consommation est prise en compte du fait d'une moindre fréquentation du refuge qui entraîne une moins longue utilisation des équipements.

| Equipements électriques et électroménagers | Janv | Fév | Mars | Avril | Mai | Juin | Juillet | Août | Sept | Oct | Nov | Déc |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Lave-vaisselle | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,5 | 0,5 | 1 |
| Lave-linge | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,5 | 0,5 | 1 |
| Cafetière thermos | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Machine à bière | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Trancheuse à jambon | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,5 | 0,5 | 1 |
| Micro-onde | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,5 | 0,5 | 1 |
| Hotte | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,5 | 0,5 | 1 |
| Petit électroménager | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,5 | 0,5 | 1 |
| Aspirateur | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Fourneau gaz (régulation) | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Ordinateur portable | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Décodeur satellite | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Box internet | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Borne de secours | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Imprimante | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| TPE carte bleue | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Recharge téléphone | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Extracteur WC sec | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Poêles à bois (régulation) | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Circulatuer ECS | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Traitement UV | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Extracteur pour les vestiaires | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Douche électrovannes | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Pompe Surpresseur | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Les équipements de froid fonctionnent tout le temps, nous avons toutefois considéré qu'en période d'hiver avec une température inférieure dans le refuge, les équipements consommeraient moins d'énergie.

| Equipement pour la réfrigération et la congélation | Janv | Fév | Mars | Avril | Mai | Juin | Juillet | Août | Sept | Oct | Nov | Déc |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Armoire froid | 0,8 | 0,8 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,8 | 0,8 |
| Armoire froid bar | 0,8 | 0,8 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,8 | 0,8 |
| Congélateur | 0,8 | 0,8 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,8 | 0,8 |

La répartition de la consommation mois par mois est présentée ci-contre. La valeur de 100% pour le mois de juillet correspond à une consommation de **19 722 Wh/jour** (besoins électriques uniquement).

La batterie est dimensionnée en fonction du nombre de jours sans ensoleillement sur le site et en l'absence du fonctionnement de la pico-centrale (maintenance ou panne). Dès lors, si la consommation varie dans l'année, la capacité de la batterie étant fixe, le nombre de jours d'autonomie varie en conséquence.

| | Consommation | % au regard de la conso. max | Autonomie de la batterie en jours |
|---|---|---|---|
| ***janvier*** | 18 780 | 95% | 3 |
| ***février*** | 18 791 | 95% | 3 |
| ***mars*** | 19 722 | 100% | 3 |
| ***avril*** | 19 722 | 100% | 3 |
| ***mai*** | 19 722 | 100% | 3 |
| ***juin*** | 19 722 | 100% | 3 |
| ***juillet*** | 19 722 | 100% | 3 |
| ***août*** | 19 722 | 100% | 3 |
| ***septembre*** | 19 722 | 100% | 3 |
| ***octobre*** | 18 420 | 93% | 4 |
| ***novembre*** | 16 886 | 86% | 4 |
| ***décembre*** | 18 802 | 95% | 3 |

**Figure 1 : Répartition de la consommation sur l'année**

## 2.3. RECENSEMENT DES BESOINS THERMIQUES

Seuls les besoins en eau chaude sanitaire ont été estimés dans le tableau ci-dessous. La pico-centrale disposera d'une réserve d'énergie en dissipation pour le séchage dans la salle de dépôt du matériel et dans le couloir à l'étage pour les dortoirs.

| *Eau chaude sanitaire* | Janv | Fév | Mars | Avril | Mai | Juin | Juill | Août | Sept | Oct | Nov | Déc |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Nombre de personnes par jour* | *10* | *10* | *10* | *15* | *25* | *35* | *35* | *35* | *25* | *10* | *10* | *15* |
| Nombre de personnes par mois | 310 | 280 | 310 | 450 | 775 | 1 050 | 1 085 | 1 085 | 750 | 310 | 300 | 465 |
| *Consommation l/mois* | *6 200* | *5 600* | *6 200* | *9 000* | *15 500* | *21 000* | *21 700* | *21 700* | *15 000* | *6 200* | *6 000* | *9 300* |
| Température ECS | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 |
| *Température de la source* | *5* | *5* | *5* | *8* | *10* | *10* | *10* | *10* | *8* | *8* | *5* | *5* |
| Consommation moyenne l/jr | 200 | 200 | 200 | 300 | 500 | 700 | 700 | 700 | 500 | 200 | 200 | 300 |
| *Energie nécessaire(MJ)* | *46* | *46* | *46* | *65* | *105* | *147* | *147* | *147* | *109* | *44* | *46* | *69* |
| Besoins (kWh/mois) | 397 | 358 | 397 | 544 | 901 | 1 221 | 1 262 | 1 262 | 907 | 375 | 384 | 595 |
| *Besoins (Wh/jr)* | *12 791* | *12 791* | *12 791* | *18 139* | *29 070* | *40 698* | *40 698* | *40 698* | *30 232* | *12 093* | *12 791* | *19 186* |

**Figure 2 : Consommation journalière des usages thermiques**

# 3. LE PROJET D'ALIMENTATION DU REFUGE

## 3.1. CHOIX TECHNIQUES

La situation géographique du futur refuge du Clot-des-Vaches et le torrent du RIF en font un site favorable à l'installation d'une pico-centrale hydroélectrique. Le torrent du RIF est un cours d'eau classé en liste 1, mais le projet de pico-centrale ne fera pas obstacle à la continuité écologique du cours d'eau dans la mesure où la prise d'eau sera immergée dans le cours du torrent.

Le fonctionnement annuel du refuge entraîne des consommations importantes toute l'année avec également des besoins de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire. Ces besoins ne peuvent pas être couverts par une installation photovoltaïque.

Toutes les consommations électriques peuvent être couvertes par la pico-centrale couplée à un générateur photovoltaïque. Les besoins thermiques importants tant pour la production d'eau chaude sanitaire ainsi que pour le chauffage peuvent être en partie couverts par la pico-centrale limitant ainsi la consommation de gaz propane.
Le dimensionnement de la pico-centrale s'effectue sur les besoins énergétiques journaliers et non sur la puissance appelée. Dès lors, nous prévoyons d'installer un onduleur pour répondre aux appels de puissance dans le refuge et un parc batterie qui fera tampon entre les besoins énergétiques et la production de la pico-centrale.

L'utilisation d'un parc batterie et d'un onduleur offre de nombreux avantages :

- le parc batterie permet d'avoir une réserve d'énergie, et donc d'assurer une continuité de service en cas de maintenance de la pico-centrale,
- la pico-centrale est dimensionnée en fonction des besoins énergétiques du refuge (Wh/jour) et non pas en fonction de la puissance appelée, le raisonnement se fait sur l'énergie consommée par jour et non pas sur la puissance appelée,
- l'onduleur peut très bien être d'une puissance largement supérieure à celle de la pico-centrale, ce qui évite de surdimensionner la puissance de la pico-centrale ainsi que tous les ouvrages et équipements associés (la conduite, les appareils de délestage, la taille du local turbine, etc.),
- l'onduleur est capable de fournir 6 à 7 fois sa puissance nominale pendant un court instant, il est préférable que ce soit lui qui subisse les appels de puissance des équipements et non la pico-centrale.

Voici une liste de raisons pour lesquelles il est important de dimensionner la pico-centrale en fonction des besoins énergétiques du refuge et non sur la puissance appelée :

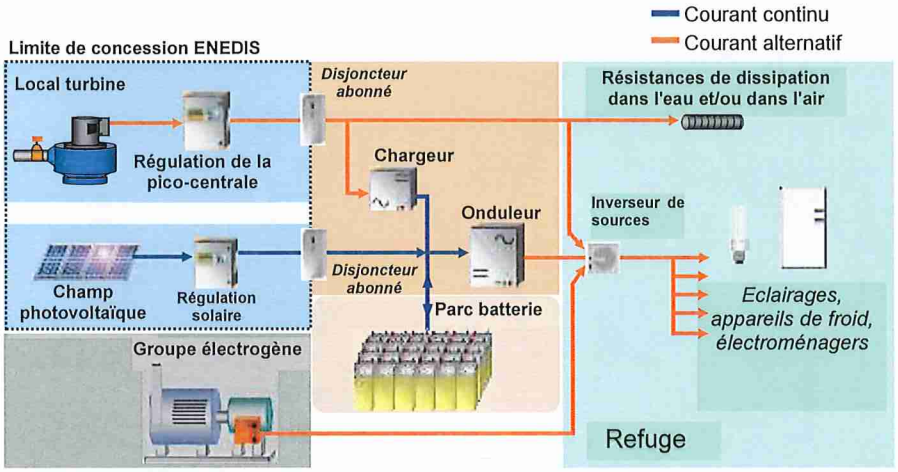
⇨ *Conformément au tableau des besoins énergétiques, il faudrait installer une pico-centrale d'au moins 7kW pour répondre aux appels de puissance du refuge. Or une telle puissance fournie dans la journée 168 000Wh/jour (7 000 Watts x 24 heures). La consommation journalière du refuge est d'environ 20 000 Wh/jour et la consommation en eau chaude sanitaire est de 40 000Wh/jour. Cela signifie qu'il y a 108 000 Wh/jour qui ne seront pas utilisés.*

⇨ *Une pico-centrale de 7kW signifie également une hauteur de chute de 110m avec un prélèvement de 10l/s ou une hauteur de chute de 40m avec un prélèvement de 30l/s. La configuration du torrent et la nécessité de faire remonter le câble d'alimentation au refuge*

*nous limitent dans la distance sur la conduite forcée et nous sommes également limités dans le débit prélevé avec au mois de décembre un débit de seulement 25 l/s dans le cours d'eau.*

- ⇨ *Un raisonnement sur la consommation et non la puissance c'est s'assurer d'une installation hydroélectrique à un coût "énergétiquement efficace",*
- ⇨ *Plus le débit prélevé dans le cours d'eau est important, plus les impacts sur l'environnement et le coût de la centrale hydroélectrique augmentent de même que les coûts de génie civil.*
- ⇨ *Tout kWh produit et non utilisé (ou utilisé dans une déperdition dans l'air, au mois d'août par exemple) est un kWh très cher, cela signifie que la centrale hydroélectrique a été surdimensionnée.*
- ⇨ *il faut pouvoir communiquer auprès des randonneurs sur l'aspect exemplaire de la gestion de l'énergie sur le refuge.*

Voici le schéma de principe d'une pico-centrale couplée à un générateur photovoltaïque. Le groupe électrogène est là uniquement en secours du générateur photovoltaïque lorsque la pico-centrale ne fonctionne pas.




### 3.1.1. L'installation photovoltaïque

L'installation photovoltaïque se justifie pour garantir une production continue dans l'année même si la centrale hydroélectrique est à l'arrêt. D'autre part, toute la production photovoltaïque utilisée libère une énergie provenant de la pico-centrale pour les besoins thermiques (eau chaude sanitaire et chauffage).

Le dimensionnement de l'installation photovoltaïque doit répondre à plusieurs contraintes :

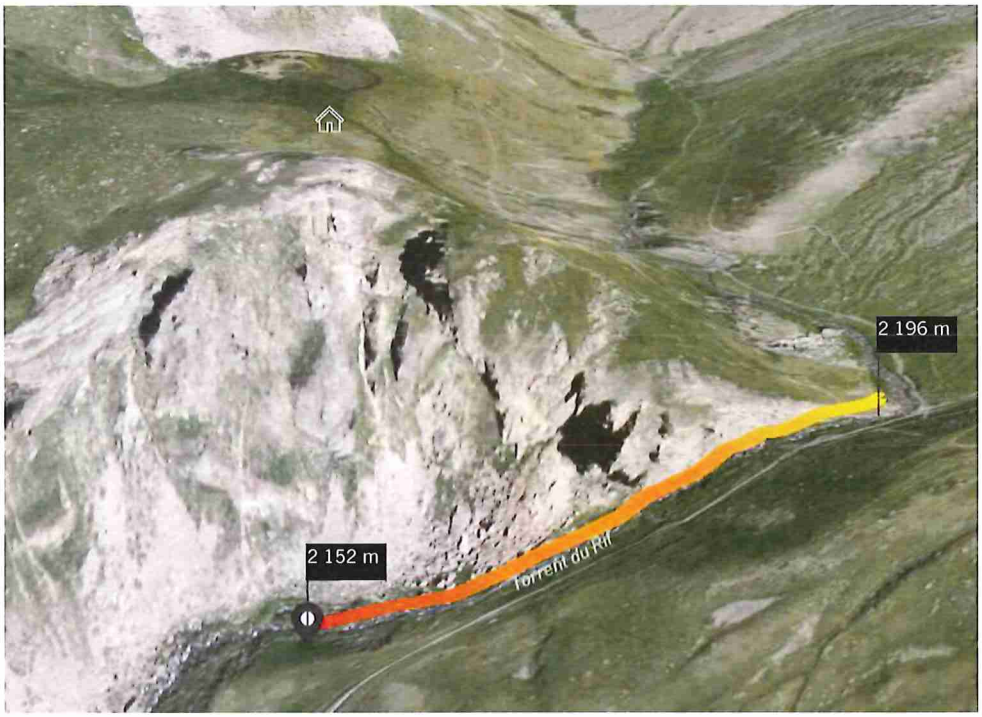
- répondre aux besoins énergétiques du refuge en l'absence du fonctionnement de la pico-centrale,
- conserver la charge du parc batterie lorsque le refuge est fermé.

Le générateur à donc été dimensionné pour répondre à tous les besoins énergétiques présentés précédemment. La puissance installée est de **6 000Wc** en toiture.

### 3.1.2. L'installation hydroélectrique

Une première étude prévoyait d'installer la prise d'eau bien en amont du refuge et de positionner le local turbine proche du refuge.
Cette configuration ne paraît pas adaptée à la topographie du site qui impose de remonter très loin dans la vallée pour obtenir une hauteur de chute satisfaisante. Dès lors, la longueur de la conduite est très importante et d'autre part, la prise d'eau positionnée à cet endroit révèle un bassin versant de 2,32 km² et des valeurs de débit inférieures à ce que l'on peut trouver au pied du Clot des Vaches.

Nous avons choisi de positionner la prise d'eau juste en amont de la chute du cours d'eau dans un petit vallon. Préalablement à cette chute, le cours d'eau se situe en fond de vallée sur un plateau avec une très faible dénivelée. Il s'agit donc de l'endroit le plus intéressant pour obtenir une hauteur de chute satisfaisante avec une distance de conduite la plus faible (230 m).




La seule contrainte à ce positionnement se trouve dans la distance entre le local turbine et le refuge qui va nécessiter une tranchée, la même que la conduite forcée jusqu'à la prise d'eau, puis une tranchée très étroite 30cm pour faire remonter le câble d'alimentation jusqu'au refuge. Cela suppose également de dimensionner ce câble correctement pour limiter les chutes de tension.
Le positionnement du local turbine à cet endroit est intéressant puisqu'il n'est pas visible depuis le chemin et le bruit engendré par la pico-centrale ne va pas déranger les promeneurs (le bruit du torrent va couvrir le bruit de la pico-centrale).

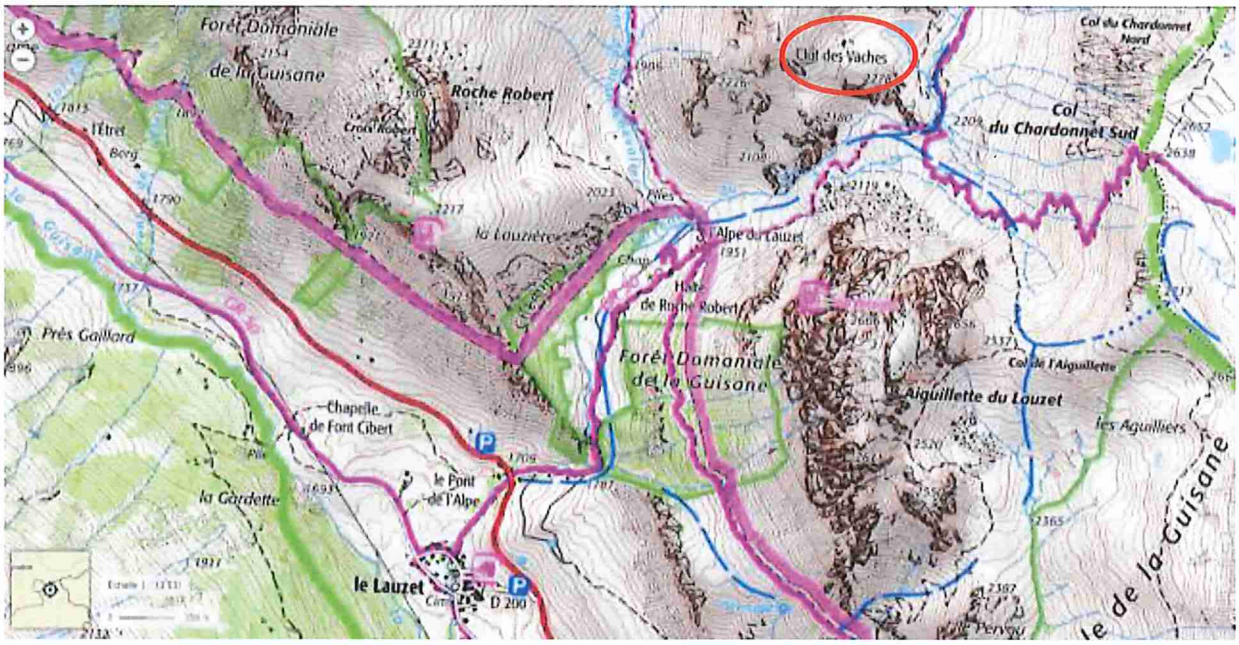
Un panneau d'information au niveau de la prise d'eau pourra être installé pour expliquer le fonctionnement de la centrale. Les deux ouvrages (prise d'eau et bassin de mise en charge) seront visibles depuis le chemin.

# INSTALLATION HYDROELECTRIQUE

## 4. EMPLACEMENT DES OUVRAGES

### 4.1. ACCES AU SITE

Depuis le parking du Pont de l'Alpe suivre le GR50 jusqu'au lieu dit le Clot des Vaches.

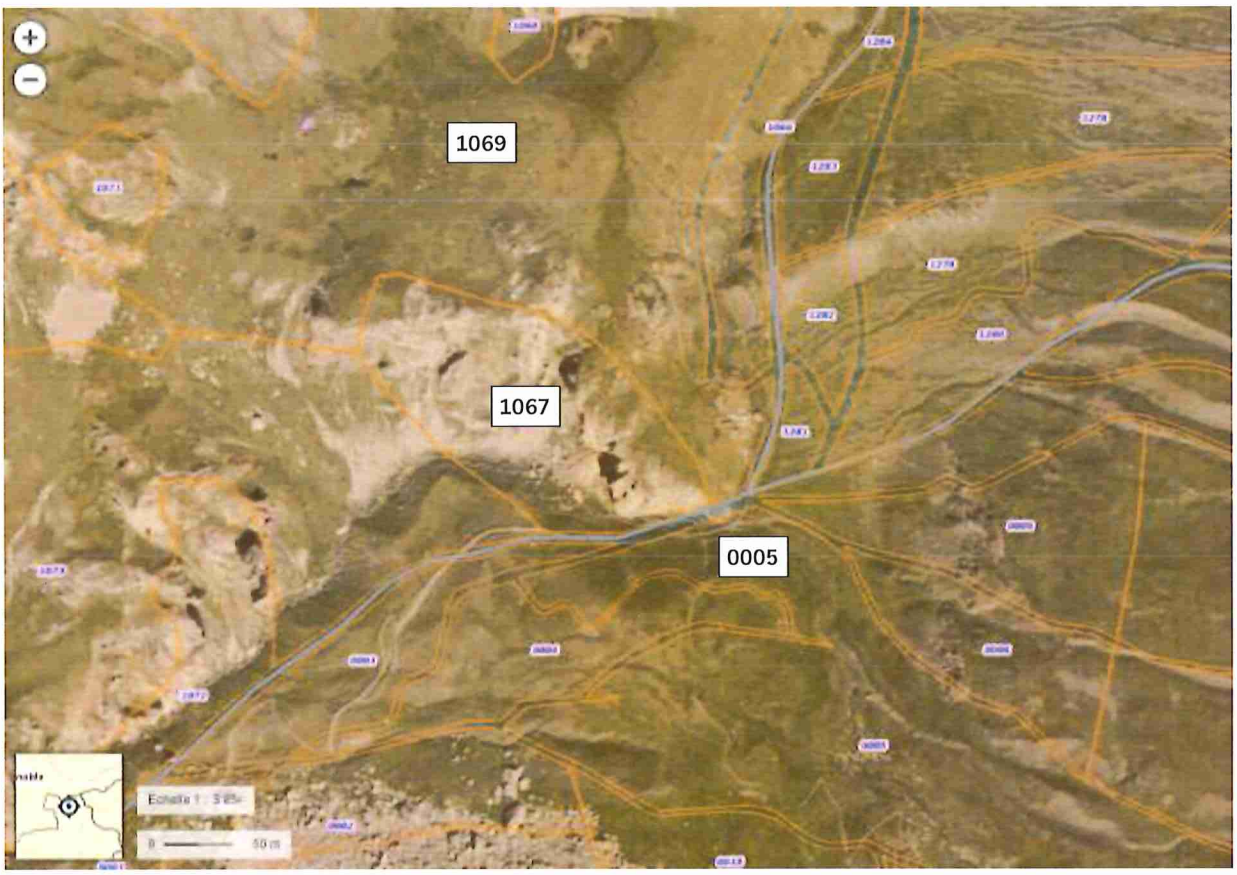



**Carte 1 : Cartes d'accès et de situation**

## 4.2. CARTE DETAILLEE

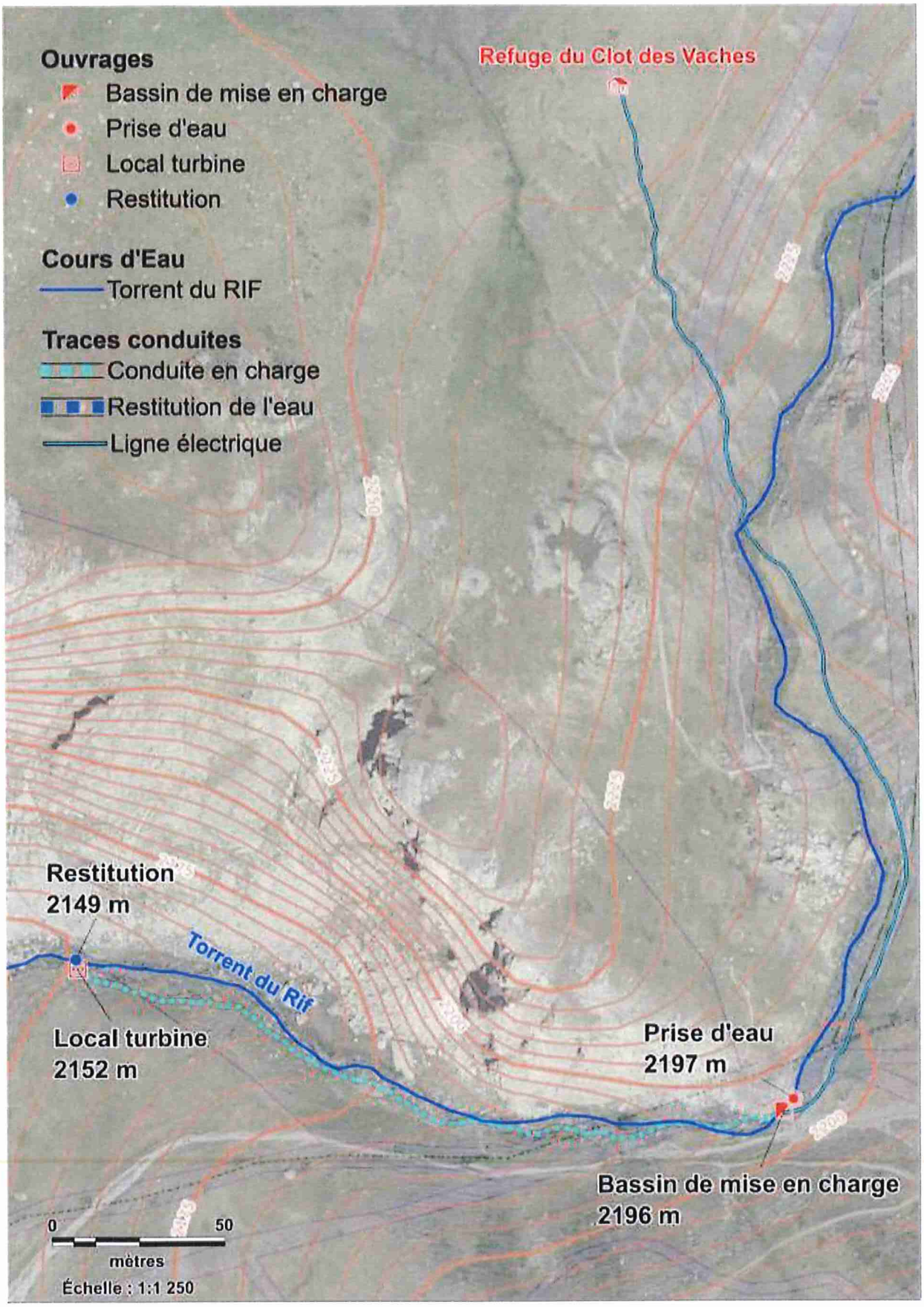
### *4.2.1. Point sur la situation foncière*

Le refuge sera installé sur la parcelle cadastrale 000 B 1069.
La centrale hydroélectrique et l'ensemble des aménagements (conduite forcée, câble électrique) seront situés sur les parcelles 1069, 1067 et 0005.
.



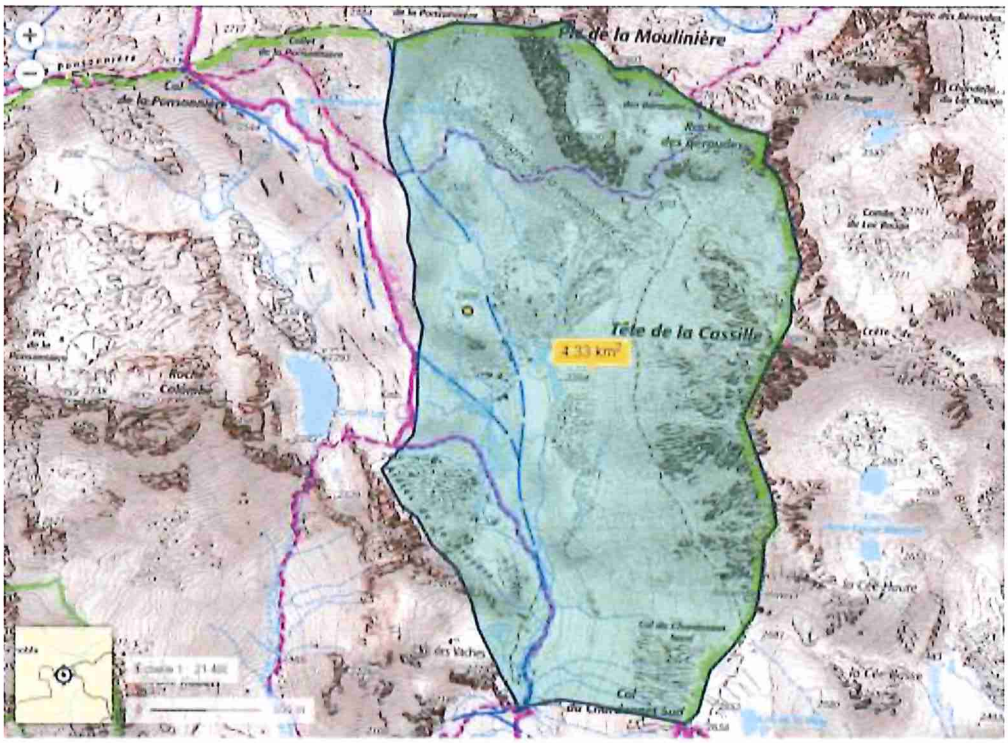

**Carte 2 : Plan cadastral du secteur du refuge de la Balme**

| | |
|---|---|
| **Références de la parcelle 000 B 1069** | |
| Référence cadastrale de la parcelle | **000 B 1069** |
| Contenance cadastrale | **208 379 mètres carrés** |
| Adresse | **CLOT DES VACHES<br>05220 LE MONETIER-LES-BAINS** |
| **Références de la parcelle 000 B 1067** | |
| Référence cadastrale de la parcelle | **000 B 1067** |
| Contenance cadastrale | **27 440 mètres carrés** |
| Adresse | **CLOT DES VACHES<br>05220 LE MONETIER-LES-BAINS** |
| **Références de la parcelle 000 C 5** | |
| Référence cadastrale de la parcelle | **000 C 5** |
| Contenance cadastrale | **69 840 mètres carrés** |
| Adresse | **LE CHARDONNET<br>05220 LE MONETIER-LES-BAINS** |


Ouvrages
Bassin de mise en charge
Prise d'eau
Local turbine
Restitution
Cours d'Eau
Torrent du RIF
Traces conduites
Conduite en charge
Restitution de l'eau
Ligne électrique
Refuge du Clot des Vaches
Restitution
2149 m
Torrent du Rif
Local turbine
2152 m
Prise d'eau
2197 m
Bassin de mise en charge
2196 m
0
50
mètres
Échelle : 1:1 250

# 5. RESSOURCE EN EAU

## 5.1. BASSIN VERSANT




**Carte 4 : Carte du bassin versant au niveau de la prise d'eau**

Le bassin versant au niveau de la prise d'eau, à 2197 m d'altitude, fait 4,33km².
Une station de mesure beaucoup plus en aval, à 1 665 m d'altitude au lieu dit le Lauzet donne des mesures pour la période du 22/05/1985 au 30/10/1986.

## 5.2. APPROCHE QUANTITATIVE

L'utilisation du salinomètre et de la méthode de dilution permettent de mesurer précisément le débit du cours d'eau.

Cette méthode consiste à injecter, en amont dans le cours d'eau, une certaine quantité connue de traceur.
Le traceur le plus couramment utilisé pour les mesures est le sel de cuisine.

**Figure 3 : Appareil de mesure de débit (salinomètre)**

Au terme d'un parcours avec l'eau de la rivière, suffisamment long pour permettre une dilution uniformément répartie dans l'écoulement, le salinomètre enregistre les valeurs de conductivité de l'eau, et cela pendant toute la durée du passage du nuage de sel. L'appareil calcule alors précisément le débit du cours d'eau, en fonction de la durée du passage du nuage de sel (dont la quantité est connue).

Pour évaluer au mieux les débits mensuels du cours d'eau, il faut effectuer un certain nombre de mesures. Deux mesures de débit ont été réalisées en 2022 à l'endroit précis de l'implantation de la prise d'eau :

- La première par le cabinet CIMEO qui a mesuré 52 l /s le 4 août 2022.
- De notre côté nous avons également effectué une mesure le 5 octobre 2022 à 78 l/s, mais cette mesure ne sera pas retenue dans la mesure où il venait de pleuvoir la veille (4,4 mm) et l'avant-veille (9,6mm)[1].

Par la suite, plusieurs autres mesures ont été effectuées par le cabinet Hydétudes en 2023 et 2024 :

- Le 21 février 2023 une estimation à 35l/s basée sur une mesure effectuée plus bas,
- Le 13 avril 2023 une estimation à 71l/s basée sur une mesure effectuée plus bas,
- Le 5 juin une mesure à l'emplacement de la prise d'eau pour 616l/s
- Le 26 juillet une mesure à l'emplacement de la prise d'eau pour 81l/s
- Le 4 octobre une mesure à l'emplacement de la prise d'eau pour 77l/s
- Le 14 mars 2024 une estimation à 38l/s basée sur une mesure effectuée plus bas,

## 5.3. DEBITS CARACTERISTIQUES DE REFERENCE

### *5.3.1. Méthode des bassins versants*

Les données hydrologiques sont essentielles pour la détermination de la faisabilité du projet, elles permettent de vérifier l'adéquation de la ressource en eau avec les besoins de l'utilisateur (puissance installée et consommations du site), et surtout de limiter le volume d'eau prélevé en fonction des incidences. L'approche théorique est basée sur le bassin versant et sur des données de débit en aval déjà disponibles. Cette approche théorique qui permet d'approcher les débits du ruisseau concerné est délicate puisqu'elle ne tient pas compte de la géologie spécifique du site, à savoir l'infiltration et les phénomènes de rétention et d'autre part dans notre cas, les données de références sont très anciennes (1985 et 1986).

[1] https://www.infoclimat.fr/climatologie/globale/8-octobre/le-monetier-les-bains/000TT.html
https://www.infoclimat.fr/climatologie/globale/9-octobre/le-monetier-les-bains/000TT.html

Toutefois, même si le débit depuis 1986 à dû baisser, la courbe nivale caractéristique en montagne sera conservée pour extrapoler la courbe des débits au niveau de la prise d'eau. D'autre part nous avons suffisamment de mesure établir une courbe moyenne de débit attendue à l'altitude de 2197m. On ne se sert finalement du cours d'eau pris en référence pour déterminer les points manquants des mesures effectuées dans l'année.

**Ecoulements moyens**

**Module calculé sur 2 ans : 431 l/s (34 l/s/km²)**

COURS D'EAU PRIS EN REFERENCE POUR L'ALLURE DE LA COURBE Rapport de surface : 2,8

Bassin versant Surface : **12,32 Km²** lambert X : 974 727,254 lambert Y : 6 437 671,385

| Torrent du RIF (Le Lauzet) | 15-janv. | 15-févr. | 15-mars | 15-avr. | 15-mai | 15-juin | 15-juil. | 15-août | 15-sept. | 15-oct. | 15-nov. | 15-déc. | Moy. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Débit mensuel (l/s) | 71 | 52 | 54 | 49 | 1780 | 1620 | 829 | 290 | 186 | 69 | 99 | 71 | **430,89** |
| Débit spécifique (l/s/km²) | 5,8 | 4,2 | 4,4 | 4,0 | 144,5 | 131,5 | 67,3 | 23,5 | 15,1 | 5,6 | 8,0 | 5,8 | **34,98** |

**Figure 4 : Débits mensuel (l/s) et spécifique (l/s/km²) du torrent du Rif au Monêtier-les-Bains (lieu dit Le Lauzet)**

Une corrélation entre deux bassins versants est envisageable à partir des débits spécifiques (l/s/km²) dès lors que les caractéristiques physiques des bassins versants (surface, forme, relief, orientation, surface occupée par les glaciers) sont identiques ou jugées relativement proches. Cette corrélation est « possible » dans notre cas, en effet, les facteurs des caractéristiques physiques des bassins versants sont à peu près identiques.

### *5.3.2. Débit attendu à la prise d'eau à 2 197 m d'altitude*

A partir des mesures effectuées et de l'allure de la courbe des débits au lieu-dit le Lauzet, nous pouvons reconstituer une courbe des débits du torrent à 2197 m d'altitude.

**Ecoulements moyens**

**Module estimé : 148 l/s**

| Le RIF à 2197 m | Janv | Fév | Mar | Avr | Mai | Juin | Juil | Août | Sept | Oct | Nov | Déc | Moy. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Débit mensuel moyen | 25 | 35 | 38 | 70 | 600 | 550 | 80 | 52 | 56 | 34 | 30 | 25 | 133 |
| spécifique (l/s/km²) | 6 | 8 | 9 | 16 | 139 | 127 | 18 | 12 | 13 | 8 | 7 | 6 | 31 |
| | | | | | | | | | | Débit réservé (l/s) | | 13,3 | |

**Figure 5 : Débits mensuels (l/s) estimés du torrent du RIF à 2197 m d'altitude**

La reconstitution de la courbe des débits s'effectue sur la base des mesures recalées au 15 de chaque mois et de l'allure de la courbe des débits connus en aval au lieu dit le Lauzet.

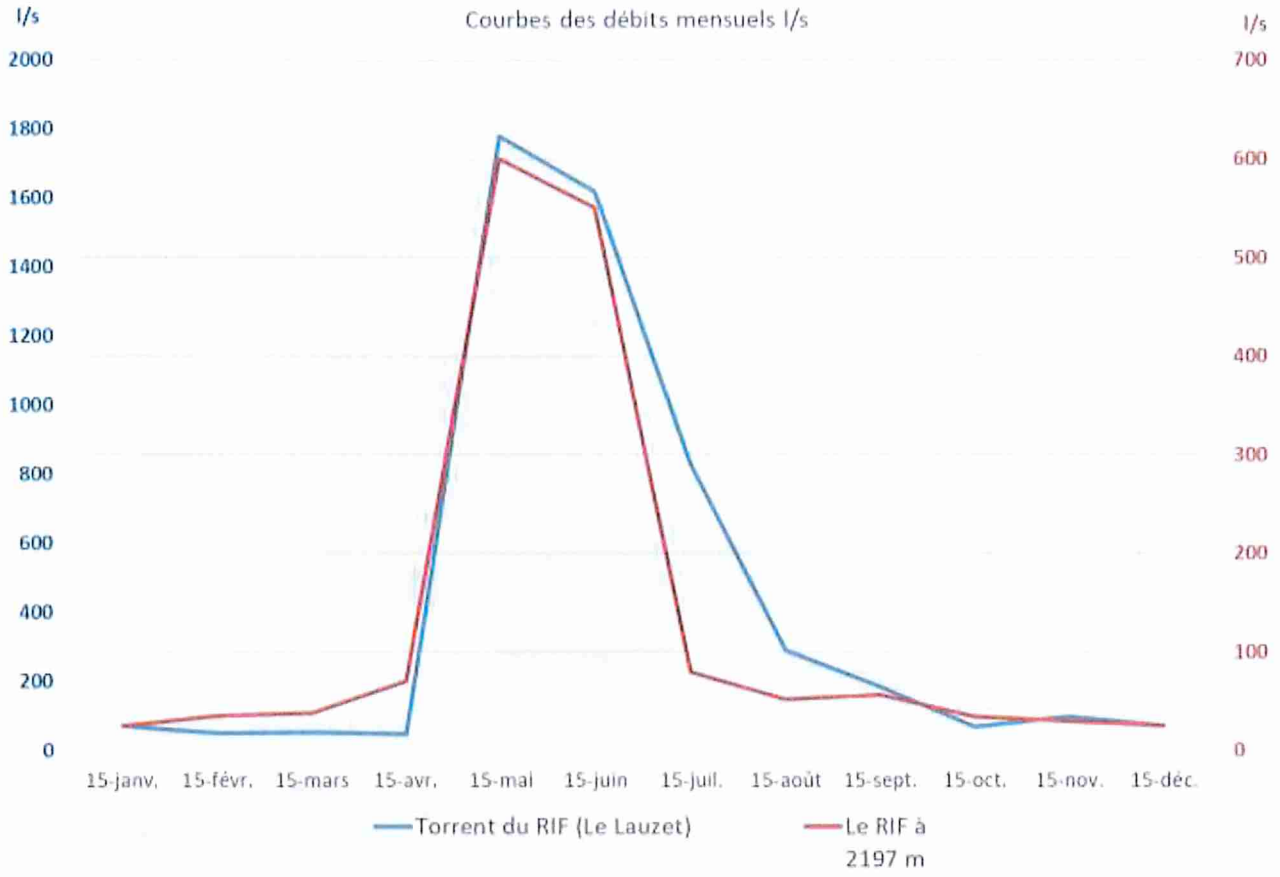



**Figure 6 : Courbes des débits du torrent du RIF à 2197 m d'altitude**

| Le module inter-annuel retenu est de 133 litres. |
|---|

# 6. CARACTERISTIQUES PRINCIPALES DES OUVRAGES

## 6.1. LA PRISE D'EAU

**La prise d'eau sera située à la côte NGF 2197 m.**

Elle est constituée d'un regard muni d'une grille dans sa partie supérieure. Toute l'eau du ruisseau s'écoule à travers la grille puis, lorsque le débit est suffisant, la conduite d'amenée d'eau du bassin de mise en charge est alimentée.

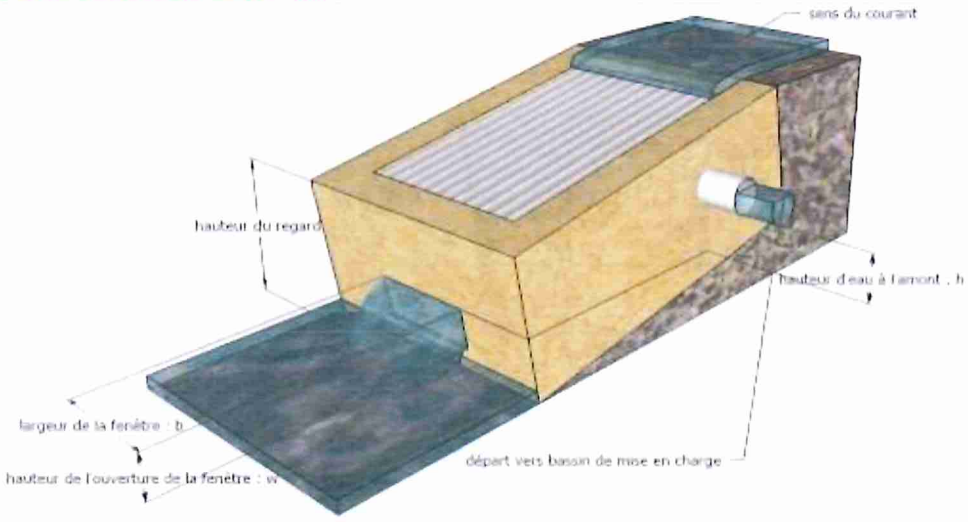



**Figure 7 : schéma de principe de la prise d'eau « en dessous »**

Dès que le débit du ruisseau augmente, l'eau est acheminée vers le bassin de mise en charge par un tube de 110 mm (diamètre extérieur). Cet ouvrage de faible dimension ne saurait faire obstacle à l'écoulement des crues il sera immergé dans le torrent.

***Exemple de prise d'eau immergée (refuge de la Balme-La Côte d'Aime 73 – source Axenne) →***

Le calcul du débit minimal est réalisé à partir des caractéristiques de la fenêtre et de la formule suivante :

$$Q = 2{,}66 \times b \times w \times h^{1/2}$$

avec : b largeur de la fenêtre = 25 cm
w hauteur de l'ouverture de la fenêtre = 15 cm
h hauteur d'eau à l'amont = 5 cm

**→ le débit garanti est de : 13 l/s**

Ce débit, en dessous duquel il ne sera techniquement plus possible de prélever d'eau, correspond à la valeur 1/10ème du module, conformément à l'article L.214-18 du code de l'environnement.

Le prélèvement débutera donc dès lors que le débit du torrent sera supérieur à 13 l/s (tout en maintenant ces 13 l/s dans le torrent). Dès que le débit du ruisseau atteint 23 l/s, la turbine peut atteindre son régime nominal.

**Photographie 1 : Photo du lieu d'implantation de la prise d'eau**

## 6.2. BASSIN DE MISE EN CHARGE

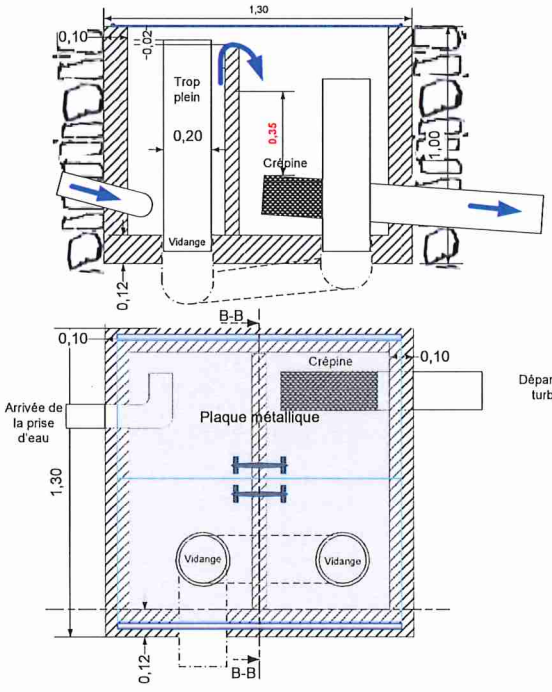
Distance prise d'eau → bassin de mise en charge : 4 m

**Le bassin de mise en charge est situé sur la rive gauche du torrent à la côte NGF 2196 m.**

La distance entre la prise d'eau et le bassin de mise en charge est d'environ 4 mètres. Sur cette distance, un tube en PEHD de 110 mm de diamètre extérieur sera installé en tranchée.

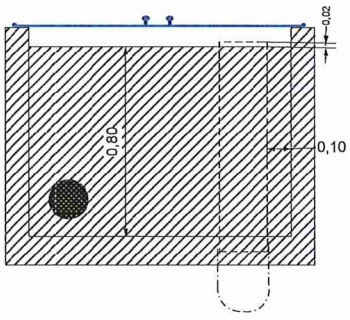
**Photographie 2 : Photo du lieu d'implantation du bassin de mise en charge**

Schéma de principe du bassin de mise en charge :




L'ouvrage sera constitué de plusieurs équipements :

- un premier compartiment dans lequel l'eau provenant de la prise d'eau vient se briser contre la paroi grâce à un coude,
- un dispositif de fond permettant le dégravement et le dessablage du bassin de mise en charge ainsi que le retour du trop-plein vers le ruisseau,
- un deuxième compartiment qui constitue le bassin de mise en charge avec la crépine d'aspiration immergée.



## 6.3. CONDUITE DE MISE EN CHARGE

Longueur de la conduite - bassin de mise en charge → turbine : 230 m

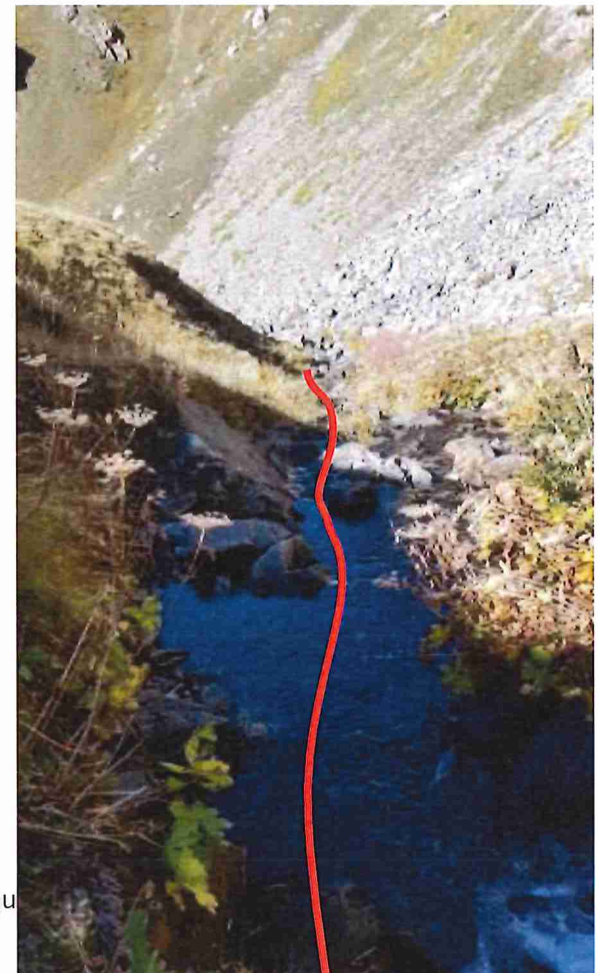
Caractéristiques : tube en polyéthylènes PE100 de pression nominale 16 bars de diamètre 125 mm extérieur.

Il s'agit de la distance réelle calculée sur la base de la grille altimétrique ; la distance horizontale, quant à elle, est de 220 m.

Puisque le terrain le permet, la conduite sera enterrée sur la totalité du parcours, du bassin de mise en charge au local turbine.

Quelques photos du parcours de la conduite jusqu'au local turbine :

**Photographie 3 : parcours de la conduite forcée depuis le bassin de mise en charge**



## 6.4. TRONÇONS COURT-CIRCUITES

La distance du tronçon court-circuité entre la prise d'eau et le bassin de mise en charge est de 4 m.

La distance du tronçon court-circuité entre la prise d'eau et le retour de l'eau dans le torrent du RIF est de 230 m. L'eau est directement restituée dans le torrent à proximité.

## 6.5. PICO-CENTRALE HYDROELECTRIQUE

La turbine est située en rive gauche du ruisseau à la côte NGF 2152 m. Il faudra construire un petit bâtiment et l'habiller de pierres pour une bonne intégration dans l'environnement.

Les dimensions intérieures du petit bâtiment seront de 2,5m x 3 m x 2m30.

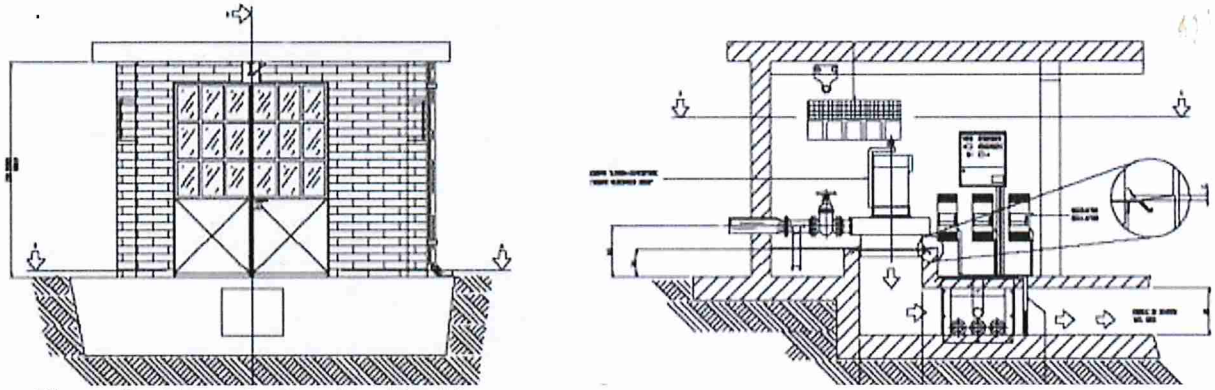


**Figure 8 : Exemple d'un local turbine**
*(Source IREM)*

## 6.6. CONDUITE DE RESTITUTION

La restitution de l'eau se fera à l'aide d'une conduite enterrée et d'un aménagement en cailloux. Cet ouvrage, incliné vers l'aval du torrent, a pour objectif de minimiser l'impact visuel et les problèmes d'érosion de la berge.
La restitution de l'eau est réalisée en contrebas de la turbine à la côte NGF 2149 m.

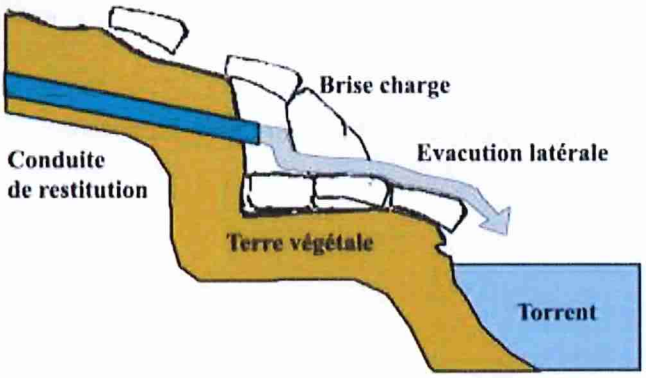
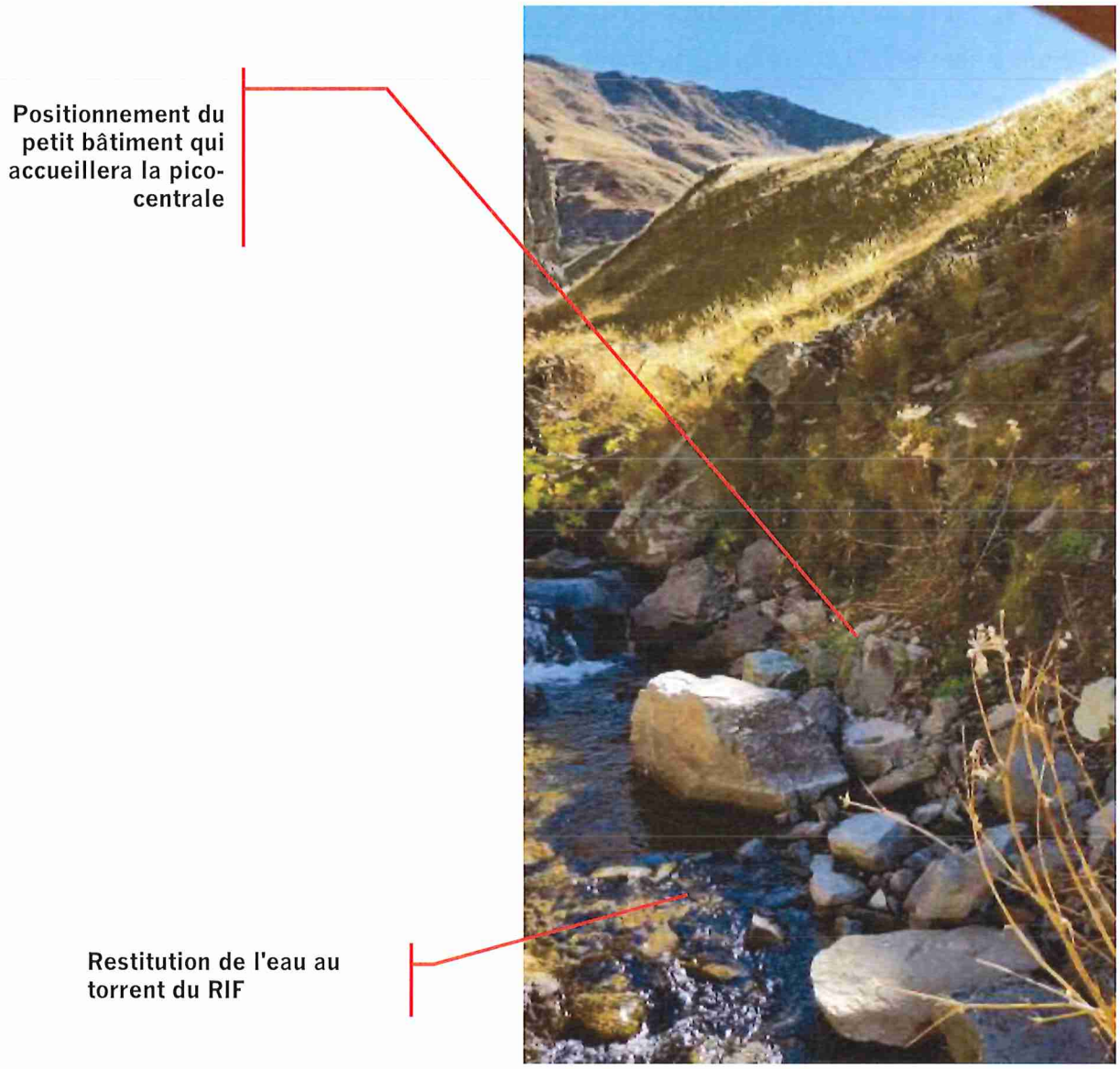



**Figure 9 : Schéma de principe de la restitution de l'eau**




**Photographie 4 : Lieu d'implantation de la pico-centrale et de la restitution de l'eau**

## 6.7. LIAISON ELECTRIQUE

Liaison sous fourreau renforcé turbine → refuge : 580 m.

Le tracé de la ligne électrique suivra donc celui de la conduite forcée sur une partie du parcours, puis au niveau de la prise d'eau, une tranchée sera réalisée le long du sentier, puis pour finir cette tranchée s'écartera du sentier pour accéder plus rapidement et en 'ligne droite" jusqu'au refuge.

Le fourreau sera renforcé (type IK10) enterré et signalé par un grillage réglementaire.

La distance importante impose 2 lignes en parallèle de 35mm² pour limiter les chutes de tension.

## 6.8. LE DEBIT MAXIMAL DERIVE

Nous sommes dans un contexte où nous limitons la taille de la pico-centrale hydroélectrique aux seuls besoins du refuge (nous ne réalisons pas un ouvrage pour répondre aux appels de puissance du refuge, mais aux besoins énergétiques journaliers). Cela signifie que nous allons prélever une faible quantité dans le cours d'eau.

Nous retenons un débit maximal dérivé de **10 l/s**.

| Le RIF à 2197 m | Janv | Fév | Mar | Avr | Mai | Juin | Juil | Août | Sept | Oct | Nov | Déc |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Débit mensuel (l/s) | 25 | 35 | 38 | 70 | 600 | 550 | 80 | 52 | 56 | 34 | 30 | 25 |
| Débit maximal dérivé | 10,0 | 10,0 | 10,0 | 10,0 | 10,0 | 10,0 | 10,0 | 10,0 | 10,0 | 10,0 | 10,0 | 10,0 |
| % | 40% | 29% | 26% | 14% | 2% | 2% | 13% | 19% | 18% | 29% | 34% | 40% |

**Figure 10: Débit maximal dérivé**

Si par exemple, au mois de décembre, le débit est beaucoup plus faible, la prise d'eau laissera dans tous les cas passer un débit minimal de 13 l/s et nous ne prendrons que le surplus pour la turbine. A l'inverse, si en décembre, le débit du torrent atteint déjà 25 l/s, alors la prise d'eau pourra prélever 10l/s pour un fonctionnement nominal de la turbine.

## 6.9. HAUTEUR DE CHUTE BRUTE MAXIMALE

La chute brute représente l'énergie totale à disposition entre l'entrée et la sortie de l'aménagement.
Elle est donnée par la différence d'altitude entre la prise d'eau et le point de restitution de l'eau à l'aval de la centrale. C'est une donnée topographique mesurée sur le terrain ou sur la carte.

$$H_{prise\ d'eau} - H_{restitution} = 2\,197 - 2\,149 = 48\ m$$

**La hauteur de chute brute est de 48 m.**

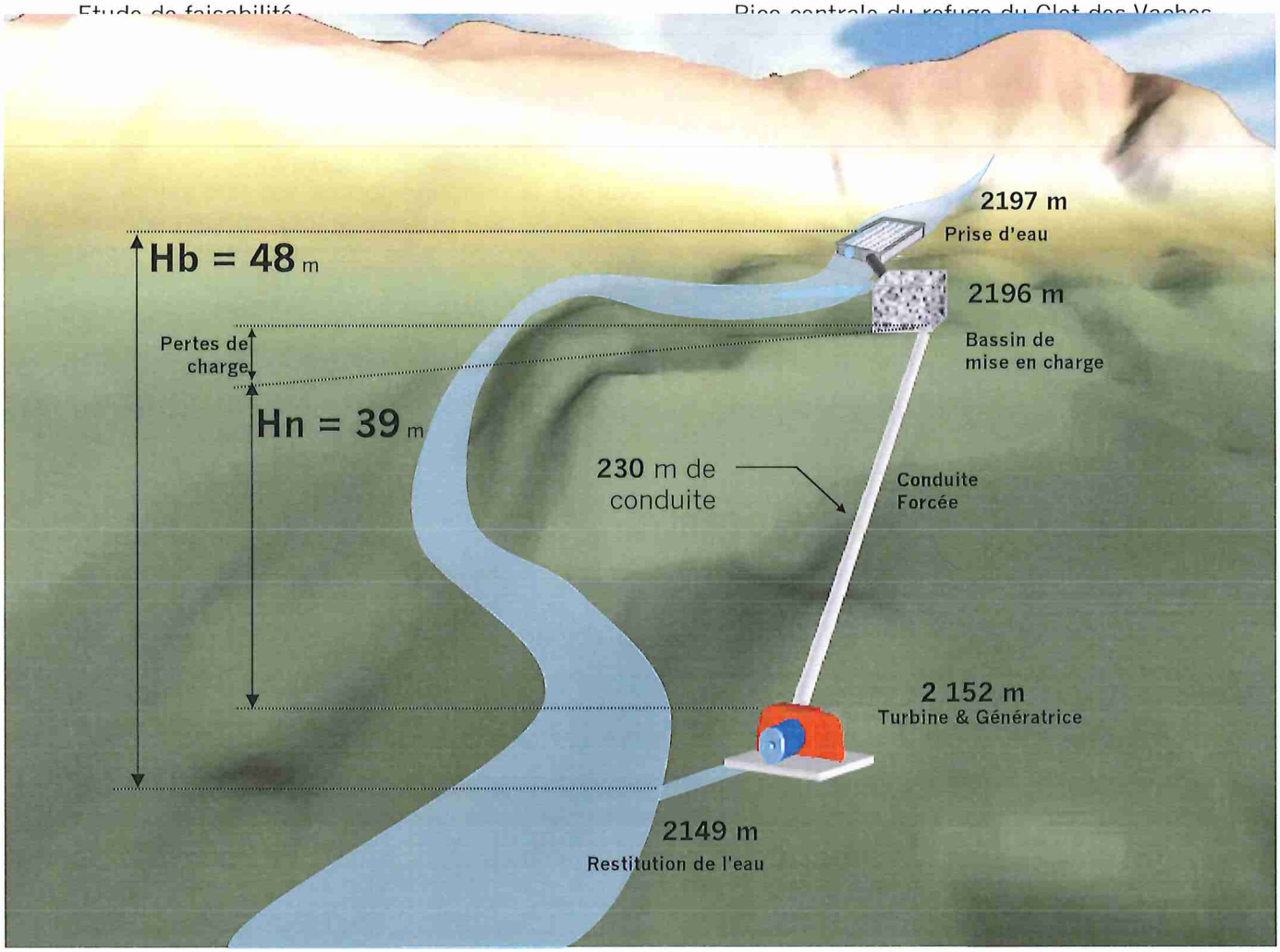



**Figure 11 : Schéma de principe d'une installation hydroélectrique**

## 6.10. HAUTEUR DE CHUTE NETTE

C'est la hauteur de chute nette (Hn) qui nous intéresse pour calculer la puissance hydraulique réellement disponible à l'entrée de la turbine. Elle se calcule en déduisant les pertes de charge de la hauteur entre le départ du bassin de mise en charge et la turbine.
Il faut distinguer les **pertes de charge linéaire**s (pertes par frottement entre l'eau et les parois) qui sont fonction de la qualité des matériaux employés et les **pertes de charge locales** liées aux ouvrages (amenée et restitution de l'eau) et aux cheminements de la conduite (coudes, bifurcations, etc.).

### *6.10.1. Pertes linéaires*

La distance totale parcourue par la conduite sera de 230 m environ. Sur cette distance, pour une conduite en PeHD (Polyéthylène haute densité) de diamètre 125 mm extérieur les pertes linéaires, calculées avec l'équation de Colebrook, sont de :

**Hl = 3 m**

### *6.10.2. Pertes de charge locales*

Les pertes de charges locales sont liées aux pertes dans les ouvrages d'amenée et de restitution, additionnées des pertes dans les coudes et bifurcations :

**Hcl = 2 m**

### *6.10.3. Hauteur de chute nette*

**$H_n = H_{bassin/turbine} - (Hl+Hcl) \approx 44 - 3 - 2 = 39$ m**

## 6.11. PUISSANCE MAXIMALE BRUTE HYDRAULIQUE

La chute nette ($H_n$ en m) permet de calculer, avec le débit ($Q_m$ en $m^3$/sec), la puissance hydraulique (en Watts) qui entre dans la turbine et qui sera transformée par celle-ci.

$$P_{hyd} \approx 9{,}81 \times 1000 \times Q_m \times H_n$$

**$P_{hyd}$[2] = 9,81 x 1000 x 0,01 x 39 m = 3 826 W**

## 6.12. PUISSANCE INSTALLEE

Pour obtenir la puissance effectivement à disposition de l'utilisateur, il est nécessaire de considérer le rendement de l'installation, qui tient compte des diverses pertes qui se produisent dans la turbine et le générateur.

Le rendement global est obtenu en divisant l'énergie qui sort du générateur par celle qui entre dans la turbine. Le rendement de la turbine est d'environ 80% et celui de la génératrice de 80%. Le rendement global s'établit donc à 64% environ.

La puissance installée disponible aux bornes de la génératrice ($P_{installée}$ en kW) se calcule en fonction du débit d'écoulement moyen ($Q_m$ en $m^3$/sec), de la hauteur de chute nette ($H_n$ en m) et d'un rendement global de 68%, par la formule suivante :

$$P_{él} \approx 9{,}81 \times \eta_t \times \eta_g \times Q_m \times H_n$$

**$P_{él}$ = 9,81 x 80% x 80% x 10 x 38 m = 2 449 W**

Il s'agit d'une puissance électrique théorique, il faudra ensuite se fier aux courbes des constructeurs afin de connaître quel modèle de turbine correspond aux caractéristiques du site (hauteur de chute, débit, etc.) et, de là, en déduire la puissance électrique effectivement disponible.
En première approche, nous retenons une puissance de 2 400 W pour établir le bilan mensuel de production des installations à énergies renouvelables.

---

[2] masse volumique de l'eau = 1000 [kg/m³]
accélération due à la pesanteur = 9.81 [m/s²]

## 6.13. VOLUME STOCKABLE

Le volume stockable est limité au bassin de mise en charge, puisqu'il n'y a pas de barrage créé dans le cours d'eau. Ce volume est d'environ de 2 $m^3$.

## 6.14. LE DEBIT MAINTENU DANS LA RIVIERE

### *6.14.1. Ce que dit la loi*

Conformément à l'article L214-18 du code de l'environnement : " *Tout ouvrage à construire dans le lit d'un cours d'eau doit comporter des dispositifs maintenant dans ce lit un débit minimal garantissant en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces vivant dans les eaux au moment de l'installation de l'ouvrage ainsi que, le cas échéant, des dispositifs empêchant la pénétration du poisson dans les canaux d'amenée et de fuite.*

*Ce débit minimal ne doit pas être inférieur au dixième du module du cours d'eau en aval immédiat ou au droit de l'ouvrage correspondant au débit moyen interannuel, évalué à partir des informations disponibles portant sur une période minimale de cinq années, ou au débit à l'amont immédiat de l'ouvrage, si celui-ci est inférieur.* "

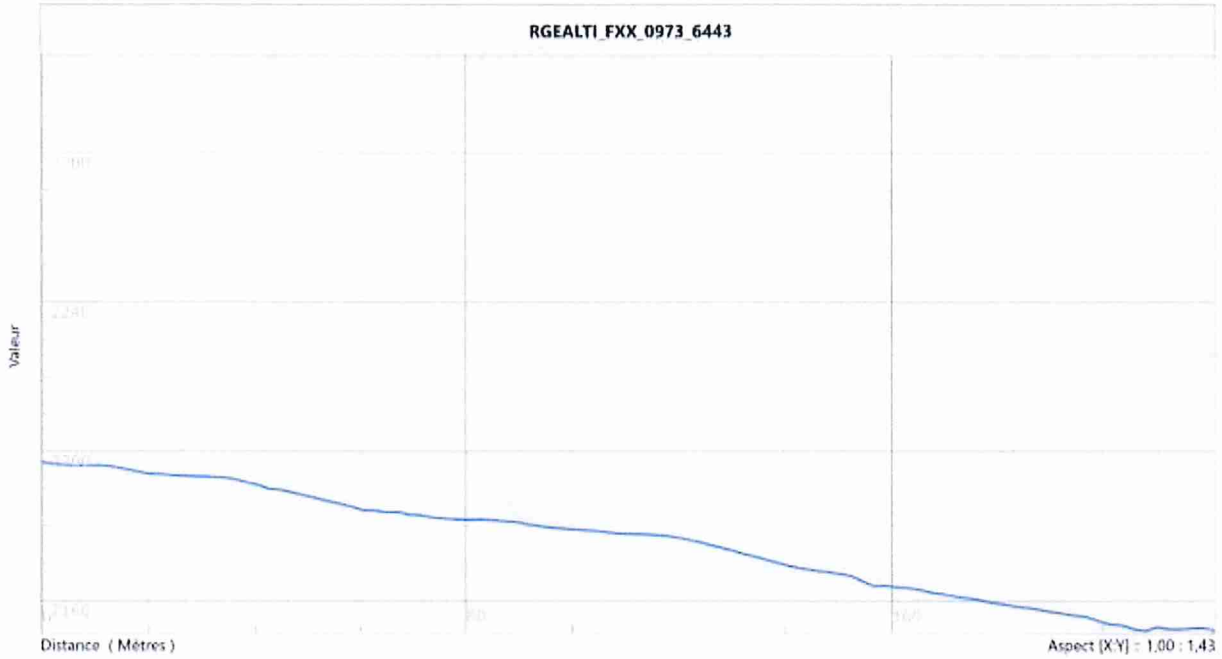
La moyenne des débits (ou module interannuel) est estimée à 133 l/s. Le débit minimal au sens de l'article L214-18 du code de l'environnement est donc de : 13 l/s lorsque le débit du cours d'eau est supérieur à 133 l/s, il est ensuite égal au débit à l'amont de l'ouvrage lorsque celui-ci est inférieur à 13 l/s.

### *6.14.2. Ce que nous avons prévu*

Nous sommes dans un contexte où nous limitons la taille de la pico-centrale hydroélectrique aux seuls besoins du refuge. Cela signifie que le débit maintenu dans le cours d'eau est équivalent au débit du ruisseau, minoré d'un débit dérivé maximal de 13 l/s sans être inférieur à la valeur de 13l/s imposée par la fenêtre de la prise d'eau.

**Le débit maintenu dans la rivière est au minimum de 13 l/s**

# 7. PROFIL EN LONG DE LA SECTION DU COURS D'EAU




| | |
|---|---|
| **Longueur :** | **230 m** |
| **HMT :** | **41 m** |

| | |
|---|---|
| **Turbine :** | **2152 m** |
| **Bassin mise en charge :** | **2196 m** |
| **Pente moyenne :** | **18%** |

**Figure 12 : Profil en long de la conduite forcée**

# 8. DUREE DE L'AUTORISATION DEMANDEE

L'autorisation est demandée pour une durée de **30 ans**.

# 9. DUREE PROBABLE DES TRAVAUX

Les travaux sont prévus pour se dérouler pendant **1 mois**.

# INSTALLATION PHOTOVOLTAÏQUE

## 10. ASPECTS REGLEMENTAIRES POUR UNE INSTALLATION PHOTOVOLTAIQUE

### 10.1. PERMIS DE CONSTRUIRE

Le refuge sera prochainement construit, les modules photovoltaïques sont un élément de composition architectural dont il faut tenir compte dans le permis de construire. Ils doivent apparaître clairement sur les plans d'architecte (positionnement exact et conformité au dimensionnement).

Les démarches liées au permis de construire sont à la charge du maître d'ouvrage.

### 10.2. ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX

L'impact visuel est souvent considéré comme le problème majeur posé par une installation photovoltaïque ; il peut être réduit par le choix précis de l'implantation et le soin apporté à son intégration.

De plus, il faut profiter des nombreuses possibilités offertes par ces installations pour choisir la solution qui s'intègre le mieux à l'environnement et au site. En effet, les modules photovoltaïques offrent la possibilité d'être implantées de différentes manières sur un site.

Installation en toiture terrasse

Installation sur poteaux

Installation au sol

Installation en façade

Installation en toiture des modules

**Figure 13 : Solutions d'intégration du champ photovoltaïque sur un site**

Le champ photovoltaïque est installé sur la toiture orientée au sud-est.

# 11.DONNEES METEOROLOGIQUES

## 11.1. ENSOLEILLEMENT

Les données d'ensoleillement et de température du site sont calculées par le logiciel MeteoNorm. Celui-ci se base sur l'altitude du refuge et plusieurs stations météorologiques les plus proches.

***Base météo de référence :*** **Refuge Clot des Vaches**

***Altitude :*** 2 250 m
***Latitude :*** 45,03 °
***Longitude :*** 6,48 °

| MOIS | Ensoleillement à l'horizontal en incluant les masques (en Wh/m².j) | Température mini | Température moyenne | Température maxi | Vitesse du vent en m/s | Nb de jours avec précipitation |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Janv | 1 774 | -4,9 | -1,7 | 1,6 | 3,7 | 15 |
| Févr | 2 786 | -4,7 | -1,1 | 2,6 | 3,6 | 14 |
| Mars | 4 290 | -2,4 | 1,7 | 5,7 | 3,7 | 17 |
| Avr | 5 533 | 0,6 | 4,7 | 8,7 | 3,6 | 16 |
| Mai | 6 065 | 5,0 | 9,4 | 13,8 | 3,5 | 16 |
| Juin | 6 500 | 8,5 | 13,3 | 18,1 | 3,4 | 14 |
| Juil | 6 645 | 9,9 | 14,7 | 19,5 | 3,5 | 12 |
| Août | 5 452 | 10,2 | 14,7 | 19,1 | 3,2 | 12 |
| Sept | 4 400 | 6,4 | 10,8 | 15,1 | 3,2 | 10 |
| Oct | 2 903 | 4,0 | 7,8 | 11,5 | 3,3 | 12 |
| Nov | 1 967 | -1,1 | 2,2 | 5,4 | 3,7 | 13 |
| Déc | 1 452 | -4,4 | -1,2 | 2,0 | 3,7 | 14 |

**Total annuel :** 1516 kWh/m².an

*Sources : ensoleillement / températures - MeteoNorm V7*

**Figure 14 : tableau des données météorologiques (ensoleillement, température)**

## 11.2. INFLUENCE DES MASQUES

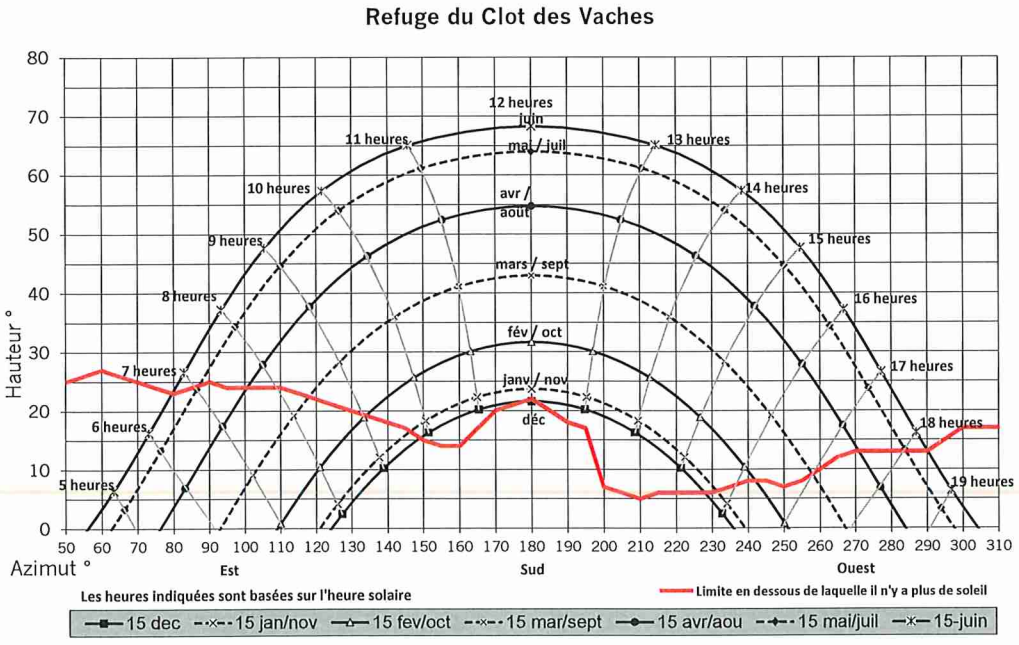



**Figure 15 : masques dus à la géographie du terrain**

# 12.POSITIONNEMENT DES MODULES

## *12.1.1. L'inclinaison et l'orientation*

Les modules sont inclinés en fonction de nombreux paramètres qu'il faut prendre en compte afin de choisir un compromis idéal.

Ces différents paramètres sont les suivants :

- la latitude du lieu d'implantation du champ solaire,
- la période d'optimisation souhaitée,
- les contraintes climatiques du site.

L'orientation des modules quant à elle doit être plein sud d'une manière idéale. Toutefois, il faut tenir compte des deux paramètres suivants dans le cadre du choix d'une orientation :

- ***les masques environnants,***
- ***l'orientation du site.***

Dans le cas où le site présente des masques importants à l'ouest, il est peut-être préférable d'orienter plus à l'est le champ solaire plutôt que de le placer plein sud. La production sera alors plus importante le matin sans pour autant défavoriser l'après-midi (qui n'est pas ensoleillé du fait des masques).

L'orientation du bâtiment est aussi à prendre en compte dans la mesure où les capteurs seraient placés sur la façade du bâtiment ou encore sur la toiture.
Il s'agit là d'intégrer au mieux les capteurs au bâti quitte à produire un peu moins d'énergie.

***Dans le cas présent, les modules implantés sur la toiture du refuge seront orientés à 117 ° (le sud étant à 180°) et inclinés à 27 °.***

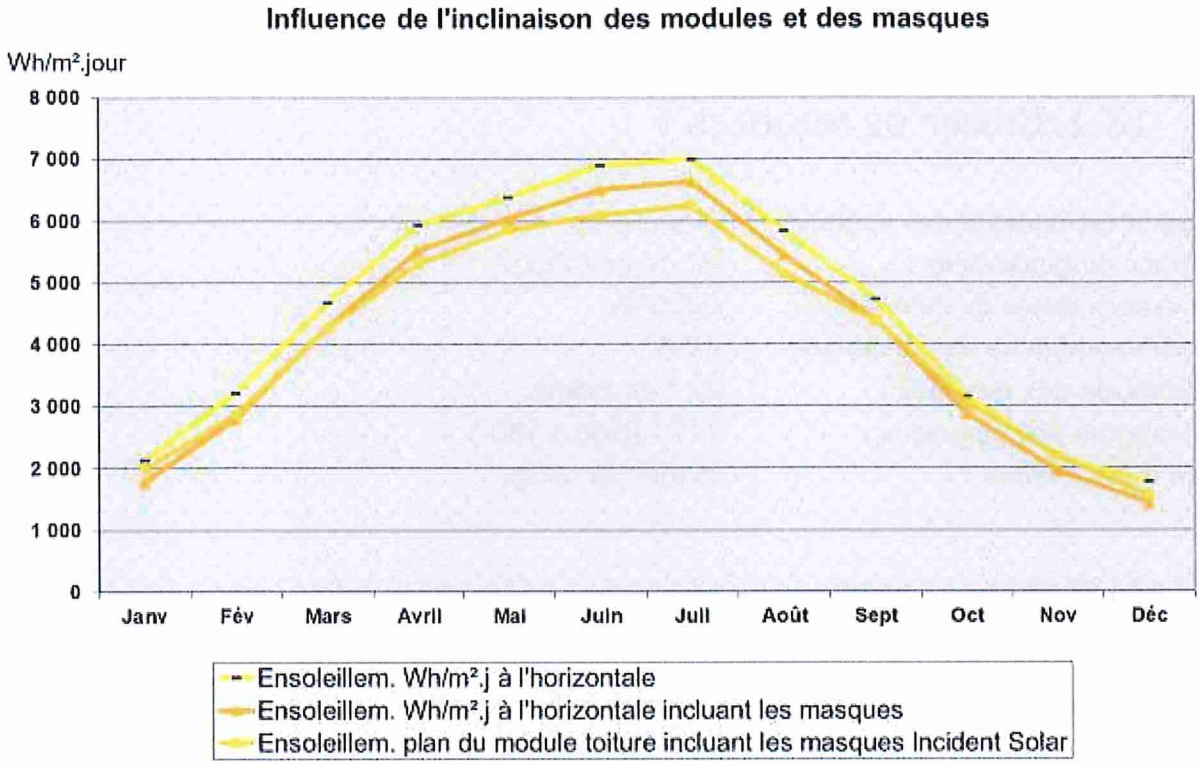



**Figure 16 : Influence mois par mois de l'inclinaison des modules en toiture et des masques**

Les trois courbes du graphique présentent l'ensoleillement moyen mensuel exprimé en Wh.m²/jour [3] :

- l'ensoleillement à l'horizontale présente une très forte variation entre l'hiver et l'été,
- l'ensoleillement à l'horizontale incluant les masques présente une réduction entre 5% et 19% suivant les mois de l'année. C'est en hiver que les masques sont les plus importants, mais à cette période les modules en toiture seront sous la neige.
- l'ensoleillement à une inclinaison de 27° en toiture et incluant les masques présente une forte similitude avec la courbe précédente.

[3] *Wh.m²/jour : l'ensoleillement s'exprime en nombre de Watts reçus sur une surface d'un mètre carré ; à midi solaire au mois de juillet dans le sud de la France (lorsque les rayons du soleil arrivent pratiquement à 90° sur la terre) l'ensoleillement reçu à l'horizontale sur une surface d'un mètre carré est d'environ 1 000 Watts.*

# 13.DEFINITION DU GENERATEUR PHOTOVOLTAÏQUE :

## 13.1. CHAMP DE MODULES :

| | |
|---|---|
| **Type et technologie des modules :** | Si-mono. |
| **Surface du générateur :** | 30 m² en toiture |
| **Puissance totale du générateur :** | 6000 Wc |
| **Tension nominale des modules :** | 48 V |
| **Inclinaison des modules :** | 25 ° en toiture |
| **Orientation des panneaux :** | 117 ° (Sud à 180°) |
| **Lieu d'installation :** | toiture du refuge. |

## 13.2. STOCKAGE D'ENERGIE

| | |
|---|---|
| **Type de stockage :** | Batterie d'accumulateurs stationnaires à plaques positives tubulaires |
| **Nombre d'éléments :** | 24 éléments |
| **Capacité des batteries :** | 1737 Ah C120 |
| **Autonomie estimée :** | 3 jours |
| **Emplacement des batteries** : | Local batterie à créer. |

Conformément à la norme NF EN 50272-2, le débit d'air minimal pour la ventilation d'un emplacement ou d'un compartiment de batterie doit être calculé par la formule suivante :

**$Q\ (m^3/h) = 0{,}05 \times n \times I_{gaz} \times C \times 10^{-3}$**

avec
n : nombre d'éléments d'accumulateurs
C : Capacité $C_{10}$ de la batterie en Ah
$I_{gaz}$ = 20 (mA/Ah) pour des éléments d'accumulateurs au plomb ouverts
$I_{gaz}$ = 8 (mA/Ah) pour des éléments d'accumulateurs au plomb étanches
$I_{gaz}$ = 50 (mA/Ah) pour des éléments d'accumulateurs au NiCd ouverts
NOTE Si on utilise des bouchons à recombinaison (catalyseur), le courant produisant du gaz $I_{gaz}$ peut être ramené à 50% des valeurs des éléments ouverts.

Q = **28,1 m3/heure** sans bouchons à recombinaison
Ventilation (cm²) = 28 x Q = **786** cm²
Diamètre de la ventilation : **320 mm.**

## 13.3. CONVERSION DE L'ENERGIE (CC/CA)

**Puissance nominale de l'onduleur : 7 kVA**
**Rendement moyen de l'onduleur :** > 95%

## 13.4. CHARGEUR DES BATTERIES

| | |
|---|---|
| **Type de chargeur :** | 230V AC - 48 V DC intégré à l'onduleur |
| **Démarrage du groupe :** | Manuel |
| **Courant de charge :** | 120 A |

## 13.5. GESTION DE L'ENERGIE : REGULATION ET ACQUISITION DE DONNEES

| | |
|---|---|
| **Type de régulation :** | Régulation à modification de largeur d'impulsion. |
| **Système d'alarme :** | Voyants déportés de l'état de charge des batteries. |
| **Télé suivi ou télé contrôle :** | Système d'acquisition des données |

## 13.6. GROUPE ELECTROGENE

Un groupe électrogène sera présent sur le site uniquement en cas de secours des installations de production d'énergie.

| | |
|---|---|
| **Puissance nominale :** | 5 kVA |
| **Tension nominale :** | 230 V monophasé |
| **Type de carburant :** | diesel |
| **Type d'utilisation envisagée :** | En secours du générateur photovoltaïque. |
| **Environnement du groupe :** | Local groupe existant. |

# BILAN ENERGETIQUE MENSUEL PICO + PHOTOVOLTAIQUE

| | |
|---|---|
| *Station météorologique :* | Refuge Clot des Vaches |
| *Latitude :* | 45,03 ° |
| *Longitude :* | 6,48 ° |

| | |
|---|---|
| *Parc batterie (C120) :* | 117 Ah |
| *Nb de jours d'autonomie :* | 3 |

| | Toiture | Façade |
|---|---|---|
| *Nombre de modules :* | 10 | 10 |
| *Puissance crête installée :* | 3000 Wc | 3000 Wc |
| Inclinaison des modules : | 27 ° | 90 ° |
| *Orientation des modules :* | 117 ° | 243 ° |
| *Onduleur :* | 7 kVA | |
| *Chargeur :* | 120 A | |

| | |
|---|---|
| *Type de turbine :* | Pelton |
| *Puissance :* | 2,4 kW |
| *Génératrice :* | 230 V ca |
| *Hauteur de chute nette :* | 39 m |
| *Rend. turbine + géné :* | 64% |

| MOIS | Ensoleillem. Wh/m².j à l'horizontale | Masques | Ensoleillem. Wh/m².j à l'horizontale incluant les masques | Ensoleillem. plan du module toiture incluant les masques | Production du générateur photovoltaïque Wh/jour | Production de la pico-centrale hydraulique | | Conso. élec Wh/jour | Conso. ECS therm Wh/jour | Excédant Solaire + turbine Wh/jour |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | l/sec | wh/jour | | | |
| Janv | 2 129 | 16% | *1 785* | 1 996 | *12 899* | *10,0* | *58 766* | 18 780 | 12 791 | 40 094 |
| Fév | 3 214 | 13% | *2 790* | 2 865 | *18 258* | *10,0* | *58 766* | 18 791 | 12 791 | 45 442 |
| Mars | 4 677 | 9% | *4 278* | 4 262 | *26 382* | *10,0* | *58 766* | 19 722 | 12 791 | 52 635 |
| Avril | 5 933 | 7% | *5 527* | 5 298 | *32 283* | *10,0* | *58 766* | 19 722 | 18 139 | 53 187 |
| Mai | 6 387 | 5% | *6 048* | 5 848 | *34 628* | *10,0* | *58 766* | 19 722 | 29 070 | 44 602 |
| Juin | 6 900 | 6% | *6 505* | 6 091 | *35 354* | *10,0* | *58 766* | 19 722 | 40 698 | 33 700 |
| Juil | 7 000 | 5% | *6 642* | 6 252 | *35 870* | *10,0* | *58 766* | 19 722 | 40 698 | 34 216 |
| Août | 5 839 | 7% | *5 448* | 5 140 | *29 850* | *10,0* | *58 766* | 19 722 | 40 698 | 28 196 |
| Sept | 4 733 | 7% | *4 406* | 4 388 | *26 078* | *10,0* | *58 766* | 19 722 | 30 232 | 34 890 |
| Oct | 3 161 | 9% | *2 893* | 3 061 | *18 706* | *10,0* | *58 766* | 18 420 | 12 093 | 46 958 |
| Nov | 2 167 | 10% | *1 955* | 2 209 | *13 972* | *10,0* | *58 766* | 16 886 | 12 791 | 43 061 |
| Déc | 1 774 | 19% | *1 435* | 1 560 | *10 192* | *10,0* | *58 766* | 18 802 | 19 186 | 30 971 |
| | | | | **Total kWh/an :** | 8 966 kWh/an | | 21 450 kWh/an | 6 989 kWh/an | | |

On constate que le générateur photovoltaïque seul ne permet pas de couvrir la totalité de la consommation d'électricité du mois de novembre au mois de février inclus.

Avec la pico-centrale hydroélectrique, les besoins sont couverts y compris les besoins d'eau chaude sanitaire et il reste un excédant (en dernière colonne) qui sera délesté dans la salle de séchage des chaussures et à l'étage dans le couloir des dortoirs.

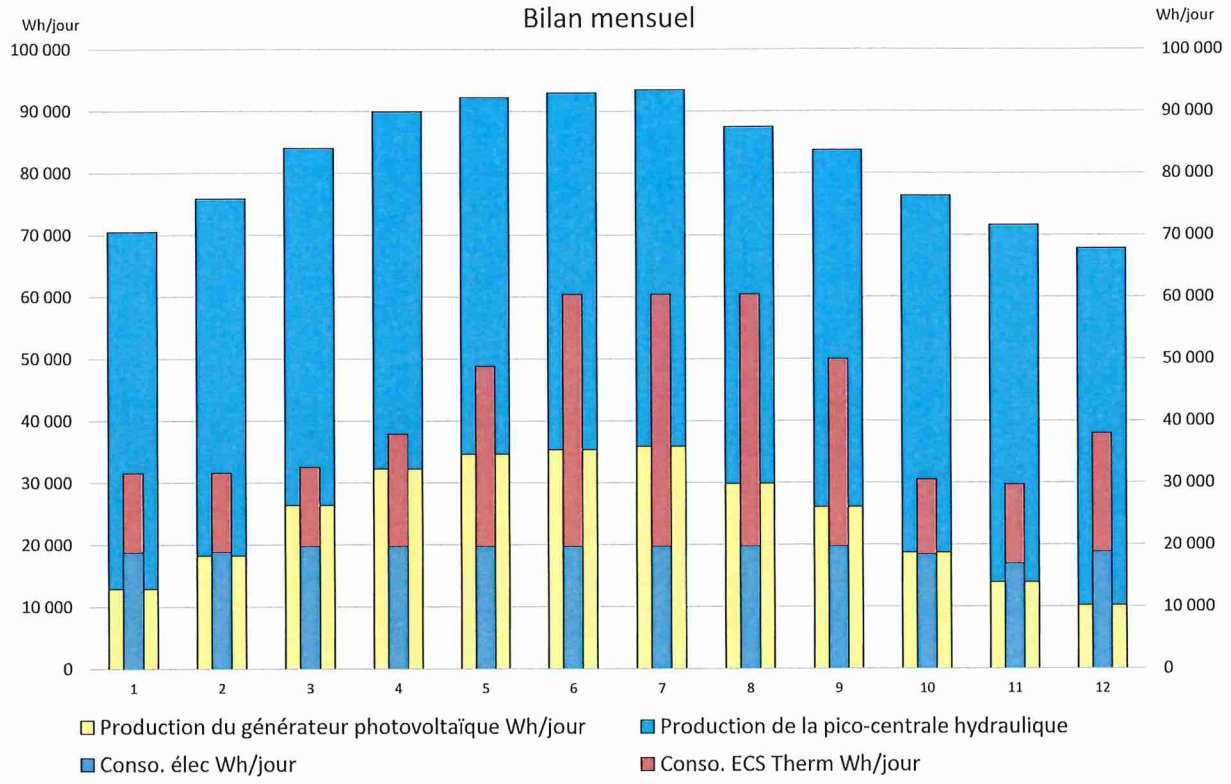



**Figure 17 : Bilan énergétique annuel pico-centrale hydroélectrique + photovoltaïque**

Les consommations électriques et thermiques pour l'eau chaude sanitaire sont couvertes toute l'année.

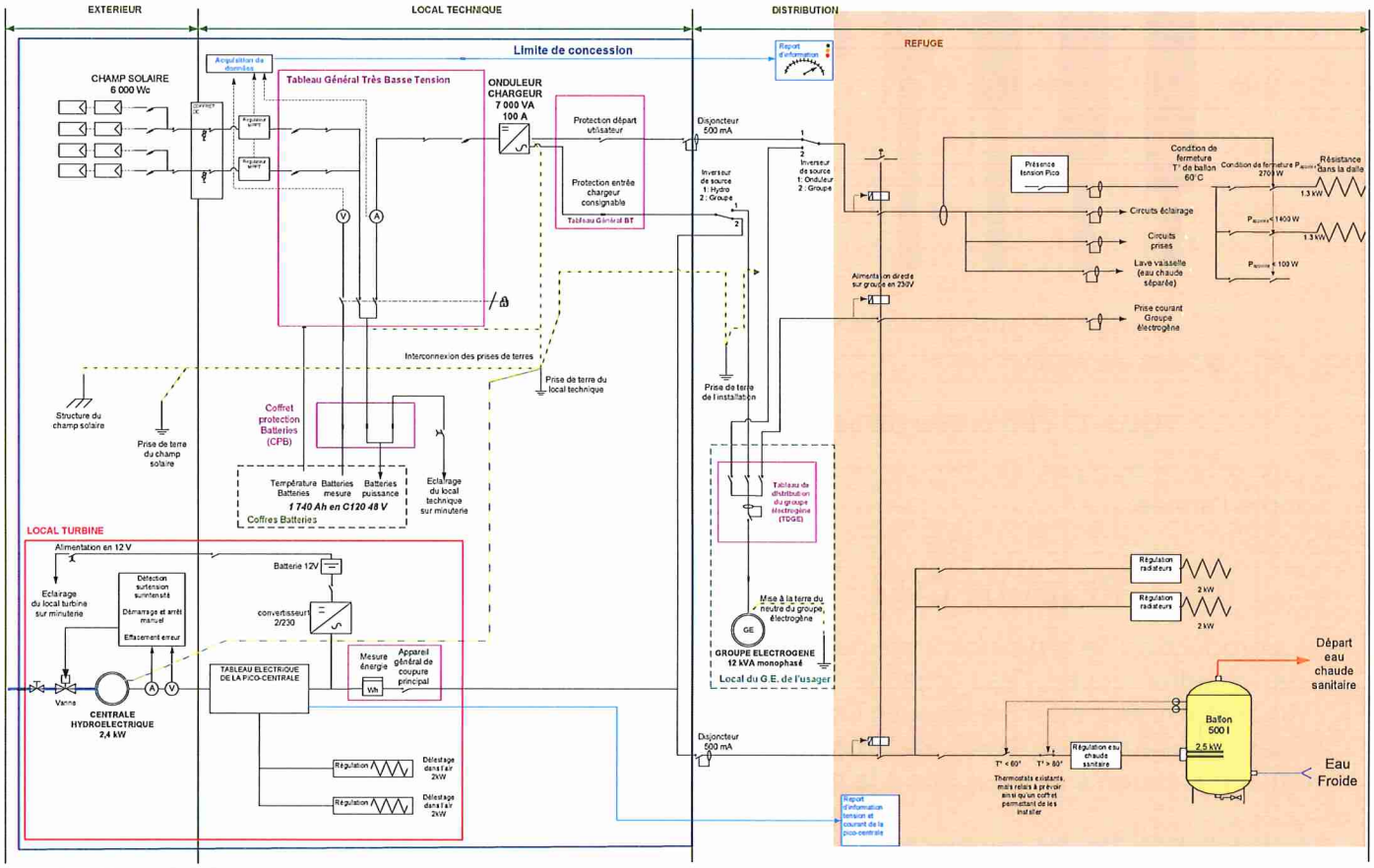
## 13.7. REJET DE CO2

La production de la pico-centrale permet d'alimenter les équipements électriques, mais aussi de chauffer toute l'eau chaude sanitaire (ce qui représente une consommation de 40 700 Wh/jour au mois d'août). Cette eau chaude aurait dû être chauffée par le biais d'une chaudière gaz. Nous avons également calculé les rejets évités si un groupe électrogène avait dû alimenter en énergie le site à la place de la pico-centrale et du générateur photovoltaïque.

L'installation de la pico-centrale permet de substituer à la fois le gaz qui est utilisé pour le chauffage de l'eau chaude sanitaire et le diesel du groupe électrogène qui devrait fonctionner en appoint du générateur photovoltaïque en hiver.
Le gaz est utilisé pour les appareils de cuisson et n'est pas pris en compte dans ce bilan.
**Au total pour les consommations d'électricité et l'eau chaude sanitaire pendant les périodes de fonctionnement de la pico-centrale les rejets de $CO_2$ évités se montent à 3 673 kg$CO_2$ chaque année.**

| MOIS | Rejet de CO2 évité avec la pico centrale (substitution eau chaude gaz) | | Rejet de CO2 évité avec la pico centrale (substitution groupe électrogène) | |
|---|---|---|---|---|
| | Propane | kg$CO_2$ | Diesel | kg$CO_2$ |
| Janv | 34 kg | 100 kg | 130 l | 348 |
| Fév | 30 kg | 90 kg | 82 l | 219 |
| Mars | 34 kg | 100 kg | 84 l | 226 |
| Avril | 46 kg | 137 kg | l | 0 |
| Mai | 77 kg | 226 kg | l | 0 |
| Juin | 104 kg | 307 kg | l | 0 |
| Juil | 107 kg | 317 kg | l | 0 |
| Août | 107 kg | 317 kg | l | 0 |
| Sept | 77 kg | 228 kg | l | 0 |
| Oct | 32 kg | 94 kg | l | 0 |
| Nov | 33 kg | 96 kg | 108 l | 290 |
| Déc | 51 kg | 149 kg | 160 l | 429 |
| Total : | 732 kg | 2 160 kg | 565 l | 1 512 |

**Figure 18 : Rejet de $CO_2$ évité**




| | | | |
|---|---|---|---|
| DATE | 28/04/08 | SYNOPTIQUE GENERAL D'UNE INSTALLATION HYDROELECTRIQUE COUPLEE A UN GENERATEUR PHOTOVOLTAIQUE - DISTRIBUTION CENTRALISEE EN 230VCA | AXENNE |
| N° PLAN | 02 | | |
| ECHELLE | | REFUGE DU CLOT DES VACHES - Commune Le Monêtier les Bains | |

# BILAN ENERGETIQUE MENSUEL PHOTOVOLTAIQUE + GROUPE ELECTROGENE

En l'absence de la pico-centrale, les générateurs photovoltaïques en toiture ne permettent pas de produire suffisamment d'énergie pour les mois d'hiver. Le groupe électrogène doit alors fonctionner en appoint tous les jours pour compléter la charge du parc batterie.

| | |
|---|---|
| *Station météorologique :* | Refuge Clot des Vaches |
| *Latitude :* | 45,03 ° |
| *Longitude :* | 6,48 ° |

| | |
|---|---|
| *Groupe électrogène :* | 12 kVA |
| *Parc batterie (C120) :* | 1737 Ah |
| *Nb de jours d'autonomie :* | 3 ° |

| | Toiture | Façade |
|---|---|---|
| *Nombre de modules :* | 10 | 10 |
| *Puissance crête installée :* | 3000 Wc | 3000 Wc |
| Inclinaison des modules : | 27 ° | 90 ° |
| *Orientation des modules :* | 117 ° | 243 ° |
| *Onduleur :* | 7 kVA | |
| *Chargeur :* | *120 A* | |

| MOIS | Ensoleillem. Wh/m².j à l'horizontale | Masques | Ensoleillem. Wh/m².j à l'horizontale incluant les masques *Global Solar* | Ensoleillem. plan du module toiture incluant les masques *Incident Solar* | Production du générateur photovoltaïque Wh/jour *PV Power* | Production du groupe électrogène Wh/jour *Generator 1 Power* | heure/jour | Conso. élec Wh/jour *AC Primary Load* | Rendement système | Taux de couverture solaire |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Janv | 2 129 | *16%* | 1 785 | 1 996 | 12 899 | 5 881 | *1h 3 min* | 18 780 | *100%* | 69% |
| Fév | 3 214 | *13%* | 2 790 | 2 865 | 18 258 | 533 | *6 min* | 18 791 | *100%* | 97% |
| Mars | 4 677 | *9%* | 4 278 | 4 262 | 26 382 | 0 | | 19 722 | *75%* | 100% |
| Avril | 5 933 | *7%* | 5 527 | 5 298 | 32 283 | 0 | | 19 722 | *61%* | 100% |
| Mai | 6 387 | *5%* | 6 048 | 5 848 | 34 628 | 0 | | 19 722 | *57%* | 100% |
| Juin | 6 900 | *6%* | 6 505 | 6 091 | 35 354 | 0 | | 19 722 | *56%* | 100% |
| Juil | 7 000 | *5%* | 6 642 | 6 252 | 35 870 | 0 | | 19 722 | *55%* | 100% |
| Août | 5 839 | *7%* | 5 448 | 5 140 | 29 850 | 0 | | 19 722 | *66%* | 100% |
| Sept | 4 733 | *7%* | 4 406 | 4 388 | 26 078 | 0 | | 19 722 | *76%* | 100% |
| Oct | 3 161 | *9%* | 2 893 | 3 061 | 18 706 | 0 | | 18 420 | *98%* | 100% |
| Nov | 2 167 | *10%* | 1 955 | 2 209 | 13 972 | 2 914 | *31 min* | 16 886 | *100%* | 83% |
| Déc | 1 774 | *19%* | 1 435 | 1 560 | 10 192 | 8 609 | *1h 32 min* | 18 802 | *100%* | 54% |
| | | | 1514 kWh/m².an | Total kWh/an : | 8 966 | 552 | 98h 13 min | 6 989 | 70% | 91,9% |

On constate que le générateur photovoltaïque seul ne permet pas de couvrir la totalité de la consommation d'électricité du mois de novembre au mois de février inclus, c'est le groupe électrogène qui prend alors le relais avec un maximum de 1h30 environ de fonctionnement journalier.

Le groupe électrogène devra avoir une puissance d'au moins 12kVA pour pouvoir recharger le parc batterie. En effet, il faut tenir compte de l'altitude, du rendement du chargeur et nous considérons que toute la puissance est disponible pour la recharge du parc batterie.

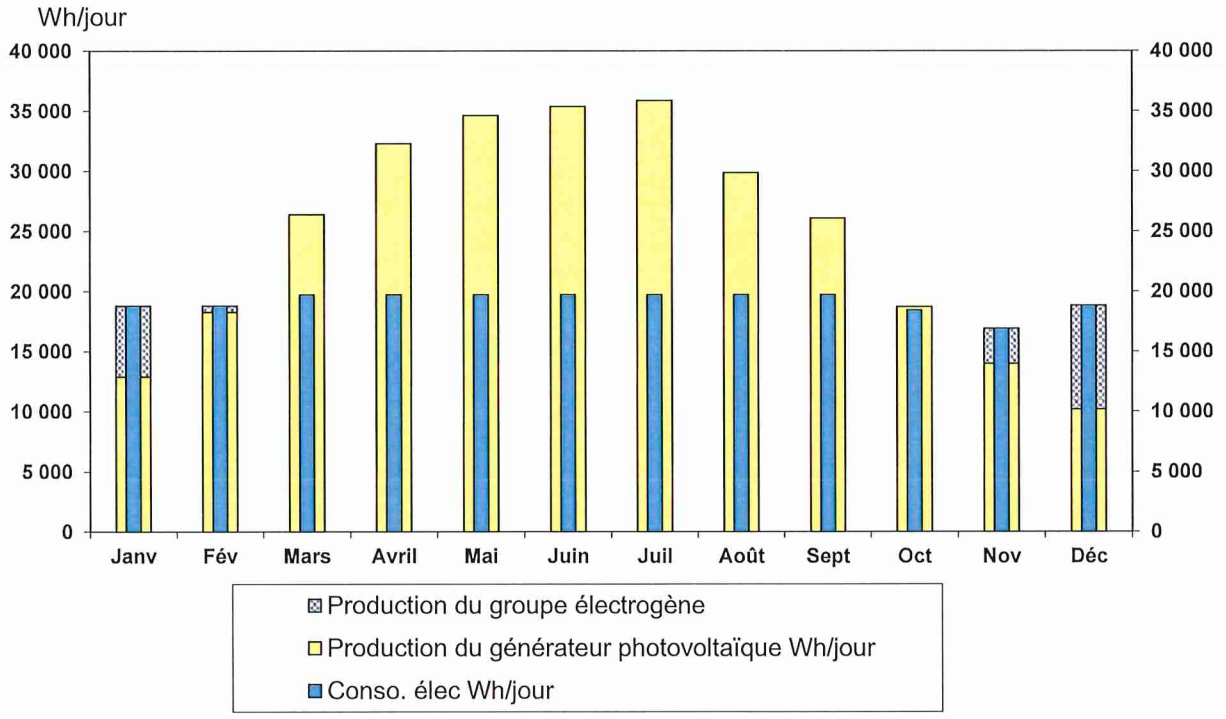



**Figure 19 : Bilan énergétique annuel photovoltaïque + groupe électrogène**

Le générateur couvre la totalité des besoins du mois de mars au mois d'octobre inclus, le groupe électrogène doit fonctionner tous les jours de novembre jusqu'à fin février.

Dans cette configuration les besoins thermiques pour l'eau chaude sanitaire et le chauffage de la pièce de séchage ne sont pas pris en compte et sont assurés par une chaudière gaz pour l'eau chaude et un poêle à bois.

# EVALUATION DES DEPENSES

## 14.INSTALLATION HYDROELECTRIQUE

| | Nature des fournitures / travaux - Générateur | | Prix Total HT |
|---|---|---|---|
| G1 | **Micro Centrale** | | |
| | Micro centrale (turbine et génératrice) | | 12 960,00 |
| | Raccordement hydraulique | | 1 020,00 |
| | Vanne de pied DN80 | | 288,00 |
| | Electrovanne 230 V avec poussoir manuel pour l'ouverture | | 2 388,00 |
| | Manostat et manomètre de contrôle | | 144,00 |
| | **Sous Total Micro Centrale (G1)** | | **16 800,00** |
| G2 | **Electricité contrôle commande et protections** | | |
| | Tableau de protection et de contrôle situé dans le local turbine | | 6 720,00 |
| | Visualisation courant et tension, contrôle de la tension et de la fréquence, protection contre la foudre. | | |
| | **Sous Total Electricité, contrôle commande (G2)** | | **6 720,00** |
| G3 | **Ouvrage d'Amenée d'eau et conduite** | | |
| | Prise d'eau cadenassable et fenêtre pour le débit réservé | | 1 800,00 |
| | Conduite de la prise d'eau au bassin de mise en charge DN 110 | 5 | 200,00 |
| | Bassin de mise en charge | | 2 160,00 |
| | Crépine d'aspiration | | 576,00 |
| | Conduite forcée PEHD DN 160 | 230 | 11 500,00 |
| | Conduite de refoulement du bassin de mise en charge | 3 | 120,00 |
| | Conduite de restitution | 3 | 120,00 |
| | **Sous Total Ouvrage amenée d'eau (G3)** | | **16 476,00** |
| G4 | **Résistance de décharge** | | |
| | Régulateur avec résistance dans l'air | 2 | 4 560,00 |
| | Régulateur avec résistance dans l'eau | 1 | 2 300,00 |
| | Câblages liaisons et percements | 1 | 250,00 |
| | **Sous Total Résistance de décharge (G4)** | | **7 110,00** |
| G5 | **Génie civil** | | |
| | **Aménagement de la prise d'eau** | | 4 200,00 |
| | **Bassin de mise en charge** | | 5 800,00 |
| | **Tranchées** | | |
| | Tranchées de la prise d'eau au bassin de mise en charge | 4 | 152,00 |
| | Tranchées de la conduite forcée | 230 | 8 740,00 |
| | Tranchées de la conduite de restitution | | |
| | Tranchées pour les câbles électriques | 600 | 16 800,00 |
| | **Local de la pico-centrale** | | |
| | Terrassement | | 1 350,00 |
| | Dallage béton armé | | 2 200,00 |
| | Mur en parpaing | | 4 300,00 |
| | Habillage en pierres sèches | | 14 000,00 |
| | Dalle béton armé en toiture + toit 1 pan bac acier | | 2 400,00 |
| | Socle turbine, crochet et accessoire levage | | 3 930,00 |
| | Porte métallique | | 2 370,00 |
| | Arrivé d'eau | | 720,00 |
| | Aération basse et haute, grilles et plaque hivernage | | 1 400,00 |
| | **Sous Total Génie civil (G5)** | | **68 362,00** |
| G6 | **Equipement accessible à l'usager** | | |
| | Tableau de contrôle, compteur | | 660,00 |
| | Report d'information, coupure générale, contrôle commande | | 990,00 |
| | **Sous Total HT Locaux techniques (G6)** | | **1 650,00** |
| G7 | **Câblage** | | |
| | Local turbine refuge - câble électrique de puissance | 600 | 18 720,00 |
| | Local turbine refuge - câbles électriques de commande, mesure | 600 | 8 640,00 |
| | janolène bétonné ou gaine metalloplastique | 600 | 7 200,00 |
| | Liaison équipotentielle (local turbine/refuge) | 600 | 3 600,00 |
| | Armoire régulation --> résistance dans l'air | 90 | 135,00 |
| | **Sous Total HT Câblage (G7)** | | **38 295,00** |
| G8 | **Réseau de terre** | | **1 500,00** |
| P1 | **Transport sur site (héliportage)** | | **33 200,00** |
| P2 | **Installation** | | **9 500,00** |
| P3 | **Visites de chantier** | | **1 200,00** |
| P4 | **Documentations techniques** | | **700,00** |
| | **Maîtrise d'œuvre** | | **14 388,00** |
| | **TOTAL HT** | | **215 901,00** |
| | **TVA 20%** | | **43 180,20** |
| | **TOTAL TTC** | | **259 081,20** |

# 16.INSTALLATION PHOTOVOLTAÏQUE

| | Nature des fournitures / travaux - Générateur | | Prix Total HT |
|---|---|---|---|
| G1 | **Champ photovoltaïque** | | |
| | Champ photovoltaïque existant : | | |
| | Modules photovoltaïques : 6000 Wc | | 3 900,00 |
| | Câblage, interconnexion, boîtes de jonction | | 380,00 |
| | Structures spécifiques pour une fixation sur la toiture | | 4 500,00 |
| | Structure pour la fixation des modules en façade | | 2 000,00 |
| | Parafoudre et mise à la terre | | 450,00 |
| | Points d'ancrage | | 350,00 |
| | **Sous Total Champ photovoltaïque (G1)** | | **11 580,00** |
| G2 | **Parc de stockage** | | |
| | Parc batterie existant : | | |
| | Batteries stationnaires 2V - 1737 Ah C120 | 24 | 16 800,00 |
| | Chantier de supportage en gradin, bas de rétention | | 1 700,00 |
| | **Sous Total Parc de stockage (G2)** | | **18 500,00** |
| G3 | **Tableau général très basse tension TGTBT et régulation** | | |
| | Système de régulation du champ photovoltaïque | | 1 200,00 |
| | Système d'acquisition de données | | 750,00 |
| | Voyants et visualisations dans le refuge | | 450,00 |
| | Ensemble de protection de la partie continue | | 1 300,00 |
| | Sectionnement général vérrouillable sur le côté du TGTBT | | 750,00 |
| | **Sous Total coffret TGTBT (G3)** | | **4 450,00** |
| G4 | **Tableau général basse tension TGBT** | | |
| | Comptages et protections | | 430,00 |
| | **Sous Total coffret TGBT (G4)** | | **430,00** |
| G5 | **Convertisseurs** | | |
| | Onduleur/chargeur de 7 kVA au total | | 7 000,00 |
| | **Sous Total Convertisseurs (G5)** | | **7 000,00** |
| G6 | **Local technique (conformément au CCTP)** | | |
| | Aménagement (ventilation, éclairage, portes coupe-feu) | | 4 150,00 |
| | **Sous Total HT Locaux techniques (G6)** | | **4 150,00** |
| G7 | **Câblage** | | **6 000,00** |
| G8 | **Réseau de terre** | | **450,00** |
| G9 | **Tableaux de distribution du Groupe Electrogène** | | **850,00** |
| P1 | **Transport sur site (héliportage)** | | **13 200,00** |
| P2 | **Installation** | | **10 800,00** |
| P3 | **Visites de chantier** | | **700,00** |
| P4 | **Documentations techniques** | | **450,00** |
| | **Maîtrise d'œuvre** | | **3 928,00** |
| | **TOTAL HT** | | **82 488,00** |
| | **TVA 20%** | | **16 497,60** |
| | **TOTAL TTC** | | **98 985,60** |