



UNION EUROPÉENNE



**Qualification de l'offre des refuges de montagne
pour un tourisme durable
en Vallée d'Aoste et Pays de Savoie**

Programme Interreg IIIa ALCOTRA

Projet Refuges N°192

**GUIDE TECHNIQUE
ÉNERGIE
EN SITE ISOLÉ D'ALTITUDE**



P. Boldo / G. Nicoud

Sous la direction de Gérard NICOUD



R. Beltramo / S. Duglio

**Qualification de l'offre des refuges de montagne
pour un tourisme durable
en Vallée d'Aoste et Pays de Savoie**

Programme Interreg III ALCOTRA

Projet Refuges N°192

GUIDE TECHNIQUE

**ÉNERGIE
EN SITE ISOLÉ D'ALTITUDE**

Sous la direction de Gérard NICOUD

P. Boldo / G. Nicoud

R. Beltramo / S. Duglio

Partenaires



Agence Touristique
Départementale
de Haute-Savoie



Collaborateurs



BOURJOT
Environnement



Gaston MULLER Architecte –
392, route du Bettex - 74170 Saint Gervais



Cofinanceurs



Rhône-Alpes Région



Photo de couverture : Installation solaire thermique et photovoltaïque du refuge des Conscricts (photo P. Boldo).

Mise en page : André Paillet, Université de Savoie, Laboratoire EDYTEM.

Les photos hors-texte sont entourées d'un filet noir.

Imprimé par : Imprimerie Nouvelle Gonnet, Virignin, BP 117 - 01303 Belley cedex.

On peut se procurer ce guide auprès du Conseil Général de la Haute Savoie, tél. 00 33 (0)4 50 33 50 04.

Dépôt légal : Juillet 2008.

ISBN 978-2-9520432-6-7

Ce guide a été rédigé sous la direction de Gérard NICOUD de l'Université de Savoie, UFR CISM, laboratoire EDYTEM.

Ont contribué à la rédaction de ce guide :

P. BOLDO de Polytech'Savoie
G. NICOUD et A. PAILLET d'EDYTEM – CISM – Université de Savoie
F. DORNE et S. MARTIN du Parc National de la Vanoise
N. PICHOT et A.-S. MASURE de Prioriterre
R. BELTRAMO et S. DUGLIO de l'Université de Turin
P. VACHER de la FFCAM
G. MULLER de l'Atelier des Dômes

Avec la participation de

Association des gardiens de refuge J. MOATTI, L. DIDIER
ATD 74 : M.-L. FRESCURAT
Bourjot Environnement L. BOURJOT, N. HUGUET, A.-S. MASURE.
Espace Mont-Blanc : S. TUAZ
FFCAM : M. COURTIAL, J.-P. LABORIE, M. COELLO, M. REZER
Fondation Montagne Sûre : J.-P. FOSSON, D. DUFOUR
Région Autonome de la Vallée d'Aoste (Assessorat de l'Environnement et du Tourisme) : L. INCOLETTI
Quattrocchio Cabinet d'architectes : E. QUATTROCCHIO

Les auteurs tiennent à remercier, pour l'accueil et l'intérêt dont ils ont fait preuve lors des rencontres :

les gardiens des refuges :

Albert 1er, Ambin, Arpont, Avérole, Bertone, Bonatti, Chaligne, Col du Palet, Conscrits, Deffeyes, Félix Faure, Fond d'Aussois, Lac Blanc, La Leisse, Leschaux, Les Evettes, Levi Molinari, Oratorio di Cuney, Pigeonnier, Plan du Lac, Presset, Quintino Sella al Félik, Tête Rousse, Tré la Tête, Vallonbrun, et tous ceux, non cités, qui ont toujours répondu avec patience à nos sollicitations,

et tout particulièrement Mr P. Chapelet et son équipe du service des Affaires Européennes et de la Coopération Décentralisée du Conseil Général de la Haute-Savoie qui ont porté ce projet Interreg.



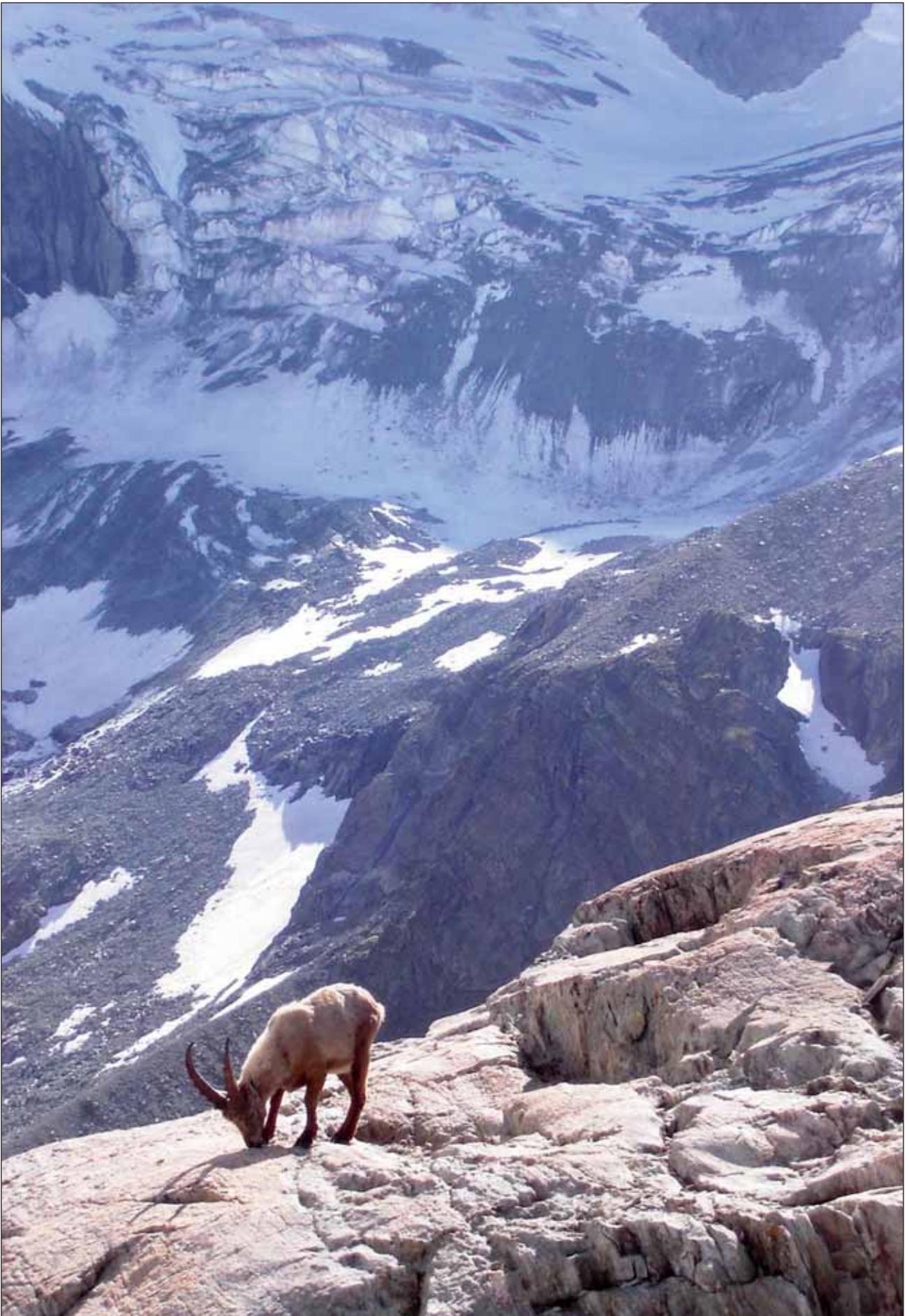
Refuge de l'Arpont, 2309 m, Massif de la Vanoise - Savoie (France).



Refuge de Tête Rousse, 3167 m, Massif du Mont Blanc- Haute Savoie (France).

Sommaire

1 Les contraintes du milieu montagnard sur l'énergie.....	9
1.1 La topographie	10
1.2 Le climat.....	11
1.3 Les besoins en énergie dans les refuges.....	13
1.3.1 Les besoins spécifiques d'électricité.....	13
1.3.2 Les besoins de chaleur	14
2 Les contraintes réglementaires liées à l'énergie	17
2.1 En France.....	18
2.1.1 Réglementation Thermique 2005 (RT 2005) :.....	18
2.1.2 Loi Montagne : Loi du 9 Janvier 1985.....	18
2.1.3 Spécificité des installations solaires.....	18
2.1.4 Spécificité des installations hydroélectriques	19
2.2 En Italie et vallée d'Aoste.....	20
3 Les principaux modes de production d'énergie électrique.....	21
3.1 Le groupe électrogène	22
3.1.1 Les avantages :	22
3.1.2 Les inconvénients :	22
3.1.3 Les données techniques et financières.....	22
3.2 L'installation photovoltaïque.....	24
3.2.1 Le principe de fonctionnement.....	24
3.2.2 L'implantation des panneaux photovoltaïques.....	25
3.2.3 L'implantation de l'installation technique.....	27
3.2.4 Les avantages :	27
3.2.5 Les inconvénients :	27
3.2.6 Les données techniques et financières.....	28
3.3 L'hydroélectricité.....	29
3.3.1 Le principe de fonctionnement.....	29
3.3.2 Les avantages.....	29
3.3.3 Les inconvénients	30
3.3.4 Les données techniques et financières.....	30
3.4 L'énergie éolienne.....	32
3.4.1 Les contraintes	32
3.4.2 Les données techniques et financières.....	33
4 Conclusion.....	35
Bibliographie - Webographie	39



Massif du Mont Rose (Italie) (photo Velio Coviello).

Préambule

Ce guide a été réalisé dans le cadre du projet de coopération transfrontalière « Refuges – Qualification de l’offre des refuges de haute montagne pour un tourisme durable dans la vallée d’Aoste et dans les Pays de Savoie », financé par le programme Interreg III ALCOTRA (Alpes Latines Coopération Transfrontalière).

L’objectif principal de ce projet de coopération transfrontalière est d’adapter- à travers différentes mises aux normes - **l’offre refuge aux attentes actuelles** des utilisateurs et des populations montagnardes tout en étant à même de **maîtriser les solutions techniques respectueuses de l’environnement** pour une gestion facilitée et efficace de ces refuges.

L’amélioration du confort des refuges est souhaitée partout pour satisfaire tous les usagers, les randonneurs, novices ou expérimentés, jeunes ou anciens, mais aussi les gardiens. Tous apprécient un repas chaud, des lavabos avec eau, chaude si possible, des sanitaires sans odeurs et proches du refuge, une douce chaleur ambiante et la possibilité de faire sécher les vêtements. Bref, tout ce qui ressemble à l’ordinaire des villes et des campagnes. Mais nous sommes ici en montagne, milieu froid, difficile d’accès et isolé.

Ce confort va s’accompagner de **besoins accrus en eau** potable, ce qui obligatoirement va générer des **volumes conséquents d’eaux usées** et nécessiter de **l’énergie en quantité** bien supérieure aux seuls besoins d’éclairage.

Aussi ce programme Interreg Refuges se propose **d’évaluer les solutions techniques** disponibles pour satisfaire ces exigences, à partir de retours d’expériences conduites sur le terrain au travers de nombreuses visites et ce depuis plus de 10 ans jusqu’à la fin décembre 2007.

Les 3 guides techniques réalisés dans ce programme Interreg sont conçus pour respecter l’esprit d’un **développement durable des refuges**, dans des espaces grandioses, qui incitent à la contemplation et sont souvent d’ailleurs des espaces protégés. Le but est de réussir, sans défaut ni délai, à intégrer la réalité des contraintes techniques à la représentation du refuge imprimée dans l’imaginaire des randonneurs.

Il nous appartient donc de concevoir :

- des adductions d’eau en tout point respectueuses de la réglementation sanitaire,
- des dispositifs de traitement des effluents sans nuisances olfactives ou visuelles ni rejets polluants dans le milieu naturel,
- et une production d’énergie suffisante pour satisfaire les besoins de traitement d’eau, de ventilation des unités de dépollution, de production d’eau chaude, de fonctionnement des appareils de cuisine, de chauffage, de séchage et d’éclairage, tout en limitant la quantité de CO₂ rejetée dans l’atmosphère.

Les technologies mises en oeuvre doivent être bien adaptées au site et à chaque refuge. Elles doivent être efficaces et les dispositifs faciles d’entretien afin de dégager les gardiens des préoccupations techniques et les rendre disponibles pour un accueil chaleureux des randonneurs.

C’est surtout le fonctionnement des refuges durant la saison estivale qui regroupe les plus grosses exigences en matière d’eau, d’énergie et de traitement des effluents du fait de la concentration de l’affluence sur cette courte période. Mais les besoins en saison d’hiver ne sont pas à négliger malgré des marges de manœuvres techniques réduites du fait du climat montagnard.

Les 3 guides techniques :

- « **Alimentation en eau en site isolé d'altitude** »
- « **Energie en site isolé d'altitude** »
- « **Assainissement en site isolé d'altitude** »

font le point sur les techniques utilisées. La conception des dispositifs, leurs coûts, leurs atouts et leurs inconvénients sont avancés en toute transparence grâce aux investigations de terrain, aux observations, aux expériences et aux conseils des gardiens et des propriétaires de refuges. Une aide au bon choix des dispositifs est apportée en fonction des caractéristiques des refuges, de leur environnement physique, de la vulnérabilité des milieux et du degré de confort admis ou contraint.

Ces guides sont destinés :

- aux propriétaires de refuges,
- aux architectes de montagne,
- aux responsables administratifs (services de l'état, des départements et des communes),
- aux financeurs de projets,
- aux gardiens de refuges,
- et à tous les passionnés des faces cachées de la montagne.



Refuge de la Pra, 2109 m, Massif de Belledonne, Isère (France)

1

Les contraintes du milieu montagnard sur l'énergie

1.1 La topographie

En zone montagneuse, les versants présentent des pentes soutenues à fortes, rendant **l'accessibilité** aux bâtiments d'altitude difficile à impossible, toute ou partie de l'année, pour tout véhicule, d'où de grandes difficultés de convoyage du matériel et des combustibles.

L'instabilité sur les versants (chutes de blocs, ravinement, reptation, glissement, accumulation de

neige, avalanche) conduit à installer les bâtiments sur des éperons rocheux résistants et protégés. Elle contribue à endommager tout réseau aérien ou souterrain de transport d'énergie ou d'eau, à désorganiser les ouvrages de prises d'eau pour l'hydroélectricité (embâcles) et génère des difficultés d'accès au printemps.

L'installation d'un dense réseau de cours d'eau et de torrents, souvent encaissés, est par contre plutôt favorable au concept d'aménagement hydroélectrique.



Figure 1: Avalanche (Photo F. Allignol) et embâcle sur prise d'eau en Belledonne (Photo D. Thillet).

1.2 Le climat

Il est caractérisé par une longue saison hivernale froide, avec un stockage neigeux qui réduit alors considérablement les débits des cours d'eau.

La fonte des neiges s'achevant vers juillet, les cours d'eau subissent **un régime d'étiage** dès septembre en l'absence de précipitations estivales. Les bassins versants sur schistes, micaschistes et calcaires sont les plus sensibles à ces étiages. Les milieux granitiques ou riches en formations détritiques glaciaires sont plus favorisés, bien qu'influencés par l'altitude qui maintient longtemps le gel nocturne.

L'utilisation de l'eau à des fins hydroélectriques se trouve ainsi limitée dans certains sites, durant les périodes de printemps et d'automne.

Parallèlement, à la fin du printemps et parfois en été, la fonte de la neige est accompagnée d'épisodes orageux qui perturbent le ruissellement et favorisent l'érosion et le transport d'éléments grossiers, caillouteux et l'augmentation sérieuse de la turbidité des eaux. Ainsi, les dispositifs de prises d'eau sont perturbés, les conduites obstruées et les eaux agressives vis à vis des turbines hydroélectriques.

D'autre part, le climat montagnard d'altitude limite voire interdit tout développement des forêts au-delà de 2000 m. L'utilisation du bois-énergie, récupéré sur place, est ainsi impossible.

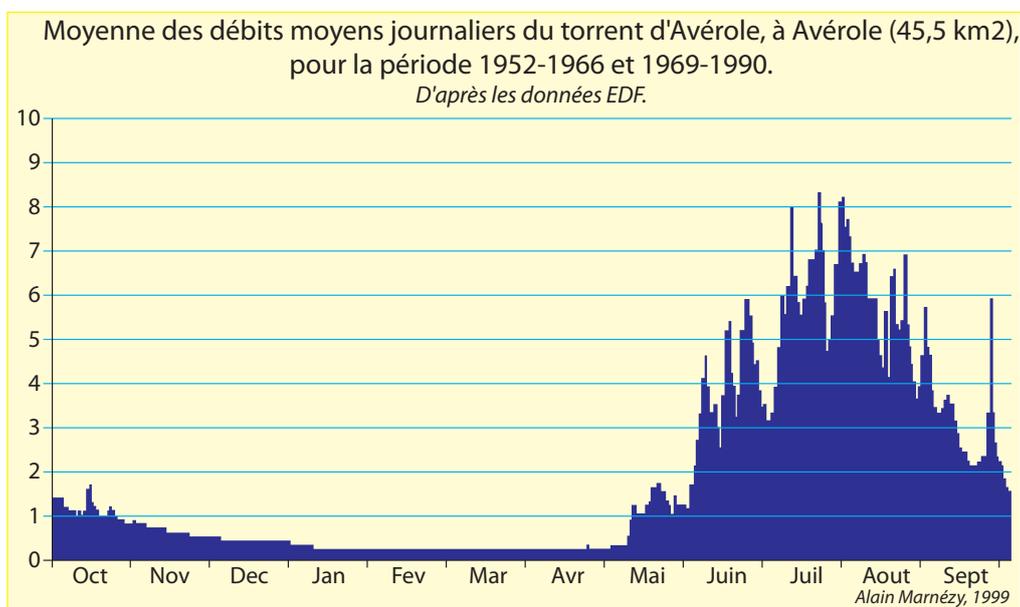


Figure 2 : Débordement du Vorz - Belledonne (Photo D. Thillet).



Figure 3 : L'étagement de la végétation : Refuge du Pigeonnier – Ecrins (a) et montée au refuge Deffeyes – Vallée d'Aoste (b)..

1.3 Les besoins en énergie dans les refuges

La grande majorité des refuges du secteur alpin se positionne en «sites isolés» (éloignés des réseaux de distribution d'énergie et, le plus souvent, des voies d'accès) qui induisent de fortes contraintes de fonctionnement, en particulier au niveau de l'énergie. Dans le seul département de Haute-Savoie, près de 40 refuges sont concernés par cette problématique. Les refuges raccordés à un réseau électrique fonctionnent, quant à eux, comme des établissements touristiques classiques. Néanmoins, ils sont souvent équipés d'un groupe électrogène de secours.

L'ensemble des refuges fonctionne par «intermittence» au cours de l'année, avec une forte fréquentation estivale et généralement une fermeture en hiver. Au sein même d'une saison, de grosses disparités apparaissent en fin de semaine, selon les conditions météorologiques et du fait de la présence éventuelle de groupes de marcheurs.

Les besoins d'énergie des refuges sont répartis en deux catégories, électricité et chaleur.

1.3.1 Les besoins spécifiques d'électricité

L'électricité est nécessaire à l'éclairage, au froid, à l'électroménager, au traitement de l'eau et à son pompage. L'absence de réseau électrique induit l'utilisation d'équipements spécifiques pour produire l'électricité, tels que le groupe électrogène, les panneaux solaires ou les turbines hydroélectriques.

Les besoins d'électricité des refuges situés en sites isolés sont généralement assez faibles. En effet, la difficulté de disposer de cette énergie en quantité importante limite son usage. Toutefois, ce besoin peut-être considérablement accru en fonction des services proposés (chauffage, éclairage,..). Le tableau ci-dessous récapitule le type d'usage et les consommations moyennes des refuges selon leur utilisation.

A titre indicatif, la consommation électrique du refuge de l'Arpont – Vanoise, s'établit entre 3500 et 4000Wh/jour en juillet-août.

Type de refuge	Nombre de lits	Consommation moyenne journalière	Usage type
Petits refuges ou buvettes	0 à 15	1 000 Wh/j	Eclairage + réfrigérateur Traitement UV eau potable
Refuge moyen	< 30	2 000 à 5 000 Wh/j	Eclairage, réfrigérateur, petit électroménager Traitement UV eau potable
Refuge important	> 30	5 000 à 15 000 Wh/j, voire beaucoup plus	Eclairage, réfrigérateur, congélateur, traitement UV eau potable, cuisine, petit et gros électroménagers

Les besoins en électricité des refuges en fonction de leur taille.

1.3.2 Les besoins de chaleur

Ils se rapportent à la cuisine, au chauffage et à la production d'eau chaude sanitaire (ECS). Ces besoins de chaleur sont, le plus souvent, assurés par des énergies autres que l'électricité, étant donnée la difficulté de disposer de cette énergie. Le gaz ou le bois sont donc généralement utilisés, pour la seule production d'ECS et le chauffage des communs (salle à manger).

Les besoins de chaleur sont extrêmement variables d'un refuge à l'autre, en fonction :

- de l'altitude,
- de la qualité de l'isolation thermique (typologie architecturale du bâtiment et matériaux utilisés),
- de la période d'ouverture (chauffage important si usage hivernal ou en mi-saison),
- du type de prestations proposées (chauffage, douche, séchage).

Les principaux besoins de chaleur sont liés à la production d'eau chaude, qui va fortement dépendre de l'usage qui en est fait :

- 3 000 à 5 000 kWh/an pour un usage strictement destiné au gardien (cuisine et salle de bain du gardien),

- plus de 10 000 kWh/an si l'usage est libre à la clientèle (douche notamment). A titre d'exemple, la consommation de gaz propane au refuge de l'Arpont - Vanoise, est de 1225 kg (35 bouteilles) soit environ 15655 kWh.

Généralement, la production d'eau chaude est assurée par un chauffe-eau gaz (parfois par un chauffe-eau électrique couplé à un groupe électrogène ou par une turbine hydroélectrique ou, plus rarement, par des panneaux solaires thermiques). A titre d'exemple, en Vallée d'Aoste, 6 refuges sur 42, qui ont participé à l'étude fin décembre 2007, assurent le chauffage de l'eau par solaire thermique (refuges Aosta, Bertone, Bezzi, Chaligne, Gabiet, Gniffetti et Monzino).

Il faut signaler l'existence fréquente de dispositifs simples de réchauffage d'eau pour les douches, constitués d'un enroulement de tube PEHD noir. Ces capteurs basiques d'un coût négligeable constituent une approche pédagogiquement satisfaisante de l'énergie solaire.

Parallèlement, les refuges profitent des avancées technologiques en matière de capteur. Les classiques capteurs plans (refuge Bertone- Val d'Aoste) sont parfois remplacés par des capteurs tubulaires sous vide de meilleur rendement (refuge Chaligne – Val





Figure 4 : Capteurs solaires thermiques basiques en Piémont (a) et Vanoise (b) (Plan Sec).

d'Aoste). Lorsqu'ils sont intégrés au bâtiment dès sa conception, ils offrent un rendement sans commune mesure avec ces simples tubes PEHD. Il est alors possible de chauffer non seulement l'eau chaude sanitaire mais aussi l'ensemble du refuge par plancher solaire direct (PSD).

Lorsque que le refuge est équipé de chauffage, les consommations énergétiques sont bien plus importantes et sont assurées par le fioul, le gaz, le bois (lorsqu'il y a une possibilité de production locale) ou l'hydro-électricité.



Figure 5 : Capteurs solaires thermiques au refuge Bertone (c) et Chaligne - Vallée d'Aoste (d).

Les équipements de production de chaleur dans les refuges sont les mêmes que ceux utilisés dans les établissements touristiques de vallée (poêle, chaudière, chauffe-eau, radiateurs...). La seule spécificité réside dans l'approvisionnement en énergie. Il est nécessaire de bien étudier la fourniture des combustibles, notamment pour les refuges n'ayant pas d'accès par piste (hélicoptage du gaz, du fioul ou du bois). Il faut signaler que le transport du gaz se fait soit par bou-

teilles (13 ou 35 kg) soit directement par des citernes hélicoptées. Il s'agit de propane qui peut être utilisé jusqu'à une température proche de -40°C .

Des besoins particuliers en chaleur sont apparus pour des installations de traitement d'eaux usées. C'est le cas au refuge des Conscrits - Mont Blanc pour le maintien en température des fosses ou au refuge Deffeyes - Val d'Aoste pour le chauffage du digesteur.



Figure 6 : Chauffage solaire pour le traitement des eaux usées aux refuges Deffeyes, Val d'Aoste (a) et des Conscrits, Mont Blanc (b).

2

Les contraintes réglementaires liées à l'énergie

2.1 En France

2.1.1 Réglementation Thermique 2005 (RT 2005)

La France s'est engagée dans l'amélioration des performances thermiques des bâtiments neufs. Une première réglementation thermique est entrée en vigueur en 2000 (RT 2000). La RT 2005 vient compléter cette première réglementation, en retrait par rapport à la Suisse ou l'Allemagne, en diminuant de 15% la consommation cible des bâtiments. Le niveau de consommation d'un tel bâtiment est de 130 kWh/m².an contre 300 kWh/m².an pour un bâtiment existant.

Tous les 5 ans, cette réglementation sera renforcée, avec pour objectif de généraliser la construction de bâtiment basse consommation en 2020.

A ce jour, la RT 2005 ne concerne que la construction neuve, donc les refuges à (re)construire. Cette réglementation est d'autant plus importante pour les refuges que ceux-ci sont généralement situés en altitude et subissent de fortes contraintes météorologiques qui engendrent d'importantes consommations d'énergie.

2.1.2 Loi Montagne : Loi du 9 Janvier 1985

Différents dispositifs de la loi Montagne participent à la protection du patrimoine naturel et culturel :

- en définissant une spécificité naturelle et culturelle à chaque massif et en la valorisant,
- en maîtrisant l'urbanisme : construction en continuité ou en hameau nouveau intégré, non constructibilité dans certains cas,
- en maîtrisant et en contrôlant le développement touristique.

2.1.3 Spécificité des installations solaires

Une installation solaire, qu'elle soit photovoltaïque ou thermique, nécessite une déclaration préalable ou un permis de construire délivré par la commune sur laquelle est situé le refuge.

En parallèle, les projets concernant des refuges situés sur des zones géographiques particulières (zone classée, zone naturelle...) seront également soumis à examen par les Architectes des bâtiments de France (ABF). Cette particularité permet d'éviter de faire des installations solaires inesthétiques et préjudiciables au développement de cette énergie.

2.1.4 Spécificité des installations hydroélectriques

Les projets de centrales hydroélectriques sont soumis aux prescriptions de la loi du 16 octobre 1919, relative à l'utilisation de l'énergie hydraulique. Cette loi précise que «nul ne peut disposer de l'énergie des marées, des lacs et cours d'eau sans une concession ou autorisation».

Les installations équipant les refuges sont soumises à ce dernier régime (**autorisation**) car elles sont d'une puissance inférieure à 4 500 kW.

Le dossier de demande est adressé en 7 exemplaires au préfet (article 2 du décret de 1993) et sa constitution, détaillée en 17 points, avec des différences selon que la puissance est inférieure ou supérieure à 500 kW, présente les caractéristiques de l'ouvrage (dont le débit maintenu dans la rivière), une étude ou notice d'impact, les mesures compensatoires, des éléments sur la libre disposition des terrains avant mise à l'enquête publique....

En outre, la Loi « Pêche » de 1984 impose de maintenir, dans le lit court-circuité d'un cours d'eau aménagé, un débit minimal garantissant en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces (1/10ème du module (débit annuel moyen) pour les nouveaux ouvrages selon l'article L 232.5 du code rural et 1/40ème pour les ouvrages existants).

Cette réglementation ne s'applique cependant pas à l'usage d'eau de source ou au turbinage sur adduction d'eau potable.

Dans les espaces protégés, (parcs nationaux, régionaux, réserves naturelles, ZNIEFF, ZICO, sites Natura 2000), la réglementation est plus contraignante :

- Le décret n° 63-651 du 6 juillet 1963, portant création du Parc National de la Vanoise, impose de soumettre à l'autorité de son directeur tout projet d'aménagement susceptible de modifier l'aspect du territoire ou de détourner les eaux d'un cours d'eau. L'accord préalable du Parc National de la Vanoise est donc indispensable à tout type de travaux.
- Les articles R242-19 à 21 du Code de l'Environnement sur la modification de l'état ou de l'aspect d'un espace naturel protégé imposent la réalisation d'un document d'incidence ou d'une étude/notice d'impact soumise à l'autorité préfectorale.

En site Natura 2000, le secteur est soumis à l'Article L414-4 du Code de l'Environnement (Ordonnance n° 2001-321 du 11 avril 2001 art. 8 Journal Officiel du 14 avril 2001, et Ordonnance n° 2004-489 du 3 juin 2004 art. 2 Journal Officiel du 5 juin 2004 rectificatif JORF 10 juillet) et au Décret n° 2001-1216 du 20 décembre 2001 relatif à la gestion des sites Natura 2000 et modifiant le Code Rural qui précisent le contenu des études d'impact et les obligations à respecter en termes de respect des sites et habitats et de contrôle de régularité par le gestionnaire.

Enfin, le Directeur d'un Parc National étant l'ultime autorité en matière d'autorisation, il lui appartient de veiller au respect des normes qu'il a lui-même participé à mettre en place à travers le Programme d'Aménagement et la Charte de gestion environnementale des refuges.

2.2 En Italie et vallée d'Aoste

En Italie, ce qui concerne les refuges est, à l'origine, régi par le texte organique des normes du domaine des refuges alpins (D.P.R. 918/1957) repris par la loi cadre sur le tourisme (L. 217/1983) qui classe les refuges comme des structures non hôtelières et les définit comme des « *locaux à même de fournir un hébergement en zone montagneuse de haute altitude en dehors des zones habitées* ». La loi cadre demande à l'autorité normative régionale de déterminer les critères pour la classification des structures mais la plupart du temps cette opportunité n'est pas utilisée. Au plan national il n'existe pas de norme qui définisse de façon unique les refuges.

Dans la région autonome de la Vallée d'Aoste, la Loi Régionale N°11 du 29/05/1996 (Réglementation des structures d'accueil non hôtelières) établit que « *On entend par refuges les structures d'accueil, situées dans des sites propices aux ascensions et aux randonnées, propres à assurer l'hébergement et le repos des alpinistes et des randonneurs dans des zones de montagne isolées, accessibles par des chemins muletiers, des sentiers, des tracés traversant des glaciers ou des moraines ou par des téléphériques ou des routes sur lesquelles la circulation automobile est réglementée.* »

En Vallée d'Aoste, les dernières dispositions à caractère régional dans le domaine de l'énergie qui concernent aussi les refuges alpins figurent dans la Loi régionale n° 23 du 14 octobre 2005 « Dispositions de rationalisation et de simplification des procédures d'autorisation de réaliser et de mettre en service les installations alimentées par des sources d'énergie renouvelables et destinées à la production d'énergie ou de vecteurs énergétiques » et dans la Loi régionale n° 3 du 3 janvier 2006 « Nouvelles dispositions en matière d'actions régionales pour la promotion de l'utilisation rationnelle de l'énergie »

Pour plus d'information et pour trouver les textes des normes régionales, il est possible de consulter la banque de données de la région sur le site « www.consiglio.regione.vda.it » à la rubrique « Banque de données ». L'assessorat compétent est l'Assessorat du Tourisme, des Sports, du Commerce et des Transports, 3, place de Narbonne - 11100 Aoste, Tel.: +390165272721.

3

Les principaux modes de production d'énergie électrique

3.1 Le groupe électrogène

Le mode de production le plus simple et le moins onéreux à mettre en place au niveau d'un refuge est l'utilisation d'un groupe électrogène. Cet appareil, alimenté soit en gasoil, soit au gaz (il existe également des possibilités de fonctionnement aux carburants végétaux) permet de produire du courant électrique en diverses tensions. Les groupes de faibles puissances sont souvent limités à du courant continu 12/24/48 Volts. Le courant alternatif 220 et/ou 380 Volts est disponible sur les groupes de plus fortes puissances.

Il est possible de trouver très facilement des groupes électrogènes de toutes puissances et avec toutes alimentations.

3.1.1 Les avantages

On peut citer :

- un investissement réduit,
- du matériel courant,
- un combustible facilement disponible,
- une large gamme de puissances

3.1.2 Les inconvénients

Ils sont d'ordre environnemental (pollution, nuisance) :

- génération de gaz à effet de serre, (1kg de gasoil ou d'essence produit environ 3,2 kg de CO₂)
- génération d'odeurs (gaz de combustion),
- émission de bruits (audibles à distance en montagne),
- transport de combustible (hélicoptage),
- fonctionnement continu en l'absence d'un parc de batteries.
- production de déchets toxiques pour certains, résultants des opérations de maintenance (pièces d'usure, huile de vidange, remplacement de filtres)

Il est possible de coupler un groupe électrogène avec des batteries, afin de limiter le temps de fonctionnement du moteur. Cependant, les batteries de grosses capacités ne sont pas forcément compatibles avec le mode de charge rapide des groupes électrogènes ; l'idéal étant de coupler le groupe électrogène avec une installation photovoltaïque, ce qui permet de limiter la durée de fonctionnement du moteur tout en disposant d'un stockage adapté (disponibilité d'électricité en permanence, sécurité et secours assurés en cas de mauvais temps...).

Le groupe électrogène reste cependant indispensable dans les refuges non raccordés à un réseau électrique, ni équipés de micro centrale hydroélectrique et qui disposent de gros appareils électroménagers (lave linge, lave vaisselle, appareil de bricolage...).

Nota : Il existe également des groupes « cogénération » qui permettent de produire simultanément de la chaleur et de l'électricité. Ils sont particulièrement intéressants pour les refuges de haute-altitude dont les besoins de chaleur sont importants même en plein été.

3.1.3 Les données techniques et financières

Les puissances rencontrées dans les refuges investigués vont de 1kW à 150 kW.

Le prix d'achat d'un groupe de 15 kVA, qui est la valeur moyenne installée, varie de 4000 € HT pour un groupe essence à 8000 € HT pour un diesel insonorisé. Sa consommation en carburant est voisine de 5 litres/heure. La masse est approximativement de 400kg ce qui le rend hélicoptable. En comparaison, un groupe fonctionnant au gaz coûte 4000 euros HT pour une puissance de 2,5 kVA et de l'ordre de 6100 euros HT pour 4 kVA. Récemment, des modèles à bas coût (4,8 kVA pour 1300 € HT) sont apparus.

Pour des groupes fonctionnant à l'essence et de plus faible puissance, le coût n'est que de 400 euros HT pour 2 kVA et 700 euros HT pour 4 kVA.

Selon le type d'appareils électriques à alimenter, surtout s'ils contiennent de l'électronique, il convient de choisir un groupe électrogène dont le courant alternatif est régulé.
En effet, le régime du moteur détermine la fréquence du courant et l'alternateur la qualité du courant. Les

groupes utilisant un simple condensateur pour réguler offrent une distorsion harmonique relativement forte ce qui les rend difficilement compatibles avec des matériels sensibles (vidéo, audio, informatique). Il convient de préférer une régulation électronique type AVR.



Figure 7 : Groupes électrogènes des refuges du Lac Blanc (a, photo P. Mandaroux) et Quintino Sella al Félík (b, photo R. Beltramo et S. Duglio).

3.2 L'installation photovoltaïque

3.2.1 Le principe de fonctionnement

Le schéma ci dessous présente les différents éléments d'une installation photovoltaïque

Les capteurs, ou **photopiles**, sont constitués de matériaux **semi-conducteurs**, généralement du silicium, qui transforment directement la lumière du rayonnement solaire en énergie électrique. Les rendements se situent entre 8 et 15 % selon le type de silicium (6-7% en amorphe, 11-14% en polycristallin, 12-16% en monocristallin).

La puissance s'exprime en Watt crête (Wc) qui est la puissance maximale que fournit le panneau sous l'ensoleillement standard de 1000 W/m² (soleil à midi). Le module classique (1 m par 0,5 m) développe une puissance maximale théorique d'environ 50 Wc.

Les particules de lumière, les photons, viennent heurter les électrons sur le silicium et lui communiquent leur énergie. Une tension apparaît en présence de lumière aux bornes de la photopile. Le courant obtenu est proportionnel à la lumière reçue.

L'électricité est produite en courant **continu** par les capteurs, puis transformée si besoin en courant **alternatif** par un appareil électronique appelé **onduleur**.

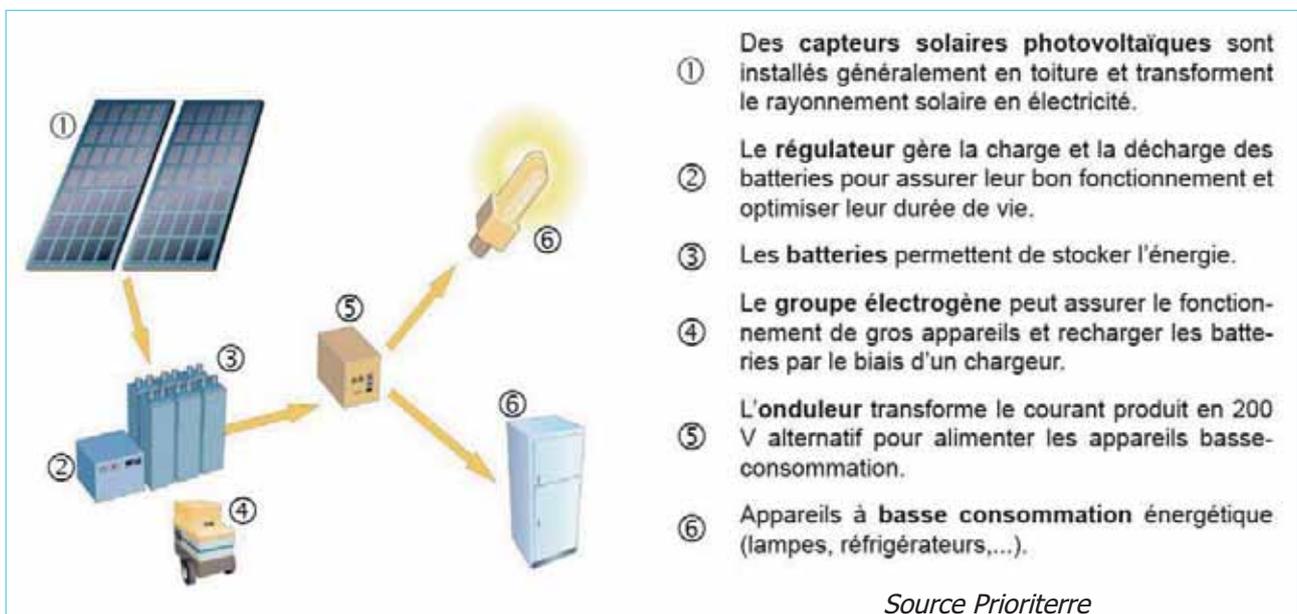
Il faut également prévoir de stocker l'électricité.

Le stockage se fait dans des **batteries ou accumulateurs**. Les batteries utilisées sont normalement des batteries fixes au plomb. Ces batteries ont une longévité de **5 à 8 ans**. Leur durée de vie est affectée en altitude par les basses températures. Leur remplacement représente une part importante des frais de maintenance. L'idéal est d'utiliser un parc de batteries au plomb ouvert à plaques positives tubulaires. Chaque élément a une tension de 2 volts. Ce type de batteries est réputé pour sa résistance à la surcharge et sa tenue inégalée au cyclage.

La capacité de stockage utile est calculée en fonction du nombre de jours d'autonomie nécessaire. Un appoint peut être nécessaire si le soleil fait défaut pendant un certain temps.

Un **groupe électrogène** peut alors servir à recharger les batteries via un chargeur. Il peut aussi délivrer directement du courant.

Un **régulateur** est indispensable pour prolonger la durée de vie des batteries en évitant les décharges profondes et les surcharges. Il est indispensable de maintenir un courant d'entretien pour conserver les batteries en charge pendant la fermeture du refuge. Cette réserve peut être utilisée pour l'éclairage du refuge d'hiver (refuge de Crête Sèche – Vallée d'Aoste). Cette contrainte oblige à laisser en service au moins une partie des panneaux solaires. La décharge totale d'une batterie plomb divise sa durée de vie par deux.



Source Prioriterre

La durée de vie des panneaux photovoltaïques, est garantie pour des périodes de 20 et 30 ans, mais peut en principe aller au-delà.

Dans l'ensemble des refuges alpins, l'utilisation de l'énergie solaire photovoltaïque est d'un usage courant. On rencontre fréquemment de petites installations d'une puissance crête de quelques centaines de watts. Dans les cas extrêmes, il s'agit d'un ou deux panneaux en série qui alimentent directement en 12 ou 24 volts le dispositif concerné. A ce titre, l'installation de deux panneaux de 200 Wc au refuge Bertone – Vallée d'Aoste, alimente la pompe de circulation de l'installation solaire thermique. Pour les téléphones de secours, par exemple, un panneau de 30 Wc fixé sur l'antenne est suffisant.

Dans d'autres cas (Refuge Oratorio di Cuney et Quintino sella al Félik par exemple), ces installations sont de puissances plus importantes, supérieures à 2000 Wc.

La préservation de la durée de vie du parc de batteries nécessite l'utilisation d'un groupe électrogène dès que de fortes puissances sont appelées, même sur un temps court.

3.2.2 L'implantation des panneaux photovoltaïques

L'implantation des capteurs dépend de plusieurs paramètres :

- l'ensoleillement : le plein Sud sera privilégié, tout en vérifiant l'absence de masque (arbre, montagne, bâtiment...),
- l'inclinaison : pour un usage uniquement estival, une inclinaison comprise entre 15 et 45° est intéressante. Pour un usage hivernal, une position verticale sera plus favorable pour utiliser l'albédo de la neige,
- la protection vis-à-vis des aléas climatiques : les panneaux devront être implantés sur des zones vite dégagées de la neige et devront également être protégés du vent,
- la configuration du bâtiment : le bâtiment n'offre pas toujours une implantation optimale,
- la localisation sur le bâtiment : dans certains cas

de figure, les Architectes des Bâtiments de France doivent être consultés avant toute implantation, • les éventuelles dégradations (volontaires ou non) ou les vols.

Tous ces paramètres doivent donc être étudiés avant d'installer les capteurs. Généralement, les capteurs sont implantés en toiture Sud (si elle existe et possède une inclinaison adaptée) et au plus proche du faîtage pour éviter les surcharges de neige.

Il est parfois utile d'installer des panneaux orientés à l'Est. Car, fréquemment en montagne, le beau temps est précoce le matin et la détérioration apparaît en milieu de matinée. L'installation de panneaux à l'Est permet ainsi de capter ces premiers rayons de soleil.

Cependant, des implantations en façade, ou avant-toit peuvent avoir leur intérêt.

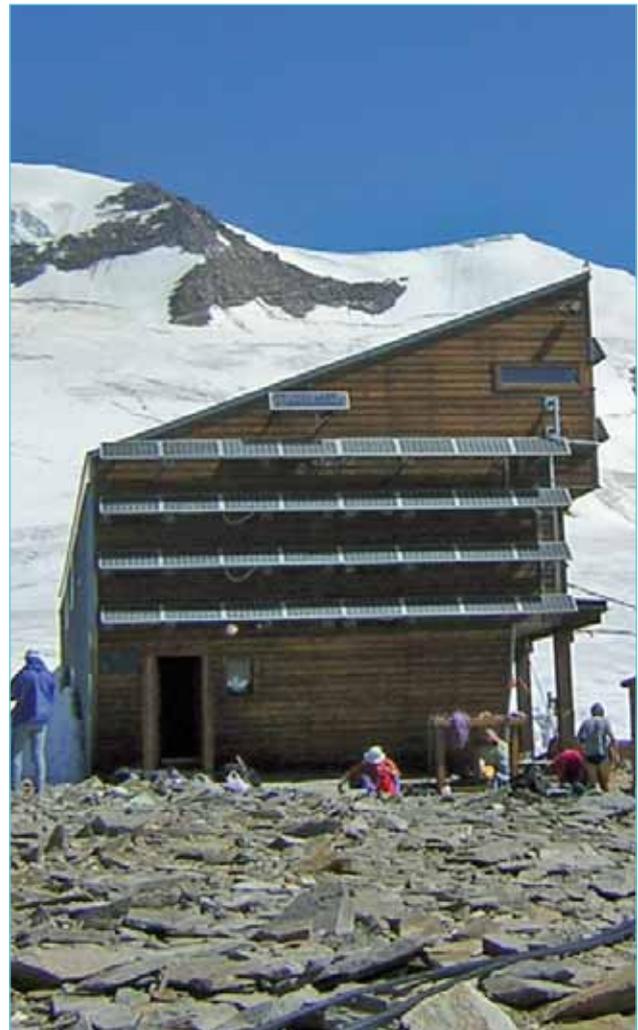


Figure 8 a : Refuge Quintino Sella al Félik – Aoste ; 35m², 48 modules, 3800Wc.



Figure 8 b : Refuge d'Ambin - Vanoise.



Figure 8 c : Refuge de Sales. Capacité d'accueil de 40 personnes ; besoins électriques environ 5000 WH /j de consommation, installation de 1500 Wc (Prioriterre).



Figure 8 d : Refuge des Evettes - Vanoise.



Figure 8 e : Refuge de Vallonbrun – Vanoise ; 1200 Wc.

Les dispositifs peuvent être positionnés à l'écart du refuge, avec une intégration paysagère ou architecturale discutable (fig. 8 d et 8 e).

3.2.3 L'implantation de l'installation technique

L'installation technique est composée du parc de batteries, du régulateur, des armoires électriques, de l'onduleur et d'un éventuel chargeur. Ces éléments devront être installés dans **un local technique coupe feu et aéré** (aération haute et basse) car la charge des batteries produit un dégazage d'hydrogène hautement explosif.

Le local technique devra également être au plus proche des panneaux photovoltaïques afin de limiter

les pertes ohmiques dans les câbles dues aux fortes intensités et faibles tensions produites.

Les batteries devront quant à elles être implantées dans un coffre étanche équipé d'aération ou au minimum d'un bassin de rétention pour retenir les éventuelles fuites d'acide sulfurique. Le poids des batteries peut être très conséquent, supérieur à 500kg. Aussi le local technique devra être prévu à cet effet.

3.2.4 Les avantages

Une installation photovoltaïque est :

- écologique, elle n'émet ni bruit ni gaz à effet de serre ; si ce n'est lors des processus de fabrication des différents composants,
- économique à l'exploitation, après investissement et hors changement du parc. Une installation photovoltaïque en site isolé nécessite très peu de maintenance et de frais de fonctionnement contrairement au groupe électrogène ;
- pratique, elle ne nécessite pas de manipulations fastidieuses à la mise en route ou à l'arrêt.

Ces installations sont particulièrement intéressantes pour les petits refuges dont la période d'ouverture est uniquement estivale et dont les besoins d'électricité sont faibles (éclairage, froid et petits électroménagers).

3.2.5 Les inconvénients

Une installation photovoltaïque en site isolé est généralement chère. En Italie, le coût se situe entre 8000 et 12000 euros par kWc installé. Ces valeurs indicatives sont susceptibles de fortes variations si l'on prend en compte les frais de transport et de main d'œuvre en altitude.

- La production d'électricité est faible et doit s'accompagner de mesures d'économie d'électricité (utilisation d'éclairage fluo-compact, réfrigérateur classe A+...) et /ou être couplée à un autre système de production d'électricité.



Figure 9: a, Local des batteries - refuge Quintino Sella al Sèlik (60 batteries de 250 Ah, Onduleur 3kVA) et b, Vallonbrun (photo PNV).

- **La gestion des batteries** constitue le point sensible de l'installation photovoltaïque. La durée de vie des batteries est très fortement influencée par le soin qui leur est apporté. Les décharges rapides dues à des machines de fortes puissances, le manque d'électrolyte, le froid hivernal ou des surcharges sont extrêmement néfastes. De plus, le recyclage des batteries en fin de vie constitue un problème écologique.

- Cette énergie est peu fiable car dépendante de l'ensoleillement. Les sites fonctionnant en permanence devront disposer d'une énergie d'appoint.

- L'encombrement des panneaux peut être important : A titre d'exemple, un panneau photovoltaïque de 160 Wc occupe environ 1,5m².

- L'intégration paysagère et architecturale est bien souvent critiquable parce que non intégrée dès la conception du bâtiment.

3.2.6 Les données techniques et financières

A titre indicatif, l'ajout de 300 Wc soit 6 panneaux de 50 Wc a coûté 6000€ lors de l'extension du refuge de la Femma- Vanoise

Le prix du parc de batteries des refuges de Vanoise du Fond des Fours (12 batteries de 2V, 640 Ah) et de l'Arpont (12 batteries de 2V, 800 Ah) s'est élevé, en 2007, à 4000 euros TTC, installation comprise, pour chacun.

Le coût d'une petite installation, inférieure à 500 Wc, est compris entre 10000 et 15000 euros HT. Celui d'une installation plus conséquente, entre 1500 et 3000 Wc, se situe dans une fourchette de 30000 à 50000 euros HT. Ces prix comprennent les panneaux photovoltaïques, les batteries, le matériel électronique (régulateur, onduleur, chargeur), la pose et la maîtrise d'œuvre.

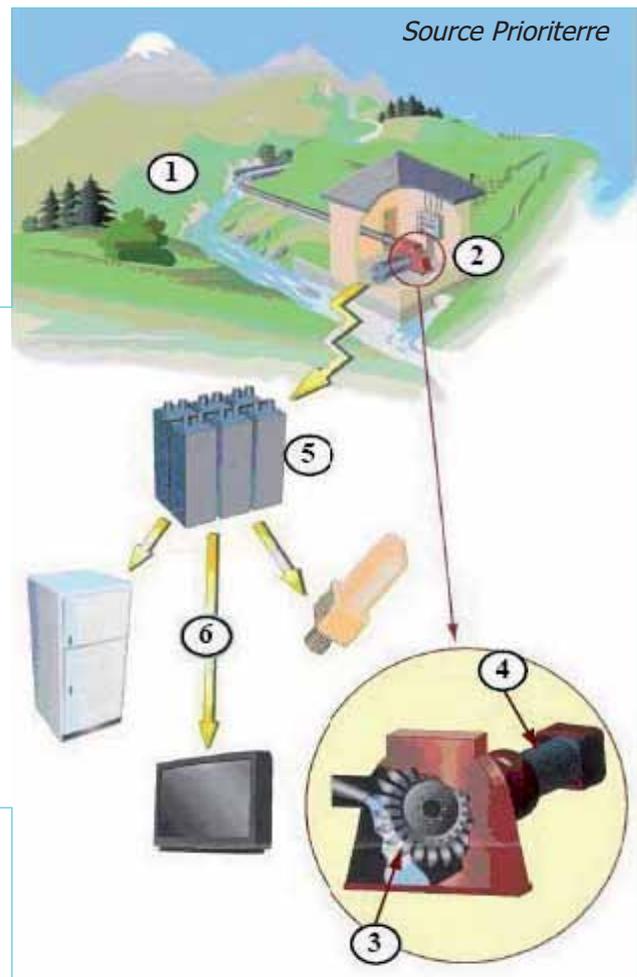


Figure 10: Extension de l'installation photovoltaïque du refuge de la Femma -Vanoise (photos PNV).

3.3 L'hydroélectricité

3.3.1 Le principe de fonctionnement

- 1 - L'eau est captée dans une prise d'eau et dirigée vers une turbine à l'aide d'une conduite d'amenée
- 2 - L'eau turbinée entraîne un alternateur qui produit de l'électricité
- 3 - Turbine
- 4 - Alternateur
- 5 - L'électricité peut être stockée dans un parc d'accumulateurs
- 6 - L'électricité produite permet d'alimenter des appareils basse consommation (éclairage, congélateurs...)



Selon la hauteur de chute et le débit d'eau, différentes technologies vont pouvoir être mises en œuvre (Turbine Pelton, Kaplan...). Généralement, les sites de montagne sont caractérisés par des hauteurs de chute importantes (30 à 100 mètres) et des faibles débits (6 à 50 litres/seconde).

Dans les sites isolés de montagne, l'eau est dans la majorité des cas dérivée d'un torrent existant et doit garantir le débit réservé (droit français) ou le flux minimum vital (droit italien). Les turbines qui utilisent au mieux cette caractéristique sont les modèles Pelton qui peuvent être installées pour des débits de 2 à 1000 l/s et des hauteurs de chute 30 à 300m.

Les turbines de faible puissance, inférieure à 1 kW, produisent le plus souvent du courant continu. Dans ce cas, la turbine est couplée à un parc de batteries (stockage) et à un onduleur (transformation en courant alternatif). Ces installations peuvent être complétées par une centrale photovoltaïque et/ou un groupe électrogène afin d'apporter du confort et de la sécurité d'alimentation en électricité.

Les turbines de plus de 1 kW de puissance produiront du courant alternatif permettant d'alimenter directement les appareils du refuge. Dans ce cas de figure,

le parc de batteries n'est pas nécessaire. Une régulation de tension demeure indispensable par absorption de l'excédent d'énergie (dissipation thermique, chauffage d'eau et des locaux).

En Vallée d'Aoste, la technologie des micro centrales est utilisée par treize structures d'accueil et dans tous ces cas, il s'agit de la source principale de fourniture d'énergie électrique. Ces refuges récupèrent l'excédent d'énergie sous forme de chaleur dans des dissipateurs dans l'air ou l'eau du fait des puissances significatives des installations (puissance minimum 4kW, maximum 35 kW, moyenne 14 kW).

3.3.2 Les avantages

- contrairement aux installations photovoltaïques, la production d'électricité est continue (24h/24), ce qui rend le parc de batteries moins indispensable.
- l'électricité non consommée permet la production d'eau chaude sanitaire, le chauffage du bâtiment et le séchage des vêtements.



Figure 11 : Micro centrale à roue Pelton du refuge Levi Molinari (Piémont).



Figure 12 : Micro centrale du refuge d'Ambin et de Fond d'Aussois - Vanoise.

- l'encombrement est sans commune mesure avec les panneaux photovoltaïques. Ainsi, pour obtenir une puissance de 20 kWc, il faudrait environ 125 panneaux pour une surface de 190 m².

3.3.3 Les inconvénients

- le coût d'installation est pénalisé par la réalisation du captage et de la conduite de mise en charge,
- le bruit généré par la turbine, bien que faible, est une source de nuisance obligeant à éloigner la turbine du refuge ou à insonoriser le local,
- le prélèvement d'eau affecte un cours d'eau naturel de montagne sur une faible distance hectométrique,
- l'obtention des autorisations administratives est trop souvent longue et difficile, surtout en France dans les zones protégées (environ 2 à 3 années).

3.3.4 Les données techniques et financières

La qualité du captage et le soin apporté à la réalisation de la conduite de mise en charge sont déterminants. En effet, les turbines sont sensibles aux matières en suspension présentes dans l'eau. Un **dessablage** efficace doit compléter la prise d'eau.

De plus, le profil de la conduite doit permettre une vidange totale afin d'éviter les problèmes de gel et de permettre un redémarrage au début de saison. Ce profil en long et les raccordements doivent éviter les pertes de charge inutiles qui affectent le rendement de l'installation. Les changements de diamètre doivent être progressifs. Les vannes et les accessoires doivent présenter un minimum de perturbation de l'écoulement.

L'installation complète d'une pico centrale de 5 kW sur le site du refuge de l'Arpont en Vanoise est proposée en 2008 pour un montant de 89 200 euros HT comprenant :

- le groupe hydraulique (10 400 € HT)
- le dispositif de délestage et l'armoire de régulation (9000 € HT)
- la conduite de mise en charge (\varnothing 100 mm) (6000 € HT)
- le génie civil réalisé à la main (42200 € HT)
- l'installation du chantier (4500 € HT)
- le transport par héliportage du matériel (3900 € HT)
- la maîtrise d'œuvre (7200 € HT)
- les demandes d'autorisations et frais administratifs (6000€ HT)

Encore faut-il financer les études préalables, non subventionnées, pour la réalisation de la notice d'impact.

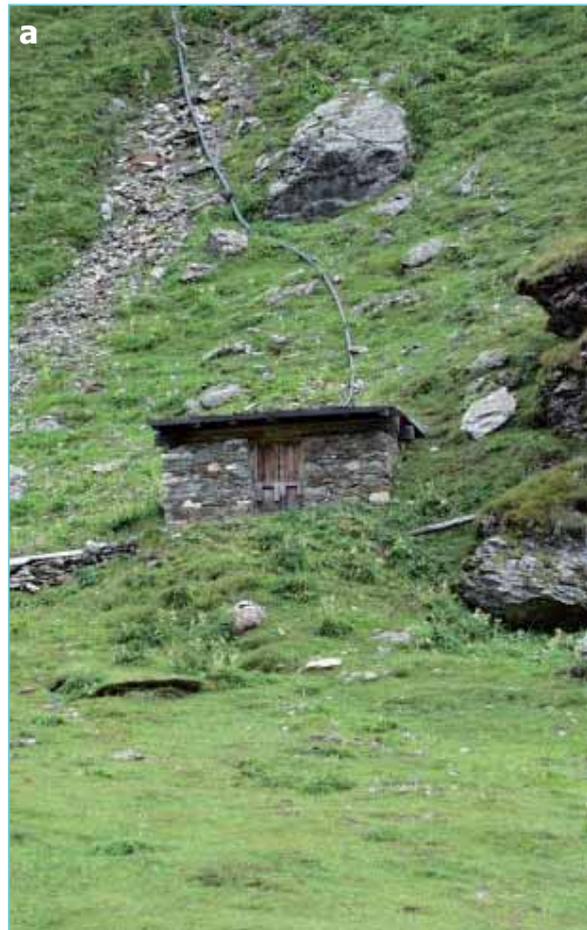


Figure 13 : Abris des turbines des refuges Bezzi (a) - Vallée d'Aoste (photo R. Beltramo et S. Duglio) et Ambin - Savoie (b).

A une plus petite échelle, on peut citer les prix catalogue pour :

- une turbine ECOWATT DC4 24 V 500W à 4500 € HT
- une turbine TURBOX 200 de la société PROMEC Electronica 200W à 1700 € HT

L'hydroélectricité est le plus souvent couplée à du photovoltaïque pour assurer une production d'énergie continue sur l'année.

A titre d'exemple, le refuge de Moëde Anterne, de fréquentation élevée, est équipé :

- d'une turbine hydroélectrique de 4 kW,
- d'une installation photovoltaïque de 900 Wc, de forte inclinaison, à usage essentiellement hivernal.



Figure 14 : Refuge de Moëde Anterne (Mont-Blanc).

- d'un groupe électrogène pour les appareillages de grosses puissances.
- et d'un ballon de décharge permet de valoriser le surplus d'électricité en assurant la production d'eau chaude sanitaire, économisant ainsi 10 à 12 bouteilles de gaz par saison.

3.4 L'énergie éolienne

L'énergie éolienne est une énergie propre et renouvelable en fort développement en plaine et collines. Elle peut également être utilisée en altitude pour assurer la production d'électricité.

Etant donné l'intermittence de la production, ces installations seront couplées à un parc de batteries afin de stocker l'énergie. La puissance de ces installations est généralement faible (quelques kW au maximum). Elle est fonction de la vitesse du vent, de la surface balayée par les pales et de la masse volumique de l'air.

3.4.1 Les contraintes

L'éolien en altitude présente cependant de fortes contraintes qui limitent son développement, à savoir :

- Contraintes administratives liées à la mise en place d'un mât et d'une éolienne de hauteur égale ou supérieure à 12 m (permis de construire...),
- Contraintes aérologiques : une éolienne nécessite un vent fort et régulier pour être intéressante, ce qui est rarement le cas en altitude ; d'autant que les refuges sont souvent construits à l'abri des vents,
- Contraintes météorologiques : l'éolienne devra résister au givre, aux chutes de neige, aux tempêtes et orages.
- Contraintes paysagères et psychologiques particulièrement en zones protégées pour les modèles à axe horizontal.
- Contrainte physique : la diminution de la densité de l'air avec l'altitude limite le rendement.



Figure 15 : Installation éolienne.

De ce fait, cette énergie est très peu utilisée en altitude. Aucune installation de ce type n'est encore recensée sur les pays de Savoie et en Vallée d'Aoste.

3.4.2 Les données techniques et financières

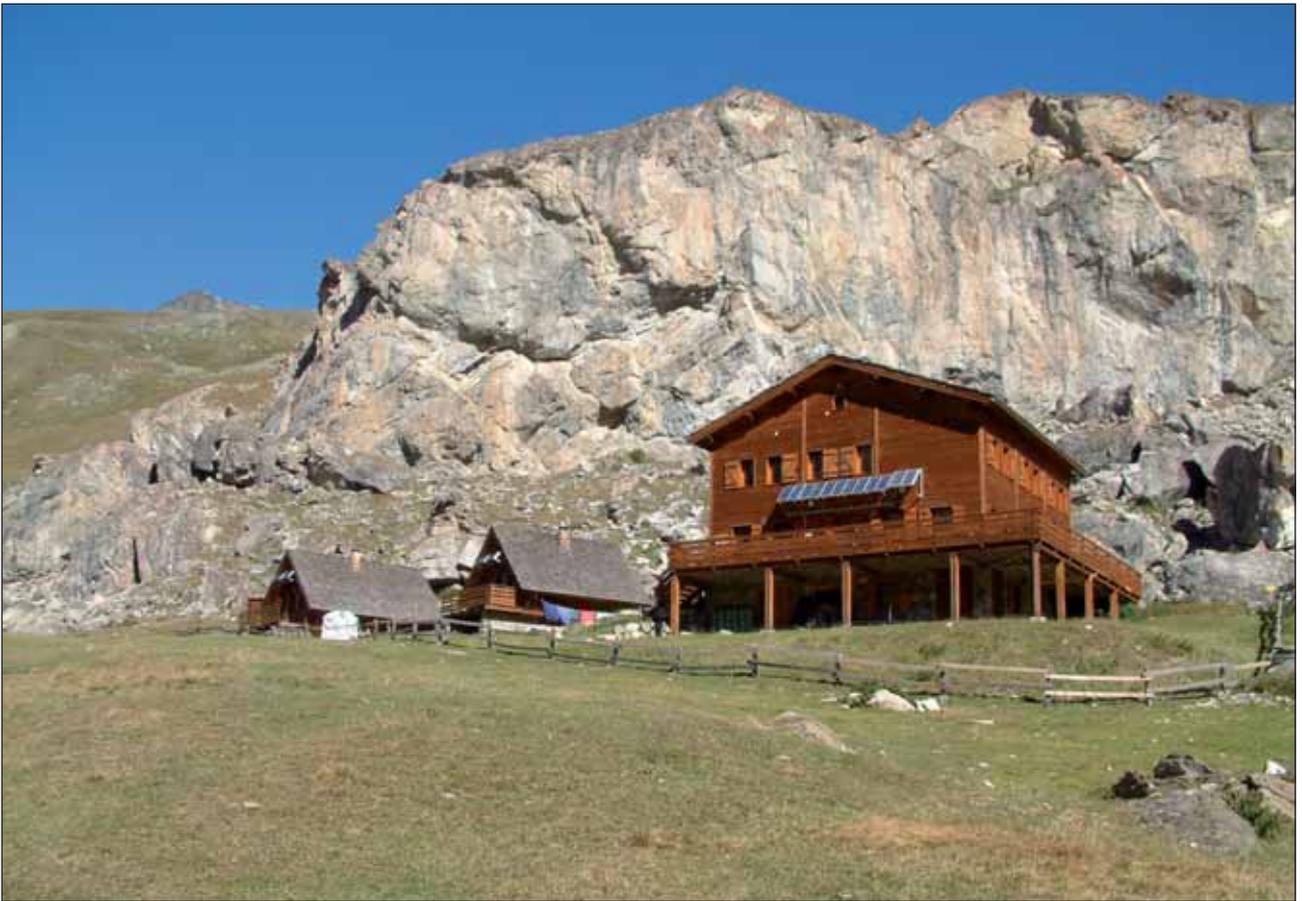
Deux technologies coexistent :

- les éoliennes classiques, à axe horizontal, placées sur un mât à l'écart du refuge,
- des turbines à axe vertical, ne nécessitant pas d'orientation et moins fragiles, positionnées en toiture.

Pour situer les coûts, une éolienne Whisper H80 1kW Diamètre 3m avec un mât de 9m coûte 6000 € HT. Un modèle plus petit AIR-X 400W Diamètre 1,1 m 12V est vendu 750 € HT.



Figure 16 : Eolienne à axe vertical (document CAP ENR).



Refuge de la Femma, 2352 m, Massif de la Vanoise, Savoie (France).



Refuge du Fond d'Aussois, 2324 m, Massif de la Vanoise, Savoie (France).

4

Conclusion

Pour une puissance donnée significative, supérieure à 0,8 kW, c'est très nettement **le groupe électrogène à gasoil** qui produira l'énergie aux moindres coûts d'investissement voire de fonctionnement pour le gardien mais surtout pour le propriétaire du refuge. Sans oublier qu'il ne nécessite aucune évaluation d'impact ni délai pour son installation. C'est la raison qui explique qu'il soit systématiquement installé et fonctionne largement dans le plus grand nombre de refuges. Malheureusement, les nuisances olfactives et auditives sont bien réelles et les pollutions atmosphériques (dégagement de CO₂), voire du sol (stockage sommaire du carburant, fuites) très dommageables. Il faut y ajouter les contraintes d'élimination des pièces et des fluides usagés.

Dans une optique de **développement durable des sources d'énergie**, c'est la **micro-centrale hydraulique** qui est le mieux à même de fournir les puissances souhaitées avec l'impact minimum sur les milieux et les usagers. Malheureusement, le coût d'installation encore très élevé du fait des travaux de génie civil et les démarches administratives très longues. Les fortes résistances écologiques subjectives ou masquées sont un frein très fort à son développement.

La production électrique par éolienne reste délicate eu égard aux vents irréguliers et aux oppositions écologiques paysagères avec la présence de rares mâts en zones isolées, souvent classées.

De fait, ce sont **des panneaux photovoltaïques** qui équipent tous les refuges. La faible puissance obtenue et la présence d'un parc à batteries conséquent limitent très sérieusement l'aménagement du refuge et réduisent l'accès au confort minimal souhaité (douche, séchage des vêtements...). Il est

donc toujours nécessaire de faire appel à une source d'énergie complémentaire, classiquement le groupe électrogène. Néanmoins, les coûts d'investissement très acceptables et l'énergie produite correspondant aux besoins minimaux (éclairage, téléphone, petit électroménager...) en font une ressource durable à maintenir. **L'intégration architecturale de l'équipement doit toutefois être pensée dès la conception du bâtiment.**

Les tableaux ci-contre résument les possibilités de choix techniques.

Une politique volontariste en vue d'un développement durable harmonieux de l'offre des refuges de montagne conduit inévitablement à l'utilisation élargie des énergies hydraulique voire éolienne, malgré leur coût d'investissement. Elles remplaceront progressivement le groupe électrogène qui ne restera plus qu'un système de secours.

Une prise de conscience de ce que sont réellement les besoins des refuges et les sources possibles d'énergies durables doit accompagner fondamentalement la réflexion de tous les acteurs de la montagne et de ses milieux, faute de quoi la production de CO₂ dans l'atmosphère persistera encore longtemps.

Parallèlement, l'utilisation d'énergies renouvelables doit s'accompagner **d'une économie d'énergie** dans les refuges, tant pour le choix des appareils ménagers économes aujourd'hui bien acceptés malgré leurs prix plus élevés, qu'au niveau de la conception et de la réalisation des bâtiments. Encore faudra-t-il parvenir à un accord entre thermiciens, architectes, gardiens et esthètes de la montagne car le refuge sobre en énergie risque de se rapprocher d'un bloc cubique peu séduisant.

Type de configuration	GE	PV seul	Hydro seul	PV + GE	Hydro + GE	Eolien	PV + GE + Eolien	Réseau
Refuge raccordé au réseau électrique ou très proche du réseau électrique								●
Refuge raccordé au réseau électrique de remontées mécanique (télécabines, etc..)	● Secours							●
Petit refuge avec des besoins d'électricité réduits (éclairage + réfrigérateur)		●	●	●		●	●	
Refuge important avec de grosses consommations d'électricité (éclairage + froid + gros électroménager)	●		●	●	● GE Secours		●	
Refuge n'ayant pas de ressource en eau	●	●		●		●	●	
Refuge ayant des ressources hydrauliques			●		●			
Travaux	●							

Tableau 1: Critères de choix des sources d'énergie.

Conditions nécessaires	PV	Hydro	GE	Eolien
Refuge bien exposé au soleil	● ●	○	○	○
Utilisation du refuge en hiver	●	-	●	-
Adduction en eau potable avec turbinage possible		● ●		
Toiture ou implantation panneau possible	●			
Local technique	●	●	●	

Tableau 2 : Spécificités à prendre en compte.

GE : Groupe électrogène
Hydro : Hydroélectricité
PV : Photovoltaïque

● ● Bien adapté
● Adapté
○ Possible
- Inadapté



Refuge de l'Orgère, 1985 m, Massif de la Vanoise, Savoie (France).



Refuge Quintino Sella al Félik, 3620 m – Mont Rose (Italie).

Bibliographie

- ADEME, 2002, Catalogue des fabricants d'aérogénérateurs de petite et moyenne puissance
- ARPE 2007, Guide de gestion environnementale des refuges gardés dans les Pyrénées, ADEME, DIREN, PN Pyrénées
- BELTRAMO R., DUGLIO S .et A GIOVINAZZO A. 2006, Produzione di energia elettrica e fattori inquinanti nei rifugi alpini della Valle d'Aosta, Atti del XXII Congresso Nazionale di Scienze Merceologiche, Facoltà di Economia RomaTre, Roma, Kappa Edizioni
- CHEVASSU L. 2003- Proposition d'une charte de gestion environnementale des refuges de l'espace parc. PN Vanoise. Mémoire Master2 Pro, Université de Nice
- ENEA, I numeri dell'energia, 2007
- MARTIN S. 2002, Applications photovoltaïques. Gestion de l'énergie. Potabilisation de l'eau. Mission technique du PN Vanoise. Mémoire DESS VERDEC, Université de Savoie

Webographie

Turbines à eau
<http://www.irem.it/en/Mhp/MHPset.htm>

Turbines à vent
<http://www.challengeeolien.fr>



Refuge du Lac Blanc, 2352 m, Massif du Mont Blanc, Haute Savoie (France).



Le Mont Blanc - versant italien (photo Velio Coviello).

Partenaires



Agence Touristique
Départementale
de Haute-Savoie



Collaborateurs



BOURJOT
Environnement



Gaston MULLER Architecte –
392, route du Bettex - 74170 Saint Gervais



Cofinanceurs



Rhône-Alpes Région



ISBN 978-2-9520432-6-7



9 782952 043267