COMMUNE DE LIDDES

CABANE DE mille VALAIS · 2473m

SENTIER didactique des énergies

de la cabane de Mille

Une découverte pour les petits et les grands

SENTIER DES ÉNERGIES

SENTIER didactique des énergies de la cabane de Mille

Une découverte pour les petits et les grands

Le fil rouge du sentier

Le sentier s'articule autour des 5 éléments : l'eau, le feu, l'air, la terre et le soleil qui sont utilisés de manière cohérente pour atteindre l'autonomie énergétique.

Eau — Page 6

Soleil — Pages 8 & 10

Air — Pages 12 & 18

Terre — Pages 14 &18

Feu — Page 16

INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES

Site Web :
www.cabanedemille.ch

Contact et réservation :
Cabane de Mille
Odile et Pierre-Elie Jacquemettaz
Rue Sous-Chandonne 7
CH – 1945 Liddes
+41 79 221 15 16

Editeur : Société de la cabane de Mille
Auteurs : Aline Cheseaux – Stéphane Pillet – BTEE SA
Conception graphique : Agence Opointzero.com
Illustrations : Agence Opointzero.com
Impression : Imprimerie Gessler SA

© 2016 – Société de la cabane de Mille

Situation

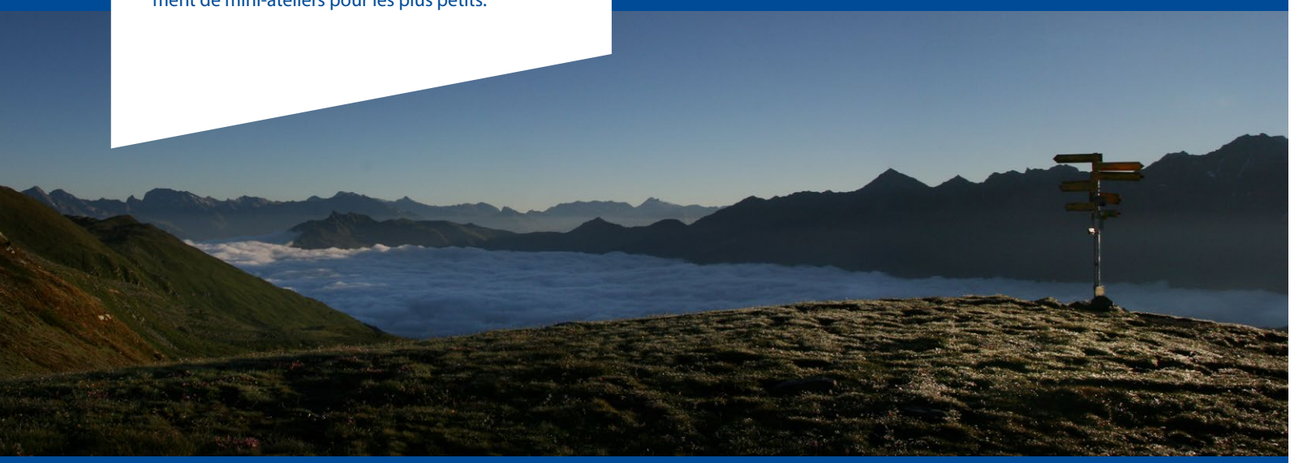
Le sentier des énergies se situe tout autour de la cabane de Mille, perchée à 2'473 mètres d'altitude au-dessus de la Commune de Liddes. Ce sentier peut être emprunté durant la belle saison, de fin juin à fin septembre.

Contexte

La cabane de Mille a été construite entre 1995 et le printemps 1996 à l'aide d'anciens baraquements de chantier qui avaient servi durant la construction du barrage d'Emosson.

En 2010, le bâtiment devenu obsolète ne pouvait plus accueillir tous les randonneurs et la décision fût prise de mettre à l'enquête un nouveau projet de cabane autonome grâce aux énergies renouvelables. La construction débuta en août 2013.

Pour accompagner cette transformation, le comité de la cabane décida de créer un nouveau sentier didactique intitulé "le sentier des énergies". Son but est de présenter le fonctionnement des installations utilisant les énergies renouvelables, au travers de panneaux informatifs pour les grands, mais également de mini-ateliers pour les plus petits.



L'autonomie énergétique

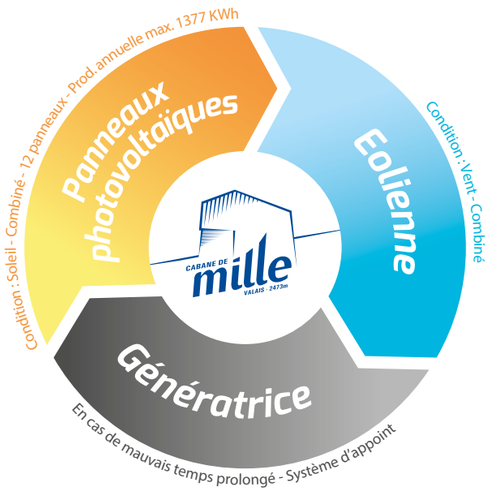
L'autonomie énergétique est un idéal atteint à la cabane de Mille qui produit à ce jour autant que ce qu'elle consomme grâce aux énergies vertes ou propres.

Concernant d'autres aspects que l'énergie, la cabane de Mille met en œuvre des mesures pour le respect de l'environnement et la gestion optimale des ressources : le ravitaillement et l'évacuation des déchets de la cabane sont effectués à dos de mulet et un chauffage à pellets permet de tempérer la pièce principale.

L'autonomie énergétique s'appuie sur plusieurs éléments fiables et sur des systèmes d'appoint car certains appareils ont besoin d'électricité en continu. La cabane nécessite chaque année 1351 KWh d'électricité couverte par les **12 panneaux solaires** qui fonctionnent **100 jours par année à 13.77 KWh/jour.** Lorsque le temps est maussade et l'énergie solaire insuffisante, l'éolienne prend le relais. Lorsque les installations solaires et éoliennes ne permettent pas de couvrir les besoins journaliers, une génératrice peut palier aux besoins électriques.

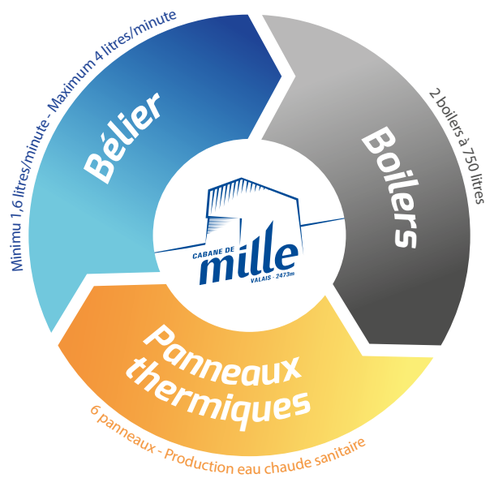
La cabane est également autonome en eau et en eau chaude sanitaire grâce à un bélier qui achemine jusqu'au bâtiment au minimum 1.6 litres par minute et au **maximum 4 litres par minute**. L'eau est stockée dans deux boilers d'une capacité de 750 litres chacun puis chauffée par 6 panneaux thermiques. En cas de mauvais temps prolongé, un poêle à bois se situant dans la cuisine offre un complément aux panneaux thermiques.

Finalement, pour limiter la consommation énergétique, notamment en ce qui concerne le chauffage, l'isolation et le revêtement de la cabane ont été réalisés de manière à limiter au maximum les déperditions de chaleur.



Système d'autonomie de production électrique

En 2015, la génératrice n'a été utilisée que 6 heures.



Système d'autonomie d'approvisionnement en eau de consommation et en eau chaude sanitaire

Le bélier

Pour s'approvisionner en eau

Description

Le bélier hydraulique est un dispositif connu depuis **1796** et inventé par Joseph Montgolfier. Il utilise le phénomène du coup de bélier afin que la pression d'eau s'élève. L'installation est effectuée sur une pente afin de récupérer l'énergie fournie par la chute de l'eau et de l'utiliser pour acheminer l'eau à l'endroit souhaité. Par pression, l'eau peut remonter jusqu'à trois fois la pente préalable. Cet appareil utilise donc une énergie **gratuite et fiable** grâce à la simplicité de son fonctionnement.

Utilisation

On peut l'utiliser le jour comme la nuit et quelle que soit la saison. Cet appareil est particulièrement **adapté aux zones montagneuses**, précisément lorsque le bâtiment est situé beaucoup plus haut que le point d'eau. Ce système reste encore assez confidentiel et ne bénéficie pas d'une commercialisation optimale ou d'un réseau de distribution important. Cette installation est parfaite pour la cabane de Mille qui capte et regroupe l'eau de plusieurs sources pour que les quantités d'eau soient suffisantes (sur 100 litres d'eau, seuls 20 à 30 litres d'eau remontent). Le bélier remonte quotidiennement **5'760 litres d'eau qui est stockée dans plusieurs citernes.**

Fonctionnement

Le principe scientifique qui se cache derrière cette installation est le « coup du bélier ». L'eau, lorsqu'elle s'écoule, accumule de la vitesse et une inertie qui lui donne une énergie cinétique. Lorsqu'on ferme un robinet ou une vanne, l'énergie cinétique de l'eau à l'intérieur du tuyau est absorbée par celui-ci, ce qui provoque une onde de choc et donc de l'énergie.

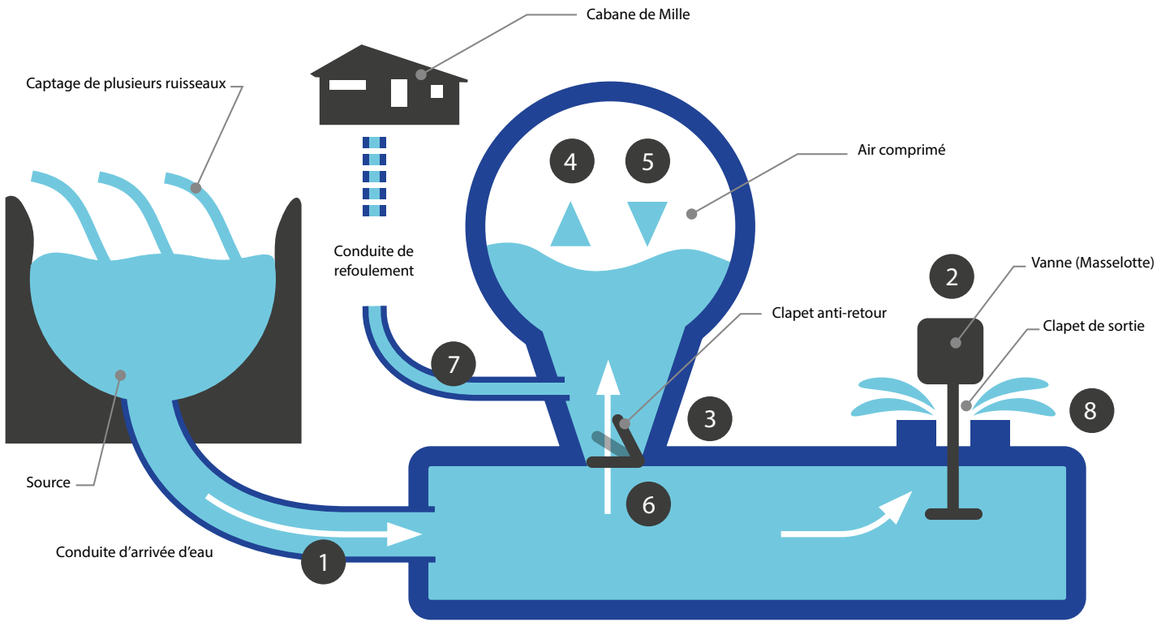
Coût

Les prix d'un bélier se situent entre 2'000 et 20'000 francs suivant le modèle. Il faut également ajouter à cet achat, les travaux de génie-civil.

20l ˅ 30l

Economies possibles

Le rendement de cette installation est de l'ordre de 20% à 30%. Cela signifie que sur 100 litres d'eau, **20 à 30 litres seront remontés.**



1. L'eau de la source arrive par la conduite.
2. La vanne se ferme.
3. Le clapet anti-retour s'ouvre grâce à la pression de l'eau.
4. L'eau à l'intérieur de la cloche monte.
5. L'air à l'intérieur de la cloche est comprimé.
6. Le clapet anti-retour se ferme.
7. L'air comprimé entraine l'eau vers la conduite de refoulement.
8. L'eau qui n'est pas utilisée par le bélier, est rejetée dans la rivière.

Panneaux solaires thermiques

Pour s'approvisionner en eau chaude

Description

Les panneaux solaires thermiques fonctionnent avec la chaleur, contrairement aux panneaux photovoltaïques, et permettent ainsi d'utiliser le rayonnement solaire pour chauffer l'eau sanitaire et/ou chauffer l'habitation. Comme pour les panneaux solaires photovoltaïques, plusieurs paramètres sont à prendre en considération pour que cette technologie fonctionne de façon optimale. **L'orientation et l'inclinaison sont primordiales et peuvent influer grandement sur la production** selon les saisons ; par exemple, en hiver les panneaux devraient être inclinés à 60% et orientés plein Sud afin d'éviter que la neige ne les recouvre. Il faut ensuite connaitre sa consommation ainsi que ses besoins en chauffage et en eau sanitaire afin d'installer le nombre adéquat de panneaux.

Utilisation

Les panneaux solaires thermiques peuvent être installés partout, mais de préférence sur les toits. Ce type d'installation est sujet aux rétributions à prix coutant (RPC).

La cabane de Mille est équipée de **six panneaux solaires thermiques en toiture et de deux boilers** d'une capacité de 750 litres chacun. Si le temps est maussade ou trop froid, un potager à bûches placé dans la cuisine est relié au boiler, afin de chauffer l'eau.

Fonctionnement

La structure du panneau solaire thermique est constituée d'une fine couche de verre qui protège les tubes et laisse passer les rayons du soleil, puis d'une plaque de métal qui sert d'absorbeur de lumière. Cette couche permet d'absorber le **80% à 90%** de la lumière qui est transformée en énergie grâce à un transfert thermique. Le fait qu'une partie du rayonnement soit réfléchie par l'absorbeur puis conservée à l'intérieur du verre, offre un meilleur rendement. Les rayons emprisonnés entre le verre et l'absorbeur émettent de la chaleur supplémentaire qui est ensuite transmise aux tubes remplis de liquide caloporteur (qui permet de transporter de la chaleur entre plusieurs sources) constitué d'eau et d'antigel. L'eau chaude parcourt le circuit jusqu'au boiler et transmet sa chaleur à l'eau froide qui se transforme en eau chaude sanitaire. Une fois cette chaleur transférée, l'eau provenant du panneau se refroidi et retourne en direction du panneau pour être chauffée à nouveau.

Une chaudière d'appoint est nécessaire pour les jours où le soleil vient à manquer. Elle prend le relais en cas de mauvais temps prolongé et chauffe l'eau des boilers.

Coût

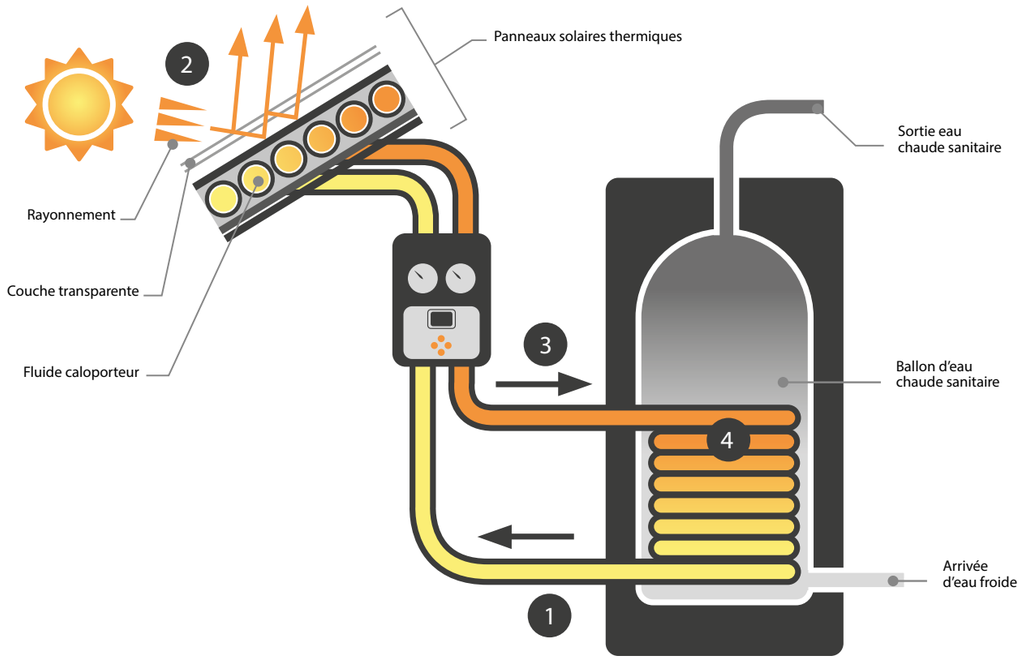
Le kit complet par m² revient entre 6'000 et 12'000 francs.

60% à 70%

Economies possibles

Avec des panneaux solaires thermiques, l'autonomie d'une maison peut atteindre le 100% de la production d'eau chaude sanitaire en été et de **60% à 70%** sur l'année entière. 4 à 9 m² de panneaux solaires thermiques permettent d'économiser 2'000 à 2'600 KWh par an, soit l'équivalent de 200 à 260 litres de mazout. La consommation moyenne annuelle d'un ménage est de 5'000 KWh, les économies d'électricité potentielles sont équivalentes à six mois de consommation.

Si les panneaux solaires thermiques assurent le réchauffement de l'eau chaude sanitaire et le chauffage de la maison, ils couvrent le 30% des besoins annuels pour une maison individuelle.



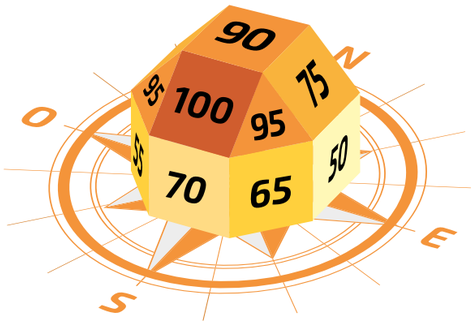
1. Un liquide composé d'eau et d'antigel arrive dans le panneau solaire thermique.
2. Les rayons de soleil traversent les différentes couches et chauffent ce liquide.
3. Le liquide chaud repart dans le ballon.
4. Le liquide transmet alors sa chaleur à l'eau contenue dans le ballon.

Panneaux solaires photovoltaïques

Pour s'approvisionner en électricité

Description

Les panneaux solaires photovoltaïques servent à **produire de l'électricité à partir du rayonnement solaire**, source d'énergie inépuisable. Leur orientation et leur inclinaison sont des paramètres importants afin d'avoir un rendement optimal (orientation plein Sud et inclinaison de 30°). Cependant, il existe plusieurs positions qui permettent d'avoir un très bon rendement équivalent à 90-95%. On constate que les ressources sont limitées, tandis que le soleil est présent en très grande quantité par rapport à la consommation mondiale annuelle en énergie.



Utilisation

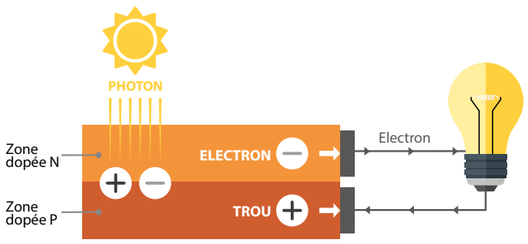
Depuis la découverte du photovoltaïque, les appareils de recharge n'ont cessé d'évoluer. Aujourd'hui, il est possible de charger son téléphone portable ou son ordinateur lors d'une randonnée en montagne par beau temps, grâce à un petit panneau solaire.

Coût

Les coûts à l'achat sont variables et estimés au cas par cas. Il faut compter **un coût d'installation d'environ 400 francs par KW comprenant l'onduleur, le compteur et le panneau.** Cela ne peut pas être généralisé aux systèmes autonomes comme la cabane de Mille car toutes les composantes ne sont pas utilisées. Mais les subventions évoluent avec le temps et aujourd'hui, les panneaux sont soumis aux rétributions à prix coûtant (RPC).

Fonctionnement

Le module d'un panneau solaire photovoltaïque est composé de deux couches de semi-conducteur en silicium photoconducteur, permettant de transformer le rayonnement directement en électricité. Les particules lumineuses ou photons agissent sur les semi-conducteurs et les charges positives et négatives se déplacent d'une plaque à l'autre. Un circuit électrique semblable à celui d'une pile se crée.



10% > 15%

Economies possibles

Prenons par exemple, un panneau solaire de 1 m² orienté Sud avec une inclinaison de 45°. En admettant que le nombre d'heures d'ensoleillement représente 5 heures et que le rayonnement en Valais soit de 800 W/m2, on obtient 5 heures x 800 W/m². Le résultat de ce calcul est de 4 KWh (par m² par jour). Avec des panneaux solaires qui ont **un rendement de 10 à 15%, on obtient 0.6 KWh (par m2 et par jour).**
Pour la cabane, qui possède 12 m² de panneaux solaires voltaïques et qui ouvre ses portes 100 jours par année, l'énergie totale produite est de 720 KWh (0.6 KWh x 100 (jours) x 12 (m²) soit la consommation électrique d'un ménage durant 2 mois.

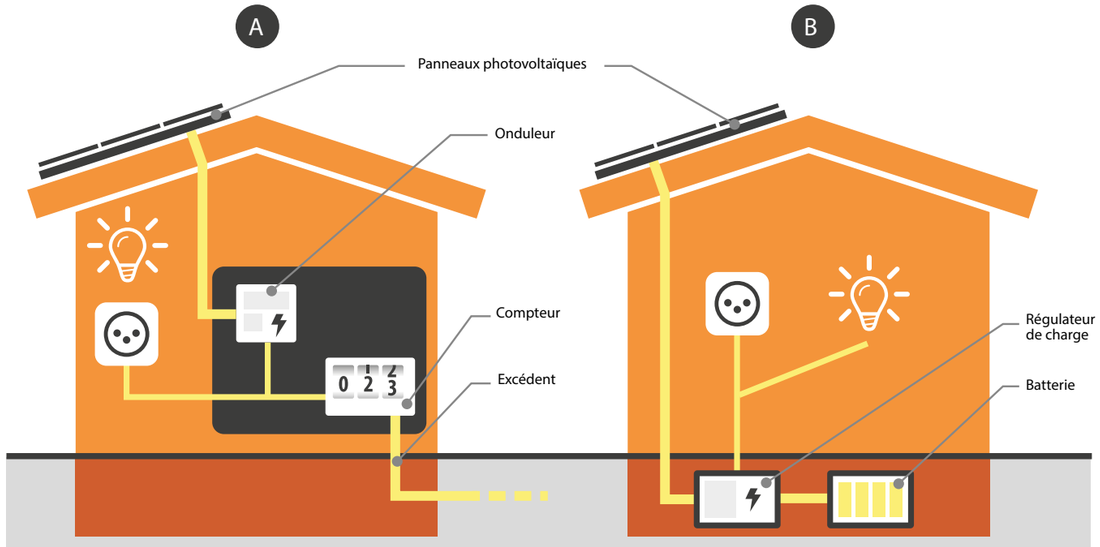


Schéma du système actuel de panneaux photovoltaïques en cas de raccordement au réseau

Schéma du système actuel de panneaux photovoltaïques pour une maison autonome sans raccordement au réseau

Différentes alternatives existent pour produire l'électricité selon l'endroit où l'on se trouve. Aujourd'hui, les habitations individuelles ont comme installation un onduleur pour transformer le courant continu de 12-14 volts en courant alternatif de 230 volts. Cela est nécessaire car l'excédent d'électricité produite doit être injecté dans le réseau où la tension est très élevée. Il y a un seul compteur qui calcule le volume d'électricité injecté dans le réseau.
Pour les endroits plus isolés et cela est le cas pour la cabane de Mille, il n'y a pas de connexion au réseau. On installe un dispositif autonome, lequel se compose de plusieurs batteries qui stockent l'excédent d'électricité. De plus, si on adapte les éclairages en choisissant ceux qui supportent un courant continu, l'onduleur n'est plus nécessaire.
Les batteries servent uniquement à stocker l'électricité. Leur rapport qualité-prix devient de plus en plus intéressant. **Pour les préserver, il faut les garder chargées au minimum à 80% de leur capacité de stockage.** À la cabane de Mille, le fait que deux installations (les panneaux photovoltaïques et l'éolienne), ne marchent pas en même temps à cause de leurs conditions respectives de fonctionnement permet de remplir constamment les réserves en électricité et de maintenir la recharge des batteries.

L'éolienne

Pour s'approvisionner en électricité

Description

L'éolienne fonctionne à la force du vent, source d'énergie propre mais variable et peu prévisible. Evolution du moulin à vent utilisé pour broyer les céréales ou pour pomper de l'eau, la première éolienne servant à produire de l'électricité fût inventée en **1888** par **Charles Brush**. Dès lors, les gouvernements n'ont cessé d'encourager ce type de dispositifs qui rencontre encore souvent des résistances au sein de la population car elle est imposante de par la taille et son impact sur le paysage. En mai 2014, la Suisse comptait tout de même **34 éoliennes qui produisaient une puissance de 60 MW**. Leur production annuelle s'élève à **108 millions de KWh**, équivalent à la consommation annuelle de **30'000 ménages**.

Utilisation

L'emplacement de l'éolienne est primordial car le vent, bien qu'il puisse souffler de jour comme de nuit, reste une ressource très aléatoire. La cabane est située au sommet de la montagne, ce qui fait qu'aucun obstacle ne ralentit la course du vent.

Coût

Les coûts des éoliennes sont très variables, selon la taille ou la puissance de celles-ci. Pour une petite éolienne, les coûts qui comprennent l'installation et les travaux de génie civil (socle en béton) se situent entre 12'000 et 20'000 francs.

Fonctionnement

L'éolienne est constituée d'un mât surplombé d'une nacelle dont le bout est agrémenté d'un rotor à trois pâles et qui transforment l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique. Les pâles tournent dès 10 km/h et s'arrêtent grâce au frein présent dans la nacelle si la vitesse du vent dépasse 90 km/h car cela devient dangereux. L'installation est complétée par un moteur électrique qui oriente la nacelle afin que le vent soit toujours perpendiculaire aux pâles. Cette condition permet de produire de l'électricité de manière optimale.

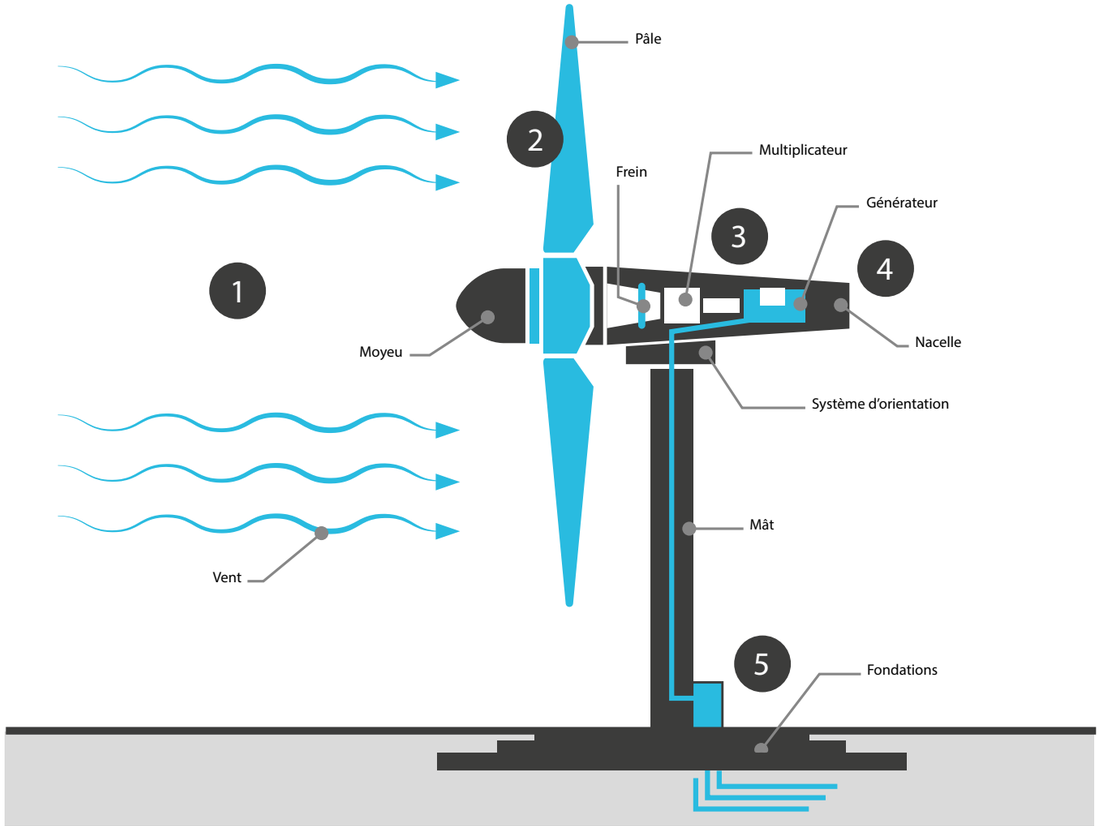
À l'intérieur de la nacelle, un axe ainsi qu'un multiplicateur augmentent le nombre de rotation de 1'500 jusqu'à 3'000 tours par minute. Ce mouvement entraîne un autre axe qui enclenche un alternateur composé d'électro-éléments et de bobines de cuivre qui interagissent pour produire du courant électrique alternatif. Enfin, une **armoire de couplage** au réseau électrique, qui se situe au pied du mât, élève le courant de **690 volts à 380'000 volts** afin d'assurer la compatibilité avec la tension à l'intérieur des lignes à haute tension.

Dans le cas d'une installation éolienne domestique, le mécanisme reste le même, à l'exception de l'armoire de couplage remplacée par des batteries 12 volts qui permettent le stockage de l'électricité. Ces batteries sont reliées à un convertisseur qui transforme le 12 volts en 220 volts **afin d'alimenter les prises électriques de la cabane.**

2994 Kwh

Economies possibles

Dans le cas de la cabane de Mille, l'éolienne mise en place est plus petite que les éoliennes industrielles. Le diamètre des pâles atteint 180 centimètres et si la vitesse du vent est de 7 m/s, la production énergétique atteint **2'994 KWh**, soit la consommation totale d'un ménage en électricité pendant 7 mois. Si l'éolienne est en fonction durant une année et si le vent souffle en moyenne à 5 m/s, la production est égale à la consommation annuelle d'un ménage, soit 5'000 KWh.



1. Le vent arrive perpendiculairement aux pâles grâce au système d'orientation.
2. Le vent provoque le mouvement des pâles.
3. Un multiplicateur permet d'amplifier le mouvement jusqu'à trois fois.
4. Le générateur transforme cette énergie mécanique en électricité.
5. Finalement, l'électricité est amenée au pied de l'éolienne et est ensuite stockée dans des batteries.

Système thermique

Pour conserver la chaleur

Description

Une bonne structure ainsi que des matériaux performants sont essentiels pour assurer une efficience énergétique malgré les conditions climatiques et naturelles parfois difficiles.

Utilisation

Les baies vitrées permettent de profiter du rayonnement solaire pour chauffer la pièce principale. Celle-ci bénéficie également de la cuisine ouverte qui produit de la chaleur lors de la cuisson des aliments. En complément, le potager à bûches qui se situe dans la cuisine contribue au chauffage du bâtiment et à la production d'eau chaude grâce à sa liaison au boiler.

Coût

Pour rendre la cabane de Mille autonome du point de vue énergétique, une plus-value financière de l'ordre de 90'000.- francs a été nécessaire. Ces coûts restent élevés pour une construction en altitude dans des conditions de chantier difficile. Pour une construction usuelle, la plus-value financière peut être couverte à moyen terme par les économies énergétiques.

Fonctionnement

L'unité de valeur U est utilisée pour connaître l'efficacité des différents éléments qui constituent la structure du bâtiment. **La chaleur se déplace du milieu le plus chaud vers le milieu le plus froid** et la **valeur U** indique la capacité des éléments de construction (mur, plancher, toit, fenêtre, etc...) et des matériaux isolants à **résister à ce transfert de chaleur pendant une unité de temps** (une heure) **par une unité de surface** (un mètre carré) et **par une différence de température** de 1°C ou un kelvin. Donc l'unité de la valeur U est le W/m² et plus la valeur U est faible, plus le matériau est isolant.

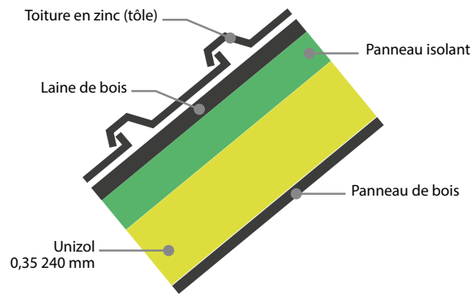
La cabane de Mille est isolée au niveau des fenêtres, des parois, de la toiture et du sol.
Les valeurs U de ces éléments sont faibles car, d'une part, plusieurs couches d'isolation sont présentes et, d'autre part, les matériaux choisis sont très efficaces et adaptés à une cabane située à une telle altitude.
Les fenêtres représentent un élément crucial dans une construction car à travers celles-ci, la déperdition de chaleur peut s'élever jusqu'à 13 %. Le triple vitrage a un coefficient U de 0,6 qui, par comparaison est de 5,8 pour un simple vitrage et de 2,8 pour un double vitrage. Selon le site Acqualys, une diminution de 0,1 de la valeur U permet une économie annuelle de 1,2 litre de mazout par m². **Le passage d'un simple vitrage vers un triple vitrage représente donc 62,4 litres de mazout économisé en une année pour 1m² de fenêtre.**

0,6
0,35

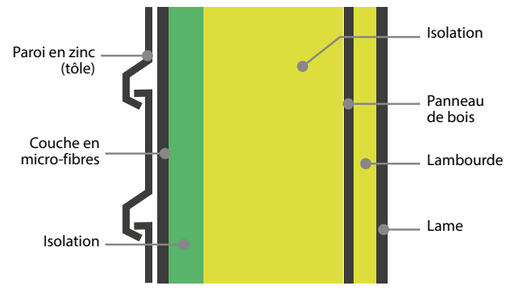
Quelques chiffres

La valeur U représente la déperdition de chaleur lorsque cette dernière traverse les différents matériaux.
Plus la valeur est proche de zéro, plus le matériau est isolant.
La cabane de Mille a des coeffcients U de 0,6 pour les fenêtres et de 0,35 pour les parois. Ces valeurs prouvent que les bons matériaux ont été choisis.

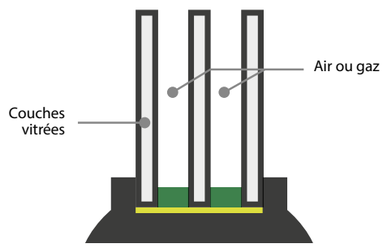
STRUCTURE DU TOIT



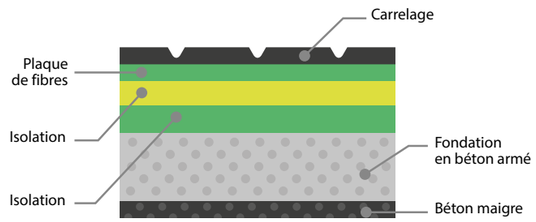
STRUCTURE DES PAROIS



STRUCTURE DES FENÊTRES



STRUCTURE DU SOL



Le chauffage à pellet

Pour chauffer

Description

Le rôle principal de ce type d'installation est de chauffer les différentes pièces d'un bâtiment en utilisant le principe de combustion à l'aide de **petits granulés compacts de bois, appelés pellets**. La grande majorité de ceux-ci sont des résidus de bois délaissés lors de la transformation par l'industrie. Cette manière de chauffer est en adéquation avec les objectifs futurs en matière d'énergie tirée du bois, considérée comme une énergie renouvelable.

Ce système présente plusieurs avantages :
La combustion de CO_2 est égale à la quantité de CO_2 nécessaire pour permettre à un arbre de grandir. Le bilan est par conséquent neutre en CO_2.

Ce combustible :
- Jouit d'une stabilité tarifaire ;
- N'émet pas de gaz à effet de serre ;
- Est facilement stockable.

Le chauffage peut fonctionner simplement grâce à un approvisionnement automatique.

Utilisation

La cabane de Mille utilise environ trois sacs de 15 Kg par saison. Ce chauffage est pratique, facilement transportable, moderne et évite aux gardiens lors des heures de pointe, notamment aux heures des repas, de devoir alimenter le feu.

Fonctionnement

Cet appareil a besoin d'une alimentation en électricité de **220 volts.** Un réservoir de pellets, placé au sommet du dispositif est rempli régulièrement grâce à une vis sans fin qui puise et achemine les pellets au-dessus du foyer où ils tombent et sont brûlés. La fumée est évacuée vers l'extérieur par un tuyau de cheminée. Un conduit passe au-dessus du foyer qui lui transmet sa chaleur pour que **l'air chaud soit pulsé à l'intérieur de la pièce.**

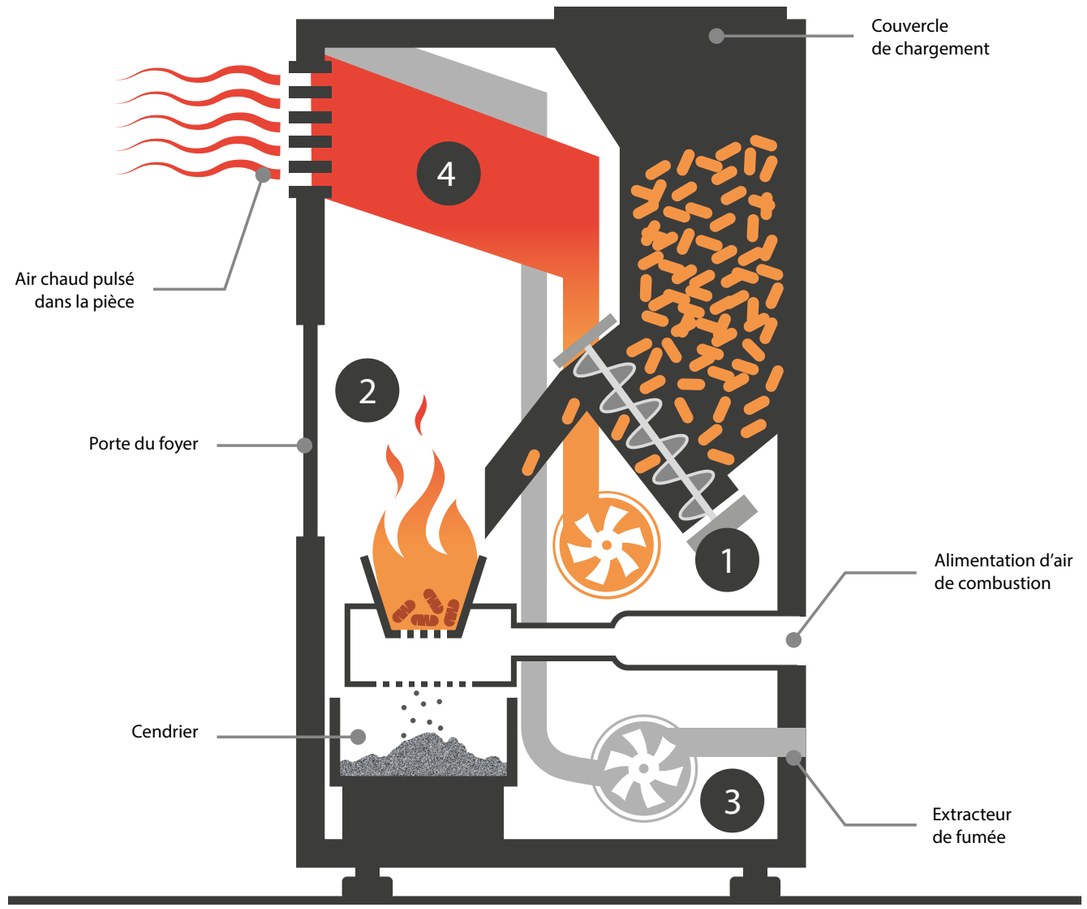
Coût

Un chauffage à pellet coûte entre 6'000.- et 8'000.- francs. Le pellets sont disponibles en vrac ou en sacs de 15 Kg. Durant la saison la cabane utilise 8 à 10 sacs dont le coût est d'environ 5,50 francs la pièce.

95%

Economies possibles

Le rendement du chauffage à pellet est d'environ 95%. Lors du stockage, il faut éviter d'exposer le pellet à une humidité supérieure à 10%, car cela détériore le combustible et diminue son pouvoir calorifère.



1. Les pellets sont amenés jusque dans le foyer avec la vis sans fin.
2. Les pellets sont brûlés.
3. La fumée est évacuée par une conduite vers l'extérieur.
4. La chaleur de combustion chauffe l'air qui circule dans le tuyau et est pulsé dans la pièce.

Le ravitaillement

Pour s'approvisionner en nourriture et matériaux

Description

Le ravitaillement de la cabane est opéré par deux moyens :

- L'hélicoptère est polluant et coûteux mais a l'avantage de transporter de 700 à 800 Kg de matériel.
- Le mulet est un moyen de transport naturel et peu onéreux utilisé par nos ancêtres et respectueux de l'environnemen Toutefois, la charge maximale supportée par l'animal est d'environ 150 Kg par trajet.

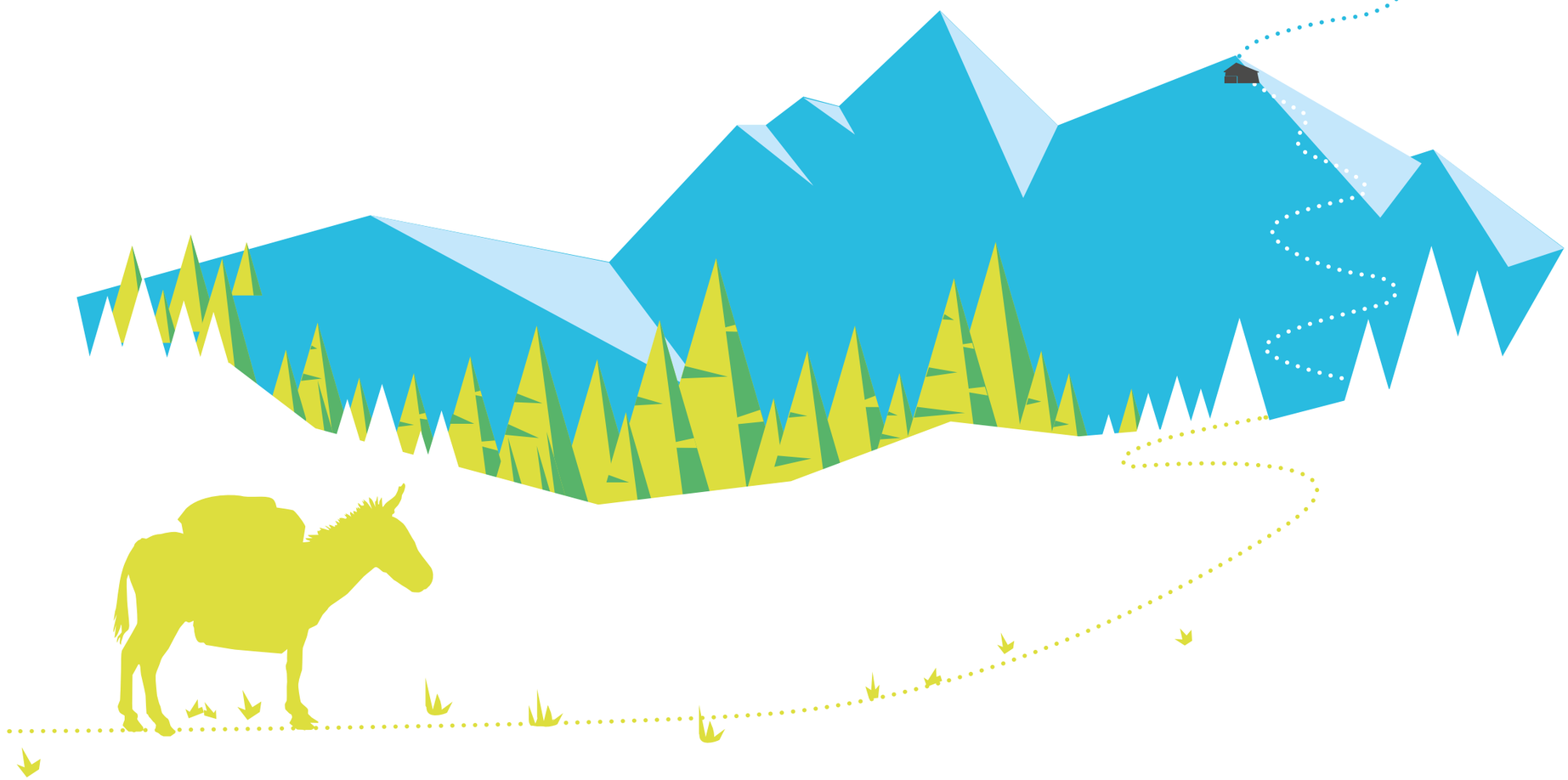
Lors de la construction de la nouvelle cabane, le matériel pour l'infrastructure a été acheminée uniquement par hélicoptère. **L'armature représente une masse de 271'200 Kg** et a nécessité 388 rotations au total. Une partie du gravier des aménagements extérieurs a été acheminé à dos de cheval dans le cadre d'un cours de répétition du Train de l'armée suisse.

L'exploitation de **la cabane produit des déchets qui sont systématiquement triés** (PET, aluminium et ordures ménagères) et exclusivement évacués à dos de mulet. Elle possède un compost pour les déchets organiques.

100 l

Economies possibles

Les trajets en hélicoptère représentent une douzaine de rotations de six minutes par saison. Quant au mulet, il transporte l'équivalent de trois à quatre rotations d'hélicoptère. **On économise ainsi plus d'une centaine de litres** de kérosène pour les rotations et les survols.



COMMUNE
DE LIDDES

CABANE DE mille VALAIS 2473m

SENTIER DES ÉNERGIES

Avec le soutien de :

Schweizer Berghilfe
Aide Suisse aux Montagnards
Aiuto Svizzero alla Montagna
Agid Svizzer per la Muntogna

CANTON DU VALAIS
KANTON WALLIS

LOTERIE ROMANDE