

Av de la gare 3  
CH-1950 Sion  
027 558 83 47  
sion@enerconseil.ch

# Centre sportif Ovronnaz

---

## Etude projet assainissement chaufferie

Mars 2018

1. BUT ET METHODE.....	3
2. ANALYSE DE LA SITUATION ACTUELLE .....	3
2.1 Consommation .....	4
2.2 Enveloppe du bâtiment.....	4
2.3 Installations techniques.....	6
2.3.1 Chauffage.....	6
2.3.2 Ventilation.....	7
3. ENVELOPPE THERMIQUE DU BATIMENT .....	8
3.1 Analyses et recommandation.....	9
4. VARIANTES INSTALLATIONS DE CHAUFFAGE .....	10
4.1 Critère d'évaluation .....	10
4.1.1 Hauteur de cheminée.....	10
4.1.2 Energie .....	10
4.1.3 Cout.....	10
4.1.4 Impact spatial .....	11
4.2 Résultats .....	11
4.3 Analyses et recommandation .....	13
5. CONCLUSIONS .....	14
6. ANNEXE 1 : SCHEMA DE PRINCIPE DES INSTALLATIONS .....	15
7. ANNEXE 2 : DESCRIPTION DES MESURES D'ASSAINISSEMENT.....	16
8. ANNEXE 3: HYPOTHESES DE CALCUL PAC GEOTHERMIQUE.....	19
9. ANNEXE 4 : CHIFFRAGE DES DIFFERENTES VARIANTES .....	20

## 1. BUT ET MÉTHODE

---

Ce rapport poursuit les objectifs suivants :

- Connaître la répartition des consommations et des puissances du site.
- Etablir un état des lieux du site tant au niveau de l'enveloppe du bâtiment que des installations techniques (chauffage et ventilation)
- Analyser les mesures d'assainissement de l'enveloppe du bâtiment au niveau de leur rentabilité et de leur impact sur les puissances de chauffe.
- Définir sur la base des contraintes techniques et légales des critères d'évaluation des variantes d'assainissement des installations de chauffage.
- Analyser les variantes possibles d'assainissement de chaufferie (bois, PAC géothermique et bivalente) en se basant sur les critères préalablement définis.

Les méthodes d'investigation suivantes ont été utilisées : visite des locaux, analyse des plans, récoltes d'informations auprès des gestionnaires du site et des entreprises d'entretien, analyse des données de la plateforme Sbat, modélisation des locaux via le logiciel Lesosaï .

## 2. ANALYSE DE LA SITUATION ACTUELLE

---

Le site se compose de deux entités :

- la partie logement construite en 1978 (SRE : 2'255 m2) comprenant les chambres pouvant abriter 80 personnes, le réfectoire et une salle de conférence.
- les parties installations sportives (SRE : 2650 m2) construites en plusieurs étapes,
  - la salle de gym et ses vestiaires datant de 1968 (SRE : 1'340 m2),
  - la salle d'athlétisme datant de 1978 (SRE : 1'310 m2)
  - le local engin situé au Sud de la salle de gym datant de 2006 (SRE : 66 m2)



- Bâtiment logement (1978)
- Salle de gym (1968)
- Salle d'athlétisme (1978)
- Local engin (2006)

## 2.1 Consommation

La consommation actuelle moyenne du site est d'environ 780'000 kWh par année pour la production d'eau chaude sanitaire et pour le chauffage.

La répartition par bâtiment est la suivante :

- Bâtiment logement : 390'000 kWh (50%)
- Installations sportives : 390'000 kWh (50%)

L'agent énergétique de ce bâtiment est le mazout à 95% et les panneaux solaires thermique pour 5%. La consommation du bâtiment de logement inclus la production solaire thermique moyenne de 25'000 kWh par an dédiée uniquement à l'eau chaude sanitaire du bâtiment.

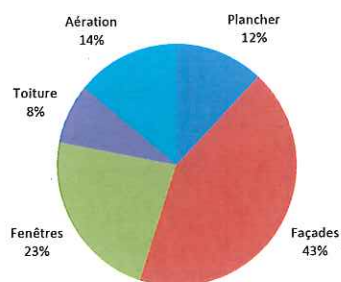
La répartition par bâtiment estimée sur la base des relevés Sbat est la suivante.

Bâtiment	Consommation		Total [kWh]
	Chauffage [kWh]	ECS [kWh]	
Logement	260'000 (65%)	130'000 (35%)	390'000
Installation sportive	350'000 (90%)	40'000 (10%)	390'000

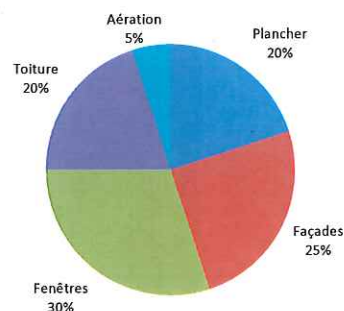
## 2.2 Enveloppe du bâtiment

Les graphiques suivant indiquent la répartition des déperditions d'énergie de chauffage entre les différents éléments de l'enveloppe thermique.

Pour le bâtiment logement, les deux tiers des déperditions thermiques se font au travers des façades et des fenêtres. Alors que ce pourcentage est de 55% pour le bâtiment installations sportive. Cette différence s'explique par l'importance des surfaces contre terrain pour les installations sportives et par la relative bonne isolation du plafond du logement qui modifie la répartition des déperditions.



Bâtiment logement



Installations sportives

Le tableau ci-dessous compare les éléments d'enveloppe du bâtiment aux standards actuels.

Elément d'enveloppe	Surface [m2]	Valeur U [W/m2K]	Exigence cantonale <sup>1</sup> [W/m2K]
<b>Logement</b>			
Toiture combles	890	0.28	0.20
Façade extérieure	1499	0.90	0.15
Façade terrain	180	0.90	0.15
Fenêtres	270	3.00	0.70
Plancher sur garage	145	0.90	0.20
Plancher sur extérieur (citerne et 1 <sup>er</sup> )	140	0.90	0.15
Plancher sur terrain	575	0.95	0.15
<b>Installations sportives</b>			
Toiture comble gym	710	0.26	0.20
Toiture plate gym	343	0.50	0.15
Toiture plate athlétisme	1310	0.50	0.15
Toiture plate local engin	66	0.26	0.15
Façade extérieure	1798	0.90	0.15
Façade terrain	575	0.90	0.15
Fenêtres	660	3.00	0.70
Fenêtres transition	20	5.00	0.70
Plancher sur vide sanitaire (gymnastique)	706	1.10	0.20
Plancher sur extérieur (bureau)	30	0.70	0.15
Plancher sur terrain	1655	0.95	0.15
Plancher sur terrain local engin	66	0.80	0.15

#### Analyse :

L'étiquette énergétique « enveloppe » de ces bâtiments est E (plus de 2 fois la consommation d'un bâtiment neuf actuel) pour le bâtiment installations sportives et F (plus de 2.5 fois la consommation d'un bâtiment neuf actuel) pour le bâtiment logement, ce qui correspond selon la norme SIA 2031 à des bâtiments hors norme méritant une analyse et des améliorations.

L'enveloppe de ces 2 bâtiments est vétuste. A l'exception des dalles des combles, isolées après coup, la plupart des éléments datent de l'époque de construction et mériteraient un assainissement.

Avec les enveloppes actuelles, la puissance nécessaire pour chauffer le bâtiment logement est de **110 kW** (soit 1/7 de la puissance installée pour le bâtiment et 50 W/m2) et **150 kW** pour la partie installation sportive (soit un petit peu plus de 1/3 de la puissance installée pour les salles de sport et 55W/m2).

<sup>1</sup> Pour le cas d'une rénovation n'atteignant pas l'exigence Minergie.

## 2.3 Installations techniques

### 2.3.1 Chauffage

Le site est alimenté par deux installations de chauffage situées au sous-sol :

- installation logement (en rouge sur la figure) d'une puissance de 750 kW.
- installation salles de sport (en bleu sur la figure) d'une puissance de 370 kW

Ces deux installations sont séparées par une distance de 45 mètres environ par une route goudronnée des talus et de la forêt. La différence d'altitude de ces deux installations est d'environ 8 mètres.

Le système de distribution de chaleur est à haute température (radiateur (-10°C extérieur -> 70 °C départ) et ventilation). Les radiateurs existants ne sont pas munis de vannes thermostatiques.



- Installation logement, 750 kW
- Installation salles de sports, 370 kW
- Citerne 75'000 litres au rez
- Citerne 55'000 litres enterrée

Le tableau suivant décrit ces deux installations

	Installation logement	Installation salle de sports
Type d'énergie	Mazout	Mazout
Année d'installation	1977	2000
Puissance [kW]	750	370
Consommation annuelle [kWh]	390'000	390'000
Nombre de groupe	3	5
Distribution de chaleur	Radiateurs et ventilation	Radiateurs et ventilation
Citerne	Accessible : 75'000 litres	Enterrée : 50'000 litres
Eau chaude sanitaire	1750 l et 2'000 l solaire	2* 1000 litres
Panneaux solaires thermique	54 m2 installé en 2008	-

Les schémas de principe de ces deux installations sont présentés en annexe.

#### Analyse :

Si l'installation logement est vétuste, ce n'est pas le cas de l'installation salle de sport qui est en bon état et qui pourrait encore tenir quelques années.

Actuellement, tout le système hydraulique de ces deux installations est réalisé en vue d'obtenir des retours chauds. Par conséquent, les chaudières installées ne condensent pas. Si ces dernières devaient être remplacées par des chaudières à condensation, il faudrait entièrement modifier l'hydraulique actuelle de tous les groupes.

Des distributions à très haute température pour le chauffage ( $-10^{\circ}\text{C} \rightarrow 70^{\circ}\text{C}$ ) et pour les batteries de chaud des ventilations représente un facteur limitant en vue d'un assainissement par des pompes à chaleur.

Les hauteurs de cheminées actuelles (2.5 mètres pour l'installation logement et 5 mètres pour l'installation sport) ne respectent pas les exigences de la directive en la matière.

Le local engin est alimenté par deux radiateurs qui ne fonctionnent pas depuis des années selon les informations des gestionnaires.

Il est à noter que le groupe athlétisme de l'installation salle de sport est inconnu. Nous n'avons pas réussi à localiser sa destination et la caméra thermique a montré que le groupe n'avait pas débit.

### 2.3.2 Ventilation

Plusieurs installations de ventilation se trouvent sur le site. Le tableau suivant les caractérise.

	Installation logement	Installation salle de gym	Installation athlétisme	Installation vestiaires
Débit [m <sup>3</sup> /h]	11'000	15'000	18'000	1'200
Etat	Neuf	Vétuste	Vétuste	Vétuste
Batterie de chaud [kW]	62	110	120	15
Récupération de chaleur	oui	Non, recirculation	Non, recirculation	Oui
Régulation	Aechlimann	Siemens	Siemens	Siemens
Fonction	Hygiénique	Hygiénique.	Hygiénique et chauffage	Hygiénique

#### Analyse :

L'installation logement est en parfait état puisqu'elle est neuve.

A part quelques modifications comme la mise en place de moteurs EC pour l'installation de la salle de gym, les installations salle de gym, athlétisme et vestiaire sont vétustes et mériteraient un assainissement.

Actuellement, la récupération de chaleur pour les monoblocs salle de gym et athlétisme se fait via un clapet de recirculation réglé manuellement.

Les débits pour la salle de gym et l'athlétisme semblent largement surdimensionnés (500 personnes pour la salle de gym et 600 personnes pour l'athlétisme). Une diminution de ces débits permettrait une réduction massive de la consommation électrique.

Chauffer un local par l'air n'est pas optimal et peut engendrer de fortes déperditions si l'installation ne recircule pas la majorité de l'air. Par conséquent, il serait opportun d'envisager la mise en place de radiateurs ou de chauffage de sol pour la salle d'athlétisme.

### 3. ENVELOPPE THERMIQUE DU BÂTIMENT

Les éléments d'enveloppe peuvent faire l'objet d'assainissements en vue de renforcer leur protection thermique. Ces assainissements permettent de diminuer la consommation de chauffage. Nous avons étudié les mesures cohérentes pour ce bâtiment.

Nous avons mis en perspective le coût de l'assainissement, considéré sur sa durée de vie (30 ans) avec les économies d'énergie réalisées afin de déterminer s'il s'agit d'une mesure rentable.

Les investissements présentés dans ce chapitre sont estimés sur la base de projets similaires réalisés récemment, main d'œuvre comprise. Ils sont au niveau de précision du devis général (+/- 20%). Les coûts présentés dans ce tableau comprennent uniquement les travaux de plâtrerie. Les échafaudages, tous les détails liés à la façade (dépose et pose des volets, descente d'eau pluviale,...) ne sont pas compris.

Actuellement, la moyenne du prix de l'énergie pour ce bâtiment est de 10 ct/kWh pour le mazout. Nous vous laissons le soin d'évaluer l'évolution du coût de l'énergie au cours des prochaines années.

Les bâtiments étant cantonaux, ils ne sont pas éligibles pour des subventions au programme Bâtiment.

Les mesures d'assainissement suivantes n'ont pas été considérées :

- Isolation de la dalle des combles puisque la valeur U de cet élément est inférieure à 0.3 W/m<sup>2</sup> K et qu'un assainissement ne sera de toute manière pas rentable.
- Isolation des planchers contre terrain puisque ces travaux ne semblent pas raisonnables.

Le tableau suivant indique pour chaque mesure, son coût, son économie d'énergie et son temps de retour. Si une mesure d'assainissement possède un temps de retour inférieur à 30 ans (durée de vie d'un assainissement), cette mesure devrait être réalisée puisqu'elle est rentable (en vert dans le tableau).

Mesure	Investissement	Energie économisée	Puissance économisée	Temps de retour
	[CHF]	[kWh/an]	[kW]	[ans]
<b>Logement</b>				
Isolation du plancher sur garage	17'000	8'000	2	21
Isolation du plancher sur extérieur	34'000	10'000	3	34
Isolation périphérique des façades extérieures	360'000	104'000	30	35
Isolation intérieure des façades contre terrain	43'000	9'000	2	48
Remplacement des fenêtres	270'000	52'000	15	52

Mesure	Investissement	Energie économisée	Puissance économisée	Temps de retour
	[CHF]	[kWh/an]	[kW]	[ans]
<b>Salles de sport</b>				
Isolation du plancher sur vide sanitaire (gym)	85'000	40'000	12	21
Isolation du plancher sur extérieur	7'000	2'000	1	35
Remplacement des fenêtres (U=5)	9'000	2'000	2	45
Remplacement des fenêtres (U=3)	660'000	107'000	39	62
Isolation périphérique des façades extérieures	427'000	66'000	23	65
Isolation toiture plate (gym et athlétisme)	398'000	57'000	18	70
Isolation intérieure des façades contre terrain	142'000	15'000	2	95



### 3.1 Analyses et recommandation

L'analyse des tableaux ci-dessus permet de faire les observations suivantes :

#### Remarques générales :

- Si le remplacement des fenêtres et des façades ne se justifient pas du point de vue économique, il peut se justifier du point de vue de l'entretien du bâtiment et de l'amélioration du confort des occupants tant du point de vue thermique que de l'acoustique. Lors du remplacement des fenêtres, il est recommandé d'isoler les embrasures, linteaux et allèges des fenêtres avec 4 à 6 cm d'isolation.
- Il est à noter qu'en prenant un coût de l'énergie de 11 centimes/kWh, le temps de retour diminuerait de 10% par rapport à celui indiqué dans le tableau. Par exemple, pour l'isolation du plafond du garage, le temps de retour passerait de 21 à 19 ans.
- De nombreuses mesures d'assainissement (remplacement des fenêtres, isolation des toitures plates et isolation des murs contre terrain) ne sont pas rentables. Pour expliquer ce résultat, on peut conclure que le coût de ces mesures est trop important par rapport au faible coût de l'énergie.

#### Bâtiment logement :

- Seule l'isolation du plafond des garages est rentable. Cette mesure permettrait l'économie de 8'000 kWh (2% de la consommation énergétique actuelle du bâtiment).
- L'isolation du plancher sur extérieur et des façades extérieures sont à la limite de la rentabilité, cela s'explique par le faible coût de l'énergie et l'importance des coûts des mesures (240 CHF/m<sup>2</sup>). Par contre, ces deux mesures permettraient d'économiser plus de 25% de la consommation totale du bâtiment est surtout de diminuer la puissance de chauffe du bâtiment de 30 kW.
- En mettant en place ces trois mesures, l'étiquette énergétique du bâtiment serait du C.
- En assainissant tous les éléments de l'enveloppe, la puissance de chauffe diminuerait 50%, soit de 50 kW et permettrait d'obtenir une étiquette énergétique B.

#### Bâtiment salle de sport :

- Seule l'isolation du plafond du vide sanitaire sous la salle de gym est rentable. Cette mesure permettrait l'économie de 40'000 kWh (10% de la consommation énergétique actuelle du bâtiment). Cette mesure permettrait de diminuer la puissance de chaud de 12 kW. Nous recommandons la mise en place de cette mesure.
- L'isolation du plancher sur extérieur est à la limite de la rentabilité.
- En mettant en place ces deux mesures, l'étiquette énergétique du bâtiment serait du D.
- Les autres mesures d'assainissement (remplacement des fenêtres, isolation périphérique des façades, isolation des toitures plates et isolation des murs contre terrain) ne sont pas rentables. Pour expliquer ce résultat, on peut conclure que le coût de ces mesures est trop important par rapport au faible coût de l'énergie.
- Si le remplacement des fenêtres et des façades ne se justifient pas du point de vue économique. Il peut se justifier du point de vue de l'entretien du bâtiment et de l'amélioration du confort des occupants tant du point de vue thermique que de l'acoustique. Lors du remplacement des fenêtres, il est recommandé d'isoler les embrasures, linteaux et allèges des fenêtres avec 4 à 6 cm d'isolation.
- Il est à noter qu'en prenant un coût de l'énergie de 11 centimes/kWh, le temps de retour diminuerait de 10% par rapport à celui indiqué dans le tableau.
- En assainissant tous les éléments de l'enveloppe, la puissance de chauffe diminuerait 50%, soit de 75 kW et permettrait d'obtenir une étiquette énergétique B.

## 4. VARIANTES INSTALLATIONS DE CHAUFFAGE

### 4.1 Critère d'évaluation

#### 4.1.1 Hauteur de cheminée

La hauteur des cheminées est régie par la recommandation sur la hauteur minimale des cheminées sur le toit éditée par l'office fédéral de l'environnement des forêts et du paysage.

Cette dernière édicte des critères à respecter en fonction de la configuration du bâtiment, du type d'énergie et de la puissance de l'installation. Dans la plupart des cas, le critère de la zone d'immission est le plus contraignant. Ce dernier correspond à une zone affectée par l'installation et une hauteur prescrite au-dessus de laquelle du niveau d'immission. Concrètement, cela signifie qu'en fonction de la puissance de l'installation, il faut que la hauteur de la cheminée dépasse de X mètres tout obstacle situé à l'intérieur de cette zone. Cette hauteur et le rayon de la zone d'action sont présentés dans le tableau suivant.

Puissance [kW]			Hauteur prescrite au-dessus du niveau d'immission [m]	Rayon de la zone affectée par l'installation [m]
Gaz	Mazout	Bois		
351-700	351-500	71-150	1	15
701-1000	501-700	151-250	2	20
1001-2000	701-1000	251-500	3	30
2001-4000	1001-2000	501-1000	4	40
4001-6000	2001-3000	1001-2000	5	50
> 6000	> 3000	> 2000	6	60

projet actual.

Il est important de préciser que selon les informations du service de l'environnement du canton du Valais, si plusieurs chaudières sont installées aux mêmes endroits, il faut considérer la somme des puissances de chaud et le type d'énergie le plus contraignant.

#### 4.1.2 Energie

La règle à respecter pour l'assainissement des bâtiments du canton du Valais stipule que les énergies fossiles ne doivent pas couvrir plus de 90% de l'indice Minergie  $E_{hwik}$  Rénovation. Concrètement, cela signifie que les énergies fossiles ne devraient pas produire plus de 122'000<sup>2</sup> kWh pour la partie logement et de 95'000 kWh pour la partie installation sportive<sup>3</sup>.

De plus, la politique énergétique du canton du Valais vise à éliminer à moyen terme les énergies fossiles alimentant ces bâtiments. Ce dernier point prendra la forme du critère de la durabilité dans la comparaison des variantes.

#### 4.1.3 Coût

Le coût des mesures est estimé sur la base de notre expérience. Il est indicatif, car de nombreux éléments sont difficilement estimables sans l'appui d'un architecte ou sont liés à des compétences spécifiques.

Les prix estimés comprennent les installations techniques avec leur régulation et le tubage des productions de chaleur, l'alimentation en énergie, le démontage des installations actuelles. Ils ne comprennent pas les travaux de maçonnerie et d'électricité, l'alimentation d'une chaudière provisoire et les travaux de ferblanterie ainsi que les différentes subventions.

Le chiffrage détaillé pour toutes ces variantes se trouve en annexe.

<sup>2</sup> 60 kWh/m<sup>2</sup> \* 0.9 \* 2255 m<sup>2</sup> de SRE

<sup>3</sup> 45 kWh/m<sup>2</sup> \* 0.9 \* 2650 m<sup>2</sup> de SRE

#### 4.1.4 Impact spatial

Certaines variantes ont un impact spatial très important. Il s'agit principalement des variantes PAC géothermique dont le champ de sonde peut s'étendre sur d'importantes surfaces. Dans ce cas, le raccordement hydraulique des sondes au local technique est un élément important à considérer

### 4.2 Résultats

Le tableau suivant indique pour chaque variante :

- le logique des installations (indépendante si 2 installations et centralisée pour une seule),
- la puissance et le type d'énergie,
- la hauteur de cheminée,
- le respect de l'exigence Minergie,
- la durabilité de la variante. Est considérée durable toute variante n'utilisant aucune énergie fossile,
- son coût
- son impact spatial et
- des remarques résumant les points importants de la variante.

Les couleurs du tableau représentent les échelles subjectives de chaque critère :

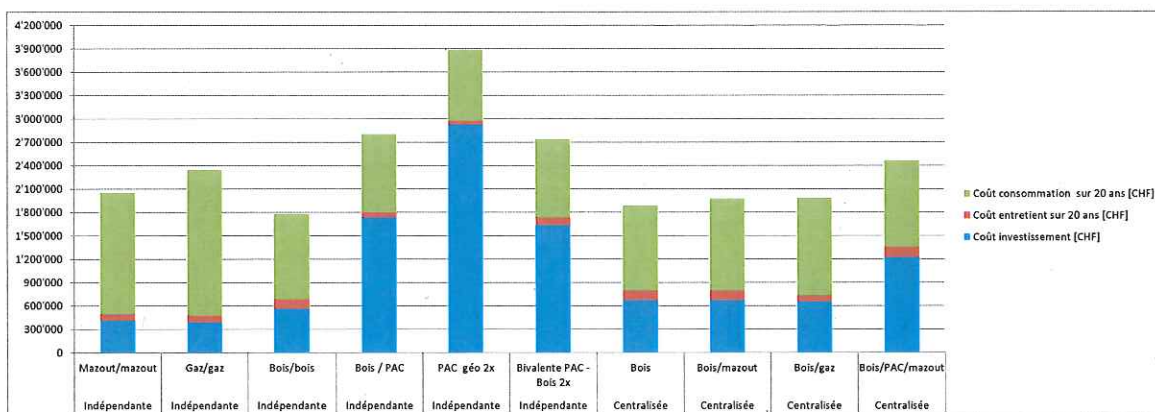
- hauteur des cheminées :
  - rouge = très importante (>6m),
  - orange = importante (entre 3 et 6m),
  - vert = moyenne (<3m)
- Minergie :
  - rouge = non, pas respectée,
  - vert = oui, respectée
- durabilité :
  - rouge = <50%,
  - orange = entre 50 et 90%,
  - vert = >90%
- Coût :
  - rouge = >1'000'000 CHF,
  - orange = entre 500'000 et 1'000'000 CHF,
  - vert = <500'000 CHF
- Impact spatial :
  - rouge = >200 m<sup>2</sup>,
  - orange = entre 100 et 200 m<sup>2</sup>,
  - vert = <100 m<sup>2</sup>

Variante	Type d'énergie Puissance [kW]		Hauteur cheminée [m]		Energie		Coût estimé investissement [CHF]	Impact spatial [m2]	Remarques
	Logement	Installation sportive	Logement	Installation sportive	Minergie, E <sub>hvik</sub>	Durabilité			
Actuelle	Mazout 750	Mazout 370	2.5	5	Non	0%	-	-	
Indépendante	Mazout 300	Mazout 300	3.5	6	Non	0%	410'000	-	
Indépendante	Gaz 300	Gaz 300	3.5	6	Non	0%	400'000	30	Locaux citerne à créer
Indépendante	Bois 250	Bois 250	2	7	Oui	100%	560'000	45	Locaux pellet à créer Optimisation enveloppe ou ventilation à prévoir
Indépendante	Bois 250	PAC sol 250	2	0	Oui	100%	1'730'000	3200	Local pellet à créer <b>Faisabilité PAC pas assurée</b> Optimisation enveloppe ou ventilation à prévoir
Indépendante	PAC sol 250	Bois 250	0	7	Oui	100%	1'730'000	3200	Local pellet à créer <b>Faisabilité PAC pas assurée</b> Optimisation enveloppe ou ventilation à prévoir
Indépendante	PAC sol 250	PAC sol 250	0	0	Oui	100%	2'920'000	6280	<b>Faisabilité PAC pas assurée</b> Besoin d'autres sources d'énergie Optimisation enveloppe ou ventilation à prévoir
Indépendante	Bois 150 PAC sol 100	Bois 150 PAC sol 100	1	6	Oui	100%	1'630'000	2060	Local pellet à créer <b>Faisabilité PAC pas assurée</b> Optimisation enveloppe ou ventilation à prévoir
Centralisée	Bois 600		6.5	-	Oui	100%	670'000	60	Locaux pellet à créer Conduite à distance à créer
Centralisée	Bois 250 mazout 500		2 – 3.5	-	Oui	80%	670'000	45	Locaux pellet à créer Conduite à distance à créer
Centralisée	Bois 250 Gaz 500		2 – 3.5	-	Oui	80%	660'000	45	Locaux pellet à créer Conduite à distance à créer
Centralisée	Bois 150 PAC 100 Mazout 400		1 – 3.5	-	Oui	85%	1'220'000	1100	Locaux pellet à créer Conduite à distance à créer <b>Faisabilité PAC pas assurée</b>

### 4.3 Analyses et recommandation

L'analyse du tableau ci-dessus permet de faire les observations suivantes :

- Aucune variante ne se dégage vraiment. Celles qui sont performantes au niveau de la hauteur de cheminée et du coût ne respectent pas les exigences Minergie et de durabilité. Alors que les variantes respectant à la fois les hauteurs de cheminée et les critères énergétiques sont clairement les plus chères et leur impact spatial est considérable.
- Les résultats présentés pour les variantes PAC géothermiques sont théoriques et se basent sur les chiffres présentés en annexe. L'impact spatial a été défini pour une profondeur de sonde de 100 mètres qui représente la limite préconisée par le canton. Or cette faisabilité théorique devra encore être étudiée et validée par un bureau d'hydrogéologue. En effet, les incertitudes concernant la profondeur de forage et la puissance soutirée sont importantes et devront être levées lors d'un test de réponse de forage. Selon les informations fournies par le bureau BEG, le coût de cette étude peut être estimé entre 60'000 et 70'000 CHF. Cependant, une puissance de 250 kW semble difficilement atteignable selon ce même bureau.
- Concernant les pellets les puissances considérées (250 et 150 kW) dépendent principalement du critère de hauteur de cheminée puisqu'en augmentant d'un kW la puissance, il faudrait rehausser d'au minimum 1 mètre la cheminée et augmenter la zone d'immission.
- Pour les variantes indépendantes, la puissance par bâtiment proposée de 250 kW est calculée de manière optimiste sans aucune marge. Par conséquent, la mise en place de ces différentes variantes devrait s'accompagner soit de mesures d'assainissements de l'enveloppe dont le coût par exemple peuvent atteindre rapidement plusieurs centaines de milliers de francs (cf chapitre 3), d'assainissement d'installations de ventilation ou d'augmentation de capacité d'accumulation d'eau chaude sanitaire.
- Le tableau ci-dessus présente uniquement les coûts d'investissement, pour avoir une vision globale sur 20 ans, il faudrait considérer également les coûts d'entretien ainsi que la consommation. La figure ci-dessous présente ces différents coûts pour chaque variante. Les 3 variantes qui se dégagent sont l'indépendante bois/bois, la centralisée bois et la centralisée bois/mazout et bois gaz. Les variantes les plus intéressantes sont l'indépendante bois-bois et les variantes centralisées bois, bois mazout et bois-gaz.



- Un des importants avantages des variantes centralisées est le secours des installations. Ce qui n'est pas le cas des variantes indépendantes.

## 5. CONCLUSIONS

---

Dans un premier temps, cette étude fait un état des lieux du site, tant au niveau de la consommation, que de l'enveloppe thermique et de ses installations techniques.

Les bâtiments sont vétustes. Peu d'assainissements ont été réalisés ces 20 dernières années tant au niveau de l'enveloppe thermique des bâtiments que des installations techniques.

En règle générale, il est toujours recommandé dans un premier temps de réduire le besoin de chaleur des bâtiments en l'isolant et d'ensuite remplacer la production de chaleur.

Malgré l'absence de subventionnement des mesures d'assainissement de l'enveloppe, certaines sont rentables. Nous recommandons leur mise en place (isolation du plafond des locaux non chauffés (garage et vide sanitaire de la salle de gym) qui permettrait d'économiser environ 50'000 kWh par année.

L'isolation des façades et le remplacement des fenêtres n'est en principe pas rentable, mais permettraient de diminuer grandement les puissances de chauffage, augmenteraient le confort et participeraient à l'entretien des bâtiments.

Du point de vue des **installations techniques**, une analyse multicritères a été réalisée. Il en ressort qu'aucune variante étudiée ne se dégage clairement. Par conséquent, une pesée des intérêts devra être réalisée afin de déterminer laquelle choisir. Néanmoins, les variantes qui nous semblent les plus intéressantes sont l'indépendante bois-bois et les variantes centralisées bois, bois-mazout et bois-gaz.

Les variantes PAC géothermiques semblent trop onéreuses et risquées pour être réalisées.

Enerconseil SA

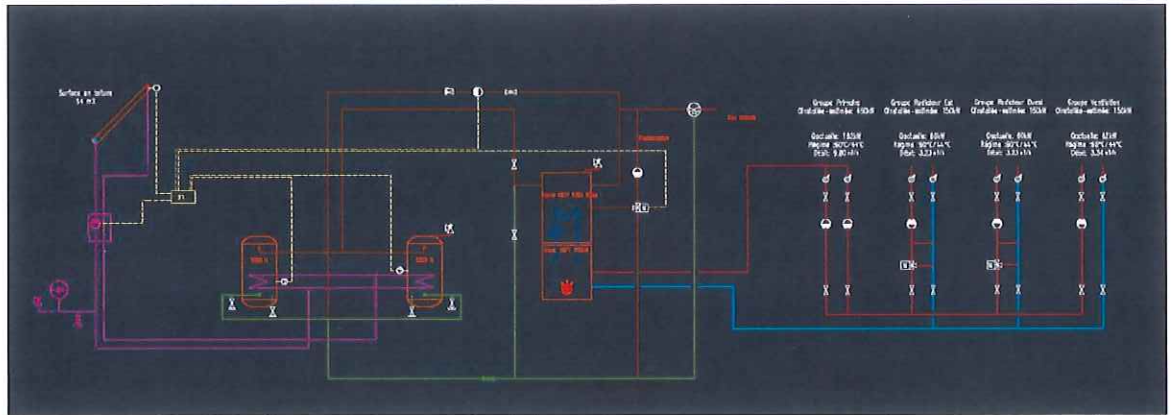
Vincent Luyet

Mars 2018

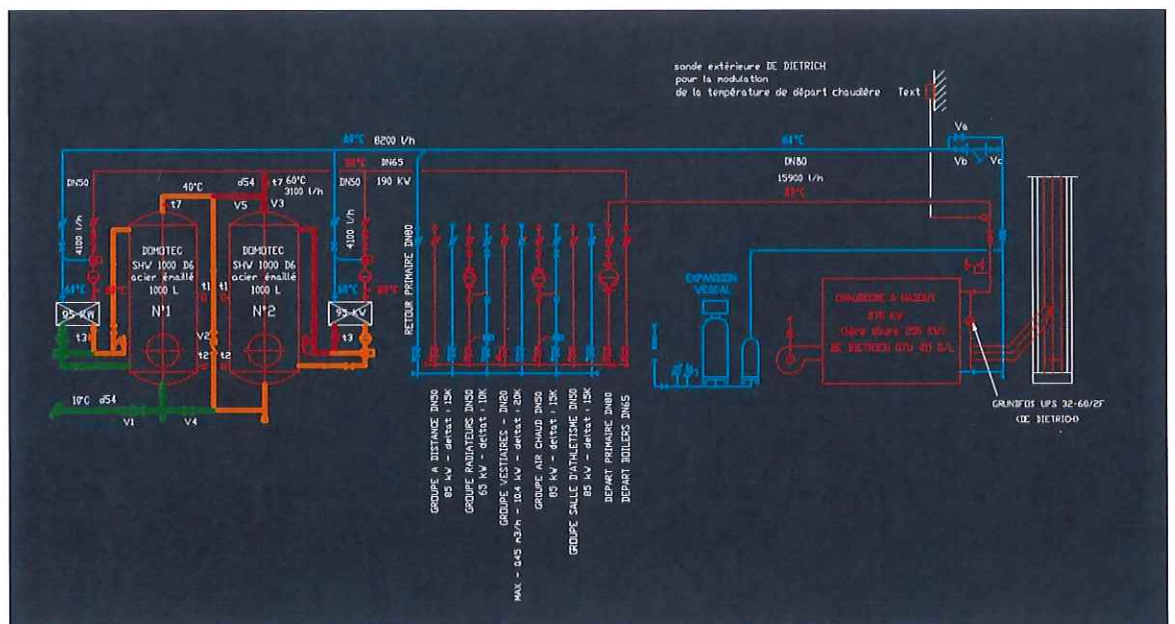


## 6. ANNEXE 1 : SCHÉMA DE PRINCIPE DES INSTALLATIONS

Installation logement :



Installations sportives

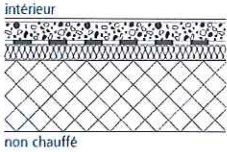
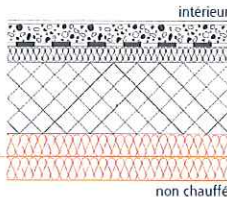


## 7. ANNEXE 2 : DESCRIPTION DES MESURES D'ASSAINISSEMENT

### 7.1 Isolation du plancher sur non chauffé

Cette mesure rentable consiste à renforcer l'isolation du plancher par-dessous (+14 cm ;  $U=0.20$  W/m<sup>2</sup>K) en ajoutant une isolation de 14 cm de laine minérale ( $\lambda=0.032$  W/mK, exemple : laine de roche, laine de pierre ou laine de verre). Cette mesure concerne le garage du bâtiment logement et le vide sanitaire de la salle de gym.

Le schéma ci-dessous décrit la mise en place de cette mesure.

Elément existant	Bs3	Elément assaini
 <p>intérieur</p> <p>non chauffé</p>	<p><b>Assainissement par l'extérieur</b></p> <p>Isolation thermique</p> <p>Variante a: avec revêtement de plafond</p> <p>Variante b: sans revêtement</p>	 <p>intérieur</p> <p>non chauffé</p>
0 cm d'isolation    valeur $U$ env. $2.4$ W/(m <sup>2</sup> · K) 2 cm d'isolation    valeur $U$ env. $1.1$ W/(m <sup>2</sup> · K) 4 cm d'isolation    valeur $U$ env. $0.7$ W/(m <sup>2</sup> · K)		Variante d'assainissement homogène. Voir les valeurs $U$ à l'annexe I. (assainisserr. inhomogènes: val. $U$ à l'annexe II)

Remarques :

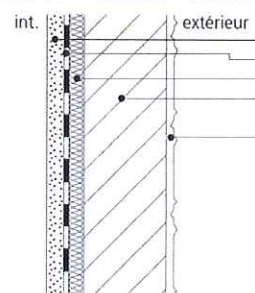
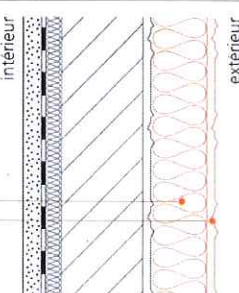
- Il est important que l'isolation des plafonds recouvre toute la surface du plafond.
- Le câblage électrique et les lumières du plafond devront être déplacés.

#### 7.1.1 Isolation des façades contre l'extérieur

Cette mesure consiste à isoler de manière périphérique la façade (+18 cm ;  $U=0.15$  W/m<sup>2</sup>-K) en rajoutant une isolation périphérique de 18 cm de polystyrène expansé graffité (exemple : Marmopor Plus ou LAMBDA light,  $\lambda=0.031$ W/mK) avec isolation des embrasures des fenêtres (4 à 6 cm).

Le schéma ci-dessous décrit la mise en place de cette mesure.

contre l'air extérieur, avec isolation existante côté intérieur

Elément existant	Ws20	Elément assaini
 <p>int.</p> <p>extérieur</p>	<p><b>Isolation thermique extérieure crépie</b></p> <p>Isolation thermique</p> <p>Crépi extérieur</p>	 <p>intérieur</p> <p>extérieur</p>
3 cm d'isolation    valeur $U$ env. $0.7$ W/(m <sup>2</sup> · K) 4 cm d'isolation    valeur $U$ env. $0.6$ W/(m <sup>2</sup> · K) 5 cm d'isolation    valeur $U$ env. $0.5$ W/(m <sup>2</sup> · K)		Variante d'assainissement homogène. Voir les valeurs $U$ à l'annexe I.



### 7.1.2 Remplacement des fenêtres

Cette mesure consiste à remplacer les fenêtres de plus de 10 ans par du triple vitrage ( $U=0.5W/m^2K$ ) avec des cadres métalliques performants ( $U=1.2W/m^2K$ )

Surface	690 m <sup>2</sup>
Investissement total :	759'000 CHF
Subvention Programme Bâtiments et communale :	27'600 CHF
Investissement net :	731'400 CHF
Economie d'énergie annuelle :	88'000 kWh/an (20%)
Coût du kWh économisé sur 30 ans :	27 ct/kWh



## 8. ANNEXE 3: HYPOTHÈSES DE CALCUL PAC GÉOTHERMIQUE

---

### **Variante PAC géothermique**

Température du terrain : 7 °C (calcaire selon information forage terrain de foot)

Température de départ 65°C

COP de la machine : 2.9

Puissance spécifique par mètre linéaire de sonde :  $33 \text{ W/m} * 0.75$  (facteur de diminution pour un champ de sonde) = 25W/m

Ecartement des sondes : 8 mètres si profondeur de 100 mètres, 9 mètres si profondeur de 200 mètres et 10 mètres pour une profondeur de 300 mètres

Prix du forage : 100-150 CHF/m, 125 CHF/m considéré

### **Résultats :**

Puissance 250 kW

- Longueur de sondes totales : 6600 mètres, soit 825'000 CHF
- Si profondeur de 100 mètres : 66 sondes, impact au sol : 3140 m2
- Si profondeur de 200 mètres : 33 sondes, impact au sol : 1700 m2
- Si profondeur de 300 mètres : 22 sondes, impact au sol : 1200 m2

Puissance 100 kW

- Longueur de sondes totales : 2640 mètres, soit 330'000 CHF
- Si profondeur de 100 mètres : 27 sondes, impact au sol : 1030 m2
- Si profondeur de 200 mètres : 14 sondes, impact au sol : 730 m2
- Si profondeur de 300 mètres : 9 sondes, impact au sol : 500 m2

## 9. ANNEXE 4 : CHIFFRAGE DES DIFFÉRENTES VARIANTES

<b>Paramètres</b>		
Consommation actuelle bâtiment logement	kWh	390000
Consommation actuelle installation sportive	kWh	390000
Coût mazout	CHF/kWh	0.1
Coût gaz tarif plein	CHF/kWh	0.12
Coût pellet	CHF/kWh	0.07
Coût électricité	CHF/kWh	0.17
COP PAC		2.9
Coût externe gaz	CHF/kWh	0.03
Coût externe pellet	CHF/kWh	0.015
Coût externe mazout	CHF/kWh	0.03
Coût externe élec	CHF/kWh	0.015
Rendement chaudière à gaz	%	90
Rendement chaudière pellet	%	90

### Variante 0 : Remplacement mazout par mazout

<b>Investissement</b>	CHF
Démontage de la chaudière existante logement	6000
Démontage de la chaudière existante sport	3000
Chaudière à mazout 300 kW logement	100000
Chaudière à mazout 300 kW logement	100000
Remplacement groupes pour condensation logement	36000
Remplacement groupes pour condensation sport	48000
Optimisation eau chaude sanitaire (3 boilers emailé de 1000 litres)	20000
Tubage cheminée	12000
Régulation	33000
Remplissage et mise en service	18000
Divers et imprévus	32500
<b>Total</b>	<b>410000</b>
Frais entretien sur 20 ans	80000
Consommation sur 20 ans	1560000

### Variante 1 : Remplacement mazout par gaz

<b>Investissement</b>	CHF
Démontage citerne mazout existante logement	16000
Mise hors service citerne mazout existante sport	8900
Démontage de la chaudière existante logement	6000
Démontage de la chaudière existante sport	3000
Chaudière à mazout 300 kW logement	85000
Chaudière à mazout 300 kW logement	85000
Remplacement groupes pour condensation logement	36000
Remplacement groupes pour condensation sport	48000
Optimisation eau chaude sanitaire (3 boilers emailé de 1000 litres)	20000
Tubage cheminée	12000
Création citerne logement	8000
Création citerne sport	5000
Régulation	33000
Remplissage et mise en service	18000
Divers et imprévus	33290
<b>Total</b>	<b>392000</b>
Frais entretien sur 20 ans	80000
Consommation sur 20 ans	1872000

**Variante 2 : Remplacement installation existante par du bois et du bois**

Investissement	CHF
Démontage citerne mazout existante logement	16000
Mise hors service citerne mazout existante sport	8900
Démontage de la chaudière existante logement	6000
Démontage de la chaudière existante sport	3000
Chaudière à bois 250 kW logement	160000
Chaudière à bois 250 kW sport	160000
Optimisation eau chaude sanitaire (3 boilers emailé de 1000 litres)	20000
Tubage cheminée	24000
Création silo logement	16000
Régulation	33000
Remplissage et mise en service	18000
Création silo sport (900 CHF/m3)	45000
Divers et imprévus	50990
<b>Total</b>	<b>561000</b>
Frais entretien sur 20 ans	120000
Consommation sur 20 ans	1092000

**Variante 3 : Remplacement installation existante par du bois et une PAC géothermique de 250 kW**

Investissement	CHF
Démontage citerne mazout existante logement	16000
Mise hors service citerne mazout existante sport	9000
Démontage de la chaudière existante logement	6000
Démontage de la chaudière existante sport	3000
Chaudière à bois 250 kW logement	160000
PAC géothermique 250 kW sport	285000
Optimisation eau chaude sanitaire (3 boilers emailé de 1000 litres)	20000
Tubage cheminée	16000
Création silo logement	16000
Champ de sonde et raccordement des sondes au local technique	825000
Raccordement des sondes au local technique (760 m à 200 CHF)	125000
Remplacement groupe sport pour condensation	48000
Divers et imprévus	152900
Régulation	33000
Remplissage et mise en service	18000
<b>Total</b>	<b>1730000</b>
Frais entretien sur 20 ans	70000
Consommation sur 20 ans	1003000

**Variante 4 : Remplacement installation existante par 2 PAC géothermique de 250 kW**

Investissement	CHF
Démontage citerne mazout existante logement	16000
Mise hors service citerne mazout existante sport	9000
Démontage de la chaudière existante logement	6000
Démontage de la chaudière existante sport	3000
PAC géothermique 250 kW logement	285000
PAC géothermique 250 kW sport	285000
Optimisation eau chaude sanitaire (3 boilers emailé de 1000 litres)	20000
Champ de sonde et raccordement des sondes au local technique	825000
Raccordement des sondes au local technique (760 m à 200 CHF)	125000
Champ de sonde et raccordement des sondes au local technique	825000
Raccordement des sondes au local technique (760 m à 200 CHF)	125000
Remplacement groupe logement pour condensation	48000
Remplacement groupe sport pour condensation	36000
Régulation	33000
Remplissage et mise en service	18000
Divers et imprévus	260800
<b>Total</b>	<b>2920000</b>
Frais entretien sur 20 ans	50000
Consommation sur 20 ans	914000

**Variante 5 : Remplacement installation existante par 2 installations bivalente PAC géothermique de 100 kW et bois de 150 kW**

<b>Investissement</b>	CHF
Démontage citerne mazout existante logement	16000
Mise hors service citerne mazout existante sport	9000
Démontage de la chaudière existante logement	6000
Démontage de la chaudière existante sport	3000
PAC géothermique 100 kW logement	100000
PAC géothermique 100 kW sport	100000
Installation de bois 150 kW logement	110000
Installation de bois 150 kW sport	110000
Optimisation eau chaude sanitaire (3 boilers emailé de 1000 litres)	20000
Tubage cheminée	8000
Champ de sonde et raccordement des sondes au local technique logement	330000
Raccordement des sondes au local technique (380 m à 200 CHF)	76000
Champ de sonde et raccordement des sondes au local technique sport	330000
Raccordement des sondes au local technique (380 m à 200 CHF)	76000
Création silo logement	16000
Création silo sport (900 CHF/m3)	45000
Remplacement groupe logement pour condensation	36000
Remplacement groupe sport pour condensation	48000
Régulation	33000
Remplissage et mise en service	18000
Divers et imprévus	143900
<b>Total</b>	<b>1630000</b>
Entretien installation pellet sur 20 ans	60000
Entretien PAC sur 20 ans	40000
Consommation sur 20 ans	1003000

**Variante 6 : Remplacement installation existante par 600 kW de bois**

<b>Investissement</b>	CHF
Démontage citerne mazout existante logement	16000
Mise hors service citerne mazout existante sport	9000
Démontage de la chaudière existante logement	6000
Démontage de la chaudière existante sport	3000
Chaudière à pellet 600 kW	350000
Optimisation eau chaude sanitaire (3 boilers emailé de 1000 litres)	20000
Tubage cheminée	32000
Création silo logement	32000
Régulation	33000
Remplissage et mise en service	18000
Conduite à distance (2'000 CHF/m)	90000
Divers et imprévus	60900
<b>Total</b>	<b>670000</b>
Entretien installation pellet sur 20 ns	120000
Consommation sur 20 ans	1092000

**Variante 7 : Remplacement installation existante par 250 kW de bois et 500 kW de mazout**

<b>Investissement</b>	<b>CHF</b>
Démontage citerne mazout existante logement	16000
Mise hors service citerne mazout existante sport	9000
Démontage de la chaudière existante logement	6000
Démontage de la chaudière existante sport	3000
Mazout 500 kW	130000
Pellet 250 kW	160000
Optimisation eau chaude sanitaire (3 boilers emailé de 1000 litres)	20000
Tubage cheminée	17000
Création nouvelle citerne	10000
Création silo logement	16000
Remplacement groupe logement pour condensation	36000
Remplacement groupe sport pour condensation	48000
Régulation	33000
Remplissage et mise en service	18000
Conduite à distance (2'000 CHF/m)	90000
Divers et imprévus	61200
<b>Total</b>	<b>670000</b>
Entretien installation pellet sur 20 ans	60000
Entretien installation mazout sur 20 ans	60000
Consommation sur 20 ans	1185600

**Variante 8 : Remplacement installation existante par 250 kW de bois et 500 kW de gaz**

<b>Investissement</b>	<b>CHF</b>
Démontage citerne mazout existante logement	16000
Mise hors service citerne mazout existante sport	9000
Démontage de la chaudière existante logement	6000
Démontage de la chaudière existante sport	3000
Gaz 500 kW	110000
Pellet 250 kW	160000
Optimisation eau chaude sanitaire (3 boilers emailé de 1000 litres)	20000
Tubage cheminée	17000
Création nouvelle citerne	10000
Création silo logement	16000
Remplacement groupe logement pour condensation	36000
Remplacement groupe sport pour condensation	48000
Régulation	33000
Remplissage et mise en service	18000
Conduite à distance (2'000 CHF/m)	90000
Divers et imprévus	59200
<b>Total</b>	<b>651000</b>
Entretien gaz sur 20 ans	40000
Entretien installation pellet sur 20 ans	40000
Consommation sur 20 ans	1248000

**Variante 9 : Remplacement installation existante par 150 kW de bois, 100 kW de PAC géothermique et 400 kW de mazout**

<b>Investissement</b>	CHF
Démontage citerne mazout existante logement	16000
Mise hors service citerne mazout existante sport	9000
Démontage de la chaudière existante logement	6000
Démontage de la chaudière existante sport	3000
Mazout 400 kW	110000
Pellet 250 kW	160000
PAC géothermique (100 kW)	100000
Champ de sonde et raccordement des sondes au local technique logement	330000
Raccordement des sondes au local technique (380 m à 200 CHF)	76000
Optimisation eau chaude sanitaire (3 boilers emailé de 1000 litres)	20000
Tubage cheminée	17000
Création nouvelle citerne	10000
Création silo logement	16000
Remplacement groupe logement pour condensation	36000
Remplacement groupe sport pour condensation	48000
Régulation	40000
Remplissage et mise en service	18000
Conduite à distance (2'000 CHF/m)	90000
Divers et imprévus	110500
<b>Total</b>	<b>1220000</b>
Entretien installation pellet sur 20 ans	50000
Entretien PAC sur 20 ans	20000
Entretien mazout sur 20 ans	60000
Consommation sur 20 ans	1115000