

## Travail de Bachelor 2013

### Identifier les déficiences énergétiques des bâtiments du Service de l'Agriculture du Canton du Valais (SCA)



Figure 1 : Business Energy Management (lerablog.org)

Etudiant : Maxime BAGNOUD

Professeur : Serge IMBODEN

Date du dépôt : 12.07.2013

# Résumé managérial

Le but de ce travail est d'améliorer le rapport à la norme ISO 14'001. Cette dernière est basée sur l'environnement et l'écologie. Je vais donc trouver les éléments produisant les plus grosses pertes des bâtiments et proposer des solutions pour améliorer l'efficacité énergétique. De ce fait, la consommation d'énergie fossile, soit du gaz naturel, sera diminuée. De plus, je vais me pencher sur les différentes solutions de remplacement de chauffage afin de diminuer cette consommation et essayer d'aller dans le sens des énergies renouvelables. La possibilité d'une production d'électricité par le biais d'installation photovoltaïque est à analyser. Enfin, quelques idées sur la diminution de la consommation d'eau seront étudiées.

Les résultats du travail apportent une forte diminution de la consommation des énergies fossiles, ce qui répond concrètement aux objectifs de la norme ISO 14'001. Les déficiences majeures ont été décelées à l'aide de l'analyse et des recommandations d'amélioration ont été proposées. Plusieurs études d'économies financières et énergétiques sont présentées dans le dossier afin de démontrer les gains envisageables. L'élaboration d'énergie renouvelable permet de répondre aux recommandations liées à la norme ISO 14'001, en promouvant une production d'énergie dite « verte ». Le tableau ci-dessous démontre les gains énergétiques acquis grâce aux recommandations dispersées tout au long du dossier :

Tableau 1 : Récapitulatif des gains énergétiques

Récapitulatif des gains énergétiques avec les recommandations			
	Gain énergétique		Investissement
Chauffage	-20 à -40%	sur la consommation totale de gaz	97'670 à 199'146 CHF
EAV	0%	sur la consommation du bâtiment	0 CHF
EM	-52%	sur la consommation du bâtiment	157000 CHF
EPSC	-14 à -21 %	sur la consommation du bâtiment	187'000 CHF
Production de PV	1'271'212 kWh	production sur 25 ans	134'946 CHF

Les objectifs ont été atteints, cependant je n'ai pas jugé utile de me focaliser sur les petites pertes car il serait plus intéressant pour le Service de l'Agriculture d'investir dans les grosses déperditions des Écoles, pour se pencher ensuite sur les bâtiments côté « Est » provoquant une forte consommation de mazout.

Mots-clés : économie d'énergie, ISO 14'001, énergie renouvelable, solutions d'améliorations

# Avant-propos et remerciements

Les bâtiments de l'école de l'agriculture ont été certifiés ISO 14'001 en 2011. Dès lors, les responsables des bâtiments du site de Châteauneuf ont décidé de mettre en place une analyse afin de pouvoir améliorer le rapport des bâtiments vis-à-vis de cette norme. Depuis cette certification, il y a eu quelques assainissements mais une étude complète n'a cependant pas encore été effectuée.

Mes suggestions concernant l'enveloppe sont basées sur des calculs théoriques démontrant une estimation des pertes. Concernant le chauffage, je me suis appuyé sur la consommation des quatre dernières années afin de définir la puissance nécessaire. D'ici 2016, une moyenne sera redéfinie car, pour le moment, nous n'avons pas assez de recul sur la consommation suite aux récents assainissements. A propos de l'installation photovoltaïque, la procédure a commencé depuis plus d'une année. Aussi, j'ai été sollicité à participer à l'amélioration du logiciel afin de pouvoir soumettre une demande à l'aérodrome de Sion. Malheureusement, la réponse de ce dernier ne se fera pas dans le délai de mon travail de Bachelor. Les difficultés rencontrées étaient la recherche d'informations sur les anciens bâtiments « École » du site, ainsi que les contacts avec des gens de la profession pour obtenir des devis. En effet, n'ayant pas encore une grande expérience dans ce domaine d'activité, ma liste de contacts était restreinte.

Mon rôle est de déterminer les pertes des bâtiments afin de pouvoir suggérer mes recommandations. Pour obtenir les informations spécifiques dans les différents domaines, des recherches ont été nécessaires auprès des personnes concernées.

Je tiens à remercier toutes celles et ceux qui ont contribué à mon travail de Bachelor, notamment Pierre-Alain Jacquemet, agent d'exploitation du site de Châteauneuf, Michel Bonvin, professeur « energy management », Christoph Ellert professeur à la HES, Christian MORARD, Ludovic BONVIN et Bertrand HAUSAMMANN de l'entreprise GD Climat, Guy JACQUEMET du Service de l'Énergie, Nicolas MORARD d'Énergie Sion Région et Marcel BERBIER de MBD SA Architectes SIA. Je remercie aussi Raymonde OBERHOLZER, Magali DELALOYE et Lionel ZRYD pour la relecture du dossier.

# Tables des matières

## Table des matières

Résumé managérial .....	i
Avant-propos et remerciements .....	ii
Tables des matières .....	iii
Liste des tableaux .....	vii
Liste des figures .....	ix
Tableau des abréviations .....	x
Introduction .....	1
Objectifs .....	2
Methodologie .....	3
1.    Présentation et historique du site .....	4
2.    Descriptif des calculs .....	6
2.1    Les valeurs U .....	6
2.2    Calcul de l'enveloppe .....	7
2.3    Pertes par renouvellement d'air .....	10
2.4    Gains internes .....	11
2.5    Gains solaires .....	12
3.    Analyse des pertes énergétiques des trois bâtiments « École » .....	13
3.1    Bâtiment de l'École de l'Agriculture .....	13
3.1.1    Analyses de l'enveloppe .....	14
3.1.2    Fenêtres .....	17
3.1.3    Pertes par renouvellement d'air .....	18
3.1.4    Les gains internes .....	19
3.1.5    Gains solaires .....	20

3.1.6	Calcul des pertes EAV .....	20
3.1.7	Consommation .....	23
3.2	Bâtiment de l'École Ménagère.....	25
3.2.1	Analyses de l'enveloppe .....	26
3.2.2	Fenêtres .....	27
3.2.3	Portes.....	27
3.2.4	Pertes par renouvellement d'air .....	28
3.2.5	Les gains internes .....	29
3.2.6	Les gains solaires .....	30
3.2.7	Calcul des pertes EM .....	30
3.2.8	Consommation .....	33
3.3	Bâtiment de l'École Professionnelle Services Communautaires .....	35
3.3.1	Analyses de l'enveloppe .....	36
3.3.2	Fenêtres .....	37
3.3.3	Portes.....	37
3.3.4	Pertes par renouvellement d'air .....	38
3.3.5	Les gains internes .....	39
3.3.6	Les gains solaires .....	40
3.3.7	Calcul des pertes EPSC.....	40
3.3.8	Consommation .....	43
4.	Propositions d'amélioration .....	45
4.1	EAV : .....	45
4.2	EM :.....	45
4.3	EPSC.....	45
4.4	Résumé des variations de la consommation annuelle .....	46
5.	Chauffage.....	47

5.1	Contexte actuel .....	47
5.2	Solution à envisager .....	47
5.3	Puissance de chauffe.....	50
5.4	Les deux variantes envisagées .....	51
5.5	Rentabilité.....	56
6.	Panneaux photovoltaïques.....	57
6.1	Proximité de l'aérodrome .....	58
6.2	Lieu et orientation :.....	59
6.3	Caractéristiques du toit.....	60
6.4	Production, investissement, amortissement :.....	61
7.	L'eau.....	63
	Conclusion .....	65
	Sources .....	67
	Travaux cités.....	68
	Attestation.....	70
	Listes des annexes : .....	I
	Annexe I .....	I
	Annexe II .....	II
	Annexe III .....	III
	Annexe IV.....	IV
	Annexe V.....	V
	Annexe VI.....	VII
	Annexe VII.....	VIII
	Annexe VIII.....	IX
	Annexe IX.....	XI
	Annexe X.....	XIII

Annexe XI .....	XVI
Annexe XII .....	XIX
Annexe XIII .....	XXI
Annexe XIV .....	XXII

# Liste des tableaux

Tableau 1 : Récapitulatif des gains énergétiques.....	i
Tableau 2: Comparaison du calcul façade et dalle .....	8
Tableau 3 : Température moyenne à Sion .....	9
Tableau 4 : Température intérieure semaine .....	10
Tableau 5 : Taux de gains internes pour les mois de chauffage.....	12
Tableau 6 : Surface des fenêtres (EAV) .....	17
Tableau 7 : Surface des fenêtres non changées (EAV) .....	17
Tableau 8 : Pertes par renouvellement d'air (EAV) .....	18
Tableau 9 : Surface du plancher (EAV) .....	19
Tableau 10 : Gain interne par mois (EAV) .....	19
Tableau 11 : Gain interne annuel (EAV) .....	19
Tableau 12 : Valeurs U (EAV) .....	20
Tableau 13 : Température intérieure (EAV) .....	20
Tableau 14 : Surface de l'enveloppe (EAV).....	20
Tableau 15 : Calcul des pertes des semaines (EAV) .....	21
Tableau 16 : Calcul des pertes des week-ends (EAV) .....	22
Tableau 17 : Consommation annuelle de gaz des semaines (EAV).....	23
Tableau 18 : Consommation annuelle de gaz des week-ends (EAV) .....	23
Tableau 19 : Consommation annuelle de gaz (EAV).....	24
Tableau 20 : Consommation annuelle de gaz avant rénovations (EAV) .....	24
Tableau 21 : Surface des fenêtres (EM).....	27
Tableau 22 : Pertes par renouvellement d'air (EM) .....	28
Tableau 23 : Surface du plancher (EM) .....	29
Tableau 24 : Gain interne par mois (EM).....	29
Tableau 25 : Gain interne annuel (EM).....	29
Tableau 26 : Valeurs U (EM) .....	30
Tableau 27 : Température intérieure (EM) .....	30
Tableau 28 : Surface de l'enveloppe (EM).....	30
Tableau 29 : Calcul des pertes pendant les semaines (EM) .....	31
Tableau 30 : Calcul des pertes pendant les week-ends (EM).....	32



Tableau 31 : Consommation annuelle de gaz pendant les semaines (EM).....	33
Tableau 32 : Consommation annuelle de gaz pendant les week-ends.....	33
Tableau 33 : Consommation annuelle de gaz annuelle (EM).....	34
Tableau 34 : Surface des fenêtres (EPSC).....	37
Tableau 35 : Surface des portes (EPSC).....	37
Tableau 36 : Pertes par renouvellement d'air (EPSC) .....	38
Tableau 37 : Surface du plancher (EPSC).....	39
Tableau 38 : Gain interne par mois (EPSC).....	39
Tableau 39 : Gain interne annuel (EPSC).....	39
Tableau 40 : Valeurs U (EPSC) .....	40
Tableau 41 : Température intérieure (EPSC).....	40
Tableau 42 : Surface de l'enveloppe (EPSC) .....	40
Tableau 43 : Calcul des pertes des semaines (EPSC).....	41
Tableau 44 : Calcul des pertes des week-ends (EPSC) .....	42
Tableau 45 : Consommation annuelle de gaz des semaines (EPSC) .....	43
Tableau 46 : Consommation annuelle de gaz des week-ends (EPSC).....	43
Tableau 47 : Consommation annuelle de gaz (EPSC) .....	44
Tableau 48 : Calcul de la consommation globale et du potentiel d'amélioration des bâtiments.....	46
Tableau 49 : Comparatif énergétique des systèmes (Sogaval, 2012) .....	49
Tableau 50 : Consommation relevée des années précédentes (SBAT).....	50
Tableau 51 : Diminution de la consommation de gaz avec chaudières à condensation ....	52
Tableau 52 : Diminution de la consommation de gaz avec des PAC's .....	54
Tableau 53 : Rentabilité des deux variantes .....	56
Tableau 54 : Consommation annuelle d'électricité, (SBAT 2013).....	57
Tableau 55 : Rendement des PV.....	61
Tableau 56 : Calcul de la production en 25 ans.....	62
Tableau 57 : Consommation annuelle d'eau (SBAT) .....	63
Tableau 58 : Calcul de récupération d'eau de pluie .....	64

# Liste des figures

Figure 1 : Business Energy Management (lerablog.org) .....	1
Figure 2 : Normes ISO 14'001 .....	2
Figure 3 : Bâtiment EAV .....	4
Figure 4 : Bâtiment EM .....	4
Figure 5 : Bâtiment EPSC .....	5
Figure 6 : Bâtiment EAV (GD Climat, 2011) .....	13
Figure 7 : Façade inférieure (GD Climat, 2011) .....	14
Figure 8 : Façade 2ème étage (GD Climat, 2011) .....	15
Figure 9 : Combles et surcombles (GD Climat, 2011).....	15
Figure 10 : Toit (GD Climat, 2011) .....	16
Figure 11 : Bâtiment EM .....	25
Figure 12 : Façade (GD Climat, 2011) .....	26
Figure 13 : Toit (GD Climat, 2011) .....	26
Figure 14 : Bâtiment EPSC .....	35
Figure 15 : Partie "Est" du domaine de Châteauneuf .....	47
Figure 16 : Nappe phréatique (site Officiel de l'Etat du Valais) .....	49
Figure 17 : Chaudière à condensation - Prix (Robur 2013) .....	51
Figure 18: Pompe à chaleur à absorption à condensation - Prix (Robur 2013) .....	53
Figure 19 : Vue avec google map.....	58
Figure 20 : Situation du toit pour l'installation de PV .....	59
Figure 21 : Toit pour l'installation de PV .....	60
Figure 22 : Aperçu des toits des écoles EAV, EM, EPSC (MBD SA Architectes SIA, 2011)...	64

# Tableau des abréviations

EAV :	École d'Agriculture Valaisanne
EM :	École Ménagère
EPSC :	École Professionnelle Service Communautaire
Rez-inf. :	Rez-de-chaussée inférieur
Rez-sup. :	Rez-de-chaussée supérieur
(CF) <sub>air</sub> :	Le pouvoir calorifique de l'air
Wh :	Watt-heure
kWh :	Kilowatt-heure
W/m <sup>2</sup> K :	Watt au mètre carré kelvin
PV :	Panneaux photovoltaïques
EnR :	Energie renouvelable
m <sup>2</sup> :	Mètre carré
m <sup>3</sup> :	Mètre cube
RPC :	Rétribution à prix coûtant du courant injecté
kW :	Kilowatt
PAC :	Pompe à chaleur

# Introduction

Ce travail de Bachelor consiste à élaborer différentes propositions afin de diminuer la consommation d'énergie des bâtiments du Service de l'Agriculture du Valais à Châteauneuf. Ce service a été certifié ISO 14'001 en 2011. L'office en question, étant conscient d'apporter des améliorations à cette réglementation, m'a contacté pour perfectionner leur rapport avec cette norme environnementale. De par mon option principale « Energy management », je me trouve dans un environnement favorable au développement de mes connaissances et compétences acquises durant ce cours.

Ce travail est effectué dans le but d'estimer les éléments pour lesquels un assainissement devrait être envisagé. De par ces propos, je prends en compte l'enveloppe des bâtiments et le système de chauffage. Selon la norme ISO 14'001, il est important pour le propriétaire de se diriger vers une propre production avec des énergies renouvelables (EnR).

Il ne faut pas oublier que le bâtiment de l'École d'Agriculture ainsi que le bâtiment de l'École Ménagère sont classés « bâtiments historiques », leur aspect extérieur ne doit pas être modifiés. Si on envisage une production d'EnR par le biais de panneaux solaires, il faudra intégrer à notre réflexion la proximité de l'aérodrome de Sion. Le problème à analyser est l'éblouissement des pilotes suite à l'installation photovoltaïque ou thermique. Dans ce cas, une étude devra être présentée à l'aérodrome de Sion pour obtenir un accord sur la possibilité de production d'électricité par le biais de panneaux solaires.

## Objectifs

L'objectif principal de ce travail est d'améliorer l'efficacité énergétique sur le site de Châteauneuf, ce qui signifie une évolution vis-à-vis de la norme ISO 14'001.

Les objectifs de la norme ISO 14'001 sont :

- « Réduire l'utilisation de matières premières et de ressources
- Réduire la consommation d'énergie
- Améliorer l'efficacité des processus
- Réduire les déchets
- Utiliser des ressources renouvelables » (l'ISO).

Les buts visés dans ce travail de Bachelor seront donc conjointement liés à ceux de la norme ISO 14'001. Pour ce faire, les éléments qui vont être traités porteront sur quelques catégories spécifiques répondant en partie aux objectifs susmentionnés :

- Identifier les déficiences énergétiques des bâtiments et estimer les économies possibles
- Elaborer et prioriser des recommandations qui sont en ligne avec ISO 14'000
- Estimer les économies financières et énergétiques
- Evaluer différentes sources d'approvisionnement d'énergie et proposer une solution plus écologique et plus économique

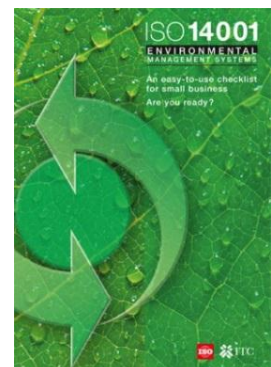


Figure 2 : Normes ISO 14'001

## Méthodologie

Je vais procéder principalement en quatre catégories pour optimiser l'efficacité énergétique du site et diminuer la consommation tout en favorisant les solutions de ressources renouvelables envisageables :

1. L'étude de l'enveloppe thermique des bâtiments « Écoles »
2. La proposition d'un système de chauffage en vue du changement des chaudières non-conformes prévu d'ici 2016
3. Le renouvelable, avec l'analyse de la faisabilité de poser des panneaux solaires sur un toit du site de l'Agriculture de Châteauneuf
4. La suggestion d'un système d'économie de l'eau

La situation géographique du site de Châteauneuf positionné juste à côté de l'aérodrome peut engendrer un problème pour la pose de panneaux solaires. En effet, le reflet émis par les rayonnements du soleil pourrait éblouir les pilotes lors de manœuvres et pourrait avoir des conséquences dangereuses. Dès lors, une analyse devrait être effectuée afin de savoir s'il existe une possibilité de poser des panneaux solaires sur le toit d'un bâtiment du site de Châteauneuf. Tout d'abord, il est essentiel d'effectuer des recherches sur la production, l'investissement et la rentabilité d'une telle installation. Il faut savoir qu'il reste toujours d'autres possibilités en cas de réponse négative de l'aérodrome de Sion. L'État du Valais pourrait ainsi se tourner vers un autre de ses bâtiments.

L'analyse de l'enveloppe va permettre de définir les besoins en chauffage, la taille de l'installation de remplacement ainsi que les assainissements envisageables pour améliorer l'efficacité énergétique.

Les deux chaudières au gaz naturel fonctionnant pour l'ensemble des trois écoles ont un délai d'assainissement jusqu'à 2016. Il est important d'effectuer des analyses par rapport à la demande en énergie des bâtiments afin de pouvoir proposer les meilleures installations au niveau de l'investissement et du rendement.

# 1. Présentation et historique du site

Ce travail sera porté sur les trois écoles du site de Châteauneuf. Je ne vais pas me focaliser sur les deux annexes permettant l'accès direct entre les bâtiments car la proportion de ces deux unités reste minime par rapport aux bâtiments.

Tout d'abord, l'École de l'Agriculture est la construction la plus ancienne, datant de 1923 et classée comme bâtiment historique. En 2010, ce patrimoine de l'État, a pu être rénové tout en gardant son image extérieure. Les fenêtres ont été remplacées par des modèles plus récents possédant la même esthétique. Une isolation intérieure a été effectuée du 2<sup>ème</sup> étage jusqu'aux sur-combles du bâtiment.



Figure 3 : Bâtiment EAV

Nous avons ensuite le bâtiment de l'école ménagère situé au centre des deux autres bâtiments. Il a été construit en 1960 et a également été rénové en 2010, principalement par un changement de fenêtres.



Figure 4 : Bâtiment EM

Comme vous pouvez le constater sur l'image précédente, une liaison entre les bâtiments côté « Est » a été construite à l'occasion des rénovations. Cette partie noire servira d'entrée principale. Une isolation a été effectuée tout autour de cette pièce ouverte, afin de ne pas refroidir les bâtiments. Comme dit précédemment, je vais me focaliser uniquement sur l'enveloppe des trois bâtiments.

Enfin, nous trouvons le bâtiment de l'EPSC, École Professionnelle Service Communautaire. C'est le plus récent des bâtiments, construit en 1968 et rénové en 1984 et 2011. Les transformations de 2011 ont été basées seulement sur l'aspect sismique pour renforcer la structure des murs du bâtiment.



Figure 5 : Bâtiment EPSC



## 2. Descriptif des calculs

### 2.1 Les valeurs U

Définition de la valeur U :

La valeur U donne une information sur la performance d'isolation d'un élément de construction (mur, toit, plancher, porte, fenêtre...). Elle indique la quantité de chaleur qui passe en une seconde à travers une surface de  $1 \text{ m}^2$  lorsqu'il y a une différence de température de  $1^\circ\text{C}$  entre l'intérieur et l'extérieur. L'unité de la valeur U se donne en watts par mètre carré et Kelvin :  $\text{W} / (\text{m}^2 \text{ K})$ . (services de l'énergie et de l'environnement des cantons de Berne)

Les valeurs U du bâtiment EAV ont été trouvées sur le rapport concernant l'assainissement effectué en 2011 par l'entreprise « GD Climat S.A. ». Les valeurs ont été calculées avec le logiciel « Lesosai », logiciel utilisé pour calculer les pertes thermiques d'un bâtiment. Je n'ai pas utilisé un tel logiciel, selon les conseils de mon professeur, Monsieur Bonvin, qui nous a appris à faire les calculs nous-même afin de parfaire nos connaissances et notre compréhension. Les valeurs U des bâtiments EM et EPSC ont été plus difficiles à trouver. Pour ces dernières, j'ai dû me tourner en premier lieu vers « GD Climat SA » puis vers « MBD SA Architectes SIA », bureau d'architecture ayant réalisé des projets pour l'école. Certaines valeurs inconnues ont dues être calculées.

Calcul pour trouver la valeur U :

« La valeur U d'une couche isolante dépend de la *conductivité thermique*  $\lambda$  (lambda) du matériau et de son *épaisseur* :  $U = \lambda / \text{épaisseur}$  ». (services de l'énergie et de l'environnement des cantons de Berne)

Les calculs des pertes par renouvellement d'air, pertes sur l'enveloppe et les gains internes ont été calculés selon le cours de Monsieur Bonvin. (Michel Bonvin, 2012)

## 2.2 Calcul de l'enveloppe

Le calcul de l'enveloppe est basé sur 5 éléments :

- Les façades
- Les fenêtres
- Le toit
- La dalle
- Les portes

Le calcul de perte mensuelle comprend :



Avec ce calcul nous obtenons la perte mensuelle. Pour trouver la différence de température, je me suis basé sur le tableau des températures moyennes extérieures à Sion (MétéoSuisse).

Étant donné que, durant le week-end la température moyenne est d'environ 16°C alors que la semaine elle est aux alentours de 21°C, deux différents tableaux dans le calcul de l'enveloppe ont dû être réalisés. Néanmoins, ils s'effectuent sur 24 heures et comprennent les températures nocturnes, plus basses. Selon les conseils de Monsieur Michel BONVIN, professeur à la HES-SO Valais, j'ai reposé mes estimations sur une température intérieure

moyenne de 15°C pour les week-ends et de 20°C pour les jours de semaine. Les fins de semaine comprennent 10 jours par mois tandis que les semaines 20 jours. Il faut donc multiplier la perte journalière du mois concerné par le nombre de jours correspondants. Afin d'être le plus précis possible, un calcul par mois a été effectué pour être au plus proche des températures réelles durant l'année. Les mois de mai, juin, juillet et août n'ont pas été pris en compte, étant donné qu'ils sont considérés comme des mois de chaleur, donc le chauffage est à l'arrêt. Cependant, j'ai effectué les calculs par rapport aux nombres de jours pour tous les mois de l'année selon la SIA 380/1 et j'obtiens un taux d'erreur de 2.8 % en décidant de ne pas mentionner ces quatre mois. Ce taux d'erreur est tout à fait acceptable et n'engendre pas d'incohérence dans mon travail.

Concernant le calcul de la dalle contre terre, il est à affirmer que celle des bâtiments anciens a une valeur U qui correspond au double de celle de l'enveloppe. Toutefois, la température en contact avec la dalle est bien supérieure à celle que l'on peut trouver à l'extérieur. La moyenne en terre est de 10°C, la différence est alors approximativement de la moitié. Dès lors, nous pouvons nous référer aux mêmes valeurs que l'enveloppe, notre résultat sera identique. Le calcul ci-dessous démontre bien cette analyse :

**Tableau 2: Comparaison du calcul façade et dalle**

Valeur U	Surface	Différence de température	Résultat
0.755	343.87 m <sup>2</sup>	20 °C	5192.437 W
1.51	343.87 m <sup>2</sup>	10 °C	5192.437 W

Pour obtenir des températures moyennes par mois, je me suis appuyé sur la moyenne des mesures prises durant les vingt dernières années par MétéoSuisse et publiées par le Service de l'Énergie de l'Etat du Valais (MétéoSuisse). Mes calculs sont donc posés sur des éléments mesurés et non pas sur des statistiques. Je me suis basé sur les évaluations prises entre 1995 et 2012 pour effectuer la moyenne de température de chaque mois.

**Tableau 3 : Température moyenne à Sion**

Température	Moyenne (en degré Celsius)
Janvier	0.183
Février	2.106
Mars	7.267
Avril	11.200
Mai	15.628
Juin	18.983
Juillet	20.150
Août	19.572
Septembre	15.467
Octobre	10.767
Novembre	4.717
Décembre	0.761
Moyenne	10.569

## 2.3 Pertes par renouvellement d'air

Les pertes par renouvellement d'air concernant le bâtiment de l'École de l'Agriculture se calculent grâce à quatre facteurs :

1. le  $(CF)_{\text{air}}$  (pouvoir calorifique de l'air) :  $1'200 \text{ Joules} / \text{m}^3\text{K}$
2. le débit d'air spécifique du renouvellement d'air :  $1\text{m}^3 / 3600 \text{ secondes au m}^2$
3. la surface au mètre carré du plancher de l'ensemble du bâtiment
4. la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment

Afin de trouver les bons résultats, il faut tout d'abord multiplier ces quatre facteurs ensemble, puis ensuite les multiplier par le nombre d'heures ainsi que par le nombre de jours dans le mois.

En raison du renouvellement d'air engendré par l'ouverture des fenêtres et des portes principales du bâtiment, je me suis appuyé sur une mesure de 20 jours par mois puisque le week-end le bâtiment n'abrite personne. Normalement, le débit d'air pour une école est de  $0.7\text{m}^3 / 3600 \text{ secondes au m}^2$ . Cependant, étant donné que j'ai compté uniquement les jours de la semaine, le débit d'air spécifique du renouvellement d'air a été monté à  $1\text{m}^3 / 3600 \text{ secondes au m}^2$  afin de prendre en compte les inétanchéités des fenêtres et de l'enveloppe qui engendrent aussi des pertes. Vu qu'il s'agit d'une école avec plus de renouvellement d'air que dans une maison ordinaire et que les pertes par inétanchéités se font durant toute la journée, j'ai gardé comme base de calcul : 24 heures par jour.

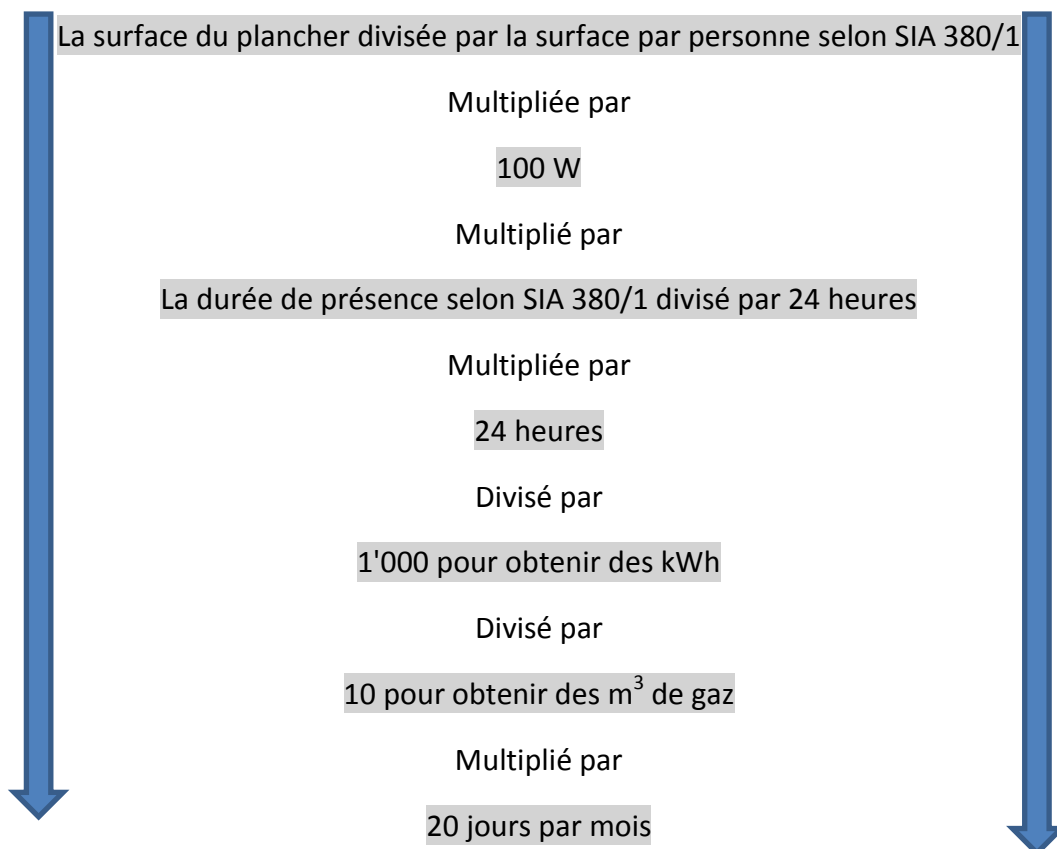
Les calculs ont été établis en tenant compte des degrés moyens des différents mois de l'année durant lesquels le chauffage est en fonction pour maintenir la température au degré désiré :

Tableau 4 : Température intérieure semaine

Température moyenne intérieure	20 °C
--------------------------------	-------

## 2.4 Gains internes

Le calcul des gains internes est fondé sur l'Annexe IV. Les chiffres ont été pris dans la catégorie IV correspondant à la classe « école ». Le calcul des gains internes se compose comme suit :



Selon les normes SIA 380/1, la chaleur dégagée par une personne dans une école est de 70 W. Par ailleurs, la lumière, la cuisine, les objets électroniques sont aussi des gains de chaleur; c'est donc pour cela que dans mes calculs je me suis basé sur un apport de 100 W par personne. Pour justifier cette augmentation, il y a des employés qui sont là durant plus de quatre heures et font donc augmenter le temps d'éclairage dans les écoles, ces personnes utilisent des ordinateurs ainsi que d'autres objets produisant de la chaleur. Avec ce calcul, nous obtenons le gain interne par mois. Néanmoins, il ne faut pas oublier que, durant les mois chauds de l'année, cette chaleur ne vient pas en appoint du chauffage mais est rejetée par l'ouverture des fenêtres. Pour ce faire, le tableau ci-dessous nous démontre le gain pris en compte par mois, par rapport aux gains internes acquis dans l'école et sera multiplié par les pourcentages de chaque mois, taux déterminé avec Monsieur Michel BONVIN en fonction des températures moyennes mensuelles.

Tableau 5 : Taux de gains internes pour les mois de chauffage

Septembre	50%	Avril	50%
Octobre	70%	Mars	70%
Novembre	85%	Février	85%
Décembre	100%	Janvier	100%

## 2.5 Gains solaires

Les écoles contiennent une proportion de gains solaires approximativement égaux aux gains internes, contrairement à une maison individuelle qui peut compter sur une proportion de gains solaires bien plus élevés que ceux internes. Durant la journée, dans les maisons individuelles, les stores sont ouverts car les habitants sont sur leur lieu de travail et ne subissent donc pas l'éblouissement du soleil dans leur logement. Alors que dans une école, les rayons du soleil deviennent vite gênants et l'on procède à la descente des stores pour ne pas être éblouis. De par cet argument convaincant démontrant que dans une école on ne peut pas profiter pleinement des gains solaires, le montant de ceux-ci sera égal aux gains internes dans mes analyses. Il y aura juste une exception pour le bâtiment EPSC étant donné que la confection de ce bâtiment lui fait profiter de plus de gains solaires que les autres. Des explications plus détaillées figureront lors du calcul des gains solaires de l'EPSC.

# 3. Analyse des pertes énergétiques des trois bâtiments « École »

## 3.1 Bâtiment de l'École de l'Agriculture

Pour commencer, je vais me focaliser sur l'analyse de l'enveloppe du bâtiment de l'École d'Agriculture du Valais (EAV).

Caractéristiques du bâtiment :

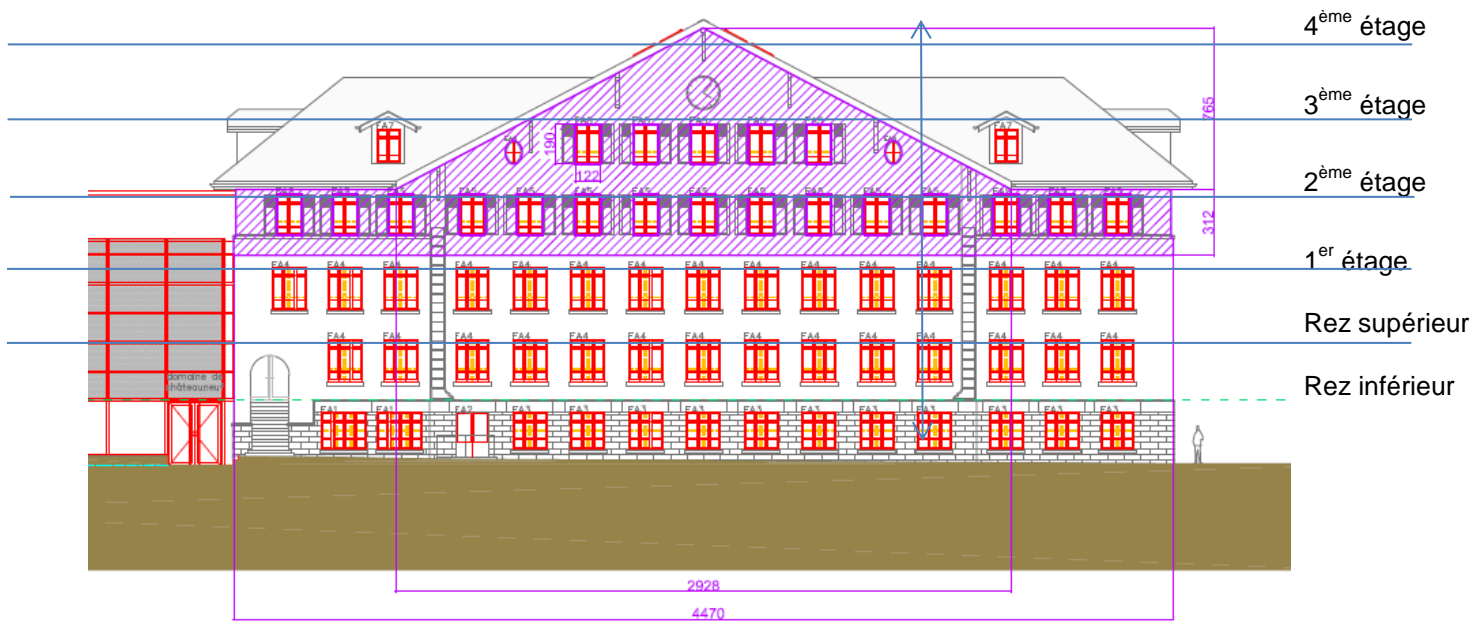


Figure 6 : Bâtiment EAV (GD Climat, 2011)

Comme nous pouvons le constater sur l'image ci-dessus, le bâtiment a six étages. La partie hachurée en violet a subi des rénovations, tandis que le rez-de-chaussée inférieur, le rez-de-chaussée supérieur ainsi que le premier étage sont restés intacts au niveau de l'isolation des façades. Les fenêtres ont toutes été changées mis à part six du côté nord.



Une analyse de la consommation d'un bâtiment est assez complexe, il faut prendre en compte :

1. Toutes les valeurs U et les surfaces afin de déterminer les pertes pour :
  - Les façades
  - Les fenêtres
  - Le toit
  - La dalle
  - Les portes
2. Les pertes concernant le renouvellement d'air
3. Les gains internes par personne
4. Les gains solaires

### 3.1.1 Analyses de l'enveloppe

Caractéristiques des murs du rez-de-chaussée inférieur, du rez-de-chaussée supérieur et du 1<sup>er</sup> étage.

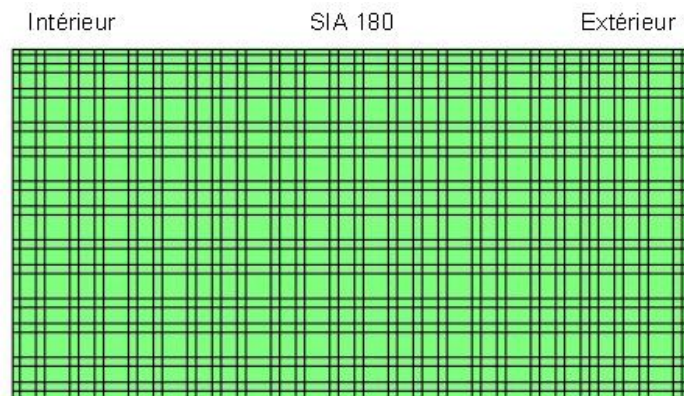


Figure 7 : Façade inférieure (GD Climat, 2011)

Dans cette partie, la composition des murs Figure 7 est seulement faite d'une épaisseur de 60 centimètres de « béton de pierre ponce 500-1300 kg/m<sup>3</sup> ». La valeur U de cette construction est de 0.755 W/m<sup>2</sup>K. La surface de la façade de ces trois étages, sans compter les fenêtres, est de 830.6 m<sup>2</sup>.

## Façade 2<sup>ème</sup> étage après rénovation en 2010

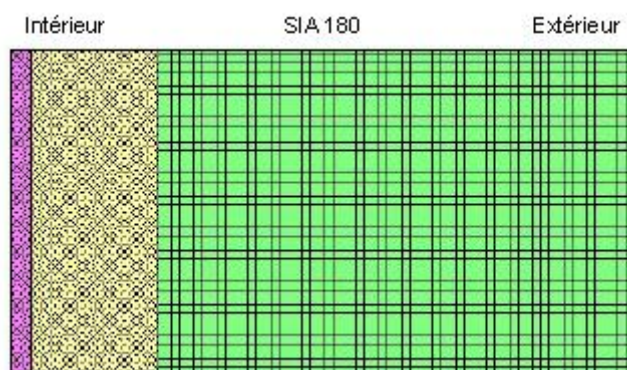


Figure 8 : Façade 2<sup>ème</sup> étage (GD Climat, 2011)

Le mur Figure 8 est composé d'une fine couche de plâtre d'une épaisseur de 2.5 centimètres, suivi d'une couche d'isolation « polystyrène expansé PS 30 » d'une épaisseur de 16 centimètres. Le reste étant le « béton de pierre ponce 500-1300 kg/m<sup>2</sup> » d'une épaisseur de 60 centimètres. De par cette rénovation, la valeur U de la façade du 2<sup>ème</sup> étage est passée de 0.755 W/m<sup>2</sup>K à une valeur de 0.171 W/m<sup>2</sup>K. Les éléments ajoutés lors de la rénovation sont le plâtre et la couche d'isolation faite à l'intérieur du bâtiment. Cette façade, englobant le 2<sup>ème</sup> étage mesure 281.45 m<sup>2</sup>.

Façade combles et sur combles (3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> étage) :

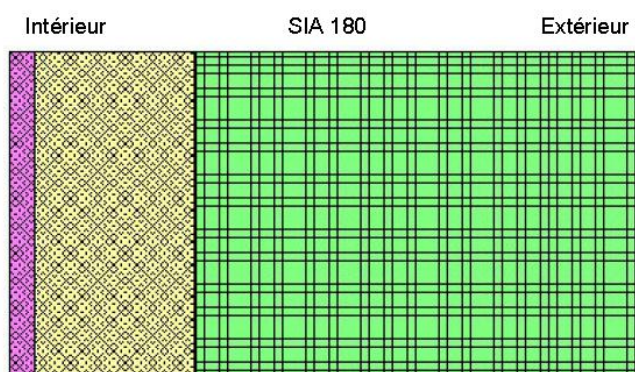


Figure 9 : Combles et surcombles (GD Climat, 2011)

Le mur Figure 9 est aussi composé d'une fine couche de plâtre d'une épaisseur de 2.5 centimètres, suivi d'une couche d'isolation « polystyrène expansé PS 30 » mesurant 16 centimètres d'épaisseur. Cependant, le reste (partie verte du schéma) « béton de pierre

ponce 500-1300 kg/m<sup>2</sup> » est d'une épaisseur de seulement 45 centimètres contrairement au 60 centimètres du 2<sup>ème</sup> étage. La valeur U de cette rénovation se monte donc à 0.18 W/m<sup>2</sup>K. C'est une réelle diminution de la valeur U, sachant qu'auparavant elle se montait à 0.966 W/m<sup>2</sup>K. De nouveau, les éléments ajoutés lors de la rénovation sont le plâtre et la couche d'isolation faite à l'intérieur du bâtiment. Cette façade, englobant les 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> étages mesure 195.39 m<sup>2</sup>.

La toiture :

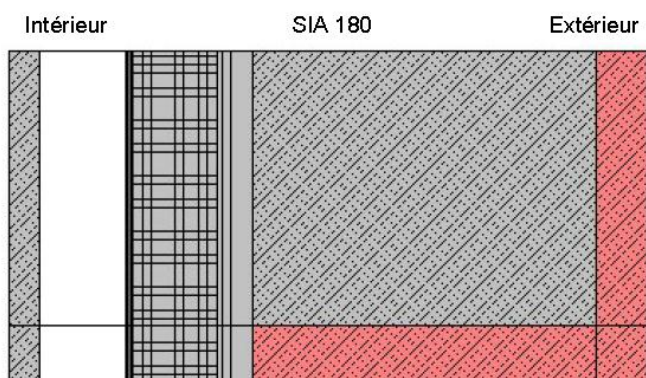


Figure 10 : Toit (GD Climat, 2011)

La rénovation s'est portée sur six nouveaux éléments d'isolation de la toiture :

- une couche de 1.5 centimètres de « Fermacell plaque fibres-gypse »
- une lame d'air de 4 centimètres
- une feuille de PE de 0.1 millimètre
- un panneau isolant « Flumroc 3 » de 4 centimètres
- un panneau OSB de 1.6 centimètres
- un panneau isolant « Flumroc 1 » de 16 centimètres

Ces six éléments se rajoute aux matériaux de base installés lors de la construction du bâtiment :

- un SIA 381/1 : Epicéa de 2.5 centimètres
- Swissport AG : Swissport Bikutec V60 Voile de verre de 0.2 centimètre

Grâce à cette rénovation, la valeur U de l'enveloppe du toit est passée de 2.579 W/m<sup>2</sup>K à 0.199 W/m<sup>2</sup>K. La surface du toit est de 628.50 m<sup>2</sup>.

### 3.1.2 Fenêtres

Tableau 6 : Surface des fenêtres (EAV)

Surface des fenêtres du bâtiment EAV					
type de fenêtres	longueur	largeur	m <sup>2</sup>	nombre	surface totale
FA1	2.1	1.7	3.57	2	7.14
FA2	1.4	0.7	0.98	1	0.98
FA3	1.7	1.5	2.55	13	33.15
FA4	2.1	1.6	3.36	29	97.44
FA5	1.22	1.9	2.32	29	67.22
FA6			0.68	2	1.36
FA7	1.6	1.1	1.76	4	7.04
FA8	1.7	1.2	2.04	1	2.04
FA9	2	1.2	2.4	3	7.20
FA10	2	1.2	2.4	3	7.20
FA11	1.4	1.1	1.54	4	6.16
FA13	1.6	1.3	2.08	2	4.16
FA14	1.6	1.3	2.08	2	4.16
FA15	2.1	1.6	3.36	1	3.36
FA16	2.1	1.2	2.52	14	35.28
FA17	2.1	1.2	2.52	2	5.04
FA18	2.1	1.2	2.52	1	2.52
FA19	1.6	1	1.6	1	1.60
FA20	0.8	1.9	1.52	3	4.56
FA21	1.2	1.57	1.88	6	11.30
combles fenêtres	1.15	0.96	1.104	2	2.21
Velux	0.98	0.98	0.96	8	7.68
<b>Total</b>					<b>318.80 m<sup>2</sup></b>

La surface totale des fenêtres rénovées du bâtiment de l'École de l'Agriculture est de 318.80 m<sup>2</sup>. À ceci s'ajoutent 12.80 m<sup>2</sup> de fenêtres non rénovées.

Tableau 7 : Surface des fenêtres non changées (EAV)

Fenêtres non changées					
type de fenêtres	longueur	largeur	m <sup>2</sup>	nombre	surface totale
demi rond			1.2	1	1.2
3ème	1.2	1.5	1.8	2	3.6
2ème	2	1.6	3.2	1	3.2
Rez-inférieur	2	1.2	2.4	2	4.8
<b>Total</b>					<b>12.8 m<sup>2</sup></b>

La valeur U des fenêtres inchangées se monte à approximativement 3.5 W/m<sup>2</sup>K alors que les fenêtres changées durant le courant de l'année 2010 ont une valeur U de 1.05 W/m<sup>2</sup>K.

### 3.1.3 Pertes par renouvellement d'air

Tableau 8 : Pertes par renouvellement d'air (EAV)

Pertes par renouvellement d'air					
		Chauffage 24h	Perte par mois (20j)		
septembre	Rez inférieur	18226	364516	total	1'821 KWh/mois
	Rez supérieur	18226	364516		
	1er étage	18226	364516		
	2ème étage	18226	364516		
	combles	14024	280473		
	surcombles	4125	82492		
octobre	Rez inférieur	37122	742434	total	3'709 KWh/mois
	Rez supérieur	37122	742434		
	1er étage	37122	742434		
	2ème étage	37122	742434		
	combles	28563	571258		
	surcombles	8401	168017		
Novembre	Rez inférieur	61445	1228902	total	6'139 KWh/mois
	Rez supérieur	61445	1228902		
	1er étage	61445	1228902		
	2ème étage	61445	1228902		
	combles	47278	945566		
	surcombles	13905	278108		
Décembre	Rez inférieur	77348	1546961	total	7'728 KWh/mois
	Rez supérieur	77348	1546961		
	1er étage	77348	1546961		
	2ème étage	77348	1546961		
	combles	59515	1190293		
	surcombles	17504	350086		
Janvier	Rez inférieur	79671	1593419	total	7'960 KWh/mois
	Rez supérieur	79671	1593419		
	1er étage	79671	1593419		
	2ème étage	79671	1593419		
	combles	61302	1226040		
	surcombles	18030	360600		
Février	Rez inférieur	71943	1438856	total	7'188 KWh/mois
	Rez supérieur	71943	1438856		
	1er étage	71943	1438856		
	2ème étage	71943	1438856		
	combles	55356	1107114		
	surcombles	16281	325622		
Mars	Rez inférieur	51193	1023862	total	5'115 KWh/mois
	Rez supérieur	51193	1023862		
	1er étage	51193	1023862		
	2ème étage	51193	1023862		
	combles	39390	787800		
	surcombles	11585	231706		
Avril	Rez inférieur	35380	707590	total	3'535 KWh/mois
	Rez supérieur	35380	707590		
	1er étage	35380	707590		
	2ème étage	35380	707590		
	combles	27222	544448		
	surcombles	8007	160132		
				<b>total</b>	<b>43'196 KWh/année</b>

### 3.1.4 Les gains internes

Les gains internes du bâtiment EAV sont basés sur la surface du plancher du bâtiment et selon le tableau SIA 380/1 figurant sur l'Annexe IV.

Tableau 9 : Surface du plancher (EAV)

Surface du plancher	Rez-inf	503 m <sup>2</sup>
	Rez-sup	503 m <sup>2</sup>
	1er	503 m <sup>2</sup>
	2ème	503 m <sup>2</sup>
	combles	387 m <sup>2</sup>
	surcombles	114 m <sup>2</sup>
	Total	2'513 m <sup>2</sup>

Le calcul se base sur le tableau ci-dessous :

Tableau 10 : Gain interne par mois (EAV)

	Pour l'école
Surface du plancher	2'511 m <sup>2</sup>
Chaleur moyenne dégagée par personne	100 W
Durée de présence des personnes	4 heures
Surface par personne	10 m <sup>2</sup>
Gains internes par jour	100 kWh/jour
Gains internes par mois (20jours/mois)	2008.49 kWh/mois

Nous obtenons ici les gains internes par mois. Cependant, il ne faut pas oublier que durant les mois chauds de l'année, cette chaleur ne vient pas en appoint du chauffage mais est rejetée par l'ouverture des fenêtres. Pour ce faire, le Tableau 11 nous démontre le gain que nous devons prendre en compte par mois par rapport aux gains internes que l'on peut acquérir dans l'école.

Tableau 11 : Gain interne annuel (EAV)

Septembre	50%	1004.24 kWh
Octobre	70%	1405.94 kWh
Novembre	85%	1707.22 kWh
Décembre	100%	2008.49 kWh
Janvier	100%	2008.49 kWh
Février	85%	1707.22 kWh
Mars	70%	1405.94 kWh
Avril	50%	1004.24 kWh
Total		<b>12'252 kWh/année</b>

### 3.1.5 Gains solaires

Les gains solaires se montent, comme décrit dans le descriptif des calculs, au même montant que les gains internes. Nous obtenons donc un montant de 12'252 kWh/année.

### 3.1.6 Calcul des pertes EAV

Deux tableaux ont été confectionnés par mes soins concernant les pertes sur l'enveloppe du bâtiment. Le premier tableau concerne les jours de la semaine durant lesquels le bâtiment tend à avoir une température de 20°C et le deuxième tableau pour les week-ends durant lesquels le bâtiment tend plutôt vers une température de 15°C. Les caractéristiques pour les calculs sont :

Tableau 12 : Valeurs U (EAV)

		avant rénovation	après rénovation
Valeur U	Fenêtres anciennes	3.8	3.8
	Fenêtres nouvelles	3.8	1.25
	1er, rez-sup/inf	0.755	0.755
	2ème étage	0.755	0.171
	(sur)combles	0.966	0.18
	toit	2.579	0.199

Tableau 13 : Température intérieure (EAV)

	semaine	week-end
Température moyenne intérieure	20 °C	15 °C

Tableau 14 : Surface de l'enveloppe (EAV)

Surface en m <sup>2</sup>	Fenêtres anciennes	12.8
	Fenêtres nouvelles	318.80
	1er, rez-sup/inf	830.6
	2ème étage	281.45
	(sur)combles	195.39
	Toit	615.3
	Dalle	602.49



Tableau 15 : Calcul des pertes des semaines (EAV)

Calcul des pertes pendant les semaines					
		Chauffage 24h	Perte par mois (20 jours)		
septembre	Fenêtres anciennes	5292	105'841 Wh/mois	conversion	106 KWh/mois
	Fenêtres nouvelles	43358	867'156 Wh/mois		867 KWh/mois
	1er, rez-sup/inf	68229	1'364'576 Wh/mois		1'365 KWh/mois
	2ème	5236	447'696 Wh/mois		448 KWh/mois
	(sur)combles	3827			
	toit	13322			
	dalle	49491			
octobre	Fenêtres anciennes	10779	215'572 Wh/mois	conversion	216 KWh/mois
	Fenêtres nouvelles	88310	1'766'192 Wh/mois		1'766 KWh/mois
	1er, rez-sup/inf	138966	2'779'320 Wh/mois		2'779 KWh/mois
	2ème	10665	911'852 Wh/mois		912 KWh/mois
	(sur)combles	7794			
	toit	27134			
	dalle	100801			
Novembre	Fenêtres anciennes	17841	356'823 Wh/mois	conversion	357 KWh/mois
	Fenêtres nouvelles	146173	2'923'462 Wh/mois		2'923 KWh/mois
	1er, rez-sup/inf	230021	4'600'428 Wh/mois		4'600 KWh/mois
	2ème	17653	1'509'330 Wh/mois		1'509 KWh/mois
	(sur)combles	12900			
	toit	44913			
	dalle	166850			
Décembre	Fenêtres anciennes	22459	449'174 Wh/mois	conversion	449 KWh/mois
	Fenêtres nouvelles	184005	3'680'098 Wh/mois		3'680 KWh/mois
	1er, rez-sup/inf	289554	5'791'087 Wh/mois		5'791 KWh/mois
	2ème	22222	1'899'967 Wh/mois		1'900 KWh/mois
	(sur)combles	16239			
	toit	56537			
	dalle	210033			
Janvier	Fenêtres anciennes	23133	462'664 Wh/mois	conversion	463 KWh/mois
	Fenêtres nouvelles	189531	3'790'618 Wh/mois		3'791 KWh/mois
	1er, rez-sup/inf	298250	5'965'004 Wh/mois		5'965 KWh/mois
	2ème	22890	1'957'026 Wh/mois		1'957 KWh/mois
	(sur)combles	16727			
	toit	58235			
	dalle	216341			
Février	Fenêtres anciennes	20889	417'785 Wh/mois	conversion	418 KWh/mois
	Fenêtres nouvelles	171146	3'422'927 Wh/mois		3'423 KWh/mois
	1er, rez-sup/inf	269320	5'386'397 Wh/mois		5'386 KWh/mois
	2ème	20669	1'767'194 Wh/mois		1'767 KWh/mois
	(sur)combles	15104			
	toit	52586			
	dalle	195356			
Mars	Fenêtres anciennes	14864	297'288 Wh/mois	conversion	297 KWh/mois
	Fenêtres nouvelles	121784	2'435'687 Wh/mois		2'436 KWh/mois
	1er, rez-sup/inf	191643	3'832'854 Wh/mois		3'833 KWh/mois
	2ème	14708	1'257'500 Wh/mois		1'258 KWh/mois
	(sur)combles	10748			
	toit	37419			
	dalle	139011			
Avril	Fenêtres anciennes	10273	205'455 Wh/mois	conversion	205 KWh/mois
	Fenêtres nouvelles	84165	1'683'302 Wh/mois		1'683 KWh/mois
	1er, rez-sup/inf	132444	2'648'883 Wh/mois		2'649 KWh/mois
	2ème	10165	869'058 Wh/mois		869 KWh/mois
	(sur)combles	7428			
	toit	25860			
	dalle	96071			
				total	<b>89'547 KWh/année</b>



Tableau 16 : Calcul des pertes des week-ends (EAV)

Calcul des pertes pendant les week-ends					
		Chauffage 24h	Perte par mois (10 jours)		
septembre	Fenêtres anciennes	0	0 Wh/mois	conversion	0 kWh/mois
	Fenêtres nouvelles	0	0 Wh/mois		0 kWh/mois
	1er, rez-sup/inf	0	0 Wh/mois		0 kWh/mois
	2ème	0			
	(sur)combles	0	0 Wh/mois		0 kWh/mois
	toit	0			
	dalle	0	0 Wh/mois		0 kWh/mois
octobre	Fenêtres anciennes	4942	49'418 Wh/mois	conversion	49 kWh/mois
	Fenêtres nouvelles	40489	404'885 Wh/mois		405 kWh/mois
	1er, rez-sup/inf	63714	637'137 Wh/mois		637 kWh/mois
	2ème	4890			
	(sur)combles	3573	209'035 Wh/mois		209 kWh/mois
	toit	12440			
	dalle	46216	462'158 Wh/mois		462 kWh/mois
Novembre	Fenêtres anciennes	12004	120'044 Wh/mois	conversion	120 kWh/mois
	Fenêtres nouvelles	98352	983'520 Wh/mois		984 kWh/mois
	1er, rez-sup/inf	154769	1'547'690 Wh/mois		1'548 kWh/mois
	2ème	11878			
	(sur)combles	8680	507'773 Wh/mois		508 kWh/mois
	toit	30219			
	dalle	112264	1'122'644 Wh/mois		1'123 kWh/mois
Décembre	Fenêtres anciennes	16622	166'219 Wh/mois	conversion	166 kWh/mois
	Fenêtres nouvelles	136184	1'361'838 Wh/mois		1'362 kWh/mois
	1er, rez-sup/inf	214302	2'143'020 Wh/mois		2'143 kWh/mois
	2ème	16447			
	(sur)combles	12019	703'092 Wh/mois		703 kWh/mois
	toit	41843			
	dalle	155448	1'554'476 Wh/mois		1'554 kWh/mois
Janvier	Fenêtres anciennes	17296	172'964 Wh/mois	conversion	173 kWh/mois
	Fenêtres nouvelles	141710	1'417'098 Wh/mois		1'417 kWh/mois
	1er, rez-sup/inf	222998	2'229'978 Wh/mois		2'230 kWh/mois
	2ème	17114			
	(sur)combles	12507	731'622 Wh/mois		732 kWh/mois
	toit	43541			
	dalle	161755	1'617'553 Wh/mois		1'618 kWh/mois
Février	Fenêtres anciennes	15052	150'525 Wh/mois	conversion	151 kWh/mois
	Fenêtres nouvelles	123325	1'233'253 Wh/mois		1'233 kWh/mois
	1er, rez-sup/inf	194067	1'940'675 Wh/mois		1'941 kWh/mois
	2ème	14894			
	(sur)combles	10884	636'706 Wh/mois		637 kWh/mois
	toit	37893			
	dalle	140770	1'407'702 Wh/mois		1'408 kWh/mois
Mars	Fenêtres anciennes	9028	90'276 Wh/mois	conversion	90 kWh/mois
	Fenêtres nouvelles	73963	739'633 Wh/mois		740 kWh/mois
	1er, rez-sup/inf	116390	1'163'903 Wh/mois		1'164 kWh/mois
	2ème	8933			
	(sur)combles	6528	381'859 Wh/mois		382 kWh/mois
	toit	22726			
	dalle	84426	844'257 Wh/mois		844 kWh/mois
Avril	Fenêtres anciennes	4436	44'360 Wh/mois	conversion	44 kWh/mois
	Fenêtres nouvelles	36344	363'440 Wh/mois		363 kWh/mois
	1er, rez-sup/inf	57192	571'918 Wh/mois		572 kWh/mois
	2ème	4389			
	(sur)combles	3208	187'637 Wh/mois		188 kWh/mois
	toit	11167			
	dalle	41485	414'851 Wh/mois		415 kWh/mois
				total	<b>28'313 kWh/année</b>

Il est important de préciser pourquoi, dans le tableau ci-dessus, durant le mois de septembre, les calculs nous démontrent une consommation de zéro. L'argument est explicite, étant donné que la température moyenne du mois de septembre à Sion, soit 15,46°C (MétéoSuisse), est supérieure à celle voulue dans le bâtiment (15°C), le chauffage ne fonctionne donc pas durant les week-ends du mois de septembre et n'engendre aucune consommation pour chauffer le bâtiment.

### 3.1.7 Consommation

Ces calculs nous amènent aux résultats suivants :

Tableau 17 : Consommation annuelle de gaz des semaines (EAV)

<b>Consommation annuelle de gaz (semaines)</b>			
Total des pertes sur fenêtres anciennes	2'510'602 Wh/année	2'511 KWh/année	251 m <sup>3</sup> gaz/année
Total des pertes sur fenêtres nouvelles	20'569'441 Wh/année	20'569 KWh/année	2'057 m <sup>3</sup> gaz/année
Total des pertes sur rénovation	10'619'623 Wh/année	10'620 KWh/année	1'062 m <sup>3</sup> gaz/année
Total des pertes sur non-rénovation	55'847'632 Wh/année	55'848 KWh/année	5'585 m <sup>3</sup> gaz/année
<b>Total</b>	<b>89'547'298 Wh/année</b>	<b>89'547 KWh/année</b>	<b>8'955 m<sup>3</sup> gaz/année</b>

Tableau 18 : Consommation annuelle de gaz des week-ends (EAV)

<b>Consommation annuelle de gaz (week-ends)</b>			
Total des pertes sur fenêtres anciennes	793'805 Wh/année	794 KWh/année	79 m <sup>3</sup> gaz/année
Total des pertes sur fenêtres nouvelles	6'503'667 Wh/année	6'504 KWh/année	650 m <sup>3</sup> gaz/année
Total des pertes sur rénovation	3'357'723 Wh/année	3'358 KWh/année	336 m <sup>3</sup> gaz/année
Total des pertes sur non-rénovation	17'657'962 Wh/année	17'658 KWh/année	1'766 m <sup>3</sup> gaz/année
<b>Total</b>	<b>28'313'157 Wh/année</b>	<b>28'313 KWh/année</b>	<b>2'831 m<sup>3</sup> gaz/année</b>

Pour une vision plus globale, les chiffres du tableau ci-dessous démontrent la consommation annuelle de l'ensemble du bâtiment de l'École de l'Agriculture, englobant les jours de la semaine, les week-ends, le renouvellement d'air, les gains internes et les gains solaires.

Tableau 19 : Consommation annuelle de gaz (EAV)

<b>Consommation annuelle de gaz</b>			
<b>Total des pertes sur fenêtres anciennes</b>	3'304'407 Wh/année	3'304 kWh/année	330 m <sup>3</sup> gaz/année
<b>Total des pertes sur fenêtres nouvelles</b>	27'073'107 Wh/année	27'073 kWh/année	2'707 m <sup>3</sup> gaz/année
<b>Total des pertes sur rénovation</b>	13'977'346 Wh/année	13'977 kWh/année	1'398 m <sup>3</sup> gaz/année
<b>Total des pertes sur non-rénovation</b>	73'505'594 Wh/année	73'506 kWh/année	7'351 m <sup>3</sup> gaz/année
<b>Total des pertes sur le renouvellement d'air</b>	43'195'916 Wh/année	43'196 kWh/année	4'320 m <sup>3</sup> gaz/année
<b>Gain interne</b>	-12'251'787 Wh/année	-12'252 kWh/année	-1'225 m <sup>3</sup> gaz/année
<b>Gain solaire</b>	-12'251'787 Wh/année	-12'252 kWh/année	-1'225 m <sup>3</sup> gaz/année
<b>Total</b>	136'552'798 Wh/année	136'553 kWh/année	<b>13'655 m<sup>3</sup> gaz/année</b>

La consommation annuelle du bâtiment EAV suite aux rénovations récentes se monte à 13'655 m<sup>3</sup> gaz/année. Grâce à l'assainissement effectué, le gain énergétique est de plus de 17'500 m<sup>3</sup> gaz/année. Dans le tableau ci-dessous, vous pouvez constater la consommation du bâtiment avant les rénovations.

Tableau 20 : Consommation annuelle de gaz avant rénovations (EAV)

<b>Consommation annuelle de gaz avant rénovations</b>			
<b>Total des pertes sur fenêtres anciennes</b>	3'304'407 Wh/année	3'304 kWh/année	330 m <sup>3</sup> gaz/année
<b>Total des pertes sur fenêtres nouvelles</b>	82'302'247 Wh/année	82'302 kWh/année	8'230 m <sup>3</sup> gaz/année
<b>Total des pertes sur rénovation</b>	135'063'575 Wh/année	135'064 kWh/année	13'506 m <sup>3</sup> gaz/année
<b>Total des pertes sur non-rénovation</b>	73'505'594 Wh/année	73'506 kWh/année	7'351 m <sup>3</sup> gaz/année
<b>Total des pertes sur le renouvellement d'air</b>	43'195'916 Wh/année	43'196 kWh/année	4'320 m <sup>3</sup> gaz/année
<b>Gain interne</b>	-12'251'787 Wh/année	-12'252 kWh/année	-1'225 m <sup>3</sup> gaz/année
<b>Gain solaire</b>	-12'251'787 Wh/année	-12'252 kWh/année	-1'225 m <sup>3</sup> gaz/année
<b>Total</b>	312'868'165 Wh/année	312'868 kWh/année	<b>31'287 m<sup>3</sup> gaz/année</b>

## 3.2 Bâtiment de l'École Ménagère

Je vais me pencher maintenant sur l'analyse de l'enveloppe du bâtiment de l'École Ménagère situé entre celui de l'Agriculture et celui de l'École Professionnelle Service Communautaire. Cette construction, comme dit précédemment, date de 1960 et n'a subie aucune rénovation sur son enveloppe, si ce n'est le changement des fenêtres qui a eu lieu en 2011. Comme vous pouvez le constater sur la figure ci-dessous, le bâtiment contient 5 étages :



Figure 11 : Bâtiment EM

Pour cette analyse, je vais me pencher sur les mêmes valeurs que le bâtiment EAV avant rénovation. Ces deux bâtiments ont les mêmes caractéristiques et les mêmes épaisseurs de matériaux. Cette affirmation est apparue après avoir mesuré les différents matériaux des deux bâtiments sur le site de Châteauneuf et après avoir eu un entretien téléphonique avec Monsieur BERBIER de l'entreprise « MBD SA Architectes SIA » qui a travaillé sur ce site.

### 3.2.1 Analyses de l'enveloppe

Caractéristiques des murs du rez-de-chaussée inférieur, du rez-de-chaussée supérieur, du 1<sup>er</sup> étage et du 2<sup>ème</sup> étage.

Dans cette partie, la composition des murs est seulement faite d'une épaisseur de 60 centimètres de « béton de pierre ponce 500-1300 kg/m<sup>3</sup> ». La valeur U de cette construction est de 0.755 W/m<sup>2</sup>K.

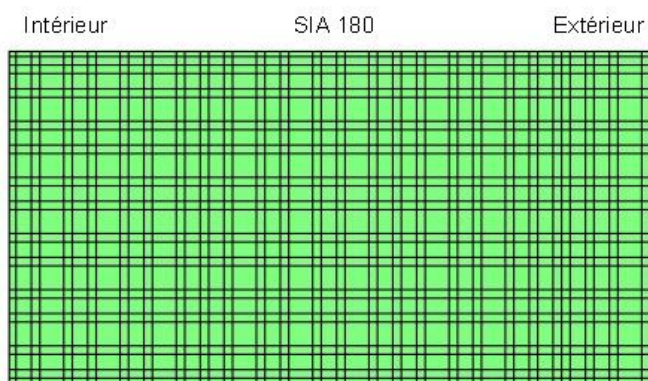


Figure 12 : Façade (GD Climat, 2011)

Les murs des combles sont aussi composés de « béton de pierre ponce 500-1300 kg/m<sup>2</sup> ». Cependant, l'épaisseur est de seulement 45 centimètres contrairement au 60 centimètres des étages précédents. La valeur U de cette rénovation se monte donc à 0.966 W/m<sup>2</sup>K. Contrairement au bâtiment EAV, celui-ci ne contient pas de surcombles.

Caractéristiques des murs de la toiture.

La toiture est composée de : épicéa de 2.5 centimètres ainsi que d'une Swissport AG : Swissport Bikutec V60 Voile de verre de 0.2 centimètre. La valeur U de cet élément se monte à 2.579 W/m<sup>2</sup>K.



Figure 13 : Toit (GD Climat, 2011)

## 3.2.2 Fenêtres

Tableau 21 : Surface des fenêtres (EM)

Surface des fenêtres du bâtiment EM					
type de fenêtres	longueur	largeur	m <sup>2</sup>	nombre	surface totale
rez inf / sud	1.2	1.2	1.44	5	7.2
rez inf / sud	1.6	1.2	1.92	3	5.76
rez inf / nord	1.2	1.2	1.44	2	2.88
rez inf / nord	0.9	0.4	0.36	1	0.36
rez inf / nord	1	1.5	1.5	1	1.5
rez sup / sud	2	1.6	3.2	8	25.6
reu sup / nord	1.5	1.2	1.8	2	3.6
reu sup / nord	2	1.2	2.4	2	4.8
reu sup / nord	2	1.6	3.2	1	3.2
reu sup / nord	1.8	1.4	2.52	1	2.52
1er / sud	2	1.2	2.4	4	9.6
1er / sud	2	1.6	3.2	4	12.8
1er / nord	1.2	1.2	1.44	2	2.88
1er / nord	2	1.2	2.4	3	7.2
1er / nord	2	1.6	3.2	1	3.2
2ème sud	1.9	1.2	2.28	7	15.96
2ème / nord	1.2	1.2	1.44	1	1.44
2ème / nord	1.9	1.2	2.28	6	13.68
combles / sud	1.6	1.6	2.56	2	5.12
combles / nord	1.5	1.2	1.8	4	7.2
est	1.9	1.6	3.04	1	3.04
<b>Total</b>					<b>139.50 m<sup>2</sup></b>

La surface des fenêtres rénovées est de 139.54 m<sup>2</sup>. Concernant les fenêtres non rénovées, il n'y en a qu'une seule sur le bâtiment EM, sa petite surface est de 1.2 m<sup>2</sup> et les pertes engendrées sont de l'ordre de 22 m<sup>3</sup> de gaz par année. Elle n'a pas été prise en compte dans les calculs. Le but de ce travail est d'avoir une idée approximative des besoins d'énergie et déceler les défaillances importantes, cette surface n'a donc pas besoin d'y figurer.

## 3.2.3 Portes

Nous allons procéder de la même manière pour les portes puisque la surface est aussi considérée comme minime. Après calcul, nous arrivons à un montant de 34 m<sup>3</sup> de gaz par année, ce montant peut donc être négligé.

### 3.2.4 Pertes par renouvellement d'air

Tableau 22 : Pertes par renouvellement d'air (EM)

Pertes par renouvellement d'air					
		Chauffage 24h	Perte par mois (20jours)		
septembre	Rez inférieur	13280	265600	total	1'226 KWh/mois
	Rez supérieur	13280	265600		
	1er étage	13280	265600		
	2ème étage	13280	265600		
	combles	8176	163521		
octobre	Rez inférieur	24560	491200	total	2'267 KWh/mois
	Rez supérieur	24560	491200		
	1er étage	24560	491200		
	2ème étage	24560	491200		
	combles	15121	302415		
novembre	Rez inférieur	39080	781600	total	3'608 KWh/mois
	Rez supérieur	39080	781600		
	1er étage	39080	781600		
	2ème étage	39080	781600		
	combles	24060	481205		
décembre	Rez inférieur	48573	971467	total	4'484 KWh/mois
	Rez supérieur	48573	971467		
	1er étage	48573	971467		
	2ème étage	48573	971467		
	combles	29905	598100		
janvier	Rez inférieur	49960	999200	total	4'612 KWh/mois
	Rez supérieur	49960	999200		
	1er étage	49960	999200		
	2ème étage	49960	999200		
	combles	30759	615174		
février	Rez inférieur	45347	906933	total	4'186 KWh/mois
	Rez supérieur	45347	906933		
	1er étage	45347	906933		
	2ème étage	45347	906933		
	combles	27918	558369		
mars	Rez inférieur	32960	659200	total	3'043 KWh/mois
	Rez supérieur	32960	659200		
	1er étage	32960	659200		
	2ème étage	32960	659200		
	combles	20292	405847		
avril	Rez inférieur	23520	470400	total	2'171 KWh/mois
	Rez supérieur	23520	470400		
	1er étage	23520	470400		
	2ème étage	23520	470400		
	combles	14480	289610		
				<b>Total</b>	<b>25'597 KWh/année</b>

### 3.2.5 Les gains internes

Les gains internes du bâtiment EM sont basés sur la surface du plancher du bâtiment et selon le tableau SIA 380/1 situé à l'Annexe IV.

Tableau 23 : Surface du plancher (EM)

Surface du plancher	Rez-inf.	300 m <sup>2</sup>
	Rez-su.	300 m <sup>2</sup>
	1 <sup>er</sup>	300 m <sup>2</sup>
	2 <sup>ème</sup>	300 m <sup>2</sup>
	Combles	184.7 m <sup>2</sup>
	<b>Total</b>	<b>1'384.7 m<sup>2</sup></b>

Le calcul des gains internes se base sur le tableau ci-dessous :

Tableau 24 : Gain interne par mois (EM)

	Pour l'école
Surface du plancher	1384.7 m <sup>2</sup>
Chaleur moyenne dégagée	100 W
Durée de présence des élèves	4 heures
Surface par personne	10 m <sup>2</sup>
Gains internes par jour	55.39 kWh/jour
Gains internes par mois (20jours/mois)	1107.76 kWh/mois

Nous obtenons ici le gain interne par mois. Néanmoins, comme déjà mentionné dans les gains internes du bâtiment EAV, il ne faut pas oublier que durant les mois chauds de l'année, cette chaleur ne vient pas en appoint du chauffage, elle est rejetée par l'ouverture des fenêtres. Pour ce faire, le tableau ci-dessous nous démontre le gain que nous devons prendre en compte par mois par rapport aux gains internes que l'on peut acquérir dans l'école.

Tableau 25 : Gain interne annuel (EM)

Septembre	50%	553.88 kWh
Octobre	70%	775.43 kWh
Novembre	85%	941.60 kWh
Décembre	100%	1107.76 kWh
Janvier	100%	1107.76 kWh
Février	85%	941.60 kWh
Mars	70%	775.43 kWh
Avril	50%	553.88 kWh
<b>Total</b>		<b>6'757 kWh/année</b>
		<b>676 m<sup>3</sup> gaz/année</b>



### 3.2.6 Les gains solaires

Selon les explications données dans le descriptif des calculs, les gains solaires sont égaux aux gains internes et donc se montent eux aussi à 676 m<sup>2</sup>.

### 3.2.7 Calcul des pertes EM

Comme indiqué pour le bâtiment EAV, deux tableaux ont été effectués pour calculer les pertes sur l'enveloppe de la construction du fait que, durant les week-ends, la température demandée est inférieure à celle voulue pendant les jours de semaine. Les caractéristiques pour les calculs sont les suivants :

Tableau 26 : Valeurs U (EM)

		après rénovation	avant rénovation
Valeur U	Fenêtres nouvelles	1.25	3.8
	1er, rez-sup/inf	0.755	0.755
	2ème étage	0.755	0.755
	Combles	0.966	0.966
	Toit	2.579	2.579
	Dalle	0.755	0.755

Tableau 27 : Température intérieure (EM)

	semaine	week-end
Température moyenne intérieure	20 °C	15 °C

Tableau 28 : Surface de l'enveloppe (EM)

Surface en m <sup>2</sup>	Fenêtres nouvelles	139.54
	1er, rez-sup/inf	325.4
	2ème étage	109.92
	Combles	94.38
	Toit	523.05
	Dalle	343.87

Tableau 29 : Calcul des pertes pendant les semaines (EM)

Calcul des pertes pendant les semaines (EM)					
		Chauffage 24h	Perte par mois (20jours)		
septembre	Fenêtres nouvelles	18'977	379'549 Wh/mois	conversion	380 kWh/mois
	1er, rez-sup/inf	26'730	534'593 Wh/mois		535 kWh/mois
	2ème	9'029	180'585 Wh/mois		181 kWh/mois
	combles	9'919	198'388 Wh/mois		198 kWh/mois
	toit	146'765	2'935'306 Wh/mois		2'935 kWh/mois
	dalle	28'247	564'937 Wh/mois		565 kWh/mois
octobre	Fenêtres nouvelles	38'653	773'052 Wh/mois	conversion	773 kWh/mois
	1er, rez-sup/inf	54'442	1'088'840 Wh/mois		1'089 kWh/mois
	2ème	18'390	367'810 Wh/mois		368 kWh/mois
	combles	20'204	404'070 Wh/mois		404 kWh/mois
	toit	298'926	5'978'528 Wh/mois		5'979 kWh/mois
	dalle	57'532	1'150'644 Wh/mois		1'151 kWh/mois
Novembre	Fenêtres nouvelles	63'979	1'279'582 Wh/mois	conversion	1'280 kWh/mois
	1er, rez-sup/inf	90'114	1'802'286 Wh/mois		1'802 kWh/mois
	2ème	30'441	608'812 Wh/mois		609 kWh/mois
	combles	33'442	668'831 Wh/mois		669 kWh/mois
	toit	494'793	9'895'867 Wh/mois		9'896 kWh/mois
	dalle	95'229	1'904'586 Wh/mois		1'905 kWh/mois
Décembre	Fenêtres nouvelles	80'538	1'610'757 Wh/mois	conversion	1'611 kWh/mois
	1er, rez-sup/inf	113'437	2'268'745 Wh/mois		2'269 kWh/mois
	2ème	38'319	766'381 Wh/mois		766 kWh/mois
	combles	42'097	841'935 Wh/mois		842 kWh/mois
	toit	622'853	12'457'066 Wh/mois		12'457 kWh/mois
	dalle	119'876	2'397'521 Wh/mois		2'398 kWh/mois
Janvier	Fenêtres nouvelles	82'957	1'659'131 Wh/mois	conversion	1'659 kWh/mois
	1er, rez-sup/inf	116'844	2'336'880 Wh/mois		2'337 kWh/mois
	2ème	39'470	789'397 Wh/mois		789 kWh/mois
	combles	43'361	867'219 Wh/mois		867 kWh/mois
	toit	641'559	12'831'174 Wh/mois		12'831 kWh/mois
	dalle	123'476	2'469'523 Wh/mois		2'470 kWh/mois
Février	Fenêtres nouvelles	74'910	1'498'194 Wh/mois	conversion	1'498 kWh/mois
	1er, rez-sup/inf	105'510	2'110'202 Wh/mois		2'110 kWh/mois
	2ème	35'641	712'825 Wh/mois		713 kWh/mois
	combles	39'155	783'099 Wh/mois		783 kWh/mois
	toit	579'327	11'586'546 Wh/mois		11'587 kWh/mois
	dalle	111'499	2'229'979 Wh/mois		2'230 kWh/mois
Mars	Fenêtres nouvelles	53'304	1'066'086 Wh/mois	conversion	1'066 kWh/mois
	1er, rez-sup/inf	75'079	1'501'578 Wh/mois		1'502 kWh/mois
	2ème	25'362	507'232 Wh/mois		507 kWh/mois
	combles	27'862	557'238 Wh/mois		557 kWh/mois
	toit	412'238	8'244'758 Wh/mois		8'245 kWh/mois
	dalle	79'340	1'586'809 Wh/mois		1'587 kWh/mois
Avril	Fenêtres nouvelles	36'839	736'771 Wh/mois	conversion	737 kWh/mois
	1er, rez-sup/inf	51'887	1'037'740 Wh/mois		1'038 kWh/mois
	2ème	17'527	350'548 Wh/mois		351 kWh/mois
	combles	19'255	385'107 Wh/mois		385 kWh/mois
	toit	284'897	5'697'948 Wh/mois		5'698 kWh/mois
	dalle	54'832	1'096'643 Wh/mois		1'097 kWh/mois
				total	<b>113'701 kWh/année</b>

Tableau 30 : Calcul des pertes pendant les week-ends (EM)

Calcul des pertes pendant les week-ends (EM)					
		Chauffage 24h	Perte par mois (10jours)		
septembre	Fenêtres nouvelles	-	0 Wh/mois	conversion	0 kWh/mois
	1er, rez-sup/inf	-	0 Wh/mois		0 kWh/mois
	2ème	-	0 Wh/mois		0 kWh/mois
	combles	-	0 Wh/mois		0 kWh/mois
	toit	-	0 Wh/mois		0 kWh/mois
	dalle	-	0 Wh/mois		0 kWh/mois
octobre	Fenêtres nouvelles	17'722	177'216 Wh/mois	conversion	177 kWh/mois
	1er, rez-sup/inf	24'961	249'608 Wh/mois		250 kWh/mois
	2ème	8'432	84'317 Wh/mois		84 kWh/mois
	combles	9'263	92'630 Wh/mois		93 kWh/mois
	toit	137'053	1'370'529 Wh/mois		1'371 kWh/mois
	dalle	26'378	263'776 Wh/mois		264 kWh/mois
Novembre	Fenêtres nouvelles	43'048	430'481 Wh/mois	conversion	430 kWh/mois
	1er, rez-sup/inf	60'633	606'331 Wh/mois		606 kWh/mois
	2ème	20'482	204'818 Wh/mois		205 kWh/mois
	combles	22'501	225'010 Wh/mois		225 kWh/mois
	toit	332'920	3'329'199 Wh/mois		3'329 kWh/mois
	dalle	64'075	640'747 Wh/mois		641 kWh/mois
Décembre	Fenêtres nouvelles	59'607	596'068 Wh/mois	conversion	596 kWh/mois
	1er, rez-sup/inf	83'956	839'560 Wh/mois		840 kWh/mois
	2ème	28'360	283'603 Wh/mois		284 kWh/mois
	combles	31'156	311'562 Wh/mois		312 kWh/mois
	toit	460'980	4'609'798 Wh/mois		4'610 kWh/mois
	dalle	88'721	887'214 Wh/mois		887 kWh/mois
Janvier	Fenêtres nouvelles	62'026	620'255 Wh/mois	conversion	620 kWh/mois
	1er, rez-sup/inf	87'363	873'627 Wh/mois		874 kWh/mois
	2ème	29'511	295'111 Wh/mois		295 kWh/mois
	combles	32'420	324'204 Wh/mois		324 kWh/mois
	toit	479'685	4'796'852 Wh/mois		4'797 kWh/mois
	dalle	92'322	923'215 Wh/mois		923 kWh/mois
Février	Fenêtres nouvelles	53'979	539'787 Wh/mois	conversion	540 kWh/mois
	1er, rez-sup/inf	76'029	760'288 Wh/mois		760 kWh/mois
	2ème	25'683	256'825 Wh/mois		257 kWh/mois
	combles	28'214	282'144 Wh/mois		282 kWh/mois
	toit	417'454	4'174'538 Wh/mois		4'175 kWh/mois
	dalle	80'344	803'443 Wh/mois		803 kWh/mois
Mars	Fenêtres nouvelles	32'373	323'733 Wh/mois	conversion	324 kWh/mois
	1er, rez-sup/inf	45'598	455'977 Wh/mois		456 kWh/mois
	2ème	15'403	154'029 Wh/mois		154 kWh/mois
	combles	16'921	169'214 Wh/mois		169 kWh/mois
	toit	250'364	2'503'644 Wh/mois		2'504 kWh/mois
	dalle	48'186	481'858 Wh/mois		482 kWh/mois
Avril	Fenêtres nouvelles	15'908	159'076 Wh/mois	conversion	159 kWh/mois
	1er, rez-sup/inf	22'406	224'057 Wh/mois		224 kWh/mois
	2ème	7'569	75'687 Wh/mois		76 kWh/mois
	combles	8'315	83'148 Wh/mois		83 kWh/mois
	toit	123'024	1'230'239 Wh/mois		1'230 kWh/mois
	dalle	23'678	236'775 Wh/mois		237 kWh/mois
				total	<b>35'950 kWh/année</b>

### 3.2.8 Consommation

Ces calculs nous amènent aux résultats suivants :

Tableau 31 : Consommation annuelle de gaz pendant les semaines (EM)

Consommation annuelle de gaz (semaines)			
<b>Total des pertes sur fenêtres nouvelles</b>	9'003'121 Wh/année	9'003 kWh/année	900 m <sup>3</sup> gaz/année
<b>Total des pertes rez inf. au 1<sup>er</sup> étage</b>	12'680'864 Wh/année	12'681 kWh/année	1'268 m <sup>3</sup> gaz/année
<b>Total des pertes 2<sup>ème</sup> étage</b>	4'283'591 Wh/année	4'284 kWh/année	428 m <sup>3</sup> gaz/année
<b>Total perte combles</b>	4'705'886 Wh/année	4'706 kWh/année	471 m <sup>3</sup> gaz/année
<b>Total perte sur toit</b>	69'627'194 Wh/année	69'627 kWh/année	6'963 m <sup>3</sup> gaz/année
<b>Total perte sur dalle</b>	13'400'641 Wh/année	13'401 kWh/année	1'340 m <sup>3</sup> gaz/année
<b>Total</b>	113'701'298 Wh/année	113'701 kWh/année	11'370 m <sup>3</sup> gaz/année

Tableau 32 : Consommation annuelle de gaz pendant les week-ends

Consommation annuelle de gaz (week-ends)			
<b>Total des pertes sur fenêtres nouvelles</b>	2'846'616 Wh/année	2'847 kWh/année	285 m <sup>3</sup> gaz/année
<b>Total des pertes rez inf. au 1<sup>er</sup> étage</b>	4'009'449 Wh/année	4'009 kWh/année	401 m <sup>3</sup> gaz/année
<b>Total des pertes 2<sup>ème</sup> étage</b>	1'354'390 Wh/année	1'354 kWh/année	135 m <sup>3</sup> gaz/année
<b>Total perte combles</b>	1'487'912 Wh/année	1'488 kWh/année	149 m <sup>3</sup> gaz/année
<b>Total perte sur toit</b>	22'014'798 Wh/année	22'015 kWh/année	2'201 m <sup>3</sup> gaz/année
<b>Total perte sur dalle</b>	4'237'029 Wh/année	4'237 kWh/année	424 m <sup>3</sup> gaz/année
<b>Total</b>	35'950'193 Wh/année	35'950 kWh/année	3'595 m <sup>3</sup> gaz/année

Pour une vision plus globale, les chiffres ci-dessous démontrent la consommation annuelle de l'ensemble du bâtiment de l'École Ménagère, englobant les jours de la semaine, les week-ends, le renouvellement d'air, les gains internes et les gains solaires.

Tableau 33 : Consommation annuelle de gaz annuelle (EM)

Consommation annuelle de gaz			
<b>Total des pertes sur fenêtres nouvelles</b>	11'849'737 Wh/année	11'850 kWh/année	1'185 m <sup>3</sup> gaz/année
<b>Total des pertes rez inf. au 1<sup>er</sup> étage</b>	16'690'313 Wh/année	16'690 kWh/année	1'669 m <sup>3</sup> gaz/année
<b>Total des pertes 2<sup>ème</sup> étage</b>	5'637'981 Wh/année	5'638 kWh/année	564 m <sup>3</sup> gaz/année
<b>Total perte combles</b>	6'193'798 Wh/année	6'194 kWh/année	619 m <sup>3</sup> gaz/année
<b>Total perte sur toit</b>	91'641'992 Wh/année	91'642 kWh/année	9'164 m <sup>3</sup> gaz/année
<b>Total perte sur dalle</b>	17'637'670 Wh/année	17'638 kWh/année	1'764 m <sup>3</sup> gaz/année
<b>Perte sur renouvellement d'air</b>	25'596'641 Wh/année	25'597 kWh/année	2'560 m <sup>3</sup> gaz/année
<b>Gains internes</b>	-6'757'336 Wh/année	-6'757 kWh/année	-676 m <sup>3</sup> gaz/année
<b>Gains solaires</b>	-6'757'336 Wh/année	-6'757 kWh/année	-676 m <sup>3</sup> gaz/année
<b>Total</b>	161'733'461 kWh/année	<b>161'733 kWh/année</b>	<b>16'173 m<sup>3</sup> gaz/année</b>

Comme vous pouvez le constater dans le tableau susmentionné, la consommation annuelle de gaz pour le bâtiment EM s'élève à 16'173 m<sup>3</sup> gaz/année ; elle reste assez élevée. Afin d'apporter des améliorations, je vais m'étendre un peu plus sur les détails de ce tableau dans le chapitre des recommandations.

### 3.3 Bâtiment de l'École Professionnelle Services Communautaires

Je vais analyser maintenant l'enveloppe du bâtiment de l'EPSC situé à l'Est du site de Châteauneuf. Comme dit précédemment, il est le plus récent des trois. Contrairement aux deux autres, il n'est pas classé bâtiment historique.



Figure 14 : Bâtiment EPSC

Comme il est possible de constater sur la figure ci-dessus, ce bâtiment est composé de 5 étages. Ceux compris entre le rez-de-chaussée inférieur et le 2<sup>ème</sup> étage sont utilisés par le personnel et les élèves. Ce bâtiment contient aussi un sous-sol fermé à clef, car le chauffage des trois bâtiments y est situé. Il est composé en partie d'un abri atomique et d'une salle pour le chauffage. Le reste est considéré comme vide sanitaire mais l'espace, rempli de débris, n'est pas utilisable.

### 3.3.1 Analyses de l'enveloppe

Les calculs de l'EPSC ont été plus difficiles à trouver. Après avoir contacté les quatre entreprises ayant travaillé sur ce bâtiment, aucune d'elles n'avaient les chiffres concernant les valeurs U. De ce fait, j'ai utilisé les plans et les critères de base par rapport à la date de construction pour obtenir ainsi ces calculs. Afin d'avoir les chiffres au plus près de la réalité, ces opérations mathématiques ont été effectuées en collaboration avec Monsieur Ludovic BONVIN de l'entreprise GD Climat.

Caractéristiques des éléments :

Les façades ont une valeur U de  $0.252 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Elles sont composées de :

- 20 centimètres de béton
- une isolation de 12 centimètres
- un lambourrage technique de 5 centimètres

Le toit a une valeur U de  $0.222 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Il est composé de :

- 22 centimètres de béton
- 15 centimètres d'isolation
- Contre lattage + lattage de 7 centimètres
- Couverture de 4 centimètres

Les fenêtres ont été estimées par rapport à l'année 1990. La valeur U du verre se monte à  $1.8 \text{ W/m}^2\text{K}$  et la valeur U des fenêtres à  $2.0 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Concernant le toit vitré (verrière zénithale), il a été très difficile de se prononcer sur ce sujet. Néanmoins, par déduction, elle a été basée sur une valeur U de  $2.5 \text{ W/m}^2\text{K}$  étant donné qu'elle est certainement plus mauvaise thermiquement que les fenêtres.

Comme expliqué dans le descriptif des calculs, la dalle est considérée à la même valeur que les façades.

### 3.3.2 Fenêtres

Tableau 34 : Surface des fenêtres (EPSC)

Surface des fenêtres du bâtiment EPSC					
type de fenêtres	longueur	largeur	m2	nombre	surface totale
rez inf / sud	1.1	0.6	0.66	24	15.8
rez inf / nord	1.1	0.6	0.66	20	13.2
rez inf / nord	1.2	0.95	1.14	2	2.3
rez inf / ouest	1.1	0.6	0.66	24	15.8
rez inf / ouest	1.2	0.95	1.14	2	2.3
rez sup / sud	1.5	0.6	0.9	32	28.8
rez sup / sud	1.6	0.6	0.96	2	1.9
rez sup / nord	1.5	0.6	0.9	28	25.2
rez sup / ouest	1.5	0.6	0.9	20	18.0
rez sup / ouest	1.6	0.6	0.96	2	1.9
rez sup / ouest	2.6	0.22	0.572	2	1.1
1er / sud	1.4	0.6	0.84	32	26.9
1er / nord	1.4	0.6	0.84	28	23.5
1er / ouest	1.4	0.6	0.84	20	16.8
1er / ouest	2.6	0.22	0.572	2	1.1
1er / ouest	1.6	0.6	0.96	2	1.9
2ème / sud	1.4	0.7	0.98	16	15.7
2ème / nord	1.4	0.7	0.98	14	13.7
2ème / ouest	1.4	0.7	0.98	10	9.8
Toit vitré	8.7	8.7	75.69	1	75.7
<b>Total</b>				<b>283</b>	<b>311.6</b>

Le bâtiment a une surface totale de fenêtres de 311.60 m<sup>2</sup>.

### 3.3.3 Portes

Tableau 35 : Surface des portes (EPSC)

	longueur	largeur	m <sup>2</sup>
2ème ouest	2.6	1.06	2.76 m <sup>2</sup>
1er ouest	2.6	1.06	2.76 m <sup>2</sup>
rez / sup ouest	2.6	1.06	2.76 m <sup>2</sup>
rez / inf ouest	2.6	1.06	2.76 m <sup>2</sup>
rez / inf nord	2.6	0.9	2.34 m <sup>2</sup>
			<b>13.36 m<sup>2</sup></b>

La surface totale des portes est de 13.36 m<sup>2</sup>. La valeur U a été déterminée selon la méthode proposée dans le descriptif du calcul de la valeur U. J'ai pris l'épaisseur de la porte en bois, soit 0.085 mètre et j'ai divisé ce montant par la valeur lambda du bois, soit 0.14. Le résultat obtenu est une valeur U de 1.65 W/m<sup>2</sup>K. Cependant, cette surface consomme un total de 117 m<sup>3</sup> de gaz par année; elle ne sera donc pas prise en compte dans le dossier car



ce n'est pas un élément important pour amener une amélioration à l'enveloppe du bâtiment.

### 3.3.4 Pertes par renouvellement d'air

Tableau 36 : Pertes par renouvellement d'air (EPSC)

Pertes par renouvellement d'air					
		Chauffage 24h	Perte par mois (20j)		
septembre	Rez inférieur	29872	597450	total	2'172 kWh/mois
	Rez supérieur	26246	524916		
	1er étage	26246	524916		
	2ème étage	26246	524916		
octobre	Rez inférieur	60843	1216865	total	4'424 kWh/mois
	Rez supérieur	53457	1069131		
	1er étage	53457	1069131		
	2ème étage	53457	1069131		
Novembre	Rez inférieur	100710	2014197	total	7'323 kWh/mois
	Rez supérieur	88483	1769663		
	1er étage	88483	1769663		
	2ème étage	88483	1769663		
Décembre	Rez inférieur	126775	2535501	total	9'219 kWh/mois
	Rez supérieur	111384	2227679		
	1er étage	111384	2227679		
	2ème étage	111384	2227679		
Janvier	Rez inférieur	130582	2611646	total	9'495 kWh/mois
	Rez supérieur	114729	2294580		
	1er étage	114729	2294580		
	2ème étage	114729	2294580		
Février	Rez inférieur	117916	2358316	total	8'574 kWh/mois
	Rez supérieur	103600	2072005		
	1er étage	103600	2072005		
	2ème étage	103600	2072005		
Mars	Rez inférieur	83907	1678131	total	6'101 kWh/mois
	Rez supérieur	73720	1474398		
	1er étage	73720	1474398		
	2ème étage	73720	1474398		
Avril	Rez inférieur	57988	1159756	total	4'217 kWh/mois
	Rez supérieur	50948	1018956		
	1er étage	50948	1018956		
	2ème étage	50948	1018956		
				<b>total</b>	<b>51'526 kWh/année</b>

### 3.3.5 Les gains internes

Les gains internes du bâtiment EPSC sont établis sur la surface du plancher du bâtiment et selon le tableau SIA 380/1 situé sur l'Annexe IV.

Tableau 37 : Surface du plancher (EPSC)

Surface du plancher	Sous-sol	0 m <sup>2</sup>
	Rez-inf.	823.69 m <sup>2</sup>
	Rez-sup.	723.69 m <sup>2</sup>
	1er	723.69 m <sup>2</sup>
	2ème	723.69 m <sup>2</sup>
	Total	2994.76 m <sup>2</sup>

La surface du sous-sol n'a pas été prise en compte dans les calculs, car l'accès y est fermé en raison de la présence des deux chaudières alimentant les trois bâtiments, ainsi qu'un vide sanitaire. Le calcul se s'appuie sur le tableau ci-dessous :

Tableau 38 : Gain interne par mois (EPSC)

	Pour l'école
Surface du plancher	2994.76 m <sup>2</sup>
Chaleur moyenne dégagée par personne	100 Watts
Durée de présence des personnes	4 heures
Surface par personne	10 m <sup>2</sup>
Gains internes par jour	120 kWh/jour
Gains internes par mois (20jours/mois)	2395.81 kWh/mois

Comme mentionné pour les gains internes du bâtiment EAV et EM, il est essentiel de prendre en compte uniquement les mois où l'on bénéficie des gains internes. Pour ce faire, il va être multiplié par le pourcentage donné aux différents mois de l'année. Les mois qui ne sont pas mentionnés sont donc à zéro pourcent.

Tableau 39 : Gain interne annuel (EPSC)

Septembre	50%	1'197.90 kWh
Octobre	70%	1'677.07 kWh
Novembre	85%	2'036.44 kWh
Décembre	100%	2'395.81 kWh
Janvier	100%	2'395.81 kWh
Février	85%	2'036.44 kWh
Mars	70%	1'677.07 kWh
Avril	50%	1'197.90 kWh
Total		<b>14'614 kWh/année</b>
		<b>1'461 m<sup>3</sup> gaz/année</b>

### 3.3.6 Les gains solaires

Les gains solaires se montent, comme décrit dans le descriptif des calculs, au même montant que les gains internes. Nous obtenons donc un montant de 1'461 m<sup>3</sup> de gaz/année. Cependant, dans la mesure où il y a une surface de 10 m<sup>2</sup> de toit vitré, il est normal pour ce bâtiment d'augmenter ses gains solaires. Le toit vitré permet d'y contribuer jusqu'au rez-de-chaussée inférieur. De par cet apport plus conséquent que dans les autres bâtiments, je vais me baser sur un gain solaire du double du gain interne pour le bâtiment de l'EPSC.

### 3.3.7 Calcul des pertes EPSC

Comme indiqué pour les bâtiments EAV et EM, deux tableaux ont été effectués pour calculer les pertes sur l'enveloppe du bâtiment, étant donné que durant les week-ends la température demandée dans le bâtiment est inférieure à celle voulue pendant les jours de semaine. Les caractéristiques pour les calculs sont les suivantes :

Tableau 40 : Valeurs U (EPSC)

Valeur U	Fenêtres	2
	2ème, 1er, rez-sup./inf.	0.252
	Toit	0.222
	Toit vitré	2.5
	Dalle	0.252

Tableau 41 : Température intérieure (EPSC)

	semaine	week-end
Température moyenne intérieure	20 °C	15 °C

Tableau 42 : Surface de l'enveloppe (EPSC)

Surface	Fenêtres	311.578
	2ème, 1er, rez-sup./inf.	1089.822
	Toit	998.75
	Toit vitré	90.25
	Dalle	784

Tableau 43 : Calcul des pertes des semaines (EPSC)

Calcul des pertes des semaines (EPSC)					
		Chauffage 24h	Perte par mois (20 jours)		
septembre	Fenêtres	67799	1'355'987 Wh/mois	conversion	1'356 kWh/année
	2ème, 1er, rez-sup./inf.	29880	597'606 Wh/mois		598 kWh/année
	Toit	24123	482'468 Wh/mois		482 kWh/année
	Toit vitré	24548	490'960 Wh/mois		491 kWh/année
	Dalle	21495	429'908 Wh/mois		430 kWh/année
octobre	Fenêtres	138091	2'761'827 Wh/mois	conversion	2'762 kWh/année
	2ème, 1er, rez-sup./inf.	60859	1'217'183 Wh/mois		1'217 kWh/année
	Toit	49134	982'674 Wh/mois		983 kWh/année
	Toit vitré	49999	999'970 Wh/mois		1'000 kWh/année
	Dalle	43781	875'621 Wh/mois		876 kWh/année
novembre	Fenêtres	228574	4'571'472 Wh/mois	conversion	4'571 kWh/année
	2ème, 1er, rez-sup./inf.	100736	2'014'723 Wh/mois		2'015 kWh/année
	Toit	81328	1'626'556 Wh/mois		1'627 kWh/année
	Toit vitré	82759	1'655'185 Wh/mois		1'655 kWh/année
	Dalle	72468	1'449'359 Wh/mois		1'449 kWh/année
décembre	Fenêtres	287732	5'754'638 Wh/mois	conversion	5'755 kWh/année
	2ème, 1er, rez-sup./inf.	126808	2'536'164 Wh/mois		2'536 kWh/année
	Toit	102377	2'047'533 Wh/mois		2'048 kWh/année
	Toit vitré	104179	2'083'572 Wh/mois		2'084 kWh/année
	Dalle	91224	1'824'475 Wh/mois		1'824 kWh/année
janvier	Fenêtres	296373	5'927'460 Wh/mois	conversion	5'927 kWh/année
	2ème, 1er, rez-sup./inf.	130616	2'612'329 Wh/mois		2'612 kWh/année
	Toit	105451	2'109'024 Wh/mois		2'109 kWh/année
	Toit vitré	107307	2'146'145 Wh/mois		2'146 kWh/année
	Dalle	93963	1'879'267 Wh/mois		1'879 kWh/année
février	Fenêtres	267625	5'352'495 Wh/mois	conversion	5'352 kWh/année
	2ème, 1er, rez-sup./inf.	117947	2'358'933 Wh/mois		2'359 kWh/année
	Toit	95222	1'904'448 Wh/mois		1'904 kWh/année
	Toit vitré	96898	1'937'968 Wh/mois		1'938 kWh/année
	Dalle	84849	1'696'977 Wh/mois		1'697 kWh/année
mars	Fenêtres	190436	3'808'729 Wh/mois	conversion	3'809 kWh/année
	2ème, 1er, rez-sup./inf.	83929	1'678'570 Wh/mois		1'679 kWh/année
	Toit	67758	1'355'168 Wh/mois		1'355 kWh/année
	Toit vitré	68951	1'379'020 Wh/mois		1'379 kWh/année
	Dalle	60377	1'207'536 Wh/mois		1'208 kWh/année
avril	Fenêtres	131611	2'632'211 Wh/mois	conversion	2'632 kWh/année
	2ème, 1er, rez-sup./inf.	58003	1'160'059 Wh/mois		1'160 kWh/année
	Toit	46828	936'556 Wh/mois		937 kWh/année
	Toit vitré	47652	953'040 Wh/mois		953 kWh/année
	Dalle	41726	834'527 Wh/mois		835 kWh/année
				total	<b>79'628 kWh/année</b>

Tableau 44 : Calcul des pertes des week-ends (EPSC)

Calcul des pertes des week-ends (EPSC)					
		Chauffage 24h	Perte par mois (10 jours)		
septembre	Fenêtres	0	0 Wh/mois	conversion	0 kWh/année
	2ème, 1er, rez-sup./inf.	0	0 Wh/mois		0 kWh/année
	Toit	0	0 Wh/mois		0 kWh/année
	Toit vitré	0	0 Wh/mois		0 kWh/année
	Dalle	0	0 Wh/mois		0 kWh/année
octobre	Fenêtres	63313	633'126 Wh/mois	conversion	633 kWh/année
	2ème, 1er, rez-sup./inf.	27903	279'029 Wh/mois		279 kWh/année
	Toit	22527	225'270 Wh/mois		225 kWh/année
	Toit vitré	22924	229'235 Wh/mois		229 kWh/année
	Dalle	20073	200'729 Wh/mois		201 kWh/année
Novembre	Fenêtres	153795	1'537'949 Wh/mois	conversion	1'538 kWh/année
	2ème, 1er, rez-sup./inf.	67780	677'800 Wh/mois		678 kWh/année
	Toit	54721	547'211 Wh/mois		547 kWh/année
	Toit vitré	55684	556'843 Wh/mois		557 kWh/année
	Dalle	48760	487'598 Wh/mois		488 kWh/année
décembre	Fenêtres	212953	2'129'532 Wh/mois	conversion	2'130 kWh/année
	2ème, 1er, rez-sup./inf.	93852	938'520 Wh/mois		939 kWh/année
	Toit	75770	757'700 Wh/mois		758 kWh/année
	Toit vitré	77104	771'036 Wh/mois		771 kWh/année
	Dalle	67516	675'156 Wh/mois		675 kWh/année
janvier	Fenêtres	221594	2'215'943 Wh/mois	conversion	2'216 kWh/année
	2ème, 1er, rez-sup./inf.	97660	976'603 Wh/mois		977 kWh/année
	Toit	78845	788'445 Wh/mois		788 kWh/année
	Toit vitré	80232	802'323 Wh/mois		802 kWh/année
	Dalle	70255	702'552 Wh/mois		703 kWh/année
février	Fenêtres	192846	1'928'460 Wh/mois	conversion	1'928 kWh/année
	2ème, 1er, rez-sup./inf.	84990	849'904 Wh/mois		850 kWh/année
	Toit	68616	686'157 Wh/mois		686 kWh/année
	Toit vitré	69823	698'234 Wh/mois		698 kWh/année
	Dalle	61141	611'407 Wh/mois		611 kWh/année
mars	Fenêtres	115658	1'156'578 Wh/mois	conversion	1'157 kWh/année
	2ème, 1er, rez-sup./inf.	50972	509'723 Wh/mois		510 kWh/année
	Toit	41152	411'517 Wh/mois		412 kWh/année
	Toit vitré	41876	418'760 Wh/mois		419 kWh/année
	Dalle	36669	366'686 Wh/mois		367 kWh/année
avril	Fenêtres	56832	568'318 Wh/mois	conversion	568 kWh/année
	2ème, 1er, rez-sup./inf.	25047	250'467 Wh/mois		250 kWh/année
	Toit	20221	202'211 Wh/mois		202 kWh/année
	Toit vitré	20577	205'770 Wh/mois		206 kWh/année
	Dalle	18018	180'182 Wh/mois		180 kWh/année
				total	<b>25'177 kWh/année</b>

### 3.3.8 Consommation

Ces calculs nous amènent aux résultats suivants :

Tableau 45 : Consommation annuelle de gaz des semaines (EPSC)

Consommation annuelle de gaz des semaines			
Total des pertes des fenêtres	32'164'820 Wh/année	32'165 KWh/année	3'216 m <sup>3</sup> gaz/année
Total des pertes de l'enveloppe	14'175'568 Wh/année	14'176 KWh/année	1'418 m <sup>3</sup> gaz/année
Total des pertes du toit	11'444'429 Wh/année	11'444 KWh/année	1'144 m <sup>3</sup> gaz/année
Total des pertes du toit vitré	11'645'860 Wh/année	11'646 KWh/année	1'165 m <sup>3</sup> gaz/année
Total des pertes de la dalle	10'197'670 Wh/année	10'198 KWh/année	1'020 m <sup>3</sup> gaz/année
<b>Total</b>	<b>79'628'346 Wh/année</b>	<b>79'628 KWh/année</b>	<b>7'963 m<sup>3</sup> gaz/année</b>

Tableau 46 : Consommation annuelle de gaz des week-ends (EPSC)

Consommation annuelle de gaz des week-ends			
Total des pertes des fenêtres	10'169'906 Wh/année	10'170 KWh/année	1'017 m <sup>3</sup> gaz/année
Total des pertes de l'enveloppe	4'482'046 Wh/année	4'482 KWh/année	448 m <sup>3</sup> gaz/année
Total des pertes du toit	3'618'511 Wh/année	3'619 KWh/année	362 m <sup>3</sup> gaz/année
Total des pertes du toit vitré	3'682'200 Wh/année	3'682 KWh/année	368 m <sup>3</sup> gaz/année
Total des pertes de la dalle	3'224'310 Wh/année	3'224 KWh/année	322 m <sup>3</sup> gaz/année
<b>Total</b>	<b>25'176'972 Wh/année</b>	<b>25'177 KWh/année</b>	<b>2'518 m<sup>3</sup> gaz/année</b>

Comme dans les deux autres bâtiments, pour une vision plus globale, les chiffres ci-dessous indiquent la consommation annuelle de l'ensemble du bâtiment de l'EPSC, englobant les jours semaines, les week-ends, le renouvellement d'air, les gains internes et les gains solaires.

Tableau 47 : Consommation annuelle de gaz (EPSC)

<b>Consommation annuelle de gaz</b>			
<b>Total des pertes des fenêtres</b>	42'334'726 Wh/année	42'335 kWh/année	4'233 m <sup>3</sup> gaz/année
<b>Total des pertes de l'enveloppe</b>	18'657'613 Wh/année	18'658 kWh/année	1'866 m <sup>3</sup> gaz/année
<b>Total des pertes du toit</b>	15'062'940 Wh/année	15'063 kWh/année	1'506 m <sup>3</sup> gaz/année
<b>Total des pertes du toit vitré</b>	15'328'060 Wh/année	15'328 kWh/année	1'533 m <sup>3</sup> gaz/année
<b>Total des pertes de la dalle</b>	13'421'980 Wh/année	13'422 kWh/année	1'342 m <sup>3</sup> gaz/année
<b>Total des pertes sur le renouvellement d'air</b>	51'525'844 Wh/année	51'526 kWh/année	5'153 m <sup>3</sup> gaz/année
<b>Gain interne</b>	-14'614'429 Wh/année	-14'614 kWh/année	-1'461 m <sup>3</sup> gaz/année
<b>Gain solaire</b>	-29'228'858 Wh/année	-29'229 kWh/année	-2'923 m <sup>3</sup> gaz/année
<b>Total</b>	112'487'876 Wh/année	<b>112'488 kWh/année</b>	<b>11'249 m<sup>3</sup> gaz/année</b>

Nous pouvons constater que ce bâtiment est relativement récent vu les valeurs U des éléments. Cependant, il y a une forte consommation de gaz due aux fenêtres ; celles-ci pourraient être sujettes à un changement.

## 4. Propositions d'amélioration

### 4.1 EAV :

Le bâtiment EAV a déjà fait l'objet d'une rénovation dotée d'un gros investissement. Suite à ce changement, le gain énergétique se monte à environ 17'500 m<sup>3</sup> de gaz par année. Les éléments les plus déficients ont donc déjà été améliorés. De par ce placement financier conséquent et des économies d'énergie, aucune amélioration n'est à apporter à ce bâtiment. Comme mentionné par Monsieur David BALET, ingénieur responsable Énergie et Installation Techniques de l'Etat du Valais, le bâtiment de l'École de l'Agriculture ne subira pas de modifications à part celles apportées en 2011.

### 4.2 EM :

En se basant sur les chiffres globaux explicites de la consommation du bâtiment, je peux suggérer que, si des fonds sont disponibles pour la rénovation de ce bâtiment, la priorité serait d'isoler le toit, source de grande perte de chaleur. Avec une isolation comme posée sur le bâtiment EAV, la consommation passerait de 9'164 m<sup>3</sup> gaz/année à 707 m<sup>3</sup> gaz/année. La valeur U de la toiture passerait de 2.579 W/m<sup>2</sup>K à 0.199 W/m<sup>2</sup>K. Au prix de 6 centimes le kWh de gaz selon Sogaval SA, le gain financier serait donc de 5'074 CHF par année. Me basant sur un chiffre approximatif de 300 CHF le mètre carré de rénovation pour le toit, l'investissement se monterait à 157'000 CHF. L'amortissement de l'assainissement serait de l'ordre de 31 ans en fonction des gains énergétiques épargnés ; de plus, la valeur du bâtiment serait augmentée.

### 4.3 EPSC

Je peux constater dans le Tableau 47 que les éléments engendrant la plus grosse perte d'énergie sont les fenêtres. En les remplaçant par des similaires installées sur les bâtiments EAV et EM, il est possible de passer d'une perte de 4'233 m<sup>3</sup> gaz/année à une perte de 2'646 m<sup>3</sup> gaz/année. La valeur U passerait de 2 W/m<sup>2</sup>K à 1.25 W/m<sup>2</sup>K. Il est encore possible d'améliorer le rendement avec un triple vitrage, amenant la perte à une hauteur de 1'905 m<sup>3</sup> gaz/année. Avec une installation établie avec du triple vitrage, la valeur U se monterait seulement à 0.9 W/m<sup>2</sup>K. Les meilleures fenêtres ont une valeur U de 0.7 W/m<sup>2</sup>K mais le coût serait trop élevé selon Monsieur David BALET. Le coût au mètre carré est d'approximativement 600 CHF. L'investissement se monterait donc à 187'000 CHF.



## 4.4 Résumé des variations de la consommation annuelle

Tableau 48 : Calcul de la consommation globale et du potentiel d'amélioration des bâtiments

Pertes énergétiques annuelles des bâtiments analysés (en "m <sup>3</sup> de gaz/année")				
	Avant rénovation en 2010-2011	Après rénovation 2010-2011	Avec les recommandations	
EAV	31'287	13'655	13'655	
EM	18'591	16'173	7'716	
EPSC	11'249	11'249	8'921	à 9'662
Total	61'127	41'077	30'292	à 31'033
Total en kWh	611'270	410'770	302'920	à 310'330
Coût annuel	36'676 CHF	24'646 CHF	18'175 CHF	à 18'620 CHF

Le tableau susmentionné démontre les gains acquis suite aux rénovations ainsi que ceux pouvant être pris en compte grâce aux recommandations. Il est facile de constater que la transformation du bâtiment EAV a fortement diminué sa consommation ; toutefois, l'investissement a aussi été très conséquent. Les propositions présentées ont porté sur les éléments les plus déficients, donc ceux à modifier en priorité. Avec ces changements, les bâtiments auront déjà restreint les plus grosses pertes d'énergies et auront donc amélioré leurs statuts vis-à-vis de la norme ISO 14'001. Suite à ces travaux, la facture a déjà diminué de 12'030 CHF. Si les avis sont pris en compte, la consommation annuelle sera réduite de moitié par rapport à celle d'avant rénovation. Les gains seront approximativement de 18'000 CHF par année, en améliorant simplement l'enveloppe des bâtiments. Le coût du kWh de gaz a été mesuré grâce au prix donné par l'entreprise Sogaval SA, soit 6 centimes par kWh à Sion.

La consommation calculée me semble un peu moins élevée que celle effective. Par ailleurs, je pense que la différence est due à la valeur U des façades des bâtiments EAV et EM. En effet, le logiciel « lesosai » estime la valeur U à 0.755. Cependant, lorsque l'entreprise GD Climat l'a calculée à l'aide de leurs appareils, la valeur U des façades sur place variait entre 1 et 1.4. Cette imprécision vient du fait qu'il s'agit d'éléments inhomogènes; la proportion de chaux et le type de roche utilisée peuvent faire varier la valeur U du mur. De plus, dans mes calculs, comme précisé au début de ce dossier, je n'ai pas pris en compte les deux annexes qui engendrent aussi une consommation.

Je n'ai pas approfondi plus en détail les recommandations car l'amélioration des autres éléments apporterait seulement une petite réduction des pertes. Etant donné la grandeur du domaine, je pense qu'une fois ces travaux effectués, il faudrait se focaliser sur le côté « Est » du site. Cette partie est composée d'anciens bâtiments et de serres consommant une grande quantité de mazout. Dès lors, il serait plus intéressant d'investir de ce côté-là du domaine plutôt que dans des éléments ayant un petit potentiel de réduction des pertes.



Figure 15 : Partie "Est" du domaine de Châteauneuf

## 5. Chauffage

### 5.1 Contexte actuel

L'installation de chauffage actuelle comprend deux chaudières à gaz naturel, ces dernières ne sont plus conformes aux règles en vigueur et ont un délai d'assainissement d'ici 2016. Afin de répondre aux critères de la norme ISO 14'001, il est important pour l'État du Valais de prévoir un remplacement engendrant une consommation moins élevée et plus saine pour l'environnement.

### 5.2 Solution à envisager

#### 1. Le biogaz :

Eu égard à la proximité de la STEP par rapport au site de l'École de l'Agriculture, il serait intéressant d'opter pour du biogaz. Toutefois, après avoir contacté le Directeur de la STEP de Châteauneuf, il s'est avéré que cette solution n'était pas envisageable. Pour cause, la STEP arrive juste à s'auto-chauffer en hiver avec sa production de biogaz. Toutefois, la quantité demandée par les Écoles de Châteauneuf serait identique à la consommation de gaz naturel, car les deux combustibles ont le même pouvoir calorifique. Le service de l'Énergie de Bienne précise dans son site Internet, que « Sur le plan physique, le gaz naturel et le biogaz sont des produits identiques. Tous deux sont incolores et inodores et ont le même pouvoir calorifique » (Bienne).

## **2. Le bois :**

Une solution de chauffage au bois est aussi envisageable. Or, selon les conseils du technicien venu sur place, il serait très coûteux de vider le vide sanitaire pour avoir suffisamment de place au stockage du bois. J'ai donc demandé un devis à l'entreprise Rombaldi SA, pour avoir un aperçu du prix que coûterait l'aménagement du vide sanitaire pour stocker les pellets, le prix s'élève à 93'000 CHF selon Annexe V. Dès lors, cette solution est écartée. Lors de l'analyse plus approfondie en vue du changement de l'installation de chauffage, je conseille tout de même d'analyser cette source d'énergie renouvelable, abondante dans notre région et neutre en CO<sub>2</sub>.

## **3. Le gaz :**

D'autres solutions peuvent être envisagées, mais lors d'accès à une source de gaz, les installateurs en chauffage basent souvent leurs idées d'améliorations sur cette source d'énergie. De plus, grâce à l'Annexe II, j'ai pu constater que l'installation de gaz était l'une des moins coûteuses. Pour ce faire, je vais me pencher sur deux solutions à base de gaz :

- Premièrement, remplacement des chaudières actuelles par celles à gaz à condensation.
- Deuxièmement, remplacement des chaudières par une installation de PAC à gaz « eau-eau ».

Le tableau ci-dessous compare les étiquettes énergétiques des différentes options de chauffage par rapport à leur rendement respectif :

Tableau 49 : Comparatif énergétique des systèmes (Sogaval, 2012)

Classe	Limites	Exemples de technologies permettant d'atteindre la classe d'efficacité énergétique
A+++	>120%	Pompes à chaleur à absorption à gaz (exemple: Ligne E3 et GAHP Robur)
		Pompes à chaleur électriques à sondes verticales
A++	>104%	Pompes à chaleur à gaz
		Meilleures pompes à chaleur électriques air-eau
A+	>88%	Meilleures chaudières à condensation + solaire
		Pompes à chaleur électriques avec récupération chaleur à partir de l'air intérieur
A	>80%	Meilleures chaudières à condensation
B	>72%	Meilleures chaudières basse température + solaire
C	>64%	Meilleures chaudières basse température
D	>56%	Meilleures chaudières atmosphériques + solaire
E	>48%	Meilleures chaudières atmosphériques
F	>40%	Chauffe-eau électrique avec accumulation + solaire
G	<40%	Chauffe-eau électrique

La classe énergétique de la PAC à absorption à gaz est située dans la meilleure des classes, avec un rendement situé entre 143 et 166% suivant la chaleur demandée. La chaudière à condensation se trouve elle en classe A, la chaudière à condensation proposée a un rendement de 98.6%. Par ce tableau, je peux suggérer d'opter pour la PAC à gaz étant donné que cette installation offre le meilleur rendement, mais plus de détails sur ce point seront présentés au chapitre rentabilité.

Il est déjà intéressant de constater qu'une PAC « eau-eau » peut-être envisagée sur le site de Châteauneuf comme démontré dans la Figure 16.

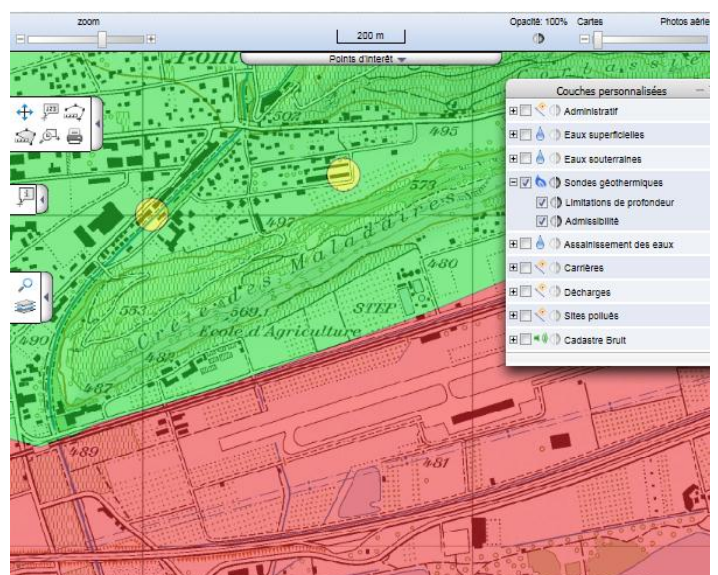


Figure 16 : Nappe phréatique (site Officiel de l'Etat du Valais)

## 5.3 Puissance de chauffe

Concernant la puissance de chauffe, il est très délicat de s'appuyer sur un calcul théorique de la consommation pour définir la puissance de l'installation. Dès lors, je ne vais pas m'appuyer sur le Tableau 48 qui a été effectué selon les calculs présentés dans le chapitre 3. Je vais me focaliser sur les informations obtenues concernant les bâtiments en question.

Tableau 50 : Consommation relevée des années précédentes (SBAT)

Consommation annuelle	2009	2010	2011	2012
Gaz	68791 m <sup>3</sup>	81873 m <sup>3</sup>	64920 m <sup>3</sup>	77289 m <sup>3</sup>
Électricité jour	40'788 kWh	40'060 kWh	34'606 kWh	34'356 kWh
Électricité nuit	13'731 kWh	10'330 kWh	8'402 kWh	7'948 kWh
Eau	3000 m <sup>3</sup>	2650 m <sup>3</sup>	2141 m <sup>3</sup>	2015 m <sup>3</sup>

La consommation moyenne de 2009 à 2012 est de 73'218 m<sup>3</sup> de gaz, soit 732'182 kWh. La puissance de chauffe a été calculée grâce à une brochure faite par l'Office Fédéral de l'Énergie (l'énergie). C'est un calcul plus simple, mais donnant un résultat fiable et relativement proche des évaluations plus expérimentées. Comme précisé sur l'Annexe VI, il faut diviser la consommation moyenne par 300, lorsque le chauffage est aussi utilisé pour chauffer l'eau sanitaire. De ce fait, je peux effectuer mon calcul :

$$73'218.25/300 = 244 \text{ kW}$$

La puissance nécessaire pour chauffer les trois bâtiments est donc de 244 kW.

## 5.4 Les deux variantes envisagées

### Chaudières à condensation :

La première variante concerne des chaudières à condensation, cette installation serait composée de deux RACs de 4 machines chacun, la puissance totale se monterait à 275 kW.

Chaudière à condensation,  
alimentée au gaz pour le chauffage.

#### PRO AY - Ligne RTY



Code	Modèle	Puissance Chauffage / refroidissement kW	Prix en CHF
F00G00111A	AY00-120	34.4kW	SFr. 4'250.00
<b>RTY Version Standar sans circulateur</b>			
FYYC000009	RTY00-240 - 2 unités	68.8kW	SFr. 13'405.00
FYYC000010	RTY00-360 - 3 unités	103.2kW	SFr. 18'755.00
FYYC000011	RTY00-480 - 4 unités	137.6kW	SFr. 23'670.00
FYYC000012	RTY00-600 - 5 unités	172.0kW	SFr. 29'480.00
<b>RTY Version Standar avec circulateur</b>			
FYYC000001	RTY00-240 - 2 unités	68.8kW	SFr. 14'195.00
FYYC000002	RTY00-360 - 3 unités	103.2kW	SFr. 19'940.00
FYYC000003	RTY00-480 - 4 unités	137.6kW	SFr. 25'250.00
FYYC000004	RTY00-600 - 5 unités	172.0kW	SFr. 31'450.00

Figure 17 : Chaudière à condensation - Prix (Robur 2013)

Le prix de cette installation serait de 54'092 CHF selon l'Annexe VIII. Selon l'Annexe X, le coût d'installation des RACs se monterait à approximativement 43'500 CHF pour enlever les chaudières précédentes, intégrer et mettre en fonction les nouvelles chaudières ainsi que l'installation des cheminées. La chaudière AY00-120 a, comme dit précédemment, un rendement de 98.6 %. Elle peut avoir une température maximale de 80°C pour la sortie d'eau chaude et donc subviendrait facilement à la quantité de chauffe des bâtiments « Écoles » de Châteauneuf de 65°C. Le coût annuel de l'entretien est d'approximativement 1'500 CHF. Dans le tableau ci-dessous, un calcul est présenté afin d'observer les gains annuels acquis avec cet aménagement.

Tableau 51 : Diminution de la consommation de gaz avec chaudières à condensation

<b>Chaudière à condensation</b>	
Consommation moyenne	73'218 m3
*	10.54 Wh/m3
=	771'718 kWh
*	0.06 CHF/kWh
Facture annuelle anciennes chaudières	46'303 CHF
Facture annuelle avec chaudières à condensation	37'042 CHF
Economie par année	9'261 CHF
Achat des machines (TVA comprise)	54'092 CHF
Coût d'installation (TVA comprise)	43'578 CHF
Frais d'entretien annuel	1'500 CHF
Rentabilité	13 ans

L'investissement reste raisonnable, la rentabilité est effectuée durant la 13<sup>ème</sup> année par rapport aux gains énergétiques acquis tout au long de ces années.

Les avantages de la chaudière à condensation :

- Elle peut être posée à l'extérieur sans aucun problème (matériaux résistants)
- Coût d'investissement moins élevé
- Coût d'installation plus faible car peut être envisagée à l'extérieur, pas de local
- Rendement amélioré car il y a une modulation sur 8 étages
- Consommation de gaz réduite dû fait de la modulation
- Meilleure sécurité de l'installation en cas de panne (il reste 7 machines si une tombe en panne)
- Si l'installation est à l'extérieur, il n'y a pas besoin d'installer de cheminée (pas de frais de ramonage)
- Possibilité d'eau chaude jusqu'à +80°C
- Consommation électrique négligeable (1 chaudière = 0,185 kW) les 8 = 1.5 kW
- Diminution de la consommation d'environ 20 %

## Pompe à chaleur à absorption à condensation :

La deuxième variante avec l'aménagement de PAC's à gaz. Cette installation serait composée de deux RACs de 3 machines chacun, la puissance totale se monterait à 260 kW.

Pompe à chaleur à absorption à condensation,  
alimentée au gaz pour le chauffage & climatisation.

**PRO GAHP Ligne WS - Séries RTWS**

**EAU - EAU**



Code	Modèle	Puissance de chauffage en kW	Prix en CHF
<b>Version Standard</b>			
FVWM000111A	GAHP-WS	43.9kW - 17.6kW	SFr. 18'535.00
<b>RTWS modules pré - assemblés avec/sans circulateur</b>			
FGWS000006	RTWS00-284 - 2 unités	87.8kW - 35.2kW	SFr. 45'365.00
FGWS000005	RTWS00-426 - 3 unités	131.7kW - 52.8kW	SFr. 67'675.00
FGWS000003	RTWS00-568 - 4 unités	175.6kW - 70.4kW	SFr. 88'655.00
FGWS000013	RTWS00-710 - 5 unités	219.5kW - 88.00kW	SFr. 108'315.00

Figure 18: Pompe à chaleur à absorption à condensation - Prix (Robur 2013)

Selon l'Annexe VII, le prix de cette installation se monterait à 149'142.60 CHF TVA comprise pour le matériel. D'après l'Annexe XI, le coût de l'installation se monte à un peu plus de 50'000 CHF. Dans le Tableau 52, un calcul est présenté afin de voir les gains annuels acquis avec cet aménagement. Le coût d'entretien annuel se monterait approximativement à 2'000 CHF.

La pompe à chaleur à gaz par absorption prétend au label EnR, entre 25 et 40% d'utilisation d'énergie renouvelable. Le coefficient de performance d'une PAC à gaz est situé entre 1.324 et 1.6 comme mentionné dans l'Annexe I. Cela signifie que pour un kW de gaz consommé, la machine produira entre 1.3 et 1.6 kW. Ce coefficient va varier en fonction de la température de l'eau de source et celle de l'eau à produire. Plus la différence entre ces températures sera basse, meilleur sera le rendement. Pour plus de détails sur la partie énergie renouvelable de cette installation et, en me référant à l'Annexe VI, je peux



démontrer que sur la puissance totale par machine, soit 35.8 kW pour une température de 65°C, 11.5 kW proviennent d'énergie renouvelable.

Cette solution serait idéale vis-à-vis des gains énergétiques pouvant être estimés aux alentours de 40 %. Je m'appuie sur les données de l'installation de l'entreprise « Ferd Lietti SA à Sion », qui a installé ce système il y a cinq ans ; leur consommation s'est vue réduite de 44 %. Les PAC's installées à « Lietti » sont des PAC's « air/eau ». En utilisant des PAC's « eau/eau », le rendement devrait être supérieur au PAC's « air/eau » car la différence de température entre l'entrée et la sortie d'eau est plus faible. Mais le rapport final devrait être assez similaire, car le degré de chauffage du site de Châteauneuf est 65° Celsius. En connaissant cette température, il n'est pas possible d'envisager des PAC's électriques car trop élevée pour cette installation, donc n'offrant pas un bon rendement. Il faut préciser que ces bâtiments sont anciens et qu'aucune rénovation complète jusqu'au délai d'assainissement des chaudières n'est envisagée. Je vais donc me baser sur des PAC's à gaz permettant de satisfaire une température élevée comme précitée. Le rendement d'une telle installation à cette température est de l'ordre de 143 %.

Dans le tableau ci-dessous, des calculs ont été effectués afin de visualiser le rendement de l'installation ainsi que les gains annuels envisageables.

**Tableau 52 : Diminution de la consommation de gaz avec des PAC's**

<b>Chauffage avec PAC à gaz</b>	
Consommation moyenne	73'218 m3
*	10.54 Wh/m3
=	771'718 kWh
*	0.06 CHF/kWh
Facture annuelle anciennes chaudières	46'303 CHF
Facture annuelle avec PAC's	27'782 CHF
Economie par année	18'521 CHF
Achat des machines (TVA comprise)	149'142 CHF
Coût d'installation (TVA comprise)	50'004 CHF
Frais d'entretien annuel	2'000 CHF
Rentabilité	13 ans

L'investissement est certes plus élevé mais sa rentabilité démontre la performance de l'installation. En effet, à partir de la 13<sup>ème</sup> année, l'investissement se verrait amorti par le total des gains énergétiques de ces treize années. La PAC à gaz reste une installation récente pour laquelle il y a eu quelques rapports concernant son efficacité. Cependant, il y en a eu beaucoup moins pour l'installation de ce type que pour des PAC's électriques, donc moins de tests effectués sur leur coefficient de rendement.

Les avantages de la PAC à gaz E3 WS selon les documents de Visa technologie à Saxon :

- « Jusqu'à 60% de réduction de frais de chauffage annuels par rapport aux meilleures chaudières à condensation
- Un bond en qualification énergétique, augmentant la valeur de l'immeuble
- Jusqu'à 60% de réduction des émissions de CO<sub>2</sub> par rapport aux meilleures chaudières à condensation
- La PAC E3 WS est en mesure de moduler sa puissance entre 100 % et 50 % s'adaptant mieux aux variations des besoins tout en assurant un confort optimal » (Robur)
- Utilisation d'énergie renouvelable
- Diminution de la consommation d'environ 40 %
- Peut être utilisée pour le chauffage et la climatisation

Il serait aussi possible d'installer des machines séparées au lieu des RACs. Néanmoins, l'avantage de ces derniers est que les raccordements sont déjà prêts ; un seul raccordement pour le RAC au lieu d'un raccordement par machine. Dès lors, le prix serait plus élevé car l'installation prendra plus de temps et la surface sera plus grande. Il existe encore un avantage avec plusieurs chaudières à condensation ou PAC's à gaz : lorsqu'une machine tombe en panne, les autres restent opérationnelles et permettent de conserver une bonne température dans les bâtiments. Dans le cas où l'installation aurait été établie sur une seule chaudière de 200 kW, si celle-ci tombe en panne, la possibilité pour chauffer les écoles serait réduite.

## 5.5 Rentabilité

Dans le tableau ci-dessous, je vais décrire la rentabilité des deux variantes à long terme, sachant que la durée de vie est de plus ou moins 20 ans. Dans ce calcul de rentabilité j'ai pris en compte les montants d'achats : des machines, de l'installation, ainsi que les frais annuels d'entretien. Les chiffres ont été effectués sur un aménagement à l'intérieur du bâtiment EPSC.

Tableau 53 : Rentabilité des deux variantes

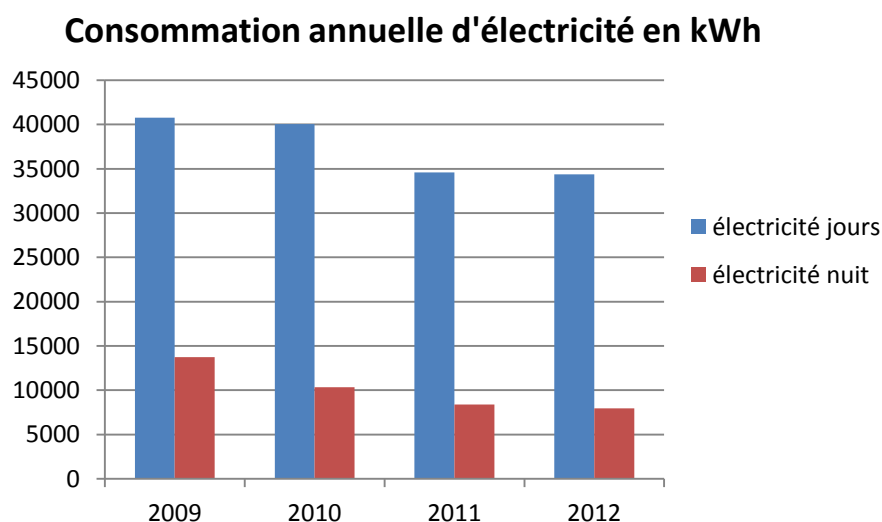
Rentabilité des deux variantes		
Année	PAC	Condensation
1	-182'625 CHF	-89'909 CHF
2	-166'104 CHF	-82'149 CHF
3	-149'582 CHF	-74'388 CHF
4	-133'061 CHF	-66'628 CHF
5	-116'540 CHF	-58'867 CHF
6	-100'019 CHF	-51'106 CHF
7	-83'497 CHF	-43'346 CHF
8	-66'976 CHF	-35'585 CHF
9	-50'455 CHF	-27'824 CHF
10	-33'934 CHF	-20'064 CHF
11	-17'413 CHF	-12'303 CHF
12	-891 CHF	-4'543 CHF
13	15'630 CHF	3'218 CHF
14	32'151 CHF	10'979 CHF
15	48'672 CHF	18'739 CHF
16	65'194 CHF	26'500 CHF
17	81'715 CHF	34'260 CHF
18	98'236 CHF	42'021 CHF
19	114'757 CHF	49'782 CHF
20	131'279 CHF	57'542 CHF

Je peux constater que la variante avec des chaudières à condensation est meilleure et engendre un plus petit investissement. Cependant, à long terme, les gains estimés avec la variante PAC sont beaucoup plus élevés qu'avec celle des chaudières à condensation. L'installation ayant une durée de vie de vingt ans, je favoriserais le choix sur la variante deux, les PAC's à gaz. En effet, elle permet une diminution plus conséquente de gaz, et donc un allègement financier plus avantageux à long terme ; de plus, elle exploite des EnR, répond aux objectifs de la norme ISO 14'001.

## 6. Panneaux photovoltaïques

La consommation d'électricité annuelle pour les trois écoles ainsi que le bâtiment SCA varie entre 43'000 kWh et 53'000 kWh. La moyenne des quatre dernières années est de 47'555 kWh. Cependant, durant les deux dernières années, la consommation était en baisse et se trouvait plus proche des 43'000 kWh. Je pense qu'il serait intéressant d'installer des compteurs distincts par bâtiment, afin de déceler la provenance des fortes consommations électriques, et de pouvoir y apporter des solutions.

Tableau 54 : Consommation annuelle d'électricité, (SBAT 2013)



L'ensoleillement au cœur du Valais favorise l'installation de panneaux photovoltaïques ou thermiques. En effet, c'est une des régions de Suisse la plus ensoleillée. Avec une forte consommation électrique comme constatée dans le graphique ci-dessus, il serait avantageux pour l'École de l'Agriculture d'utiliser une de ses surfaces de toit afin de produire de l'électricité. Il n'est pas intéressant pour cette institution d'installer des panneaux thermiques car la consommation d'eau chaude est faible et uniquement utilisée pour la cuisine.

## 6.1 Proximité de l'aérodrome

Comme décrit ci-après, l'emplacement géographique du site de Châteauneuf peut poser un problème. En effet, sa situation à proximité de l'aérodrome de Sion compromet la possibilité de production d'énergie verte.



Site du service de l'agriculture du Valais

Figure 19 : Vue avec google map

Dès lors, obtenir l'autorisation pour l'installation de panneaux photovoltaïques devient compliqué. L'aérodrome de Sion sollicite un dossier complet sur les conséquences d'éblouissement des pilotes, provoqué par les panneaux solaires. Pour ce faire, j'ai contacté Monsieur ELLERT de la HES-SO Sion, qui avait aussi deux projets concernant des panneaux photovoltaïques aux alentours de l'aérodrome de Sion. Un logiciel permettant de calculer le taux d'éblouissement des pilotes par rapport au positionnement de l'installation solaire est à l'étude.

Ce logiciel programmeur prend en considération les différents couloirs aériens utilisés par les avions et les hélicoptères aux alentours de l'aérodrome, mais n'est toujours pas en fonction. Dès lors, j'ai proposé mes services afin de définir tous les couloirs aériens sur plusieurs feuilles excels afin que le programmeur puisse les entrer dans le logiciel pour le finaliser. Toutes les données doivent y figurer, en comprenant la hauteur, la latitude, la longitude et la direction de chaque couloir aérien. Suite à cela, l'aérodrome devra délibérer sur l'acceptabilité du logiciel. Cependant, cela prendra du temps ; dès lors, nous allons effectuer des tests pour se faire une petite idée sur la possibilité de mettre en œuvre cette installation en attendant la délibération de l'aérodrome.

Le but du logiciel est de déceler tous les couloirs aériens de l'aérodrome, et analyser si ceux-ci peuvent être perturbés par l'emplacement du bâtiment où l'installation solaire veut être aménagée. Pour ce faire, le logiciel comprend l'inclinaison, la hauteur, et l'emplacement exact du bâtiment, les différentes caractéristiques des panneaux solaires, les différents couloirs aériens et la position du soleil par rapport aux heures de la journée et aux mois de l'année.

## 6.2 Lieu et orientation :

Le toit le plus propice du site de Châteauneuf pour installer des panneaux photovoltaïques est encadré en rouge ci-dessous :

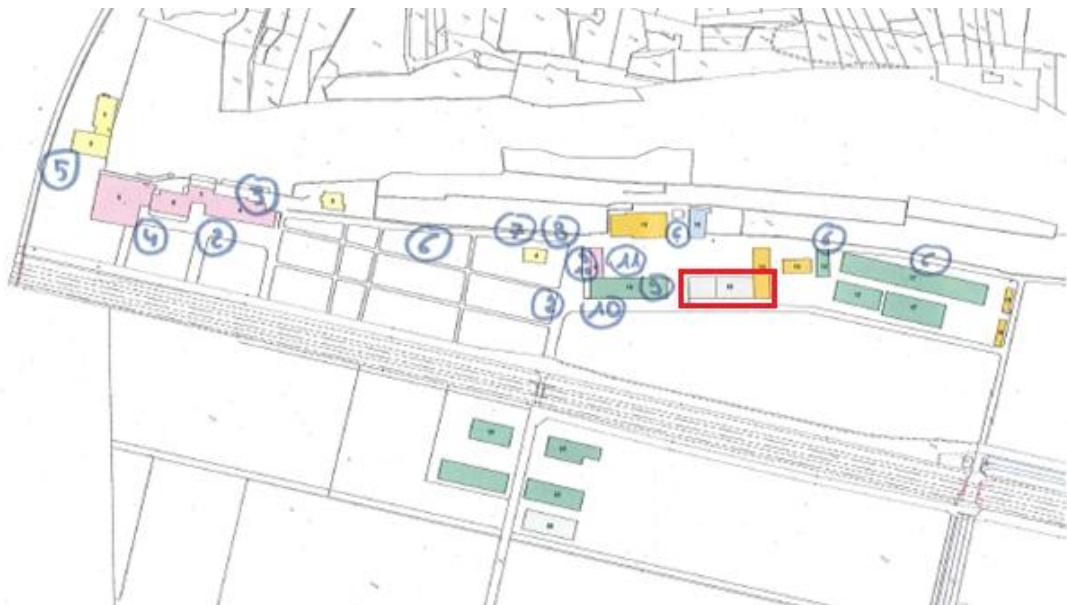


Figure 20 : Situation du toit pour l'installation de PV

La pose de panneaux photovoltaïques va être envisagée sur le côté sud du toit du bâtiment démontré dans la figure ci-dessus. Cependant, elle est positionnée directement face à l'aérodrome, ce qui pourrait poser un problème pour ce dernier. Pour expliquer la procédure du logiciel, j'ai rencontré Monsieur BUTHEY Pascal, pilote de profession, en date du 27.06.2013. Cette dernière a pu me rassurer sur la possibilité d'envisager ce projet. La

question préoccupante des pilotes reste le soleil, surtout le couchant. Toutefois, des panneaux solaires pourraient être embarrassants pour les pilotes, mais bien moins que le soleil. En effet, si les rayons reflétant sur l'installation éblouissaient le pilote, cela se ferait en l'espace d'un instant, étant donné la vitesse des avions ou hélicoptères. Ceci ne devrait donc pas être des plus dérangeants pour les pilotes.

Il est important de préciser que cette construction est ancienne, donc le moment idéal pour mettre en place une telle installation sur son toit, serait lors de l'assainissement du bâtiment. En effet, cela permettrait d'aménager la toiture afin de supporter le poids de l'installation pour de longues années.

### 6.3 Caractéristiques du toit

La largeur du toit côté sud est de 7,50 mètres et sa longueur est de 52 mètres. La surface totale mise à disposition pour l'éventuelle pose de panneaux photovoltaïques est donc de 390 m<sup>2</sup>. En prenant en compte la dimension des PV qui est de 1.66 mètres de longueur pour un mètre de largeur, je peux trouver la surface constructible. Il est possible de mettre sept PV sur la largeur et trente sur la longueur. La surface totale des PV se montent donc à 348.6 m<sup>2</sup>. L'inclinaison du toit est de 11°.



Figure 21 : Toit pour l'installation de PV

## 6.4 Production, investissement, amortissement :

Tableau 55 : Rendement des PV

<b>Calcul de la production annuelle d'électricité</b>	
Heures d'ensoleillement	2'025
Rayonnement solaire (W/m <sup>2</sup> )	800
Rendement	0.1
<b>Production (kWh/m<sup>2</sup>/an)</b>	<b>162</b>
Surface en m <sup>2</sup> de l'installation	348.6
<b>Production par année</b>	<b>56'473 kWh</b>
Prix / m <sup>2</sup>	387.1
<b>Prix total</b>	<b>134'946 CHF</b>
Montant touché par les RPC au kWh	0.199
<b>Gain total par année/production</b>	<b>11'238 CHF</b>
<b>Amortissement (années)</b>	<b>Durant la 13<sup>ème</sup> année</b>
<b>Durée de vie des panneaux</b>	<b>25 ans</b>
<b>Production totale en kWh</b>	<b>1'271'212</b>
<b>Montant total gagné par les RPC</b>	<b>252'971 CHF</b>
<b>Gain total durant les 25 ans</b>	<b>118'025 CHF</b>

Explication du calcul :

Afin de trouver la production par m<sup>2</sup>, j'ai multiplié les heures d'ensoleillement (Suntag.ch) par le rayonnement solaire ainsi que par le rendement. Dès lors, j'ai trouvé le gain de 162 kWh par m<sup>2</sup>. J'ai multiplié ce montant par le nombre de m<sup>2</sup>, ce qui me donne une production annuelle de 56'473 kWh. Le coût de l'installation est fixé sur un prix 387.10 CHF par m<sup>2</sup> de panneaux photovoltaïques. Ce prix a été déterminé selon l'Annexe XII, qui est un devis effectué par l'entreprise Valsol. J'ai donc multiplié les m<sup>2</sup> totaux par le prix au m<sup>2</sup>. J'ai obtenu un investissement de 134'946 CHF. La rétribution à prix coûtant du courant injecté (RPC) sera de 0.199 centimes par kWh pour une installation en juin 2014. (Swissgrid) Avec une production de 56'473 kWh par année, le montant gagné s'élève à 11'238 CHF par année.



L'amortissement est calculé en fonction des gains annuels acquis durant les années de fonctionnement. Afin d'être au plus juste, il faudrait diminuer la production annuelle de quelques pourcents lorsque les panneaux photovoltaïques vieillissent, car leur rendement diminue au fil des années. Selon les données transmises par Monsieur David BALET, Service des Bâtiments, Monuments et Archéologie de l'État du Valais, le rendement des PV en fin de vie est de 80%. Pour certifier ces informations, je me suis appuyé sur l'Annexe XII qui stipule que le rendement après 10 ans et de plus de 90% et qu'après 25 ans le rendement se situe au-dessus de 80%. En tenant compte que la durée de vie des panneaux photovoltaïques se situe entre 20 et 25 ans, je vais ôter 0.83 pourcent par année, pour atteindre, à 25 ans, un rendement d'environ 80%. Je peux donc calculer la production totale de l'installation durant ces 25 années d'espérance de vie.

Tableau 56 : Calcul de la production en 25 ans

Année	Production annuelle	Rendement des panneaux	Gain financier annuel	Rentabilité
1	56'473 kWh	100.00%	11'238 CHF	-123'708 CHF
2	56'004 kWh	99.17%	11'145 CHF	-112'563 CHF
3	55'536 kWh	98.34%	11'052 CHF	-101'511 CHF
4	55'067 kWh	97.51%	10'958 CHF	-90'553 CHF
5	54'598 kWh	96.68%	10'865 CHF	-79'688 CHF
6	54'130 kWh	95.85%	10'772 CHF	-68'916 CHF
7	53'661 kWh	95.02%	10'679 CHF	-58'238 CHF
8	53'192 kWh	94.19%	10'585 CHF	-47'652 CHF
9	52'723 kWh	93.36%	10'492 CHF	-37'160 CHF
10	52'255 kWh	92.53%	10'399 CHF	-26'762 CHF
11	51'786 kWh	91.70%	10'305 CHF	-16'456 CHF
12	51'317 kWh	90.87%	10'212 CHF	-6'244 CHF
13	50'848 kWh	90.04%	10'119 CHF	3'875 CHF
14	50'380 kWh	89.21%	10'026 CHF	13'900 CHF
15	49'911 kWh	88.38%	9'932 CHF	23'832 CHF
16	49'442 kWh	87.55%	9'839 CHF	33'671 CHF
17	48'974 kWh	86.72%	9'746 CHF	43'417 CHF
18	48'505 kWh	85.89%	9'652 CHF	53'070 CHF
19	48'036 kWh	85.06%	9'559 CHF	62'629 CHF
20	47'567 kWh	84.23%	9'466 CHF	72'095 CHF
21	47'099 kWh	83.40%	9'373 CHF	81'467 CHF
22	46'630 kWh	82.57%	9'279 CHF	90'747 CHF
23	46'161 kWh	81.74%	9'186 CHF	99'933 CHF
24	45'692 kWh	80.91%	9'093 CHF	109'026 CHF
25	45'224 kWh	80.08%	9'000 CHF	118'025 CHF
<b>Total</b>	<b>1'271'212 kWh</b>		<b>252'971 CHF</b>	<b>118'025 CHF</b>

Selon le Tableau 56, l'amortissement se fait dès la 13<sup>ème</sup> année. Par conséquent, grâce à cette installation, le propriétaire peut envisager un gain final de 118'025 CHF sur 25 ans.

La facture moyenne d'électricité des quatre dernières années est de 47'555 kWh \* 0.18 CHF, soit 8'560 CHF par année. Le coût de 18 centimes par kWh a été déterminé pour la région de Sion selon l'Annexe III, en me basant sur les prix pour la ville de Sion et en y ajoutant le montant de 8% de TVA. Les bénéfices acquis en 25 ans grâce à l'installation de PV, permettraient de payer la facture d'électricité de l'école durant plus de 13 années.

Selon l'annexe XII et XIII, la production annuelle calculée par l'entreprise Valsol se situe à 58'400 kWh. Ce chiffre est réellement proche de celui que j'ai calculé, soit de 56'473 kWh. Je me suis donc permis de garder le montant que j'ai obtenu afin de ne pas surestimer mes calculs.

## 7. L'eau

La consommation totale de l'eau des quatre dernières années est présentée dans le tableau ci-dessous :

Tableau 57 : Consommation annuelle d'eau (SBAT)

Consommation annuelle	2009	2010	2011	2012
Eau	3000 m <sup>3</sup>	2650 m <sup>3</sup>	2141 m <sup>3</sup>	2015 m <sup>3</sup>

Je peux constater que les besoins en eau ont diminué d'un tiers entre 2009 et 2012. Cependant, il est difficile de se focaliser sur cette consommation, car il n'y a pas de séparation entre l'utilisation de l'eau à l'intérieur comme à l'extérieur. Dès lors, il serait intéressant d'y remédier pour vérifier à long terme si une cave récupératrice d'eau de pluie serait intéressante pour les Écoles de Châteauneuf. Selon les renseignements acquis auprès de RVG Conseils, entreprise travaillant dans la technique du bâtiment et ayant un penchant pour les caves à récupérations d'eau de pluie, j'ai pu effectuer un calcul sur la quantité d'eau par année récupérée sur les trois toits des Écoles du site de l'Agriculture de Châteauneuf.

Tableau 58 : Calcul de récupération d'eau de pluie

	Surface du toit
Bâtiment EAV	615.30 m <sup>2</sup>
Bâtiment EM	523.05 m <sup>2</sup>
Bâtiment EPSC	1089.00 m <sup>2</sup>
Total	2227.35 m <sup>2</sup>
Récupération d'eau par année	1'222'815.2 litres/année
	1'222.8 m <sup>3</sup> /année

La surface totale des trois couvertures des Écoles du site de Châteauneuf est de 2'227.35 m<sup>2</sup>. Le calcul effectué par l'entreprise RVG Conseils donne pour Sion une récupération d'eau de pluie de 610 litres par année par m<sup>2</sup>. Il suffit de multiplier ce montant par le nombre de m<sup>2</sup> et de le multiplier par 0.9 pour prendre en compte l'évaporation ; j'obtiens une récupération annuelle de 1'222.80 m<sup>3</sup> d'eau par année. Cette eau serait utilisable pour l'arrosage extérieur. C'est pourquoi il serait intéressant de séparer la consommation d'eau intérieure et extérieure, afin d'observer si cette solution est nécessaire pour l'arrosage effectué à l'extérieur des Écoles de Châteauneuf. Cette eau pourrait aussi être utilisée pour les sanitaires. Cependant, lors de rénovation, comme c'est le cas sur ces bâtiments, il faudrait séparer les conduites d'eau potable de celles



Figure 22 : Aperçu des toits des écoles EAV, EM, EPSC (MBD SA Architectes SIA, 2011)

d'eau de pluie, utilisées pour les toilettes, lave-linge et arrosage du jardin. Le travail réalisé pour cette séparation engendre un coût élevé, c'est pour cela qu'il est rare d'exécuter une telle installation lors de rénovation. La quantité de la cuve doit être calculée en fonction des besoins en arrosage par jour. Il faut les multiplier par 30, pour définir le volume idéal de la cuve. Ne bénéficiant pas des consommations extérieures des bâtiments, je n'ai pas fait davantage de recherche. Cette approche sera prise en compte lorsque les compteurs d'eau extérieurs et intérieurs auront été séparés.

# Conclusion

Ce dossier démontre quelques pistes pour améliorer le rapport entre le site de l'Agriculture de Châteauneuf et la norme ISO 14'001. En mettant en vigueur ces diverses recommandations, les bâtiments des Ecoles de l'Agriculture verront leurs consommations diminuer. Il est fort intéressant de voir que la rentabilité des investissements du chauffage et des PV se situe à 13 ans. Les améliorations sur l'enveloppe du bâtiment sont beaucoup plus lentes à amortir. Toutefois, ces bâtiments ont une grande durée de vie, dès lors, il serait intéressant d'investir dans l'assainissement de ceux-ci. Une fois le montant des investissements amorti, le site continuera de bénéficier de la diminution de la consommation et aura ainsi allégé ses frais annuels.

Ce dossier a aussi apporté aux Services de l'Agriculture des solutions en vue du délai d'assainissement des chaudières. Celles-ci pourront être visualisées lorsque la décision de les changer sera prise. Deux variantes ont été développées, toutes deux ont une rentabilité de 13 ans. Cependant, la variante PAC à gaz pourrait amener un gain de 131'279 CHF sur 20 ans, tandis qu'avec la variante chaudières à condensation, le gain se monterait à seulement 57'542 CHF. Le remplacement des chaudières est un élément essentiel en vue de la norme ISO 14'001, cela permettrait de réduire considérablement la consommation d'énergies fossiles et pourrait favoriser une source d'énergie renouvelable.

La promotion d'énergie renouvelable par le biais de PV apportera plus de 56'000 kWh par année, et un gain financier annuel de plus de 11'000 CHF durant les premières années. Là aussi, dès la 13<sup>ème</sup> année l'installation serait amortie. L'Etat du Valais continuera à bénéficier d'un gain annuel tout au long de la durée de vie des PV, ce qui amènera un bénéfice d'environ 118'000 CHF.

En fonction des nouvelles normes sur la consommation et la transition énergétique, l'Etat du Valais se verra dans l'obligation de demander à ses citoyens de changer leur comportement et d'assainir leur logement. En effectuant ces travaux, il se place dans une bonne position et montre l'exemple sur une éventuelle évolution contre la surconsommation de l'énergie dans les bâtiments.

# Limites

Ce travail de Bachelor est très spécifique à plusieurs domaines distincts. Il a été difficile d'obtenir les informations concernant les chiffres précis des coûts d'installation auprès des différentes professions pour appuyer mes propos. Il faut dire que chaque entreprise travaille dans un but financier, de ce fait lorsqu'une demande est effectuée sans contre-prestation monétaire, avoir un retour n'est pas des plus aisés.

J'ai aussi été amené à prendre contact avec plusieurs personnes du métier pour tenter de trouver les renseignements adéquats, ce qui n'a pas toujours été concluant. Afin de finaliser mes recherches, j'ai dû estimer des valeurs tout en m'appuyant sur les compétences de personnes du domaine en question.

Concernant le chauffage, je n'ai pas pu traiter toutes les possibilités car il en existe énormément. Dès lors, j'ai orienté mes priorités par rapport aux recherches documentaires. Néanmoins, j'ai trouvé intéressant de faire part de certaines possibilités sans toutefois les analyser dans les moindres détails. L'entreprise mandante pourra conclure : « cette idée est intéressante, je pense qu'il faudrait l'analyser plus en détail » ou « cette idée n'est pas propice à nos besoins ».

Le logiciel n'a pas pu être totalement fini pour la date de remise de mon travail de Bachelor, toutefois un test a été effectué, vous pouvez consulter quelques exemples du logiciel dans l'Annexe XIV. Cependant, les analyses n'ont pas été interprétées, il serait intéressant de les commenter une fois que toutes les données seront insérées dans le logiciel.

Je n'ai pas pu faire plus de recherches sur la diminution de l'eau car il n'y a pas de compteur séparé entre la consommation intérieure et extérieure.

# Sources

<http://www.gaz-naturel.ch/gaz-naturel/prix/>

<http://www.energie-environnement.ch/maison/renovation-et-chauffage/vitrage-fenetre>

[http://www.actuenvironnement.com/ae/news/performance\\_thermique\\_cstb\\_fenetre\\_3680.php4](http://www.actuenvironnement.com/ae/news/performance_thermique_cstb_fenetre_3680.php4)

<http://www.energie-environnement.ch/maison/renovation-et-chauffage/isolation/421>

<http://www.vs.ch/Navig/navig.asp?MenuID=22615>

<http://www.bonasavoir.ch/file/prix-du-kWh-en-2013.pdf>

[http://ch.he.fr.danfoss.com/PCMPDF/EU\\_Broschure\\_%20Switzerland\\_\(french\)%20v1.pdf](http://ch.he.fr.danfoss.com/PCMPDF/EU_Broschure_%20Switzerland_(french)%20v1.pdf)

[http://www.visasaxon.ch/cariboost\\_files/Plaqueette\\_20PAC.pdf](http://www.visasaxon.ch/cariboost_files/Plaqueette_20PAC.pdf)

<http://www.eau-de-pluie.ch/index.php?page=generalites&cat=40>

<http://lerablog.org/business/business-energy-management/>

# Travaux cités

Bienne, S. d. (s.d.). *gaz naturel*. Récupéré sur Energie service Biel/Bienne:

<http://www.esb.ch/fr/produits/gaz-naturel/faq/>

GD Climat. (2011).

l'ISO, S. c. (s.d.). La famille ISO 14000. Récupéré sur ISO:

[http://www.iso.org/iso/fr/theiso14000family\\_2009.pdf](http://www.iso.org/iso/fr/theiso14000family_2009.pdf)

l'énergie, O. f. (s.d.). Dimensionnement des chaudières à mazout et à gaz. Récupéré sur

[http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=fr&name=fr\\_112167119.pdf](http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=fr&name=fr_112167119.pdf)

l'environnement, s. c. (s.d.). *energie-environnement.ch*. Récupéré sur <http://www.energie-environnement.ch/maison/renovation-et-chauffage/isolation/421>

MétéoSuisse. (s.d.). *Données météo*. Récupéré sur Site officiel du canton du Valais:

<http://www.vs.ch/Navig/navig.asp?MenuID=16658&RefMenuID=0&RefServiceID=0>

Michel Bonvin, R. V. (2012, 09 3). Energy Management - Techniques énergétiques. Suisse.

Robur, V. t. (s.d.). Plaquette PAC. Saxon. Récupéré sur

[http://www.visasaxon.ch/cariboost\\_files/Plaquette\\_20PAC.pdf](http://www.visasaxon.ch/cariboost_files/Plaquette_20PAC.pdf)

savoir, B. à. (2013). Récupéré sur Bonasavoir.ch: <http://www.bonasavoir.ch/file/prix-du-kWh-en-2013.pdf>

services de l'énergie et de l'environnement des cantons de Berne, F. G. (s.d.). *energie-environnement.ch*. Récupéré sur <http://www.energie-environnement.ch/maison/renovation-et-chauffage/isolation/421>

Suntag.ch. (s.d.). *Suntag*. Récupéré sur <http://suntag.ch/index.php>

Swissgrid. (s.d.). *Tarificateur pour petite centrale photovoltaïque*. Récupéré sur Swissgrid:

<https://www.guarantee-of-origin.ch/swissforms/TarifPho.aspx?Language=FR>

# Personnes sollicitées

BALET David	Service des Bâtiments de l'Etat du Valais, Sion
BITZ Raphaël	Rombaldi SA, Sion
BONVIN Ludovic	GD Climat, Sion
BONVIN Michel	HES Sion/Sierre
BUTHEY Pascal	Pilote, Aéroport de Sion
CINA Pierre-Yves	Service de l'Énergie, Ingénieur ETS, Sion
ELLERT Christoph	HES Sion
FAVRE Luc	Responsable Step ville de Sion
FELLEY Patricia	Aéroport de Sion
HAUSAUMMANN Bertrand	GD Climat, Sion
JACQUEMET Guy	Service de l'Énergie, Ingénieur HES, Sion
JACQUEMET Pierre-Alain	Agent d'exploitation du site de l'Agriculture, Châteauneuf
LIAND-DEBONS Eugénie	Assistante de Direction, Service de l'Agriculture, Châteauneuf
MERCADAL François	TECSA, Conthey
MORARD Christian	GD Climat, Sion
MORARD Nicolas	énergie Sion Région, Sogaval, Sion
MÜLLER Caspar W.	Valsol, installations solaires et éoliennes, Ravoire
RODRIGUEZ Francisco	Visa technologie, Saxon



# Attestation

« Je déclare, par ce document, que j'ai effectué le travail de bachelor ci-annexé seul, sans autre aide que celles dûment signalées dans les références, et que je n'ai utilisé que les sources expressément mentionnées. Je ne donnerai aucune copie de ce rapport à un tiers sans l'autorisation conjointe du RF et du professeur chargé du suivi du travail de bachelor, y compris au partenaire de recherche appliquée avec lequel j'ai collaboré, à l'exception des personnes qui m'ont fourni les principales informations nécessaires à la rédaction de ce travail et que je cite ci-après :

- JACQUEMET Pierre-Alain, agent d'exploitation du site de l'Agriculture de Châteauneuf ;
- LIAND-DEBONS Eugénie, Assistante de Direction, Service de l'Agriculture, Châteauneuf ;
- JACQUEMET Guy, Service de l'Énergie, Sion ;
- RODRIGUEZ Francisco, Visa technologie, Saxon ;
- ELLERT Christoph, Professeur HES-SO, Sion. »

Aigle, le 10.07.2013

Maxime BAGNOUD

# Listes des annexes :

## Annexe I


### Rendement de la PAC à gaz à absorption

Efficiency (GUE) *(rendement)*

		Water delivery temperature							
		Heating						DHW	
		35 °C	40 °C	45 °C	50 °C	55 °C	60 °C	65 °C	70 °C
Water return temperature to evaporator	6 °C	1.734	1.697	1.630	1.563	1.478	1.401	1.324	1.000
	7 °C	1.736	1.702	1.644	1.585	1.501	1.424	1.346	1.023
	8 °C	1.738	1.707	1.657	1.607	1.524	1.448	1.372	1.039
	9 °C	1.740	1.711	1.670	1.629	1.547	1.471	1.396	1.052
	10 °C	1.743	1.716	1.683	1.651	1.570	1.495	1.419	1.078
	11 °C	1.743	1.719	1.689	1.659	1.578	1.503	1.428	1.093
	12 °C	1.743	1.722	1.694	1.667	1.587	1.512	1.438	1.100
	13 °C	1.743	1.724	1.699	1.675	1.595	1.521	1.447	1.108
	14 °C	1.743	1.727	1.705	1.683	1.604	1.530	1.456	1.115
	15 °C	1.743	1.728	1.709	1.690	1.612	1.539	1.465	1.122
	16 °C	1.743	1.728	1.713	1.698	1.621	1.548	1.474	1.130
	17 °C	1.743	1.728	1.717	1.706	1.630	1.556	1.483	1.137
	18 °C	1.743	1.728	1.721	1.714	1.638	1.565	1.492	1.145
	19 °C	1.743	1.728	1.725	1.722	1.647	1.574	1.502	1.152
	20 °C	1.743	1.728	1.729	1.730	1.655	1.583	1.511	1.160
	21 °C	1.743	1.728	1.729	1.730	1.664	1.592	1.520	1.167
	22 °C	1.743	1.728	1.729	1.730	1.672	1.601	1.529	1.175
23 °C	1.743	1.728	1.729	1.730	1.681	1.609	1.538	1.182	
24 °C	1.743	1.728	1.729	1.730	1.689	1.618	1.547	1.189	
25 °C	1.743	1.728	1.729	1.730	1.698	1.627	1.556	1.197	
26 °C	1.743	1.728	1.729	1.730	1.698	1.632	1.565	1.204	
27 °C	1.743	1.728	1.729	1.730	1.698	1.636	1.575	1.212	
28 °C	1.743	1.728	1.729	1.730	1.698	1.641	1.584	1.219	
29 °C	1.743	1.728	1.729	1.730	1.698	1.645	1.593	1.227	
30 °C	1.743	1.728	1.729	1.730	1.698	1.650	1.602	1.234	

# Annexe II

## Comparaison des coûts de différents systèmes de chauffage (gaz naturel, 11.2012)

Comparaison des coûts de différents systèmes de chauffage (bâtiment neuf)															gaz naturel 	
Exemple d'une maison familiale																
Besoins en énergie kWh/a	Chauffage à gaz 10 kWh/m3		Gaz/Solaire (1) 10 kWh/m3		Chauffage au mazout 10 kWh/l		Mazout/Solaire (1) 10 kWh/l		Bois (2) 4 kWh/kg		Granulés de bois (3,4) 5 kWh/kg		Pompe à chaleur (air / eau)		Pompe à chaleur (sol / eau)	
	Investis.	Amortis. et exploit.	Investis.	Amortis. et exploit.	Investis.	Amortis. et exploit.	Investis.	Amortis. et exploit.	Investis.	Amortis. et exploit.	Invest.	Amortis. et exploit.	Investis.	Amortis. et exploit.	Investis.	Amortis. et exploit.
20'000																
Rendement de l'installation	98%		98%		95%		95%		85%		90%		230%		350%	
Besoins en énergie brut (kWh/a)		20'408		20'408		21'053		21'053		23'529		22'222		8'696		5'714
Besoins de chaleur solaire (kWh/a)		0		4'000		0		4'000		0		0		0		0
Besoins en énergie net (kWh/a)		20'408		16'408		21'053		17'053		23'529		22'222		8'696		5'714
Coût du système de chauffage et des composants nécessaires (régulateur, citerne, sondes de sol, pompes, préparation d'eau chaude, etc.) sans système de distribution 15/30 ans d'amortis., intérêts 4.0%	12'000.00		28'000.00		15'000.00		31'000.00		19'000.00		40'000.00		25'000.00		45'000.00	
		1'090.00		2'016.00		1'189.00		2'114.00		1'613.00		3'214.00		2'249.00		3'370.00
Coût des locaux nécessaires (env. 300 - par m3) 30 ans d'Amortis., intérêts 4.0%	600.00		1'200.00		3'000.00		3'600.00		4'800.00		3'000.00		1'800.00		600.00	
		35.00		70.00		174.00		209.00		278.00		174.00		105.00		35.00
Entretien annuel, contrôles		400.00		500.00		600.00		700.00		700.00		800.00	(5)	300.00	(5)	300.00
Coûts d'énergie cts./kWh	10.00		10.00		11.10		11.10		6.00		7.70		18.00		18.00	
Coûts annuels de l'énergie		Fr. 2'041		Fr. 1'641		Fr. 2'337		Fr. 1'893		Fr. 1'412		Fr. 1'711		Fr. 1'565		Fr. 1'029
<b>Coûts annuels de service</b>		<b>Fr. 3'566</b>		<b>Fr. 4'227</b>		<b>Fr. 4'300</b>		<b>Fr. 4'916</b>		<b>Fr. 4'003</b>		<b>Fr. 5'899</b>		<b>Fr. 4'219</b>		<b>Fr. 4'734</b>
<b>Pour</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>coûts d'exploitation et d'achat</li> <li>confort</li> <li>gain de place (chaudière murale)</li> <li>rendement (condensation, modulation)</li> <li>moins de formation de CO<sub>2</sub> (25%) et de pollution de l'air que le mazout</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>solaire: énergie gratuite</li> <li>faible charge sur l'environnement</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>coûts d'exploitation et d'achat</li> <li>énergie stockable</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>solaire: énergie gratuite</li> <li>faible charge sur l'environnement</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>bois: énergie renouvelable</li> <li>bilan CO<sub>2</sub> neutre</li> <li>énergie stockable</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Presque neutre en CO<sub>2</sub></li> <li>Chaudière modulante</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>pas de charge locale sur l'environnement</li> <li>faibles frais d'exploitation</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>pas de charge locale sur l'environnement</li> <li>très haut rendement annuel</li> </ul>	
<b>Contre</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>générateur de CO<sub>2</sub></li> <li>charge sur l'air (90% de moins que le mazout)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>coût d'achat</li> <li>formation de CO<sub>2</sub> et charge sur l'air (cependant moins que le mazout)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>générateur de CO<sub>2</sub></li> <li>pollution de l'air</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>coût d'achat</li> <li>formation de CO<sub>2</sub> et pollution de l'air</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>charge sur l'air</li> <li>coûts d'achat</li> <li>travail pénible</li> <li>Evacuation des cendres</li> <li>Poussières fines PM2,5/PM10</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Grosse charge sur l'air</li> <li>Evacuation des cendres</li> <li>Poussières fines PM2,5 / PM10</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>40% de courant nucléaire</li> <li>CO<sub>2</sub> selon origine du courant</li> <li>brut</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>40% courant nucléaire</li> <li>CO<sub>2</sub> selon origine du courant</li> <li>pas partout autorisé (eau souterraine)</li> </ul>	

0) La durée de vie des différents systèmes de chauffage: environ 15-20 ans  
 1) Système solaire de 5 m2 avec module photovoltaïque pour l'autorégulation avec armoire de chauffage et accumulateur d'eau chaude: environ 20% des besoins de chaleur par le solaire  
 2) Chaudière à gazéification de copeaux de bois avec accumulateur, selon Windhager SA, sans les coûts annuels pour filtre à particules et contrôle de combustion  
 3) Sans évacuation des boues  
 4) Sans les coûts annuels pour filtre à particules et contrôle de combustion  
 5) Evaluation: En général pas de contrat d'entretien, donc dépannage plus cher  
 Source: calcul comparatif de Elcotherm SA, complété et actualisé par l'ASIG

Coûts d'énergie: Office fédéral statistiques, gaz naturel type II / mazout 1501 - 3000 l / Granulés de bois 6 t / Electricité VII

## Annexe III

Le prix du kWh en 2013 (savoir, 2013)

<b>Le prix du kWh en 2013</b>		
Relevé des tarifs 2013 pour sept chefs-lieux romands pour une consommation de 4500 kWh/an dans un logement de 4 pièces avec cuisinière et chauffe-eau électriques.		
	<b>Prix du kWh (1)</b>	<b>Par rapport à 2012</b>
<b>Bienne</b>	18.10 ct	- 4.38%
<b>Delémont</b>	20.18 ct	- 6.14%
<b>Fribourg</b>	17.69 ct	-1.28%
<b>Genève</b>	15.77 ct	- 3.31%
<b>Lausanne</b>	20.89 ct	- 5.52%
<b>Neuchâtel</b>	19.75 ct	- 8.69%
<b>Sion</b>	16.68 ct	- 4.63%

(1) Sans TVA.

## Annexe IV

### Les différentes catégories d'immeubles, selon SIA 380/1 : 2009

En Suisse, les normes répartissent les immeubles en 12 catégories avec des valeurs spécifiques pour chacune d'elles :

Catégorie d'ouvrages		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
		Habitat collectif	Habitat individuel	Administration	Ecoles	Commerce	Restauration	Lieux de rassemblement	Hôpitaux	Industrie	Dépôts	Installations sportives	Piscines couvertes
Température ambiante	$\Theta_0$ °C	20	20	20	20	20	20	20	22	18	18	18	28
Surface par personne	$A_p$ $m^2/P$	40	60	20	10	10	5	5	30	20	100	20	20
Chaleur moyenne dégagée par personne	$Q_p$ $W/P$	70	70	80	70	90	100	80	80	100	100	100	60
Durée de présence des personnes	$t_p$ $h$	12	12	6	4	4	3	3	16	6	6	6	4
Besoins d'électricité	$E_{E, EI}$ $MJ/m^2$	100	80	80	40	20	20	60	100	60	20	20	20
Facteur de réduction des besoins d'électricité	$f_{EI}$	0.7	0.7	0.9	0.9	0.8	0.7	0.8	0.7	0.9	0.9	0.9	0.7
Débit d'air neuf	$V/A_E$ $m^3/(h \cdot m^2)$	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	1.2	1.0	1.0	0.7	0.3	0.7	0.7
Besoins de chaleur pour l'eau chaude sanitaire	$Q_{WW}$ $MJ/m^2$	75	50	25	25	25	200	50	100	25	5	300	300

# Annexe V

Devis pour vider le vide sanitaire et fabrication d'un local de stockage pour pellet

entreprise bâtim travaux publics	<b>conrad rombaldi sa</b>	route des caroline 32 1950 sion	101.027.203.33.02 fax 027.203.36.40 tva n°211.643	<b>ROMBALDI</b>
-------------------------------------	---------------------------	------------------------------------	---	-----------------

Ecole Cantonale d'Agriculture  
A l'att. de M. Maxime Bagnoud  
Case postale 437  
1951 Sion

DEVIS N° 3055

Sion, le 5 juillet 2013

ECOLE D'AGRICULTURE - CHÂTEAUNEUF  
TRAVAUX DE L'ENTREPRISE DE MACONNERIE

## LOCAL DE STOCKAGE A PELLET

### A INSTALLATIONS DE CHANTIER

1. Installation de chantier, déplacement et mise à disposition de l'inventaire	gl.	1.00	5000.00	<u>5000.00</u>
Total A				5000.00

### B TRAVAUX DE TERRASSEMENTS

1. Excavation à la machine contre saut-de-loup, mise en dépôt latéral des déblais, profondeur jusqu'à 2.50 m	m³	50.00	25.00	1250.00
2. Démolition d'un saut-de-loup en béton armé pour accès au vide sanitaire, chargement et évacuation, y.c. taxes	gl.	1.00	2000.00	2000.00
3. Excavation à la main dans vide sanitaire, chargement des déblais sur bandes transporteuses, y.c. piquage éventuelle de blocs	m³	100.00	250.00	25000.00
4. Transport des matériaux d'excavation par bandes transporteuses jusqu'à l'extérieur du bâtiment	m³	100.00	45.00	4500.00
5. Chargement et évacuation au camion-grappin des matériaux d'excavation, y.c. taxe de décharge	m³	100.00	52.00	5200.00
6. Réfection du saut-de-loup en béton armé, hauteur 2.00, section intérieur 120.60 cm, épaisseur des parois 15 cm, soit coffrage, armature et bétonnage	gl.	1.00	3500.00	3500.00
7. Remblayage contre saut-de-loup avec les matériaux mis en dépôt latéral, y.c. remise en état des surfaces	m³	50.00	22.00	<u>1100.00</u>
Total B				42550.00

<u>C TRAVAUX DE BETON ARME</u>					
1.	Fourniture et mise en place de béton de propreté CP 150, épaisseur 50 mm	m <sup>2</sup>	40.00	35.00	1'400.00
2.	Coffrage, type 1, pour bords de radier, hauteur 20 cm	m <sup>2</sup>	5.00	100.00	500.00
3.	Coffrage, type 2, pour murs, hauteur jusqu'à 250 cm	m <sup>2</sup>	100.00	95.00	9'500.00
4.	Coffrage de reprise et contre-coffrage, type 2, sans armature traversante, pour embrasures et têtes de mur, ép. jusqu'à 20 cm	m <sup>2</sup>	5.00	150.00	750.00
5.	Coffrage d'évidements, section jusqu'à 500 cm <sup>2</sup> , prof. jusqu'à 20 cm	p.	10.00	50.00	500.00
6.	Béton C25/30, soc. pour radier, ép. 20 cm	m <sup>3</sup>	10.00	420.00	4'200.00
7.	Béton C25/30, soc. pour mur hauteur de 151 à 300 cm, épaisseur 20 cm	m <sup>3</sup>	15.00	480.00	7'200.00
8.	Fourniture et pose d'acier d'armature B500B, tous diamètre, longueurs fixes et barres façonnées	kg.	2000.00	4.00	8'000.00
9.	Talochage propre de la surface du radier sans adjonction de mortier	m <sup>2</sup>	30.00	18.00	<u>540.00</u>
Total C					32'590.00
<u>D TRAVAUX DIVERS</u>					
1.	Travaux divers selon tarif de régie SSE/ AVE 2013				
	- main d'œuvre				2'500.00
	- matériaux				1'500.00
	- inventaires				1'000.00
	- tiers				<u>1'000.00</u>
Total D					6'000.00
<u>RECAPITULATION:</u>					
A	INSTALLATIONS DE CHANTIER				5'000.00
B	TRAVAUX DE TERRASSEMENTS				42'550.00
C	TRAVAUX DE BETON ARME				32'590.00
H	TRAVAUX EN REGIE				<u>6'000.00</u>
TOTAL					86'140.00
TVA 8.0 %					<u>6'891.20</u>
TOTAL NET TTC DES TRAVAUX A PREVOIR					<u><u>93'031.20</u></u>

Conrad Rombaldi SA  
Raphaël Bitz

# Annexe VI

## Calcul de la puissance nécessaire à l'installation de chauffage (l'énergie)

Office fédéral de l'énergie

# Dimensionnement des chaudières à mazout et à gaz

### 1 Introduction

Correctement dimensionnée et dotée d'une puissance calorifique adaptée, l'installation de chauffage fonctionne avantageusement. C'est un apport important à l'utilisation rationnelle de l'énergie dans le bâtiment. Cette fiche s'adresse avant tout aux professionnels du chauffage.

### 2 Marche à suivre

Le schéma ci-dessous montre la démarche à adopter pour déterminer la puissance thermique à installer dans le cas d'un immeuble existant ou d'un bâtiment neuf.



### 3 Remplacement de la chaudière

Avant de remplacer une chaudière, on déterminera la puissance à installer à partir de la consommation moyenne de combustible sur plusieurs années ou en mesurant le taux de charge de l'installation existante.

#### 3.1 Puissance de la chaudière déterminée d'après la consommation

Les formules ci-après permettent de déterminer la puissance à installer (puissance chaudière requise) à partir de la consommation annuelle moyenne de combustible. Elles correspondent au diagramme (disque) de Weiermüller [1]. Le calcul se fonde sur l'hypothèse d'une température des locaux de 20 °C. Il fournit de bons résultats pour des bâtiments d'habitation dont la chaudière ne dépasse pas 100 kW. Pour des puissances plus élevées, on procédera selon le ch. 3.2.

#### Plateau suisse

Avec ECS <sup>2)</sup>	Sans ECS <sup>2)</sup>
$\dot{Q}_{k, req} = \frac{consom \cdot m^3}{300}$	$\dot{Q}_{k, req} = \frac{consom \cdot m^3}{265}$

#### Au-dessus de 800 m d'altitude

Avec ECS <sup>2)</sup>	Sans ECS <sup>2)</sup>
$\dot{Q}_{k, req} = \frac{consom \cdot m^3}{330}$	$\dot{Q}_{k, req} = \frac{consom \cdot m^3}{295}$

$\dot{Q}_{k, req}$  = puissance chauffage requise [kW]

ECS<sup>2)</sup> = eau chaude sanitaire

<sup>1)</sup> Préparation d'ECS par la chaudière toute l'année

<sup>2)</sup> Préparation d'ECS par voie électrique toute l'année

<sup>3)</sup> En litres de mazout

(1 kg de mazout représente environ 1,19 l)

(1 m<sup>3</sup> de gaz représente environ

0,98 l. de mazout)





## Annexe VII

### Caractéristiques de la PAC Eau/Eau à absorption avec condensation et modulation type E3 WS (Robur, 2013)

CARACTERISTIQUES DE CHAUFFAGE			E3WS
Point de fonctionnement W10/W50	rendement sur PCI	%	166
	puissance thermique	kW	41,6
	puissance récupérée	kW	16,6
Point de fonctionnement W10/W65	rendement sur PCI	%	143
	puissance thermique	kW	35,8
	puissance récupérée	kW	11,5
Point de fonctionnement W10/W35	rendement sur PCI	%	174
	puissance thermique	kW	43,9
	puissance récupérée	kW	17,6
Débit d'eau nominal (delta T = 10°C)		m <sup>3</sup> /h	3,5
Perte de charge au débit d'eau nominal (W10/W50)		kPa	54
Température départ eau	max chauffage	°C	65
	max ECS	°C	70
Température de l'eau à l'entrée	max chauffage	°C	55
	max ECS	°C	60
CARACTERISTIQUES ELECTRIQUES			E3WS
Tension			230V – 50Hz.
Puissance électrique nominale		kW	0,47
DONNEES DE L'INSTALLATION			E3WS
Poids en marche		kgs.	300
Raccordements	eau	"F	11/4
	Gaz	"F	3/4
Diamètre tuyau d'échappement	fumée	mm	80
Pression fumée à la sortie de la machine		Pa	80
Dimensions	largeur	mm	850
	Profondeur	mm	690
	Hauteur	mm	1283
Degré de protection		IP	X5D

## Annexe VIII

### Offre chauffage de Visasaxon



Personne de contact : M. Francisco Rodriguez  
Téléphone : 027 743 21 21  
N° d'affaire : RO2013.004

Monsieur  
**Maxime Bagnoud**

Maxime.Bagnoud@students.hevs.ch

Saxon, le 30 juin 2013

**Concerne : Offre budgétaire**

Monsieur Bagnoud,

afin de donner suite à votre mail de lundi dernier nous vous transmettons ci – après notre meilleure offre.

L'offre comprends deux variantes :

- Variante avec PAC's Eau – Eau
- Variante avec chaudières à condensation

NOUS NOUS TENONS à votre entière disposition pour de plus amples renseignements et dans l'attente de vos nouvelles nous vous présentons, Monsieur Bagnoud, nos salutations distinguées.

**Véhicules Industriels SA**  
Route de la plâtrière 17  
1907 Saxon

Francisco – José Rodriguez

Annexe : ment.

*VI Véhicules Industriels SA – Rte de la Plâtrière 17 – CP 154 – 1907 Saxon-YS  
Tél : 027 743 21 21 - Fax : 027 744 28 13 - Portable : 079 374 74 22 - Mail : vente2@visasaxon.ch*

**OFFRE BUDGETAIRE :**

**VARIANTE 1**

2x RAC type RTWS00-426 (3 PAC's Eau – Eau par RAC)	135'350.--CHF
1x Automate de contrôle déporté type DDC	670.--CHF
2x Circulateur Wilo Stratos Para 25-11	2'030.--CHF
1x Sonde extérieure pour fonctionnement sur courbe température	45.--CHF
<b>Total général, TVA (8% non – comprise)</b>	<b>138'095.--CHF</b>

**Remarques :**

Les machines doivent – être installées à l'intérieur.  
La puissance totale est de 263.4kW de chauffage.  
Les machines proposées sont réversibles, les PAC's peuvent produire jusqu'à 105.6kW.

**VARIANTE 2**

2x RAC type RTY00-480 (4 chaudières AY00-120 par RAC)	47'340.--CHF
1x Automate de contrôle déporté type DDC	670.--CHF
2x Circulateur Wilo Stratos Para 25-11	2'030.--CHF
1x Sonde extérieure pour fonctionnement sur courbe température	45.--CHF
<b>Total général, TVA (8% non – comprise)</b>	<b>50'085.--CHF</b>

**Remarques :**

Les machines peuvent – être installées à l'extérieur sans aucune protection.  
La puissance totale est de 275.2kW de chauffage.

**Conditions commerciales :**

TVA	: 8,0% non comprise.
Payement	: 1/3 à la commande 1/3 à la livraison Solde à la mise en service
Délai de livraison	: 4-5 semaines dès la commande.
Livraison	: franco départ Saxon.
Montage & raccordement	: non – compris.
Mise en eau	: non – comprise.
Mise en service PAC's	: incluse dans le prix
Validité de l'offre	: 2 mois.
Garantie du matériel	: 1 année (ou selon contrat d'entretien)
Matériel	: le matériel est neuf et avec toutes les garanties d'usine

# Annexe IX

## Caractéristiques de la chaudière à condensation AY00-120

Tableau 2.1 – CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

			AY00-120
<b>FONCTIONNEMENT POUR LE CHAUFFAGE</b>			
DÉBIT CALORIFIQUE	Nominal (1013 mbar - 15°C)	kW	34,9
	MOYEN	kW	21,5
	MIN	kW	8,0
POINT DE FONCTIONNEMENT : Tm80/Tr60 et débit calorifique nominal	Puissance utile	kW	34,4
	Rendement	%	98,6
	Pertes de chaleur au niveau de l'habillage au cours du fonctionnement	%	0,44
	Pertes de chaleur au niveau de la cheminée au cours du fonctionnement	%	2,54
Classe de rendement			****
Classe d'émission NOx			5
Température de sortie de l'eau chaude	maximale	°C	80
	minimale	°C	25
	nominal	°C	60
Température d'entrée de l'eau chaude	maximale	°C	70
	minimale	°C	20
	nominal	°C	50
Débit eau chaude	nominal	l/h	1900
	maximale	l/h	3200
	minimale	l/h	1500
Pertes de charge eau chaude	au débit d'eau nominal	bar	0,18
Température de l'air extérieur (bulbe sec)	maximale	°C	45
	minimale	°C	-20
Con sommation de gaz	méthane G20 (nominal)	m3/h	3,69
	naturel (MIN)	m3/h	0,85
	G30 (nominal)	kg/h	2,75
	G30 (MIN)	kg/h	0,63
	G31 (nominal)	kg/h	2,71
	G31 (MIN)	kg/h	0,62
<b>RENDEMENTS THERMIQUES</b>			
Rendement au débit calorifique MOYEN Tm80/Tr60	%		98,3
Rendement au débit calorifique MIN Tm80/Tr60	%		97,3
Rendement au débit calorifique nominal Tm50/Tr30	%		104,6
Rendement à 30% du débit calorifique nominal Tr = 30 °C	%		107,5
Rendement à 30% du débit calorifique nominal Tr = 47 °C	%		100,3
<b>CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES</b>			
Alimentation	Tension	V	230
	Type		monophasé
	Fréquence	Hz	50
Puissance électrique	nominal	kW	0,185
Degré de protection	IP		X5D
<b>DONNÉES D'INSTALLATION</b>			
Température minimal de stockage	°C		-30
Pression maximal en service	bar		3

Raccord d'évacuation des fumées	Type d'installation		B.23P-B33- B53P-C13- C33-C43-C53- C63-C83
	Diamètre	mm	80
	Pertes de charge résiduel	Pa	100
	Configuration des produits		B53P
Dimension	Largeur	mm	398
	Hauteur	mm	1280
	Profondeur	mm	525
Poid	En service	kg	71

AY00-120 - caractéristiques techniques de fonctionnement et d'installation.

**Tableau 2.2** - SERIE AY

SERIE AY	
Débit d'eau (l/h)	T.eau 20°C
	Pertes de charge (bar)
1008.0	0.066
1198.0	0.085
1398.0	0.106
1608.0	0.136
1801.0	0.165
2007.0	0.204
2199.0	0.234
2400.0	0.269
2601.0	0.312
2797.0	0.353
3000.0	0.406
3201.0	0.469

# Annexe X

## Devis pour l'installation des chaudières à condensation



Etudes et installations  
Chauffage-Ventilation-Climatisation



Rue de l'Aéroport 17 - CP 629 - CH 1951 Sion - Tél. 027 327 24 20 - Fax 027 323 20 53 - [info@gdclimat.ch](mailto:info@gdclimat.ch)  
N° de TVA : CH-105 8895 607

OFFRE

Affaire traitée par : B. Hausmann

Monsieur  
Maxime Bagnoud

N. Réf. : BH/gm

Sion, le 11 juillet 2013

Ecole d'agriculture - Châteauneuf

Monsieur,

Faisant suite à votre aimable demande et à notre visite sur place, nous avons le plaisir de vous remettre ci-dessous notre devis estimatif  $\pm 10\%$  relative à l'objet cité en référence.

### RECAPITULATION DES PRIX

Pos. 1	: Démontage	Fr	6'000.00
Pos. 2	: Production de chaleur et d'eau chaude sanitaire sans la fourniture de la production de chaleur	Fr	15'000.00
Pos. 3	: Cheminée	Fr	15'550.00
Pos. 4	: Alimentation gaz	Fr	3'800.00

MONTANT TOTAL NET HT.

Fr 40'350.00

### Travaux non compris:

- Percements pour permettre le passage des conduites
- Mise en conformité du local chaufferie.
- Mise hors service et désaffectation de la citerne et des conduites mazout
- Isolation des conduites, vannes, etc.
- Remplissage de l'installation de chauffage avec de l'eau déminéralisée
- Raccordements électriques
- Production d'eau chaude durant les travaux
- Percements et rhabillage de la cheminée pour permettre le tubage
- Tous les matériaux et travaux non spécifiés dans notre offre.

Délais :  
- Livraison : 4 semaines  
- Montage : ~27 jours

Pos. 1 : Démontage et évacuation du matériel

- Mise en chantier
- Vidange de l'installation
- Démontage et évacuation de :
  - . Chaudière
  - . Chauffe-eau
  - . Tuyauterie de chauffage de la chaudière aux vannes d'arrêt
- Taxe de décharge et transport

Montant total H.T. Pos. 1

Fr 6'000.00

Pos. 2 : Production de chaleur et d'eau chaude sanitaire mise en place

- Camion grue pour le passage des PAC du rez au sous-sol par le saut-de-loup existant
- Conduite de raccordement en tube noir entre les PAC et les conduites de distribution existantes
- Conduite de raccordement en tube INOX entre le chauffe-eau et les conduites de distribution sanitaire existantes
- Mise en chantier
- Transport du matériel et de l'outillage franco chantier + déblaiement et nettoyage
- Montage de tout le matériel spécifié ci-dessus
- Frais de déplacement
- Essais de fonctionnement
- Remplissage et purge de la chaudière

Montant total H.T. Pos. 2

Fr 15'000.00

Pos. 3 : Cheminée

- 1 Tubage cheminée, comprenant :
  - . Prolongation
  - . Pièce de finition
- 1 Raccordement de la cheminée aux PAC
  - . Prolongation
- Mise en chantier
- Transport du matériel et de l'outillage franco chantier + déblaiement et nettoyage
- Montage de tout le matériel spécifié ci-dessus
- Frais de déplacement

Montant total H.T. Pos. 3

Fr 15'500.00

Pos. 4 : Alimentation gaz

1 Conduite de raccordement en tube noir soudé du  
compteur jusqu'aux PCA y compris fixations

- Mise en chantier
- Transport du matériel et de l'outillage franco chantier +  
déblaiement et nettoyage
- Montage de tout le matériel spécifié ci-dessus
- Frais de déplacement

Montant total H.T. Pos. 4

Fr	3'800.00
----	----------

Nous restons volontiers à votre disposition pour vous fournir tout renseignement complémentaire  
que vous pourriez souhaiter et vous prions d'agréer, Monsieur, l'expression de nos sentiments  
distingués.

GDclimat SA



# Annexe XI

## Devis pour l'installation des PAC's



Etudes et installations  
Chauffage-Ventilation-Climatisation



Rue de l'Aéroport 17 - CP 629 - CH 1951 Sion - Tél. 027 327 24 20 - Fax 027 323 20 93 - [info@gdclimat.ch](mailto:info@gdclimat.ch)  
N° de TVA : CH-105 886 607

OFFRE

Affaire traitée par : B. Hausmann

Monsieur  
Maxime Bagnoud

N. Réf. : BH/gm

Sion, le 11 juillet 2013

Ecole d'agriculture - Châteauneuf

Monsieur,

Faisant suite à votre aimable demande et à notre visite sur place, nous avons le plaisir de vous remettre ci-dessous notre devis estimatif  $\pm 10\%$  relative à l'objet cité en référence.

### RECAPITULATION DES PRIX

Pos. 1	: Démontage	Fr	6'000.00
Pos. 2	: Production de chaleur et d'eau chaude sanitaire sans la fourniture de la production de chaleur	Fr	18'500.00
Pos. 3	: Cheminée	Fr	18'000.00
Pos. 4	: Alimentation gaz	Fr	3'800.00

MONTANT TOTAL NET H.T.

Fr 46'300.00

### Travaux non compris:

- Percements pour permettre le passage des conduites
- Mise en conformité du local chaufferie.
- Mise hors service et désaffectation de la citerne et des conduites mazout
- Isolation des conduites, vannes, etc.
- Remplissage de l'installation de chauffage avec de l'eau déminéralisée
- Raccordements électriques
- Production d'eau chaude durant les travaux
- Percements et rhabillages de la cheminée pour permettre le tubage
- Tous les matériaux et travaux non spécifiés dans notre offre

Délais :  
- Livraison : 4 semaines  
- Montage : ~30 jours

Pos. 1: Démontage et évacuation du matériel

- Mise en chantier
- Vidange de l'installation
- Démontage et évacuation de :
  - . Chaudière
  - . Chauffe-eau
  - . Tuyauterie de chauffage de la chaudière aux vannes d'arrêt
- Taxe de décharge et transport

Montant total H.T. Pos. 1

Fr 6'000.00

Pos. 2: Production de chaleur et d'eau chaude sanitaire mise en place sans la fourniture de PAC

1 Démontage et remontage PAC RTW/S00-246

- Camion grue pour le passage des PAC du rez au sous-sol par le saut-de-loup existant
- Conduite de raccordement en tube noir entre les PAC et les conduites de distribution existantes
- Conduite de raccordement en tube INOX entre le chauffe-eau et les conduites de distribution sanitaire existantes
- Mise en chantier
- Transport du matériel et de l'outillage franco chantier + déblaiement et nettoyage
- Montage de tout le matériel spécifié ci-dessus
- Frais de déplacement
- Essais de fonctionnement
- Remplissage et purge de la chaudière

Montant total H.T. Pos. 2

Fr 18'500.00

Pos. 3: Cheminée

1 Tubage cheminée, comprenant :

- . Prolongation
- . Pièce de finition

1 Raccordement de la cheminée aux PAC

- . Prolongation

Evacuation des eaux de condensation

Conduite VSH en acier inoxydable Ø 15 mm long. 22 mètres

- Mise en chantier
- Transport du matériel et de l'outillage franco chantier + déblaiement et nettoyage
- Montage de tout le matériel spécifié ci-dessus
- Frais de déplacement

Montant total H.T. Pos. 3

Fr 18'000.00

Pos. 4 : Alimentation gaz

- 1 Conduite de raccordement en tube noir soudé du  
compteur jusqu'aux PCA y compris fixations
- Mise en chantier
  - Transport du matériel et de l'outillage franco chantier +  
déblaiement et nettoyage
  - Montage de tout le matériel spécifié ci-dessus
  - Frais de déplacement

Montant total H.T. Pos. 4

Fr	3'800.00
----	----------

Nous restons volontiers à votre disposition pour vous fournir tout renseignement complémentaire que vous pourriez souhaiter et vous prions d'agréer, Monsieur, l'expression de nos sentiments distingués.

GDclimat SA

# Annexe XII

## Devis pour l'installation de panneaux photovoltaïques

### Valsol - Caspar W. Müller - 1928 Ravoire

Installations solaires - éoliennes  
Les Dzarman 5  
1928 Ravoire  
Tél. 0041 (0) 27 722 02 19  
info@valsol.ch  
www.valsol.ch  
N° TVA CHE-308.507.853



Haute école valaisanne  
Monsieur  
Bagnoud Maxime  
rue de la Plaine 2  
3960 Sierre

#### Offre, Devis N° 2013137

Expédition: Livraison par camion au chantier  
N / Référence: Caspar W. Müller  
V / Référence: Monsieur Maxime Bagnoud  
Date: 09.07.2013 Validité: 29.09.2013

Description	Code	Quantité	Prix	TVA	%	Montant
<b>Installation solaire PV injection au réseau</b>						
- Nous vous remercions de votre demande et vous présentons notre offre.						
Installation: Solaire PV injection réseau Lieu/emplacement: Chateaufort- Conthey VS (toit en Eternit ondulé charpente en bois selon photos) Orientation: S Surface: 210 x M255 (210 x 1,66 m <sup>2</sup> 348,6 m <sup>2</sup> ) Puissance nominale: 53550 Wc Production moyenne attendue (année): 58'400kWh						
- Panneaux solaires Megasol M255 - B0 - blancs selon fiche en annexe		210	215.00	8,00%*		45.150.00
- Chassis en alu et acier inoxydable		1	9.900.00	8,00%*		9.900.00
- Câblage Radox 125 noir 6 mm <sup>2</sup>		1	1.500.00	8,00%*		1.500.00
- Boîte de sécurité selon fiche		5	380.00	8,00%*		1.900.00
- Onduleur Refusol 13 K selon fiche		5	3.100.00	8,00%*		15.500.00
- Pose des panneaux et onduleurs mise en service		1	25.000.00	8,00%*		25.000.00
- Préparation chantier et transport		1	1.000.00	8,00%*		1.000.00
- Location des échafaudages pendant 1 mois montage démontage compris		1	6.000.00	8,00%*		6.000.00
- Location élévatrice/ nacelle		1	2.500.00	8,00%*		2.500.00
- Tableau électrique raccordement au réseau		1	15.000.00	8,00%*		15.000.00
- Dossier ESTI Département der haute tension Lausanne		1	1.500.00	8,00%*		1.500.00
- Garantie panneaux PV Megasol: 10 ans de garantie d'usine						

## Valsol - Caspar W. Müller - 1928 Ravoire

Installations solaires - éoliennes  
 Les Dzarmans 5  
 1928 Ravoire  
 Tel. 0041 (0) 27 722 02 19  
 info@valsol.ch  
 www.valsol.ch  
 N° TVA CHE-308.507.853



### Offre, Devis N° 2013137

Date: 09.07.2013

Page 2

Description	Code	Quantité	Prix	TVA	%	Montant
Report de la page 1						124.950.00
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Garantie de performance pour des panneaux solaires en réseau:                      Plus de 90 % de la performance initiale après 10 ans                      Plus de 80% de la performance initiale après 25 ans</li> <li>- Remarque:                      Cette offre comprend tout matériel du système solaire jusqu'à la sortie des onduleurs.                      Mise en service. Service - assistance assurée 24/24 h par Valsol.                      Assistance pour des formalités (Demande de raccordement etc.)                      ***                      Cette offre ne comprend pas la protection contre la foudre obligatoire!                      Devis d'une entreprise spécialisée nécessaire.                      *****</li> <li>- Délai: délai de la livraison 8 -12 semaines (Le délai de livraison s'étend après le paiement d'acompte)</li> <li>- Pour tout vos questions je reste volontiers à votre disposition.</li> <li>.</li> <li>Avec mes meilleures salutations</li> <li>                      Valsol-                      Caspar - W. Müller                      1928 Ravoire</li> </ul>						
TVA incluse 8.00% / CHF 0.00: CHF 0.00			Total net		124.950.00	
TVA exclue* 8.00% / CHF 124.950.00: CHF 9.996.00			TVA		9.996.00	
			<b>TOTAL</b>		<b>134.946.00</b>	

70% à la commande, 20 % à la livraison, 10% 10 jours après la livraison

## Annexe XIII

### Production électrique annuelle par rapport au lieu et aux caractéristiques des PV



#### Performance of Grid-connected PV

##### PVGIS estimates of solar electricity generation

Location: 46°13'19" North, 7°19'44" East, Elevation: 481 m a.s.l.,  
Solar radiation database used: PVGIS-CMSAF

Nominal power of the PV system: 53.5 kW (crystalline silicon)

Estimated losses due to temperature and low irradiance: 8.6% (using local ambient temperature)

Estimated loss due to angular reflectance effects: 3.4%

Other losses (cables, inverter etc.): 14.0%

Combined PV system losses: 24.1%

Fixed system: inclination=11 deg., orientation=0 deg.				
Month	Ed	Em	Hd	Hm
Jan	70.20	2180	1.65	51.2
Feb	112.00	3130	2.59	72.6
Mar	161.00	5000	3.85	119
Apr	201.00	6040	4.95	148
May	216.00	6710	5.45	169
Jun	237.00	7100	6.06	182
Jul	241.00	7480	6.14	190
Aug	213.00	6600	5.37	166
Sep	194.00	5820	4.77	143
Oct	137.00	4240	3.28	102
Nov	74.30	2230	1.78	53.4
Dec	61.70	1910	1.49	46.2
Year	160.00	4870	3.95	120
Total for year		58400		1440

Ed: Average daily electricity production from the given system (kWh)

Em: Average monthly electricity production from the given system (kWh)

Hd: Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m<sup>2</sup>)

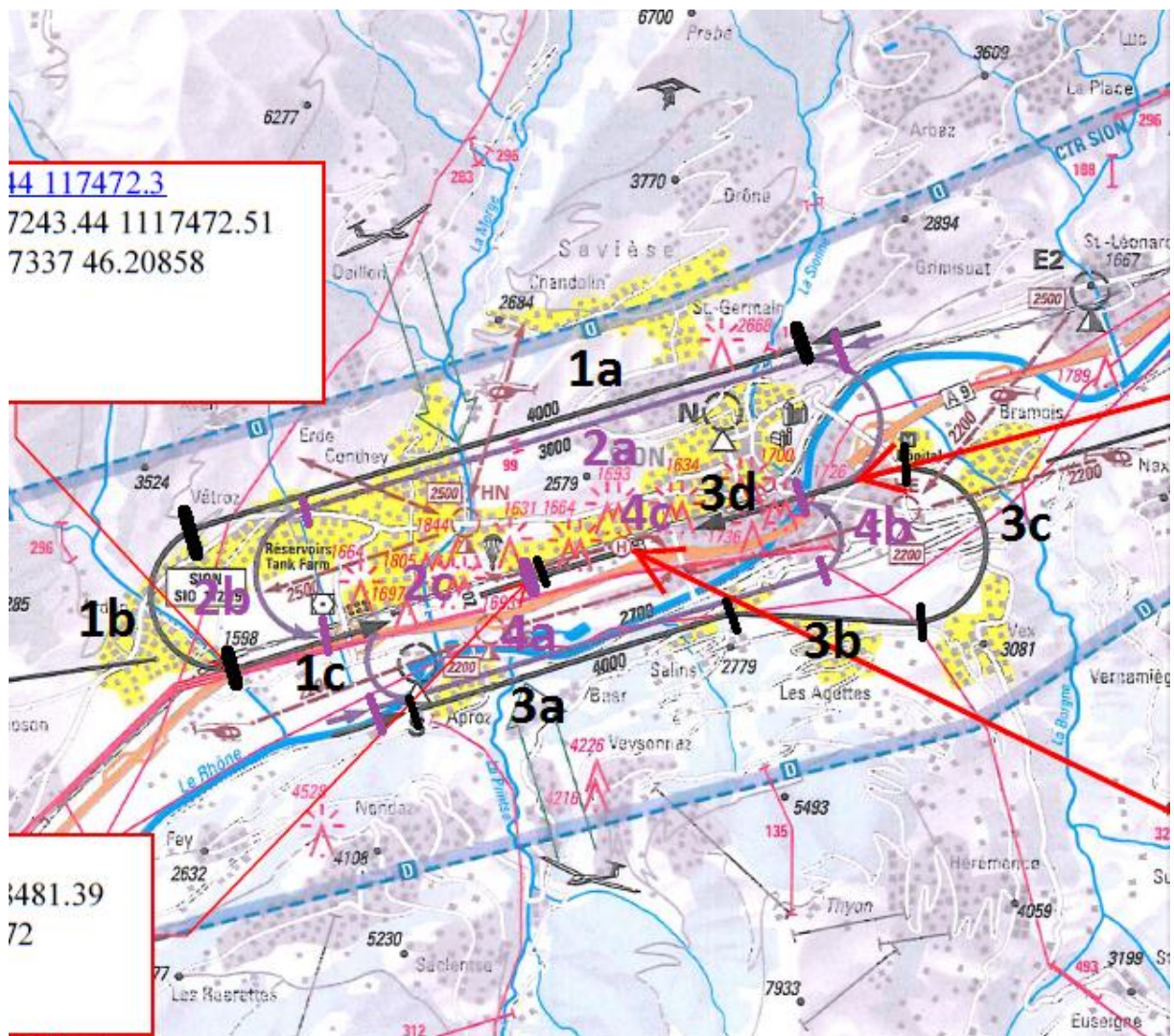
Hm: Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m<sup>2</sup>)

## Annexe XIV

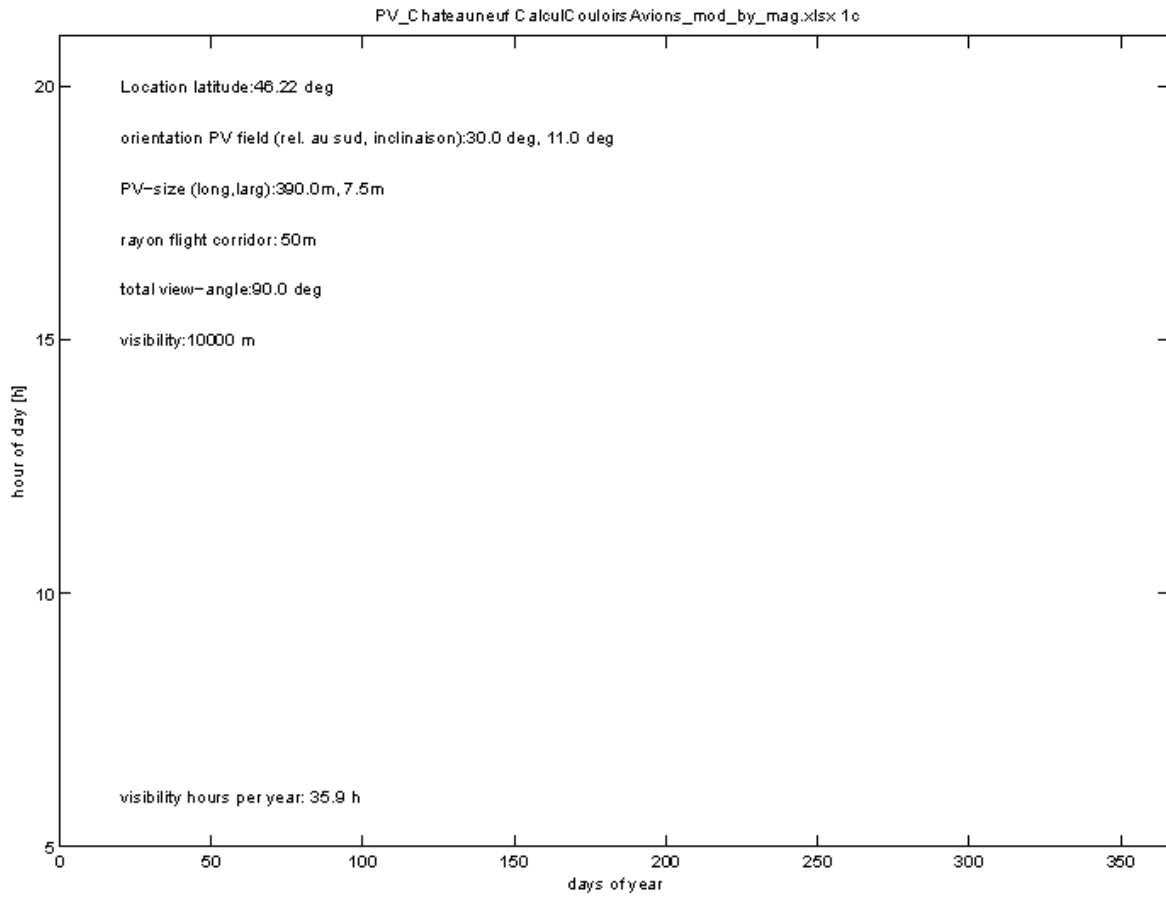
### Calculs du logiciel concernant l'éblouissement des pilotes par rapport au bâtiment choisi pour l'installation de PV

Pas tous les couloirs n'ont pu être pris en compte dans cette phase test, je vais mettre quatre exemples d'analyse de droite. En effet, les courbes telles que 1b, 2b et 3c n'ont pas encore été insérées dans le logiciel car il est plus complexe d'insérer des courbes. De plus, l'analyse de l'éblouissement des pilotes d'hélicoptère n'a pas encore été effectuée.

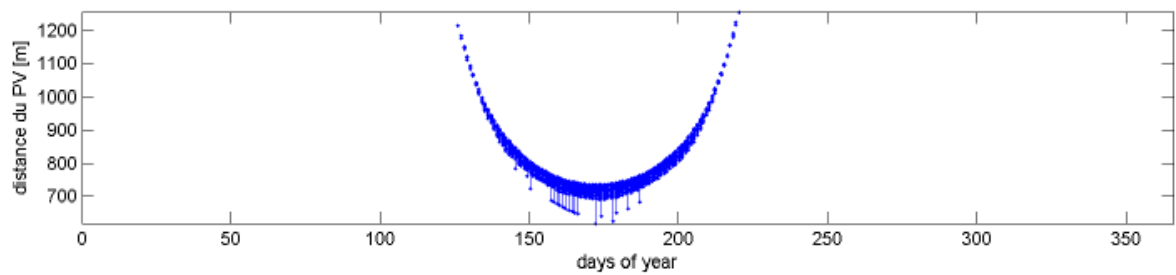
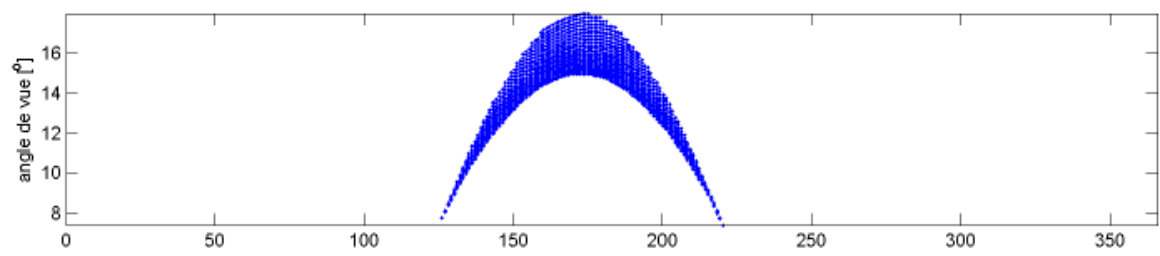
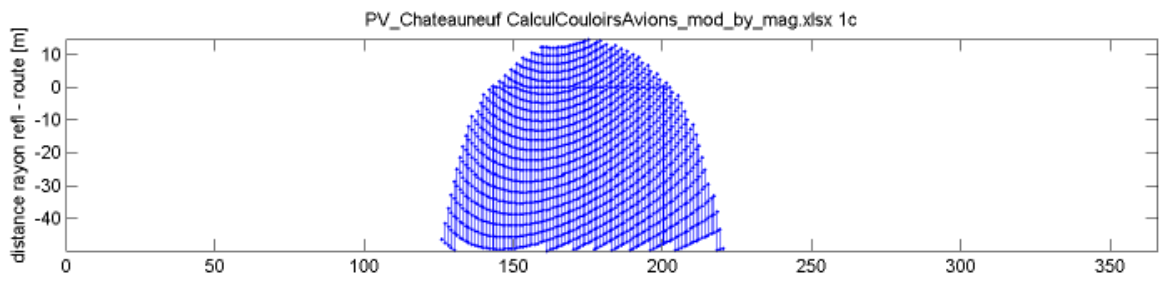
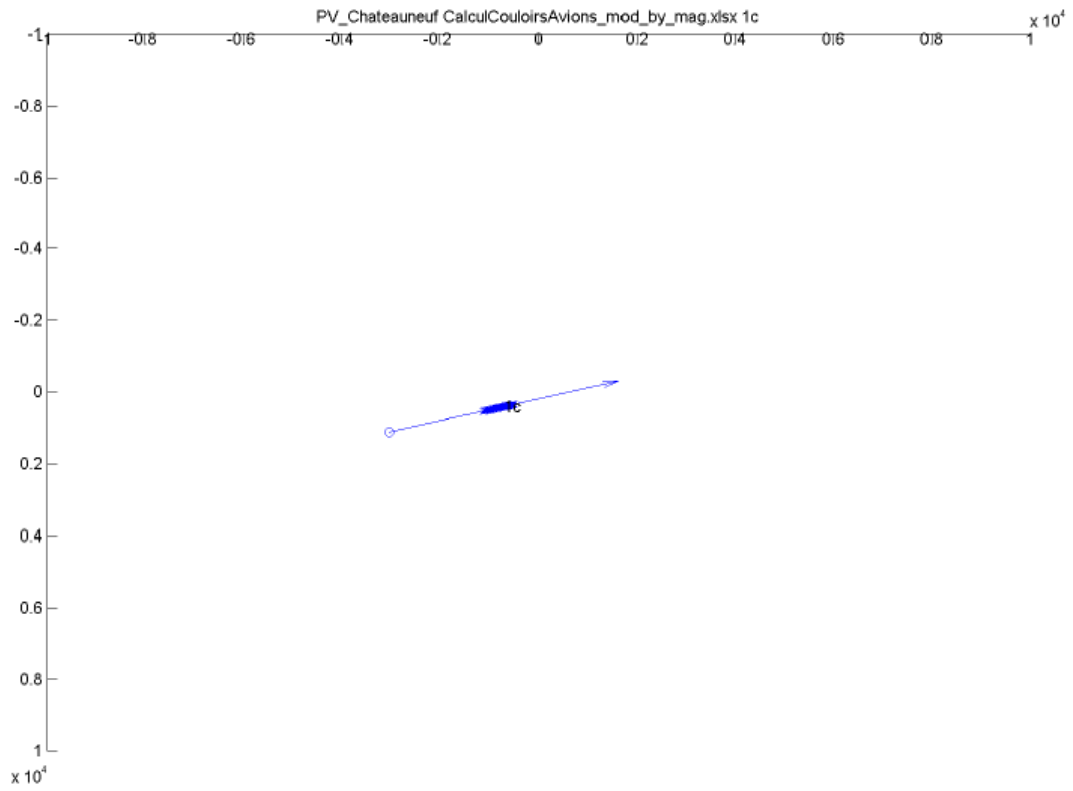
#### Illustration des couloirs avions :



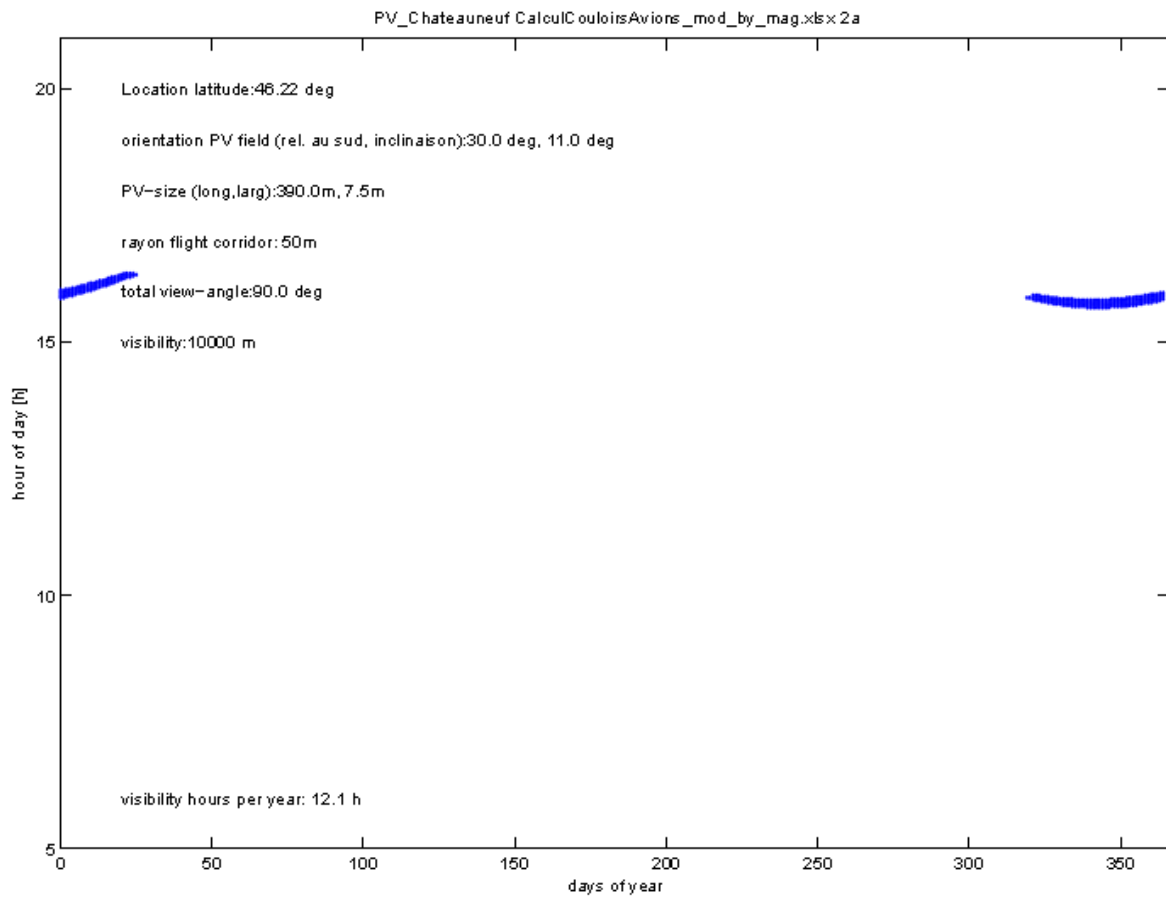
## Droite 1c :

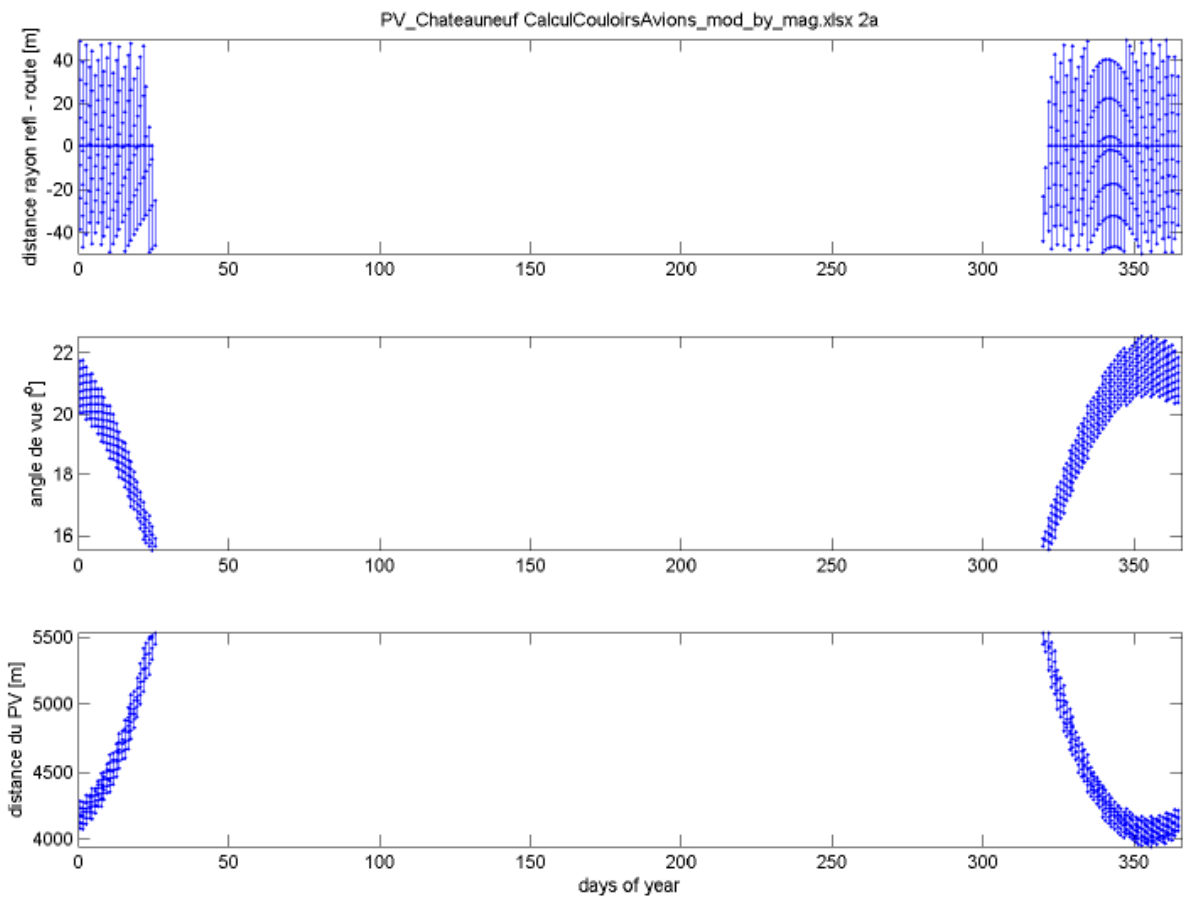
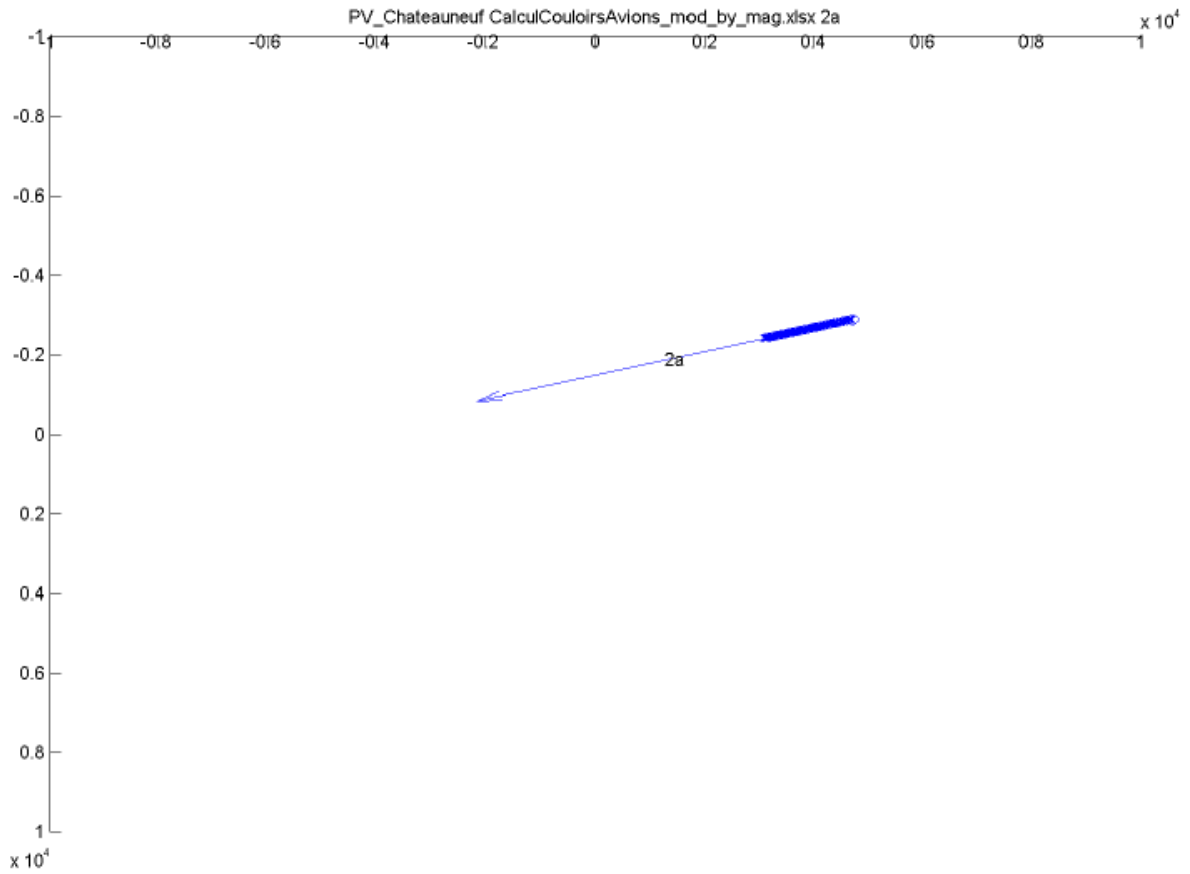




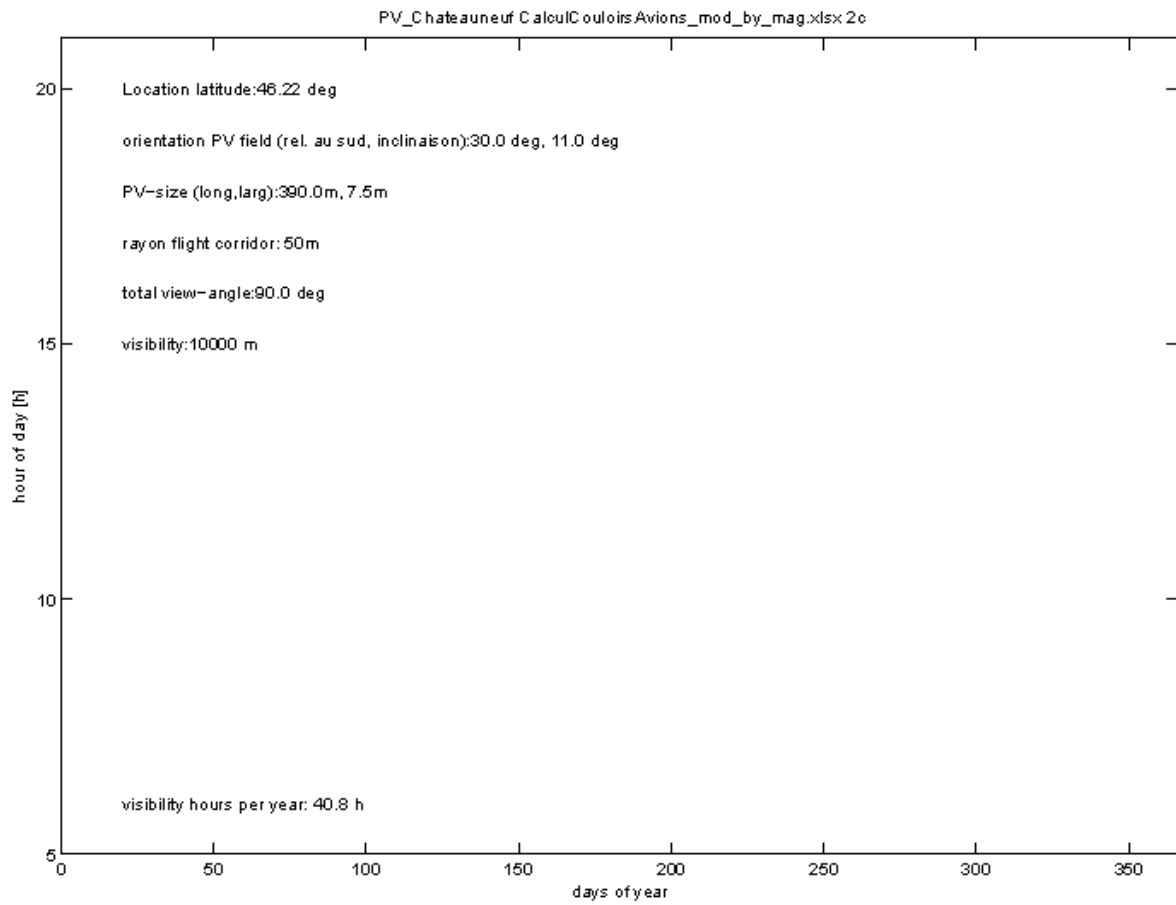


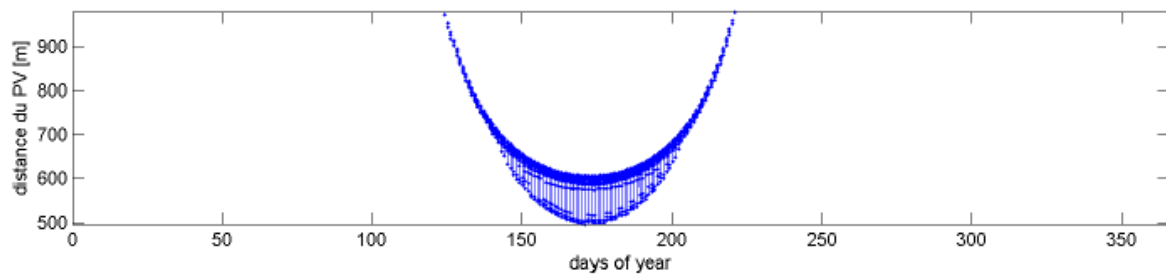
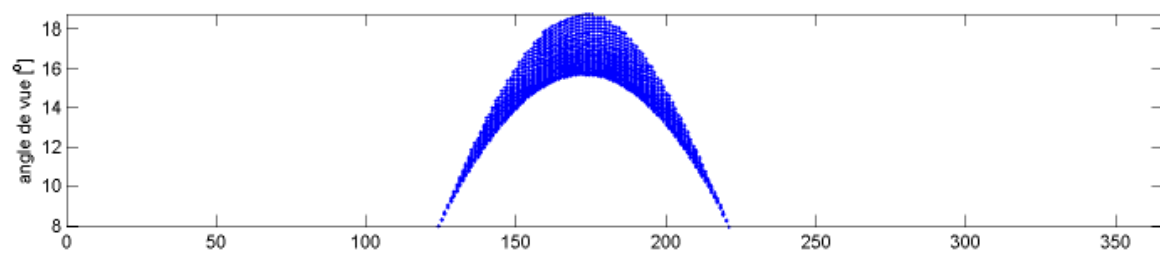
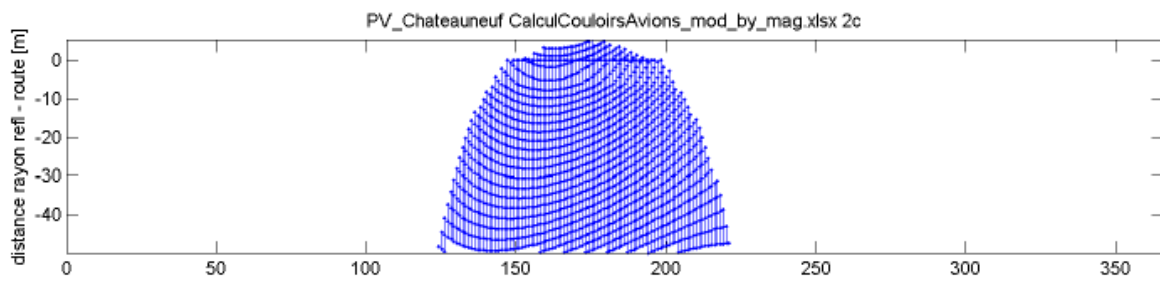
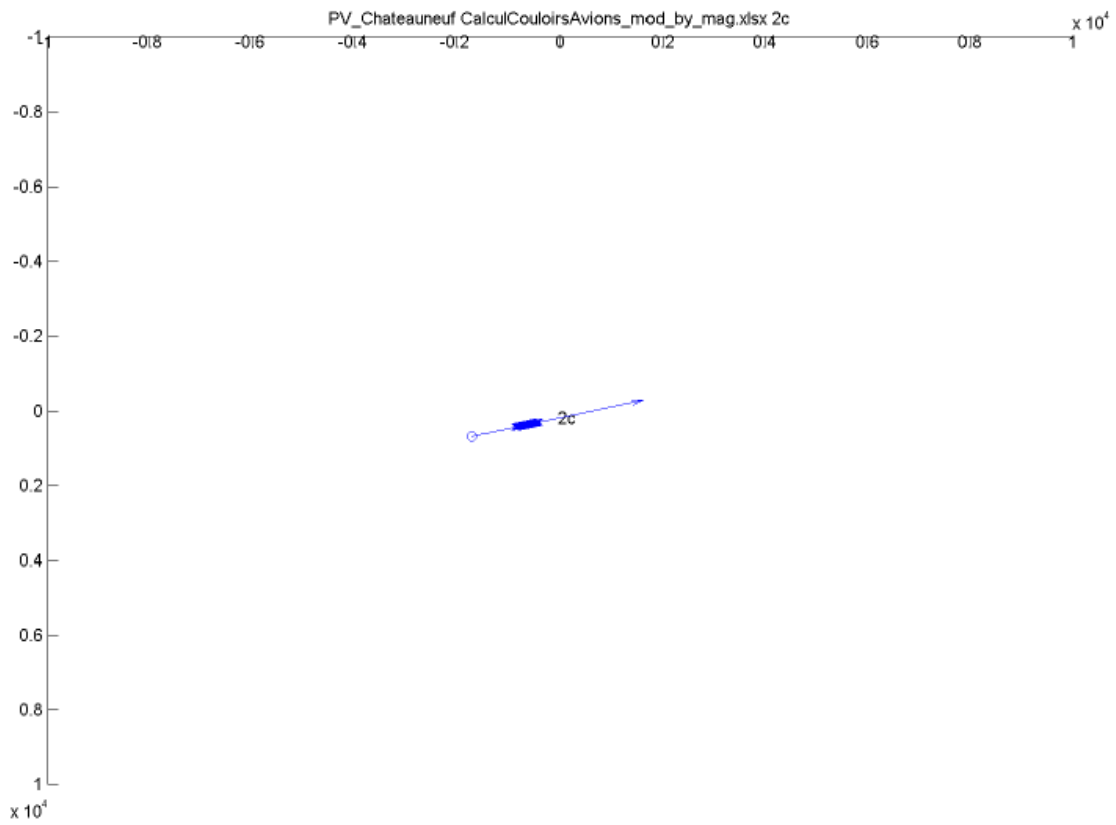
## Droite 2a :





## Droite 2c :





### Droite 3d :

