

Chauffage des Bungalows de Hammam Chellala par Energies Géothermiques

D. Semmar⁽¹⁾, D. Lafri⁽¹⁾, A. Hamid⁽²⁾, R. Kharchi⁽¹⁾ et S. Sami⁽¹⁾

⁽¹⁾ Centre de Développement des Energies Renouvelables, Route de l'observatoire, BP 62, BOUZAREAH

⁽²⁾ Université de Blida, Institut de Mécanique, Route de Soumaa, BP 270, BLIDA

Résumé – *Le présent projet a pour objectif la conception, la construction et l'expérimentation d'un système de chauffage des bungalows du complexe de Hammam Chellala (Guelma).*

Eu égard à toutes ces considérations, le choix du site de Hammam Chellala, répond à la plupart de nos préoccupations techniques et organisationnelles.

Abstract – *this project aims at the design, the construction and the experimentation of a heating system of the bungalows of the complex of Hammam Chellala (Guelma).*

Have regards to all these considerations, the choice of the site of Hammam Chellala, answers the majority of our technical and organisational concerns

Mots Clés: Energie géothermique - Economie d'énergie - Chauffage des bungalows - Echangeur de chaleur - Valorisation du potentiel géothermique - Recherche géothermique.

1. INTRODUCTION

L'énergie sous toute ses formes reste un des paramètres les plus prépondérants dans le développement et la croissance économique d'un pays. L'Algérie peut aspirer à un développement rapide et important, si on tient compte de ses réserves importantes de pétrole et du gaz. Néanmoins, et par suite des mutations économique mondiales actuelles, le gouvernement Algérien s'est fixé comme priorité dans le domaine de recherche et du développement, l'axe Energies Renouvelables [1].

En effet, il est impératif d'introduire de nouvelles notions qui sont d'actualité parmi lesquelles il y a la protection de l'environnement et l'économie d'énergie [2].

L'énergie Géothermique peut à notre avis constitué sous certaines conditions, la solution de substitution aux énergies dites conventionnelles. Parmi les conditions d'efficacité et de rentabilité de l'énergie géothermique on peut citer :

Se situer dans une des grandes régions sédimentaires Algériennes afin d'obtenir des débits et des températures d'eau suffisantes.

Pour des applications de chauffage d'habitation, il faut au moins 100 équivalents logements à chauffer. Eu égard à toutes ces considérations, le choix du site de HAMMAM CHELLALA (Guelma), répond à la plupart de nos préoccupations techniques et organisationnelles. Il se caractérise par rapport aux autres sites Algériens par:

- Eaux thermales parmi les plus chaudes au monde (environ 98 °C).
- Existence d'un complexe thermique avec son centre de soins et autres bungalows dont l'estimation dépasse les 100 équivalents logements.
- Température très basse en hiver (environ 2 °C), d'où l'importance du chauffage.
- Une situation géographique très proche du chef lieu de la wilaya (Guelma), et des deux grandes métropoles nationales (Constantine et Annaba).

Ce projet s'il venait à être réalisé, sera le point de départ effectif pour d'autres projets de recherches et développements de l'énergie en Algérie.

Le présent projet a pour objectif d'établir le bilan thermique des bungalows du complexe de Hammam Chellala et de proposer une solution pour le système de chauffage.

De ce fait, ce projet qui sera une première en Algérie, se singularisera par un travail en coordination entre géologues et des ingénieurs en énergétique et thermiciens.

2. ETUDE ARCHITECTURALE ET DETERMINATION DES CARACTERISTIQUES CLIMATIQUES DE HAMMAM CHELLALA

2.1. Détermination des caractéristiques climatiques de Hammam Chellala

2.1.1. Introduction

La chaleur interne du globe se dissipe de façon régulière vers la surface de la terre, mais son existence ne se manifeste que par une augmentation lente de la température avec la profondeur : c'est le gradient géothermique dont la valeur moyenne est de 1°C pour 30 mètres. Ce gradient peut être cependant nettement plus élevé dans certaines zones privilégiées de la surface du globe, telles que les régions arides, les fossés continentaux, les arcs insulaires, ou certaines chaînes de montagnes.

Les exploitations modernes captent généralement les eaux chaudes à l'aide de forage, essentiellement pour des utilisations en chauffage urbain. C'est le cas en Islande où 50% des habitations de l'île sont déjà chauffées des eaux souterraines.

Ce travail est une étude des caractéristiques climatiques de Hammam Chellala, situé au Nord Est de l'Algérie. Le plan que nous avons élaboré comporte les trois principales parties suivantes :

- Présentation de la région d'étude.
- Données climatiques.
- Caractéristiques climatiques.

2.1.2. Généralités sur le climat Algérien

2.1.2.1. Causes de la diversité climatique en Algérie

La diversité du climat en Algérie provient essentiellement de l'influence de la mer et des variations de la latitude et de l'altitude. En effet, l'ensoleillement à une époque de l'année change peu d'une région à l'autre. D'une part, la latitude varie à peine du Nord au Sud de l'Algérie (33° à 37°). L'énergie solaire reçue pendant une journée d'ensoleillement continue est pratiquement la même partout, d'autre part la fraction d'insolation diffère peu d'un point à un autre (50% à 75% en janvier, 75% à 85% en juillet).

L'influence de la latitude par contre joue dans le même sens hiver comme été; la chaleur augmentant quand la latitude diminue. En hiver donc ces deux influences se contrarient; en été elles ajoutent leurs effets en ce qui concerne les températures maximales. Cela entraîne du nord au sud une variation du climat beaucoup plus rapide en été qu'en hiver.

L'influence maritime diminue l'écart diurne; en été la diminution est très importante et très rapide quand on se rapproche de la côte; en hiver où les minima sont plus relevés que les maxima, la diminution est plus faible. Les variations de température de la mer en retard sur celles de l'air font que les extrêmes saisonniers de température sont décalés entre les régions subissant l'influence maritime et les régions continentales est le plus souvent le mois de juillet. En hiver le décalage est très faible et le mois le plus froid est presque toujours janvier. La longueur de la saison chaude est à peu près la même dans toute l'Algérie et dure environ trois mois et demi répartis sur juin, juillet, août et septembre.

La longueur de la saison froide varie suivant les régions, elle est plus courte au nord et au Sud qu'au centre. D'autre part quand l'altitude croît les températures diminuent; au voisinage du littoral où l'influence de la mer est plus grande dans la plaine que dans les sites élevés, ce phénomène est atténué en été et amplifié en hiver.

2.1.2.2. Caractéristiques climatiques retenues

Les caractéristiques climatiques qui nous ont paru les plus significatives pour les problèmes de construction de logements sont de trois sortes :

1. Premièrement, les caractéristiques moyennes des mois extrêmes, c'est à dire janvier pour l'hiver, juillet ou août pour l'été. Nous avons retenu les moyennes mensuelles des températures suivantes :
 - la température moyenne quotidienne,
 - une température extrême quotidienne, la plus basse en hiver, la plus haute en été.
 - l'écart diurne
2. Deuxièmement, les données de base servant au calcul de chauffage et de climatisation. En ce qui concerne les températures extérieures de base, nous avons conservé les définitions admises actuellement par les installateurs français en métropole. Ce sont : Pour le chauffage une température telle que les températures minimales quotidiennes retenues sont inférieures que cinq jours par an.
3. Troisièmement, une nouvelle notion, celle de température de base intérieure.

Des enregistrements de températures effectués dans des logements habités en Algérie et en métropole ont montré que lors des séquences extrêmes, froides en hiver, chaudes en été.

2.1.3. Présentation de la région d'étude

2.1.3.1. Cadre géographique

La région d'étude se situe dans le secteur nord Est Algérien (Zone climatique B), qui comprend les vallées entre les chaînes côtières et l'Atlas tel lien. Les caractéristiques géographiques des localités de Hammam Chellala sont données sur le tableau ci-dessous.

Tableau 1: Caractéristiques géographiques des localités de Hammam Chellala

Localité	Longitude	Latitude	Altitude	Température de base pour le chauffage
Guelma	7°26' E	36°28'	270 m	1
Souk Ahras	7°58' W	36°17'	655 m	-1,5
Constantine	6°37' E	36°22'	660 m	0

2.1.3.2. Relief

Les traits fondamentaux qui caractérisent le relief de cette région sont :

- Une bande montagneuse, avec des altitudes d'environ 700 m et des sommets qui ne dépassent pas les 1500 m
- des plaines côtières.
- les zones intérieurs où se trouvent des hauts plateaux, d'altitudes comprises entre 500 m et 700 m.

2.1.3.3. Climat

C'est une zone où prédomine un climat méditerranéen caractérisé par des vents humides et des pluies.

2.1.3.4. Pluviométrie

La moyenne annuelle des précipitations sur 25 années de mesure est donnée dans le tableau 2

Tableau 2: Moyenne annuelle des précipitations sur 25 années des localités de Hammam Chellala

Collo	1002 mm
Constantine	594 mm
Annaba	790 mm
Guelma	677 mm
Souk Ahras	729 mm
Skikda	830 mm

2.1.3.5. Hydrographie

Trois grands oueds traversent la région d'étude, la SEYBOUSSE, l'oued BOUHAMDANE et l'oued ELKEBIR. La SEYBOUSSE qui prend naissance dans les monts de GUELMA, coule en direction du nord depuis BOUCHEGOUF jusqu'à ANNABA, c'est un des plus grands oueds d'Algérie, avec un débit annuel de 500 millions de m³.

2.1.3.6. Les sources chaudes de Hammam Chellala

La plupart des sources chaudes prennent naissance sur la rive droite de l'oued BOUHAMDANE à quelques Km en amont du confluent de celui-ci avec l'oued SEYBOUSSE face à l'imposant dôme calcaire du Dj. DEBAR, allongé de l'est à l'ouest. Les sources sont réparties en deux groupes :

- Le groupe inférieur, dit groupe de la cascade et du plateau des cônes à des altitudes variant de 290 à 310 m
- Le groupe supérieur, ou groupe des ruines romaines, à des altitudes variant de 335 m à 370 m..

2.1.3.7. Définition de la zone climatique B

L'influence régulatrice de la mer y est encore très nette. Cependant, au-dessous de 500 m, les étés sont plus chauds et moins humides, les hivers moins doux et plus longs que sur le littoral.

Dans la plaine, la transition avec le littoral se fait sur quelques kilomètres.

Au-dessus de 500 m pour des régions de même altitude, l'hiver est pratiquement le même dans les zones A et B, l'été est plus chaud et un peu moins humide dans la zone B que dans la zone A.

L'écart diurne est plus important que sur le littoral. Il est moyen en été (15°) quelle que soit l'altitude et augmente en général un peu les jours de forte chaleur. Le climat, en été, est aussi variable que dans la zone A.

2.1.4. Données climatiques

2.1.4.1. Températures

La température de l'air est douce, sur le littoral, les moyennes des semestres froid (Nov. – Avr.) et chaud (Mai à oct.) sont respectivement 14° et 23°. A mesure qu'on s'éloigne du littoral, l'écart de température entre le jour et la nuit devient plus sensible, surtout par suite de l'abaissement des minima des semestres froids et du relèvement des maxima des semestres chauds.

Ce rapport donne pour chaque mois de l'année les températures suivantes - résultats d'observations faites pendant 25 ans (1913-1937):

- T moyenne de tous les maxima du mois
- t moyenne de tous les minima du mois
- T_s moyenne des maxima mensuels extrêmes
- t_i moyenne des minima mensuels extrêmes.

Le tableau suivant donne ces valeurs pour les différentes zones envisagées dans l'étude précédente et pour le mois le plus chaud et le mois le plus froid.

Tableau 3: Valeurs des différentes températures dans les zones étudiées pour le mois le plus chaud et le mois le plus froid

Températures du mois le plus chaud (Juillet ou Aout)						Températures du mois le plus froid (Janvier)				
Poids d'eau g/kg air sec	t _i	t	(t+T)/2	T	T _s	T _i	t	(t+T)/2	T	T _s
12.6	15	19	26.5	34	41.5	1	5	10	15	20

2.1.4.2. Données expérimentales établies par le C.S.T.B.

Une série d'enregistrements de température a été réalisée pendant les années 59-60-61 à l'intérieur de locaux occupés ou vides dans des bâtiments de conception variées situés en Algérie, dans des régions très différentes par leur climat.

Nous en avons tiré les renseignements suivants sur des locaux assez inertes dont le type est un appartement H.L.M. situé à un étage intermédiaire, sinon sous une toiture terrasse ou contre un pignon lourd convenablement isolé.

Hiver: A l'intérieur de locaux non chauffés, orientés au Nord, à l'Est ou à l'Ouest et dont les baies vitrées restent fermées, la température varie peu pendant la journée (moins de 1°).

Pendant un hiver normal, elle a pour valeur minimale la température θ_{int} à laquelle elle est égale à $\pm 1^\circ$ pendant au moins vingt jours. La température θ_{int} est donnée par:

$$\theta_{int} = (t+T)/2 - (t-t_i)/2 \quad (1)$$

avec:

t : moyenne des minima du mois le plus froid

T : moyenne des maxima du mois le plus froid.

t_i : moyenne des minima mensuels extrême du mois le plus froid.

(t+T)/2: température moyenne du mois

A l'intérieur de locaux non chauffés dont les baies vitrées de taille normale sont exposées au sud et bien ensoleillées, nous avons constaté que la température intérieure était à peu près de 2° supérieur à θ_{int} avec une légère pointe aux environs de midi.

Caractéristiques climatiques moyennes suivant la zone B

Tableau 4: Caractéristiques du mois le plus froid

Température minimale quotidienne	Température moyenne quotidienne	Ecart diurne	Variabilité	Température extérieur de basse
5	10	10	4	2

Tableau 5: Données de basse du chauffage

Température extérieure de basse θ	Température intérieure de base		Degrés jours		Nombre de jours de chauffage	
	Exposition Est, Ouest et Nord	Exposition Sud	Exposition Est, Ouest et Nord	Exposition Sud	Exposition Est, Ouest et Nord	Exposition Sud
2	8	8	450	220	65	30

2.2. Etude architecturale

Le plan de Hammam Chellala qui était réalisé en 1963, est constitué 4 lots identiques et chaque lot contient 7 bungalows:

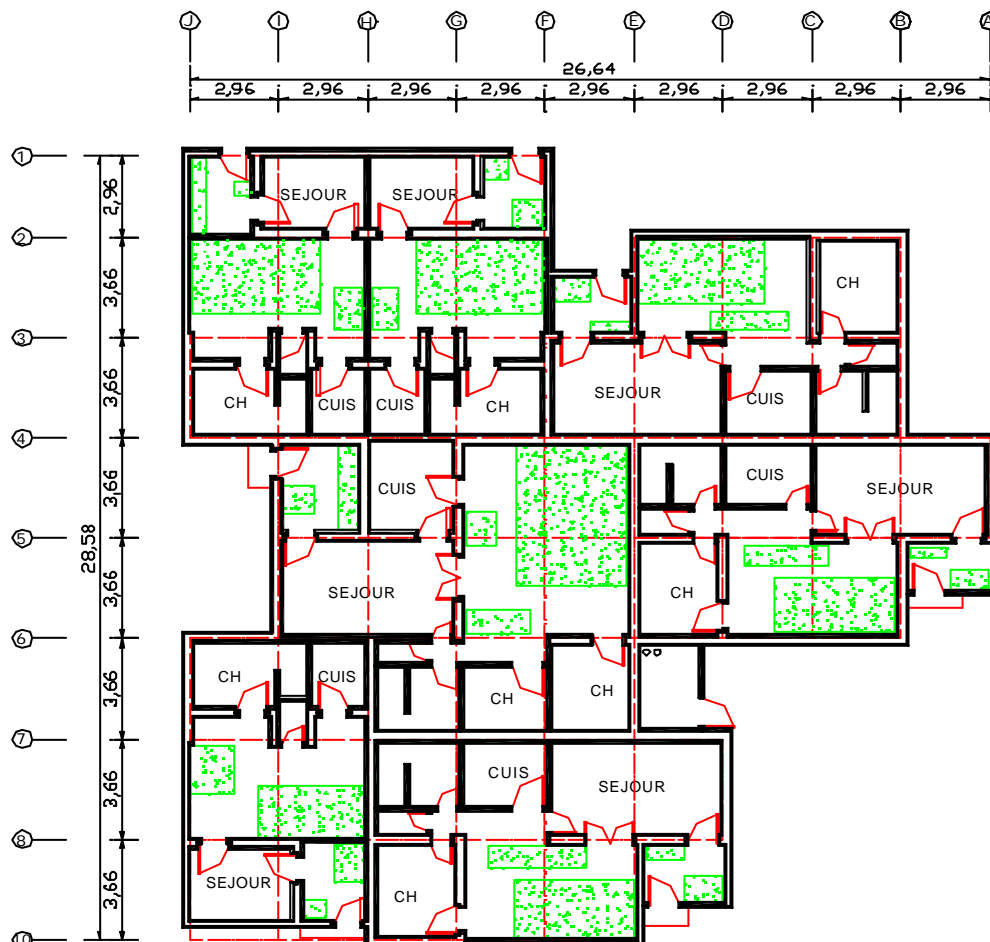
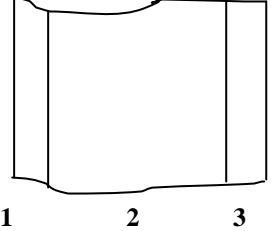
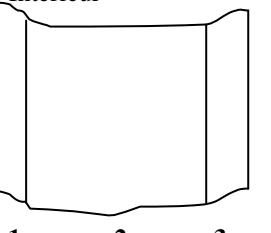
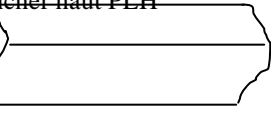


Fig. 1: Plan d'un lot de Hammam Chellala

2.2.1. Composition des parois

La composition des parois se résume dans le tableau 6.

Tableau 6: Composition des différentes parois

Désignation et représentation	Résistance	Code	Epaisseur [m]	λ [w/m ² K]	R [m ² K/w]
Mur extérieur 	Super. Int 1- Enduit de plâtre 2- Béton plein 3- Enduit extérieur Super. Ext	1/hi Plat BPLE ENDU 1/he	- 0,01 0,3 0,02 -	- 0,35 1,75 1,15 -	0,110 - - - 0,060
Mur Intérieur 	Super. Int 1- Enduit de plâtre 2- Béton plein 3- Enduit plâtre Super. Ext	1/hi Plat BPLE Plat 1/he	- 0,01 0,17 0,01 -	- 0,35 1,75 1,35 -	0,110 - - - 0,060
Plancher haut PLH 	Super. Int 1- Béton plein 2- Etanchée Super. Ext	1/hi BPLE ET 1/he	- 0,2 0,01 -	- 1,75 0,23 -	0,09 - - 0,05
Plancher bas PLB	- Carrelage - Mortier - Sable - Béton	CAR MOR SAB BET	0,02 0,03 0,025 0,2	1,05 1,15 0,6 1,75	- - - -

2.3. Conclusion

L'étude climatique nous a permis de déterminer :

- Température de base extérieure ($T_{\text{bext}} = 2 \text{ }^\circ\text{C}$)
- Température de base intérieure ($T_{\text{bint}} = 8 \text{ }^\circ\text{C}$)

et l'étude architecturale nous a orientés sur la position des bungalows et la composition des parois . Ces études permettent de calculer les déperditions du lot pour l'installation de chauffage.

3. BILAN THERMIQUE DES BUNGALOWS

3.1. Calcul général des déperditions surfaciques [4] ; [5]

- Exemple de Calcul du Bungalows N°1

- ◆ Séjour

Désignation		Dimension		Surface (m ²)			K	ΔT	DEP
Parois	Orientation	L(m)	H(m)	Total	Ouvrant	Nette	/	/	/
Mur Ext	Nord	3,47	2,8	9,716	X	9,716	2,583	20	501,9
Mur Int	Est	2,77	2,8	7,756	X	7,756	3,08	0	0

Mur Ext	Ouest	2,77	2,8	7,756	1,8	5,956	2,583	20	307,6
Mur Ext	Sud	3,47	2,8	9,716	1,8	7,916	2,583	20	408,9
Porte Ext	Ouest	0,9	2	1,8	X	1,8	3	20	108
Porte fenêtre S ext	Sud	0,9	2	1,8	X	1,8	3,2	20	115,2
PH	Nord	3,47	2,77	9,612	X	9,612	3,44	20	661,3
PB	Nord	3,47	2,77	9,612	X	9,612	5	20	961,2
								Ds _s = 3064,1W	

◆ Chambre

Désignation		Dimension		Surface (m ²)			K	ΔT	DEP
Parois	Orientation	L(m)	H(m)	Total	Ouvrant	Nette	/	/	/
Mur Ext	Nord	2,77	2,8	7,756	- 1,8	5,956	2,583	20	307,6
Mur Int	Est	2,51	2,8	7,028	X	7,028	3,08	4	86,5
Mur Ext	Ouest	2,51	2,8	7,028	X	7,028	2,583	20	363
Mur Ext	Sud	2,77	2,8	7,756	+ 2,52	10,276	2,583	20	530,8
Porte fenêtre S ext	Nord	0,9	2	1,8	X	1,8	3,2	20	115,2
PH		2,77	2,51	7	+ 1,8	8,8	3,44	20	605,44
PB		2,77	2,51	7	+ 1,8	8,8	5	20	880
								Ds _c = 2888,54 W	

$$Ds_{Total} = S Ds_s + S Ds_c = 53272,62 \text{ W}$$

3.2. Calcul des déperditions par renouvellement d'air total du lot

La formule générale :

$$D_R = 0,34 q_R (T_{ai} - T_e) \text{ W} \quad [1]$$

$$q_R = q_v + q_{nf} \quad \text{tel que :} \quad q_v = 0 \text{ (Ventilation)}$$

Donc :

$$D_R = 0,34 S q_i (T_{ai} - T_e)$$

$$q_i = S m S A e_m$$

Dans notre cas, on utilise :

hauteur (o – 6m) ⇒ e_m = 8,9 pour (exposition au vent et tirage thermique)

Type	M	K	Code
Porte simple	6	3	P
Porte fenêtre simple	4,2	3,2	PFS
Porte fenêtre double	4,2	4,2	PFD

Bungalows N°1

◆ Séjour :

$$\text{Porte : } q_{inf} = 6(0,9 * 2) * 8,9 = 96,12$$

$$\text{Porte fenêtre simple : } q_{inf} = 4,2(0,9 * 2) * 8,9 = 67,284$$

$$D_R = 0,34 (96,12+67,284) * (22 - 2) = 1111,147$$

$$D_{Rs} = 1111,147W$$

◆ Chambre :

$$\text{Porte fenêtre simple : } q_{inf} = 4,2(0,9 * 2) * 8,9 = 67,28$$

$$D_R = 0,34 (67,28) * 20 = 457,53$$

$$D_{Rc} = 457,53W$$

$$D_{R_{Total}} = S D_{Rs} + S D_{Rc} = 15709,06 W$$

3.3. Calcul des déperditions à travers les liaisons :

D'après le DTU, on estime les déperditions par liaison à 12 % des déperditions surfaciques

Alors, on aura :

$$D_{L_{Total}} = 0,12 * D_s \text{ total}$$

$$D_{L_{Total}} = 0,12 * 56124 = 6392,714W$$

3.4. Conclusion :

Dans cette partie, on a calculé tous les déperditions soit surfacique a travers les parois ou linéique a travers les liaison ou par renouvellement d'air .

Ce bilan thermique nous permet de déterminer pour chaque local (bungalows) un système de chauffage qui lui conforme.

4. SOLUTION SIMLE POUR LE CHAUFFAGE

4.1. Déperdition total pour chaque séjour et chambre :

$$D_{Total} = D_{Surfacique} + D_{Linéique} + D_{par Renouvellement d'air}$$

Bungalows n° 1:

◆ Séjour

$$D_{pt} = 3064,1 + (0,21 * 3064,1) + 1111,147 = 4542,939W$$

◆ Chambre

$$D_{pt} = 2888,54 + (0,12 * 2888,54) + 457,53 = 3692,695W$$

4.2. Choix des corps de chauffage et détermination du nombres d'éléments pour chaque local :

Pour ce faire, des modèles de radiateurs sont donnés par FINIMETAL. Le choix dépend de la surface réservée à l'emplacement des radiateurs et des besoins thermique du local à chauffer .

4.2.1. Caractéristique des radiateurs :

Dans le but de dimensionner le chauffage des locaux d'habitation, un modèle de fonctionnement doit être établi. Ce modèle doit satisfaire une quantité de chaleur suffisante pour chauffé nos locaux. Pour ce là, on expose les caractéristique de nos modèles dans les Figures 2 et 3.

4.2.2. Emplacement des radiateur

Bungalow N°1 :

$$\text{Séjour } D_{ts} = 4542,939 W = 3906,224 \text{ Kcal/h}$$

On place le modèle J4 avec une hauteur de 600mm et une largeur 1270mm et une puissance calorifique de 3915 Kcal/h

$$\text{Chambre } D_{tc} = 3692,965W = 3175,146 \text{ Kcal/h}$$

On place le modèle J4 avec une hauteur de 600mm et une largeur 1070mm et une puissance calorifique de 3284 Kcal/h.

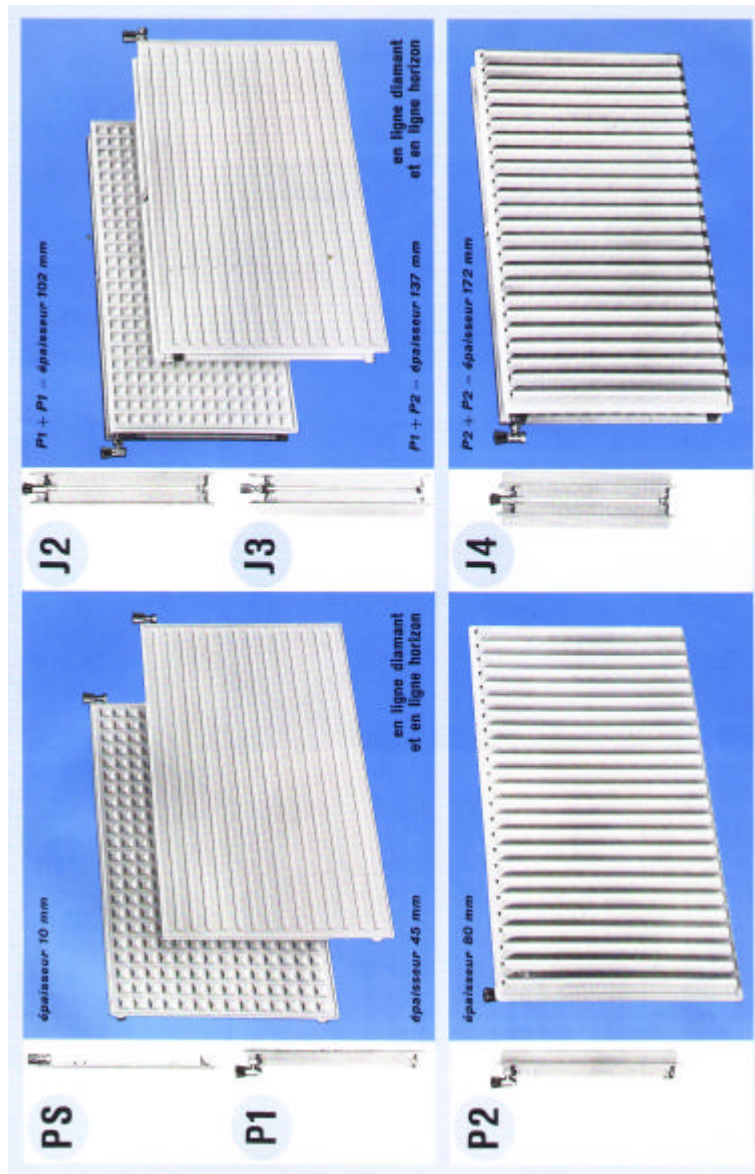


Fig. 2: Les différents modèles de radiateurs

5. REALISATION ET EXPERIMENTATION

Cette étude est en cour de réalisation ainsi que le dimensionnement des échangeurs de chaleur utilisés dans la partie expérimentale .

Cette étude comporte :

- Construction d'un bassin de récupération d'eau chaude bien isolé
- Choix des canalisations après avoir fait le calcul des pertes de charges et de l'échangeur de chaleur
- Installation des pompes et des radiateurs
- Expérimentation de l'installation

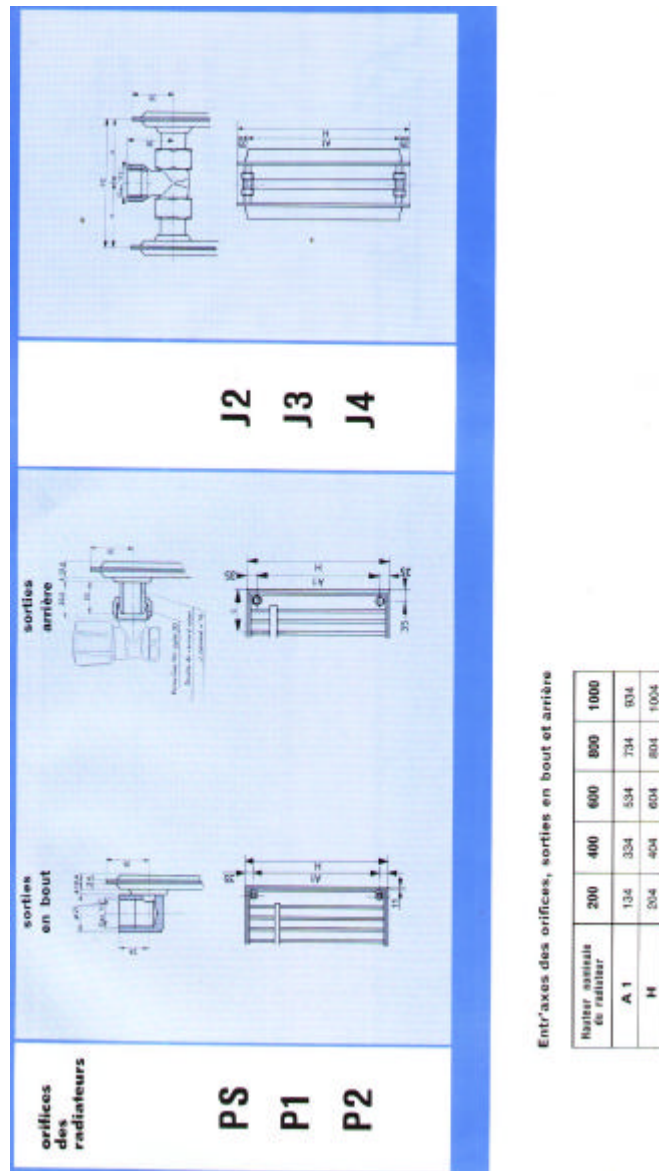


Fig. 3: Orifices des radiateurs

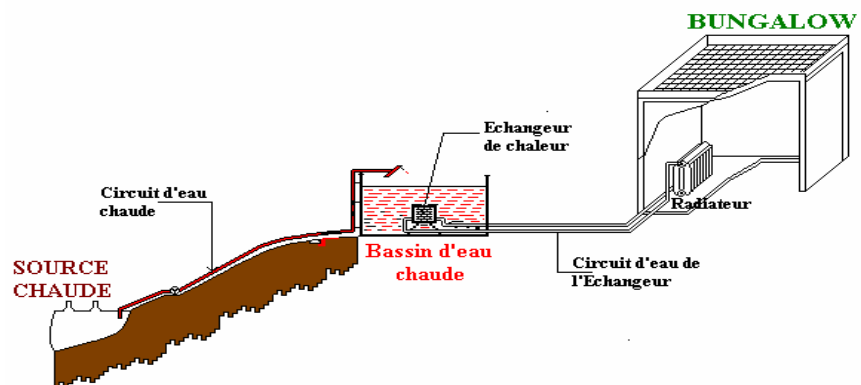


Fig. 4: Schéma de la partie expérimentale

La partie expérimentale consiste à immerger les échangeurs dans un bassin d'eau chaude bien isolé. Donc la chaleur sera transmise du fluide chaud au fluide qui circule à l'intérieur des échangeurs (Voir Figure 4). Ce fluide chauffé sera pompé pour alimenter les radiateurs à l'intérieur des bungalows. La chaleur sera transmise du radiateur à l'air intérieur par convection.

REFERENCES

- [1] B. Lindal, "*Review of Industrial Applications of Geothermal Energy and Future Considerations*", Geothermics 21, No. 5/6, (1992) 591
- [2] R. Cataldi, G. C. Ferrera, C. G. Palmerini et F. Sabatelli, "*Comparative Progress Report and Projection on Future Developments of Geothermal Energy in Italy*", Geothermics, 1990
- [3] P. J. Lienau, "*Industrial Application*". in : *Geothermal Direct Use Engineering and Design Handbook*, (1987)297.
- [4] D. Couillard et R. Bouige, "*Traité du Batiment. Chauffage. Ventilation. Climatisation*", 5^{ème} éditions, 1984
- [5] R. Casari, "*Chauffage. Calculs des Déperditions et Charges Thermiques d'Hiver*", PYC édition, 1989