



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique



Université Larbi Tébessi - Tébessa
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département d'Architecture

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de master
en Architecture

Option : Architecture et environnement

Thème :

Étude de l'impact des puits canadiens sur la
performance énergétique des bâtiments

Elaboré par : GHOUL Issam

Encadré par : M^{elle} ZEGHICHI Sarah

Soutenu devant le jury

01- Dr MANSOURI Saddek

02- M^{me} TARTAR Nassima

Année universitaire 2016/2017

REMERCIEMENT

Avant de commencer la présentation de ce travail, je remercie avant tout mon dieu de m'avoir donné la force pour continuer, et je profite de l'occasion pour remercier aussi toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire de fin d'études.

A Mes Enseignants

J'ai eu l'honneur d'être parmi vous étudiants et de bénéficier de vos riches enseignements.

Vos qualités pédagogiques et humaines sont pour moi un modèle.

Vos gentillesse, et votre disponibilité permanente ont toujours suscité mon admiration.

A Mon Encadreur : M^{elle} ZEGHICHI Sarah

J'aimerais exprimer tout particulièrement ma gratitude à mon encadreur, pour la confiance qui m'a accordé, pour le dévouement, sa compétence scientifique, dont elle a fait preuve en m'offrant la possibilité de mener à bien ce travail de recherche et pour ses encouragements constants tout au long de celui-ci, ses critiques Constructives, pour sa droiture et sa franchise.

Ainsi que tout le personnel du :

Département d'architecture, université de Tébessa .Météo de Tébessa, LTP EST .

Tous nos amis et collègues, qui nous ont encouragé et aidé pour réaliser ce travail.

DEDICACES

Que ce travail témoigne de mes respects :

A mes parents :

Grâce à leurs tendres encouragements et leurs grands sacrifices, ils ont pu créer le climat affectueux et propice à la poursuite de mes études.

Aucune dédicace ne pourrait exprimer mon respect, ma considération et mes profonds sentiments envers eux.

Je prie le bon Dieu de les bénir, de veiller sur eux, en espérant qu'ils seront toujours fiers de moi.

A mes frères.

A tout la famille.

Ils vont trouver ici l'expression de mes sentiments de respect et de reconnaissance pour le soutien qu'ils n'ont cessé de me porter.

A tous mes enseignants :

Leur générosité et leur soutien m'oblige de leurs témoigner mon profond respect et ma loyale considération.

A tous mes amis et mes collègues : Ils vont trouver ici le témoignage d'une fidélité et d'une amitié infinie.

Tous personnes, qui nous encouragé et aidé pour réaliser ce travail.

GHOUL Issam

SOMMAIRE

Remerciement	I
Sommaire	II

Chapitre introductif

Introduction	1
I. PROBLEMATIQUE.....	2
II. Hypothèse	2
III. Objectif	2
IV. Méthodologie de recherche	3
V. Structure de mémoire	4

Chapitre 01 : Consommation énergétique et Confort thermique dans le Bâtiment

Introduction	5
I- La consommation énergétique dans le bâtiment	6
1- Energie	6
2-1 L'énergie renouvelable	7
2-2 L'énergie non renouvelable (fossile)	7
2-3 L'énergie dans le bâtiment.....	7
2- Consommation énergétique	8
3-1 Consommations dans le secteur ménager en Algérie.....	8
3-2 Le bilan de consommation énergétique	10
3-3 Consommation du gaz naturel et d'électricité.....	10
3- La performance énergétique	12
4- Efficacité énergétique	13
5- Les outils de valorisation énergétique de bâtiment.....	14
6- Le développement durable et la consommation d'énergie	15
II- Le confort	16
1- Notion de confort.....	16
2- Le confort dans l'habitat.....	16
3- Le confort thermique.....	17

4- Différents facteurs agissant sur le confort thermique	18
4-1 La ventilation naturelle	18
Conclusion	19

Chapitre 02 : les Puits Canadiens

Introduction	20
1- Définition puits canadien	21
2- Principe de fonctionnement et description	21
2-1 Prise d'air neuf	22
2-2 Échangeur géothermique (conduit).....	23
2-3 Système d'évacuation les condensats	24
3 Placement conception des puits canadien	25
4 Eléments de conception	25
4-1 Nature du sol	26
4-1-1 Conductivité thermique du sol	26
4-1-2 Capacité calorifique du sol	27
4-2 Profondeur des conduits	28
4-3 Situation (localisation) géographique	29
4-4 Disponibilité de surface pour l'enfouissement du conduit et coût	29
4-5 Type de bâtiment et ventilation hygiénique	29
4-6 Besoins en chauffage et refroidissement	29
5 Fondamentaux pour le dimensionnement d'un puits canadien	30
5-1 Longueur et diamètre des canalisations	30
5-2 Espacement entre les tubes	30
5-3 Débit et vitesse de l'air	31
6 Paramètres environnementaux qui influencent l'échange	31
7 Performances en hiver	31
8 Performances en été	33
Conclusion	37

Chapitre 03 : Etude de Cas

Introduction	38
1- Présentation de la pays d'Algérie	39
2- Présentation de la Ville de Tébessa	40
3- Analyse climatique de la région de Tébessa	41
3-1 La température de l'air	42
3-2 Les precipitations	43
3-3 Analyse géologique de Tébessa	43
4- Conclusion de l'analyse climatique et géologique	44
5- Enquête sur les maisons à Tébessa	45
5-1 Présentation des bâtiments cas d'étude	45
A- Bâtiment 01	45
a- la nature de sol	46
b- Disponibilité de surface non bâti	47
c- Consommation énergétique pendant le période hivernal et estivale	48
c-1 Période de l'été	48
c-2 Période d'hiver	48
B- Bâtiment 02	49
a- la nature de sol	51
b- Disponibilité de surface non bâti	51
c- Consommation énergétique pendant les périodes hivernale et estivale	52
c-1 Période de l'été	52
c-2 Période d'hiver	52
Conclusion	53

Chapitre 04 : Modélisation de Puits Canadien avec le cas d'étude

Introduction	54
1- Température extérieure	54
2- Profondeur d'échangeur (les tubes) dans le sol	55
3- Le type de sol en profondeur 3 m	55
4- L'échangeur thermique (type de tube + diamètre)	55

5- Vitesse de l'air	56
6- MODELISATION DE LA TEMPERATURE DE L' AIR	56
a. Hypothèses géométriques	56
b. Hypothèses thermiques	56
c. Description Mathématique	57
d. d- La température du sol	57
e. Température de l'air le long de l'échangeur	57
7- Température de l'air Pour la longueur de l'échangeur	60
I- Maison 01	61
a- periode estivale	61
b- Période hivernale	62
c- Efficacité de l'échangeur	63
d- L'analyse des résultats	63
II- Maison 02	64
a- Période estivale	64
b- Période hivernale	65
c- Efficacité de l'échangeur	65
d- L'analyse des résultats	66
8- Conclusion	67
Liste des figures et des tableaux	69
Bibliographie	71
Nomenclature	73
Résumé	74
Abstract	75
ملخص	76

Chapitre Introductif

Introduction :

Augmentation de la consommation d'énergie fossile dans le monde a conduit à plusieurs problèmes. La plus grave est le réchauffement climatique- l'effet de serre. Cependant l'utilisation de ce type d'énergie est devenue à la disparition donc ce n'est pas le choix préférable de nos jours à cause de la longue durée de renouvellement de ce type d'énergie.

L'Algérie connaît une crise aiguë en matière d'habitat dont le confort thermique ne semble pas être le souci majeur des concepteurs. En quatre décennies d'indépendance,

La crise de l'énergie a brutalement mis l'accent sur l'importance du volume de combustible versé le chauffage et la climatisation, en raison de cette consommation de l'influence sur la taxe d'exploitation des immeubles et aussi sur l'ensemble de l'économie du pays.¹

La consommation d'énergie fossile non seulement dans le domaine des transports et de l'industrie Mais aussi dans le secteur des bâtiments. Ils consomment plus de 40% de la consommation totale d'énergie, 30% est consommée dans les radiateurs et les refroidisseurs pour le confort thermique.

Après l'émergence du développement durable dans le 19^{ème} siècle, qui est de répondre aux besoins actuels sans compromettre les besoins de générations futures. Depuis ce terme est basé sur trois fondations (environnement – économie – social) , donc Architecture et Urbanisme est responsable au première classe.

l'un Des mouvements qui cherchent d'obtenir l'environnement comme point de considération c'est le mouvement de BIOCLIMATISME qui insiste de l'optimisation de la relation de l'habitation avec le climat pour une ambiance confortable.

le but de l'architecture bioclimatique c'est d'exploiter les bénéfices de climat avec la protection des effets négatives de climat, et ce dernier par deux types de techniques :

- 1- Active c'est de l'utilisation de la technologie
- 2- Passive sans technologie « des solutions conceptuelles »

Parmi ces techniques, on trouve les puits canadiens qui représentent une solution technique qui permet à préchauffer/rafraîchir l'air du bâtiment en utilisant la

¹ Bernard Château & Bruno Lapillone - la prévision à long terme de la demande d'énergie-

température de la Terre autour du bâtiment. Et ici, met en évidence l'importance économique et environnementale Comme mentionné ci-dessus qui représente deux éléments du développement durable qui nous pouvons les contrôler par le contrôle de l'énergie.

I. Problématique :

-Comment optimiser la consommation d'énergie dans le bâtiment travers cette technique géo-solaire (puits canadien) ?

- Es ce que cet système est valable dans notre ville Tébessa (cas d'étude) ?
- Es ce que cet system est efficace et quelle est le taux d'efficacité de ce system ?

II. Hypothèse :

- Le puits canadien peut être une solution technique pour minimiser la consommation d'énergie dans le bâtiment.
- Ce système est valable dans notre ville Tébessa (cas d'étude)

III. Objectif :

À fin de situer les problèmes de consommation énergétique aiguë dans le secteur de l'habitat et spécialement l'énergie qui consomme pour assurer le confort thermique (chauffement ou refroidissement), et l'un des exemples notre cas d'étude (ville de Tébessa) , notre recherche pour les objectifs suivants :

Étude sur les Puits canadiens et la possibilité de leur application en Algérie dans la ville de Tébessa

L'impact de Puits canadiens sur de la consommation d'énergie dans les bâtiments et la performance énergétique

IV. Méthodologie de recherche :

Notre mémoire est structurée en deux parties :

✓ Première partie

Une première partie théorique consiste en une observation de la problématique énergétique, où dans un premier temps nous avons abordé le domaine de l'énergie en général et particulièrement dans les bâtiments. Et on a expliqué les types et les sources de ces énergies. Ensuite, on a défini le confort général et spécialement le confort thermique et les éléments qui les affectent, comme la ventilation .

Par la suite, le deuxième chapitre présente les puits canadiens et une description du générale au détail de ce système (composant – principe de fonctionnements – les conditions ..), ce qui servira de base pour les interprétations de la modélisation avec les cas d' étude .

✓ Deuxième partie

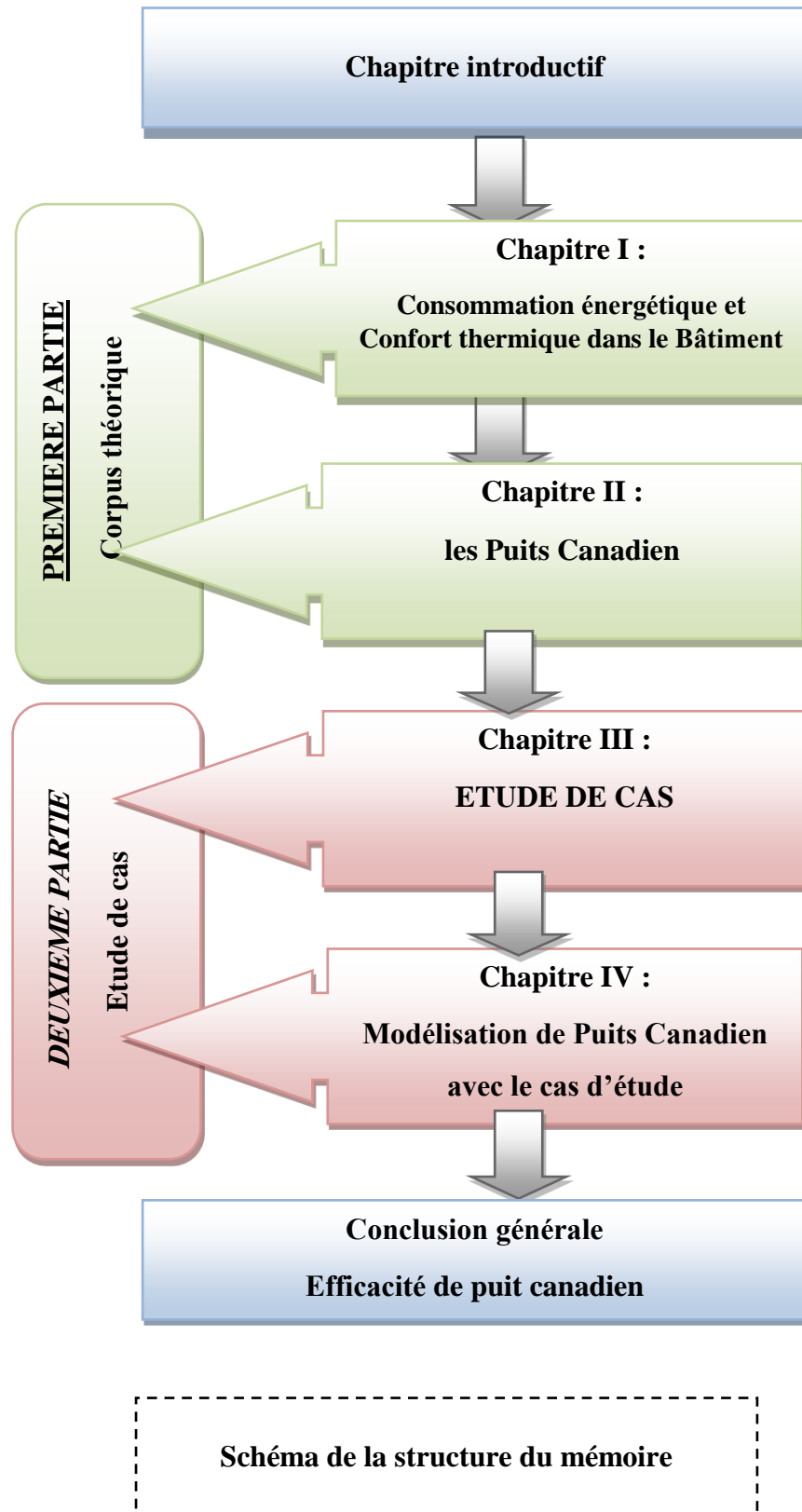
Une deuxième partie expérimentale concerne en premier temps le chapitre trois « une investigation sur site qui permis une lecture de deux échantillons d'habitations situées dans la ville de Tébessa, (premier : cité fatma Zohra, et la deuxième cité 600 logement). Une série des mesures de températures, d'humidités relatives et aussi une analyse géologique et les bilans de consommation énergétique de chaque un . Dans le but de collecter tous les informations nécessaires pour la modélisation de puits canadiens et la différence entre la consommation d'énergie avec ou sans système.

Puis au quatrième chapitre une modélisation de la température de l'air à l'aide des équations et l'interprétation de ces équations au Excel pour obtenir des diagrammes permettra de valider les résultats de l'investigation et de faire ressortir les paramètres influent sur les puits canadien.

Cependant dans le but de chercher les conditions optimales, une évaluation des différents changements de paramètre (de longueur) a été faite en les deux périodes estivales et hivernale.

✓ Enfin une synthèse des résultats des différentes périodes estivale et hivernale pour les deux échantillon et une recommandation pour arriver à concevoir des bâtiments plus performants du point de vue thermique et énergétique avec ce système (puits canadien) .

V. Structure de mémoire :



Chapitre I :

Consommation énergétique et
Confort thermique dans le
Bâtiment

Introduction :

" À l'heure où l'environnement est une préoccupation majeure, architectes et ingénieurs questionnent de plus belle la faune et la flore pour exploiter leurs performances. Que ce soit pour améliorer l'aération et l'isolation des bâtiments, la solidité des structures ou la qualité des matériaux, ce courant baptisé biomimétisme s'incarne dans d'étonnants édifices. " (Muriel Valin , 2008).

La consommation énergétique dans le secteur résidentiel est l'un des principaux enjeux dans nos jours. Alors le recours aux énergies renouvelables est devenu primordial. C'est la meilleure solution pour résoudre les problèmes énergétiques qui influe directement au problèmes économiques et environnementaux.

Les bâtiments construits consomment une quantité d'énergie primaire importante ce qui implique des émissions de CO₂ élevées. Pas mal des problèmes environnementaux ont été constatés, ils sont issus du secteur de la construction : la déforestation, l'érosion du sol, la pollution de l'environnement, les acides, la destruction de la couche d'ozone, l'épuisement des combustibles fossiles et le réchauffement climatique.

Ce chapitre vise à introduire à la notion de la consommation énergétique primaire dans un bâtiment. Ainsi de connaître la relation entre la consommation d'énergie au niveau de l'Algérie et des exigences de confort et d'éléments qui peuvent être exploitées pour optimiser la consommation d'énergie et sont les éléments qui affectent le confort thermique

1. Définition de l'énergie :

Selon l'encyclopédie l'énergie c'est « *la capacité d'un système à produire un travail, c'est l'un des quatre concepts prédéfinis de la physique, avec la matière, l'espace et le temps* » elle disponible dans la nature sous plusieurs forme (énergie thermique - énergie électrique - puissance nucléaire – hydroélectricité...) Ce qui est divisé en deux types : énergie renouvelables ,énergie non renouvelables .

Dans le bâtiment en exprime l'énergie en deux axe :

- a- Énergie pour le construire et construction
- b- Énergie pour le confort

Ceci expliqué ci-dessous schéma :

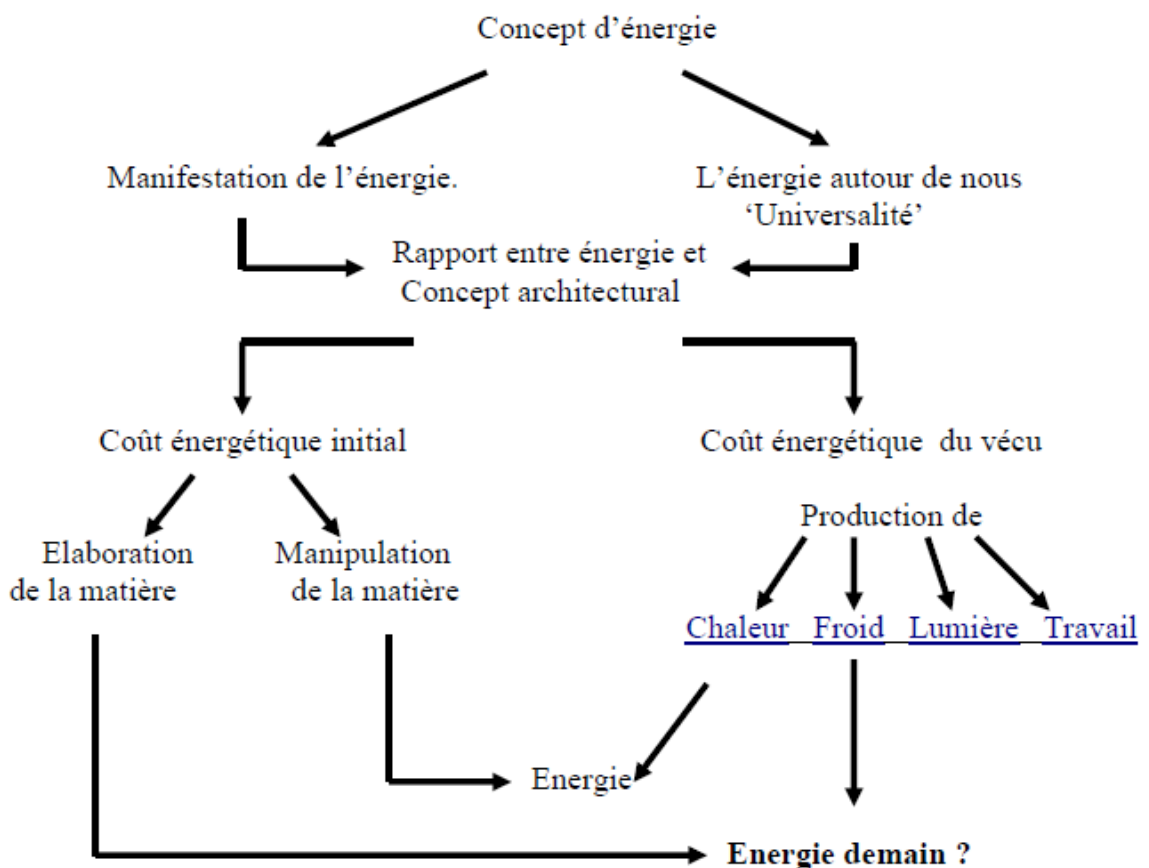


Figure I-1 : Organisation des contenus sur le thème de l'énergie.

Source : DEPECKER.P, 1985

1.1 L'énergie renouvelable :

en étend par « *L'énergie renouvelable désigne les énergies les plus anciennement utilisées par l'humanité. Les énergies renouvelables sont essentiellement tirées des éléments (terre, eau, air et feu) et du soleil.* »¹, Et aujourd'hui il y'a 6 type d'énergie renouvelables lesquelles : (solaire – éolienne – géothermique – biomasse – hydraulique).

1.2 L'énergie non renouvelable (fossile) :

C'est L'énergie qui disparaître avec le temps tels que le pétrole et le gaz .. Cette énergie représente la première source de pollution et l'effet de serre.

1.3 L'énergie dans le bâtiment :

Les bâtiments consomment une partie importante de l'énergie utilisée par l'homme et, en conséquence, ils sont source d'une partie non négligeable de la pollution. Cette énergie est utilisée pour de nombreux usages, notamment :

- Le chauffage et/ou le refroidissement, pour assurer un climat intérieur confortable
- La circulation de fluides tels que l'air (ventilation), l'eau (eau chaude, chauffage)
- Les transports (ascenseurs)
- L'éclairage
- Les communications (téléphone, radio, télévision)
- La production de biens (fabriques, cuisines, couture, etc.)

Dans les climats tempérés et froids, la plus grande part de l'énergie utilisée par un bâtiment sert au chauffage. Le flux de chaleur généré dans le système de chauffage aboutit inévitablement à l'extérieur par différentes voies plus ou moins directes. Dans les climats plus chauds, il peut être nécessaire et en tous cas confortable d'abaisser la température intérieure des bâtiments. Ce refroidissement, et l'assèchement de l'air (sous les tropiques) peut aussi être un grand consommateur d'énergie.

En addition pour l'utilisation d'énergie renouvelable dans le bâtiment li y a deux système, active et passive comme :

¹ : http://www.dictionnaireenvironnement.com/energie_renouvelable_ID806.html 13/10/2015 20h02.

2.1 Système active : puits canadien, panneaux solaire ..

2.2 Système passive : serre bioclimatique ...

2 La consommation d'énergie :

Dans la domaine énergétique la maîtrise de la consommation énergétique est un enjeu majeur, la consommation d'énergie c'est la quantité d'énergie utilisé par certain élément, dans le bâtiment c'est la quantité utilisée par un équipement (appareil) le chauffage ou climatisation par exemple, l'unité permettant de comparer la consommation d'énergie d'un logement est le Kw/m²/an. Plus l'isolation d'un logement ou d'un local est performante et plus sa consommation d'énergie est faible.

La conservation d'énergie ainsi générées permettrait de réduire l'impact de bâtiment sur l'environnement par le rejet de CO₂ qui sert à l'effet de serre.

3.1 La consommation d'énergie en Algérie :

Dans les années soixante-dix La croissance de la consommation de l'électricité en Algérie a atteint son niveau le plus élevé, en 1970 à 1980 le taux de croissance annuelle moyen enregistré avec un valeur de 13 %. Durant la dernière décennie, cette croissance a été pratiquement stable autour d'un taux annuel moyen de 5,6%, dont le taux d'équipement des ménages est de 70%. Avec un parc logement qui tourne autour de 5.745.645 millions de logements dont 60% urbain, en 2007, le parc logement est arrivé à 7 millions et par conséquent sa consommation a augmenté aussi. la consommation finale en 2009 Arrivé à 52% .²

3.2 Consommations dans le secteur ménager en Algérie :

La consommation énergétique du secteur ménager représente près de 42 % de la consommation d'énergie finale et est responsable de 18 % des émissions nationales de gaz à effet de serre. ³(Voir le graphique dessous) MTEP (million tonnes équivalent pétrole).

² :MINISTERE DE L'ENERGIE : « Bilan énergétique national de l'année 1999 »/ DGE, 2000. EPE novembre,2000

³ : Bilan énergétique nationale 2014 (ministre d'énergie)

L'électricité, le gaz naturel (en conduites ou en bouteilles), fuel, charbon, bois et même piles électriques sont les sources d'énergie du secteur résidentielle. Les différents types d'énergie nous servent globalement à quatre différents usages.⁴

- Chauffage : la plus forte dépense environ 60% de l'énergie domestique
- Electricité : (éclairage + électroménager + l'audiovisuel et la climatisation) représentent près de 20% de l'énergie.
- L'eau chaude sanitaire nécessaire, représente près de 15%.
- La cuisson représente près de 5%.

la consommation d'énergie finale par habitant est de 0.48 TEP en 1990, son évolution passera de 0.71 TEP⁵ en 2000 à 1.35 TEP en 2010 et 1.88 TEP en 2020.⁶

La consommation du gaz et de l'électricité pour le chauffage et pour l'éclairage représente le taux le plus élevé par rapport à d'autres consommations ménagères, ce qui explique la forte demande pour le secteur habitat dont le premier besoin est le chauffage en hiver et la climatisation en été (voir la graph 02).

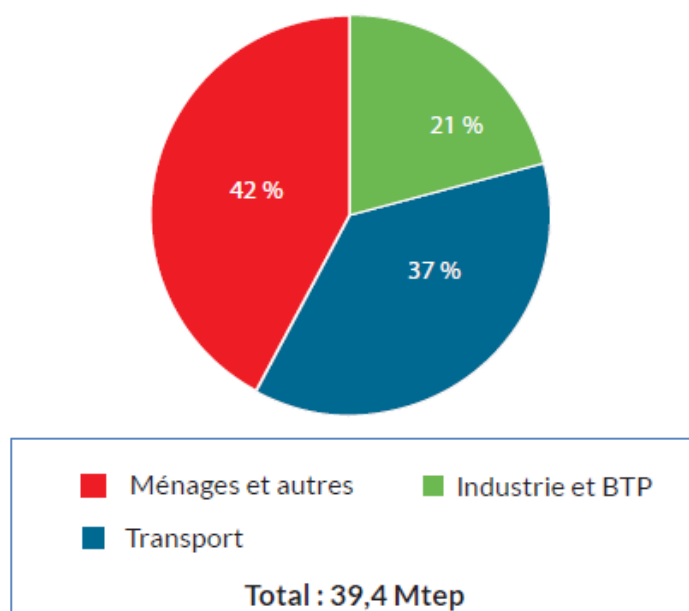


Figure I-2 : Structure de la consommation finale par secteur 2014

Source : Bilan énergétique nationale 2014 (ministre d'énergie)

⁴ CHITOUR.CH.E : « L'énergie : Les enjeux de l'an 2000 » Vol/1 Office des Publications Universitaires ALGER, 1994. p. 41.

⁵ TEB : l'énergie contenue dans une tonne de pétrole.

⁶ CHITOUR.CH.E : « L'énergie : Les enjeux de l'an 2000 » Vol/1 Office des Publications Universitaires ALGER, 1994. p.91

3.3 Le bilan de consommation énergétique :

C'est un bilan comptable de tous les quantités d'énergie consommées sur une échelle nationale. Il base sur trois types de données : les données des activités qui déterminent la demande d'énergie, les coefficients de consommations unitaires et les données de producteurs et les distributeurs d'énergie.

Il existe deux échelles du bilan énergétique, le bilan énergétique global et le bilan d'énergie primaire. Le bilan énergétique globale se définit comme :

" le reflet de la situation énergétique d'un pays ou d'une région. Il reprend dans un tableau synthétique, les productions primaires d'énergie, les récupérations, les transformations, les pertes de distribution, ainsi que la consommation finale d'énergie des différents secteurs (industrie, transport, domestique). Il permet de déterminer la Consommation Intérieure Brute d'énergie (CIB) du pays ou dans le qui nous occupe, de la région. Comparée à la consommation finale d'énergie, elle révèle les capacités de production et de transformation d'énergie,, la dépendance énergétique du pays ou de la région" ⁷.

Aussi, il est défini par la somme des consommations liées à l'énergie grise de tous les matériaux nécessaires aux constructions du bâtiment. En plus l'énergie primaire consommée durant la vie du bâtiment (chauffage, électricité la production de l'eau chaude sanitaire et le refroidissement sans oublier l'électricité domestique). Le bilan énergétique globale est exprimé en kWh. Il peut être exprimé par la surface des références énergétique et/ou le nombre des occupants

3.4 Consommation du gaz naturel et d'électricité :

En 1961 La consommation intérieure du gaz naturel démarré au rythme de 156 millions de m³, et en 2000 elle atteint 1.4 milliards de m³

D'après les données statistiques relevées auprès des services SONELGAZ (fig 1-3), on enregistre une évolution de la consommation de gaz où le recours à l'utilisation du gaz naturel a multiplié par 30 en l'an 2000 avec un rythme annuel de 4.6% d'évolution prévisible de la consommation. (CHITOUR.Ch.e,1994)

⁷ : Rapport Final – Juillet 2003.BILAN ENERGETIQUE DE LA REGION DE BRUXELLES-CAPITALE 2001 Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement .2003.page 127

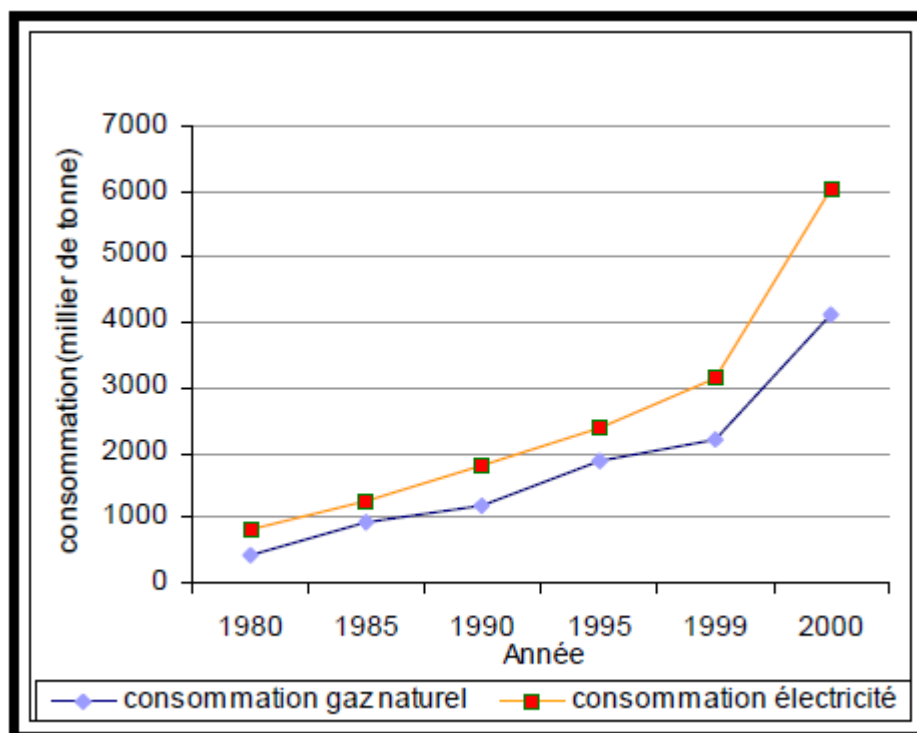


Figure I-3 : Consommation de gaz et électricité (en milliers de tonne) dans le secteur ménager en Algérie.

Source : DGE/EPE, 2000

Quant à la consommation et à la production d'électricité, elles enregistrent une augmentation de 41,5% et 61,5% durant la période de 1980 à 1990.⁸

Selon la DGE, la consommation d'électricité en Algérie a augmenté durant les dernières années de 4% par an et la demande d'électricité devrait à long terme croître de 7% par année. En outre, la distribution de l'électricité connaît depuis quelques années de fortes perturbations du fait d'une augmentation croissante de la demande intérieure due essentiellement à l'usage multiplié des climatiseurs surtout dans le secteur d'habitat et tertiaire. Ceci conduit l'entreprise Sonelgaz à opérer des délestages pour rééquilibrer un appel de consommation devenu trop important.

1414 KTEP. Elle représente 42 % de la consommation totale d'électricité. Il a atteint 7056 KTEP en produits gazeux soit 63% de la consommation totale des produits gazeux, Il représente, de ce fait, le premier secteur grand consommateur d'énergie électrique et du Gaz naturel au niveau national.

⁸ « Missions économiques : Fiche de synthèse « le secteur de l'électricité en Algérie » actualisation au 9 août 2006.

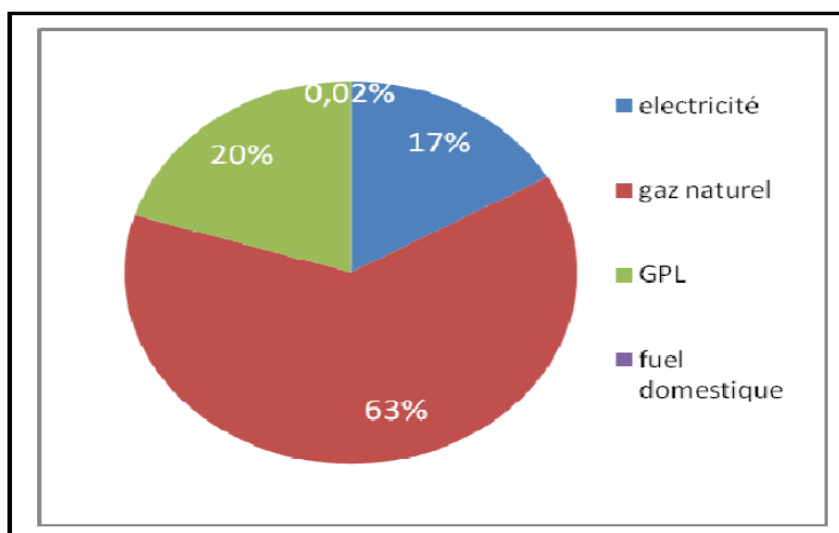


Figure I-4 : Répartition de la consommation du secteur résidentiel par types d'énergie 2012

Source : publication de consommation énergétique final 2012 ministre de l'énergie et de mine p 05

3 La performance énergétique :

La performance énergétique d'un logement est définie comme « *le meilleur rapport possible entre la consommation d'énergie et le service rendu en termes de confort thermique et de coût.* »⁹. Elle inclut l'énergie utilisée pour le chauffage, l'eau chaude pour les sanitaires, le refroidissement, la ventilation, l'éclairage. La performance énergétique est liée à l'efficacité énergétique des équipements aussi à ses usagers et leurs usages quotidiens. À l'échelle des anciens logements, on parle de bâtiments énergivores leurs performances énergétiques s'assurent qu'après la rénovation énergétique, L'amélioration de la performance énergétique d'un bâtiment repose sur la réglementation thermique. Cette dernière pousse la construction en deux sens : bâtiment à basse consommation d'énergie (BBC) et le bâtiment à énergie positive (BEPOS) dont les besoins de chauffage et d'éclairage sont faibles. Aussi il produit plus d'énergie qu'il consomme.

⁹ : <http://www.performance-energetique.lebatiment.fr/dossier/qu%20est-ce-que-performance-energetique>
20-11-2016 18 :12 h

4 L'efficacité énergétique :

En physique, « l'efficacité énergétique désigne le rapport entre l'énergie utile produite par un système et l'énergie totale consommée pour le faire fonctionner. »¹⁰.

L'efficacité énergétique s'applique à un équipement particulier. L'efficacité énergétique de tous vos équipements garantit la bonne performance énergétique de votre bâtiment .

L'efficacité énergétique recouvre trois approches qui doivent être combinées pour maximiser les gains qu'elle peut apporter :

- L'efficacité énergétique passive se rapporte à l'isolation, la ventilation et aux équipements de chauffage
- l'efficacité énergétique active, qui combine une amélioration du rendement énergétique des équipements dans le bâtiment (chaudière, produits blancs et bruns, éclairage, etc.) .
- la transformation du consommateur en consomm'acteur, c'est-à-dire un utilisateur particulier, informé et mobilisé, capable d'optimiser son confort tout en réalisant des économies d'énergie et, dans les années à venir, de produire sa propre énergie.

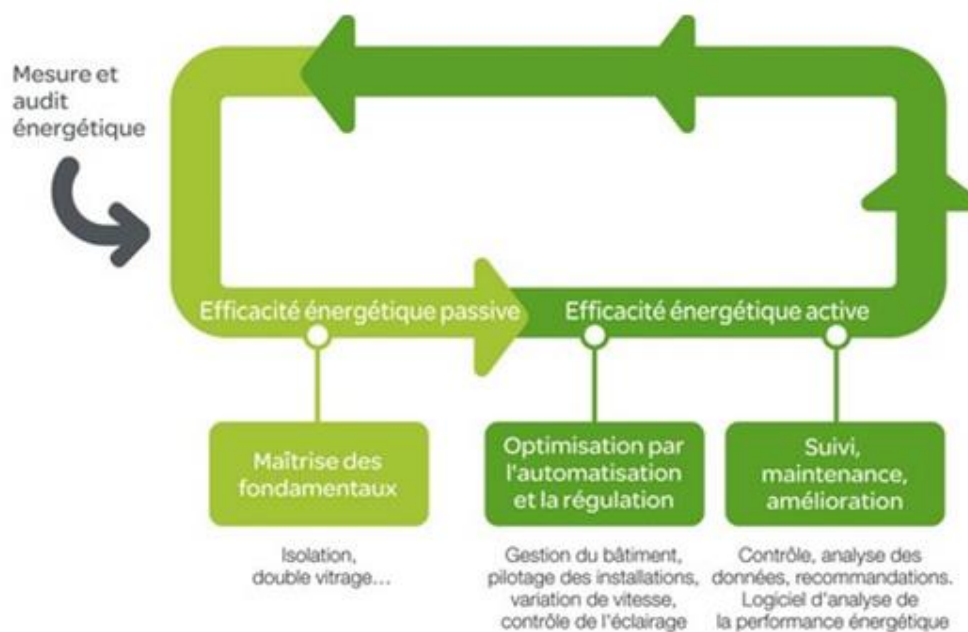


Figure I-5 : l'efficacité énergétique

Source : Schneider Electric 2012

¹⁰ : <http://www.smartgrids-cre.fr/index.php?p=efficacite-energetique-definition> 20-11-2016 19 :20 h

5 Les outils de simulation de la consommation énergétique :

Le rapport entre les deux facteurs cités précédemment dans un climat tempéré a été établi. La valorisation de l'énergie consommée par le bâtiment est aujourd'hui l'intérêt des chercheurs en plusieurs domaines de recherche. L'apparition des plusieurs types de logiciels pour l'évaluation de l'énergie dans le secteur des bâtiments est devenue une nécessité. Ils se regroupent en : des logiciels de dessin permettent aussi de la simulation comme : (l'Autodesk, Revit, Plancal...), des logiciel de simulation globale : (Energyplus, Pleiades, Transys,..), des logiciels pour des parties spécifiques : (Polysun (solaire et PAC), flixo (ponts thermiques), PVsys (photovoltaïque), Meteonom (données météorologiques) et des logiciels de certification et de dimensionnement : (Lesosai Tectool, Lesosai, Tectool, Enercad, Thermo,...).

6 Le développement durable et la consommation d'énergie :

Le concept de développement durable est un modelé de développement qui a pour but la satisfaction des besoins fondamentaux de l'humanité (produits industriels, énergie , nourriture, transport, abri...) et la gestion rationnelle et efficace des ressources, tout en conservant et protégeant la qualité environnementale. Ce concept, appliqué a la conception architecturale, a la construction, et l'exploitation des bâtiments, permet d'augmenter le bien-être des population, de réduire la facture énergétique et de garantir un environnement de qualité pour l'humanité.

Le développement ne doit plus exister au déterminent de la nature mais en accord avec elle, comme le dit shobhakar D, « Ce n'est pas le développent qui doit être durable, c'est l'humanité et la nature ». ¹¹

Donc en dégradant ne doit plus exister au détriment de la nature mais en accord avec elle, comme le dit Shobhakar D, « Ce n'est pas le développement qui doit être durable, c'est réintroduire le long terme par le développement énergétique durable qui peut être défini comme l'art de concilier deux exigences ¹².

- La satisfaction des besoins énergétique actuel, liés au confort et développement économique

¹¹ : Shobhakar D., « Comment infléchir les émissions de co2 dans quatre mégapoles d'Asie » in la revue Durable, « vivre ensemble en mégapole », n 14,2005

¹² Depertz, H . « Maitrise de l'énergie dans les bâtiments, Définitions, Usages, consommations », revue technique l'ingénieur, no BE9020, vol 4 2004

- Le respect de l'environnement et la préservation des ressources de la capacité au « bien-être énergétique » pour les générations futures.

Un développement énergétique durable implique donc trois priorités¹³

- Mener une politique active pour une économie d'énergie
- Développer l'utilisation des énergies renouvelables
- Recherche des nouvelles sources d'énergie permettant une plus grande efficacité et une indépendance optimale des pays

Partant des principes du développement durable, l'architecture devra concilier trois mondes différents, celui de l'économie, celui de l'écologie et celui du social. Le bâtiment devra donc continuer à assurer l'abri et le confort de l'utilisation, de plus il devra faire en sorte que son impact sur l'environnement extérieur soit minimisé. On parle alors du « bâtiment durable » ou «le bâtiment vert » ou bien «le bâtiment à haute qualité environnementale », d'où l'aspect énergétique demeure une préoccupation centrale, ce qui nous amène à nous intéresser au bâtiment performant, qui repose sur deux grands leviers qui améliorent son efficacité énergétique ¹⁴, qui sont :

- 1- L'efficacité énergétique dans le bâtiment, qui se réalise à travers le choix de matériaux, l'inertie de l'enveloppe, l'isolation et l'architecture bioclimatique
- 2- Le recours aux énergies renouvelables.

¹³ Ibid

¹⁴ Morillon, R. « L'intégration de l'efficacité énergétique et du développement urbain durable dans le bâtiment », THESE DE MASTER finie urbain, Université marne la vallée. 2005

II- le confort

1- Notion de confort :

L'origine de terme confort, tiré du mot anglais « comfort », est défini comme « un sentiment de bien-être et de satisfaction » ou comme un ensemble des éléments qui contribuent à la commodité matérielle et au bien-être »¹⁵. Ce qui donne à ce concept difficilement mesurable, un caractère subjectif dépendant des appréciations personnelles de chaque personne.

En effet, la compréhension et l'évaluation du confort dans l'espace vivant de l'homme sont nécessaires, car ce dernier représente un élément majeur dans le développement et la conception des bâtiments. La zone de confort reste très personnelle puisqu'elle dépend des individus, de leur accoutumance et de leur état physiologique et psychologique.

Cependant l'influence des facteurs âge, sexe et appartenance à un groupe ethnique sur la sensation de confort reste faible ¹⁶.

Il y a plusieurs types de confort à savoir : le confort visuel, le confort acoustique, le Confort olfactif et le confort hygrothermique, ce dernier est l'un des facteurs intervenant dans notre recherche.

2- Le confort et l'habitat :

Le confort est une notion étroitement liée à la sensation de bien-être et qui ne possède pas de définition absolue. (Source : BELAKEHAL, 2012)

L'homme a toujours construit pour s'abriter des aléas du climat. Nous pourrions a priori retenir quatre raisons essentielles qui ont poussé l'homme à construire :

*sociale – symbolique – fonctionnelle -artistique

« Bâtiment comme élément modificateur du climat » (source : Mazout, sans date)

Le confort est défini comme "un état de satisfaction vis-à-vis de l'environnement perçu" et la recherche du confort dans les logements était dès lors considérée comme superflue, les exigences se focalisant en toute logique sur la rapidité d'exécution et l'accès à des installations

¹⁵ Microsoft® Encarta® 2007. © 1993-2006 Microsoft Corporation. Tous droits réservés

¹⁶ PENICAUD, 1978 In LEHTIHET MOHAMED CHERIF : « Modification des microclimats urbains par la couverture végétale avec référence à la ville de Jijel » Mémoire de Magister, université de Jijel, 2007.

sanitaires de base pour l'ensemble de la population. Le plaisir et le confort étaient alors recherchés dans des activités connexes dites de « loisir ».

Les attentes liées au « logement » dépassent donc aujourd'hui très largement les frontières sémantiques usuelles : « habiter » c'est beaucoup plus que se « loger ». Ce déplacement des exigences allié à la recherche d'économies d'énergie amène les concepteurs à penser différemment l'habitat pour plus de bien-être et moins de gaspillage.

L'inconfort lié à une chaleur excessive peut même mener à des situations dramatiques. Concevoir des bâtiments respectueux du confort et du bien-être de chacun tout en diminuant sérieusement l'énergie utilisée est le défi lancé à tous les acteurs de la filière construction. L'un des rôles de l'habitat est de minimiser ces échanges, c'est-à-dire de protéger le corps humain contre les agressions du climat.

3- Le confort thermique

Le confort thermique est abordé par sa propre définition et par celle d'une sensation de bien-être lorsqu'on est exposé à une ambiance intérieure. Le confort thermique ne dépend pas exclusivement de la température, mais des conditions d'humidité de l'air intérieur, des éventuels courants d'air, du niveau de respirabilité de l'air ou de qualité d'air intérieure (QAI). La température à elle seule dépend d'une température résultante sèche, sorte de moyenne des températures intérieures et rayonnées par les différents corps et parois.

A titre d'exemple, le confort thermique ne peut être atteint à 22°C de température sèche intérieure avec des murs froids alors qu'à 18°C soit 4 degrés en moins, il est atteint et de plus de manière plus satisfaisante, avec un rayonnement homogène des corps en présence, y compris l'individu qui ressent les différents rayonnements. Autre sensation analogue, en montagne alors que l'air est à +10°C, avec un bon rayonnement du soleil, le confort thermique peut être atteint facilement.¹⁷

¹⁷ http://www.xpair.com/lexique/definition/confort_thermique.htm 18-12-2016 20 :00 h

4- Différents facteurs agissant sur le confort thermique :

Il Ya poussière facteur qui contrôlent le confort thermique comme suit :

- L'orientation
- Dimension des ouvertures
- La forme et compacité
- La couleur
- Protection solaire et vent dominant
- La ventilation naturelle

Ce dernier élément (la ventilation naturelle) est le plus important dans notre recherche :

4-1 La ventilation naturelle :

La gestion du confort d'été passe par la possibilité de ventiler avec de l'air frais une habitation. La capacité de rafraîchissement est disponible comme de jour ou de nuit. En hiver, cette option n'est valable que si un jour fait bon pour aérer la maison. L'air mobile est très favorable à des déperditions de chaleur. Par conséquent, l'impact de la ventilation sur un bâtiment n'est pas négligé, car elle augmente les pertes par convection.¹⁸

Les puits canadien est un système de ventilation qui influe directement sur le confort thermique dans le bâtiment car il utilise les apports gratuits de sol en été et en hiver aussi .

¹⁸ Idem

Conclusion :

La consommation énergétique dans nos jours est un paramètre capital dans la conception architecturale, L'élément essentielle qui joue un rôle dans la consommation d'énergie dans le bâtiment est le confort thermique. Quels contrôles par plusieurs éléments, notamment: la ventilation et l'isolation et l'orientation ...ect

En outre, par le taux de la consommation d'énergie primaire par une construction.. Cette approche-là est de but de bien choisir quel type d'énergie renouvelable à utiliser pour réaliser un bâtiment durable d'un faible consommation .

L'économie d'énergie est non seulement de changer les sources d'énergie de fossiles aux énergies renouvelables. Mais aussi de réduire la demande d'énergie , mais aussi avec Fournirai forme directe d'énergie , c'est ta dire au lieu de fournir de l'électricité et consommé d'un forme d'énergie thermique (chaleur) Nous pouvons l'utiliser sous forme de chaleur directement .

L'aération et le ventilation d'une maison influe effectivement sur la consommation énergétique. et le puits canadien vise de faire solution , A cet effet nous prendrons ce système et nous envisageons intégré dans un bâtiment a Tébessa .

Chapitre II :

les Puits Canadiens

Introduction :

L'intégration des systèmes de ventilation, et en particulier ceux qui fonctionnent par l'énergie renouvelable dans l'architecture très essentielle.

Depuis longtemps l'humanité ont utilisé plusieurs systèmes architecturaux pour économiser l'énergie par l'utilisation des énergies renouvelables comme le tour à vent et les puits canadien (tunnel a air frais) ...

Ce chapitre vise donc à l'identification de système de puits canadien et nous faire connaitre ces éléments et ces conditions de conception, et nous explique sa méthode de fonctionnement.

1- Définition puits canadien :

Le puits canadien ou puits provençal est un système dit géothermique qui utilise l'énergie présente dans le sol à proximité de sa surface pour chauffer ou refroidir l'air neuf de ventilation des bâtiments.

Le principe d'un tel puits est de faire circuler l'air neuf de ventilation dans un conduit enterré grâce à un ventilateur, avant de l'insuffler dans le bâtiment.

Le puits canadien est un système de ventilation qui utilise la chaleur qui trouve dans les couches terrestres par l'énergie solaire. Consiste à réchauffer (en hiver) ou rafraîchir (en été) tout ou partie des apports d'air neuf d'un bâtiment, en aspirant de l'air extérieur par un puits d'air qui circule dans un conduit d'échange thermique enterré avant de le redistribuer à l'intérieur du bâtiment. (C E T I A T ⁽¹⁾ 2009):

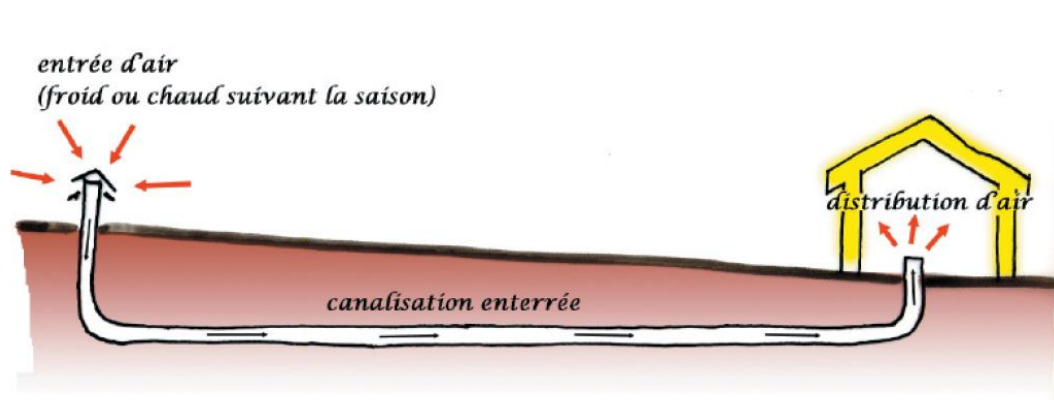


Figure : II-1 schéma représentatif du système

Source : Conseil d'Architecture d'Urbanisme et de l'Environnement du Tarn - février 2007

2- Principe de fonctionnement et description :

C'est Un système qui consiste à aspirer l'air de l'extérieur vers l'intérieur du bâtiment, Qui passe à travers des tuyaux dans le sol à l'aide d'un ventilateur .en hiver , Le sol chauffe l'air qui passe à travers les tuyaux dans lesquels la chaleur emmagasinée . en été. Processus d'être contreproductif en matière de terres être fraîches après qui permet du refroidissement de l'air,

¹ – C E T I A T - Centre Technique des Industries Aérauliques et Thermiques

qui les transmet. Le schéma de la figure 02-02 représente les composants essentiels de ce system (puits canadien)

(Borne de prise d'air, conduits extérieurs, ventilateur, by-pass, bouches et conduits intérieurs.)

2.

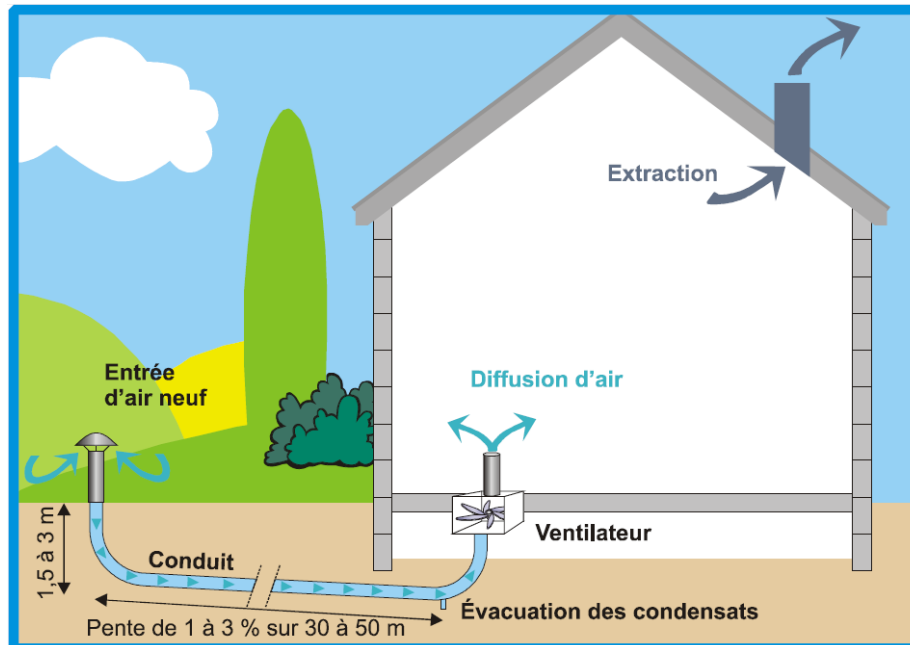


Figure II-2 : les composants essentiels de (puits canadien) : la prise d'air neuf, le conduit de l'échangeur géothermique, le système d'évacuation des condensats et le ventilateur.

Source : les puits canadien/provençaux guide d'information – cetiat – page 06

2-1 Prise d'air neuf :

Le premier élément de la série qui nous apporte le système. Habituellement, il a une forme ronde ou d'une colonne carrée est au-dessus l'entrée de l'air neuf. Typiquement ces dimensions en fonction des dimensions des tubes. Soyez dans l'entrée chapeau d'air suffisamment élevée pour éviter les contaminants tels que l'eau avec une passoire pour éviter l'entrée d'insectes.

Généralement l'hauteur minimale est 1.20

² http://www.encyclo-ecolo.com/Puits_canadien 09-11-2016 10 :12

Parmi les matériaux utilisés dans la fabrication :

- L'acier inoxydable, l'acier galvanisé et le béton pour le tertiaire ; le béton, le polyéthylène, le polypropylène ou le PCV pour le résident individuel



Figure II-3 : prise d'air neuf

Source : <https://www.econology.fr/blog/2012/05/28/prise-d%E2%80%99air-puits-canadien/> 28 février /2017 01h 58 .

2-2 Échangeur géothermique (conduit) :

Est un ou plusieurs tubes ont un rôle dans le processus d'échange de chaleur entre la terre et l'air qui dirigés vers le bâtiment, ces caractéristiques essentielles sont le dimensionnement (diamètre - longueur) et le matériau utilisé.

Le choix du matériau varie en fonction des contraintes mécanique, des dimensions et des performances thermiques recherchées. Les principaux matériaux utilisés sont les suivants :

- Le polypropylène, l'acier galvanisé, le béton, le grès vitrifié pour le tertiaire
- Le polyéthylène, le polypropylène, les gaines PTC, le PVC, la terre cuite pour le résident individuel.

L'un des conditions l'échangeur fallait assez loin de la dalle du bâtiment pour éviter toute fuite de chaleur de celle-ci vers le puits, l'échangeur est généralement d'une profondeur de 4-6 m pour le tertiaire et entre 1 et 2 m pour le résident individuelle, et d'une inclinaison de 2 à 3 % pour évacuer les éventuels condensats et la longueur optimale est varier entre 40-60 m. il y a 4 configurations qui représentent le positionnement de l'échangeur (les tubes)

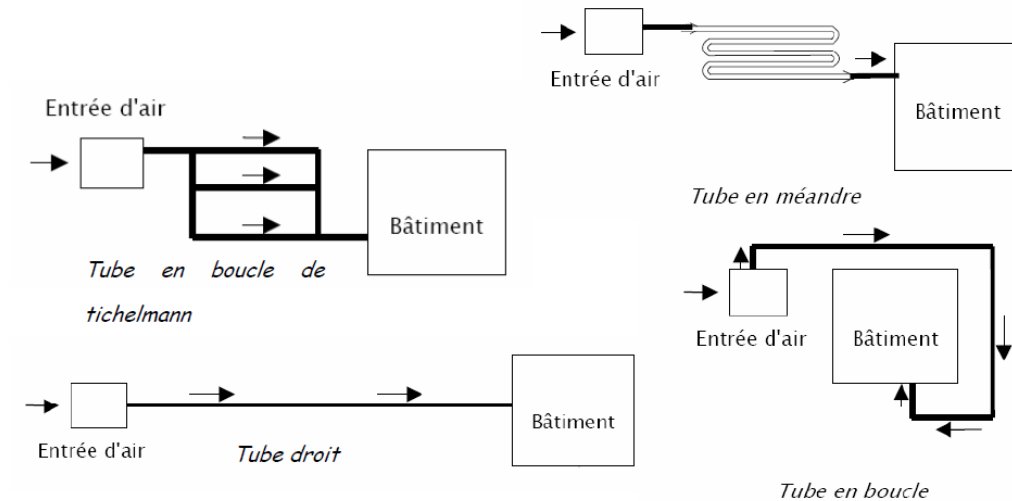


Figure II-4: Présentation des différentes configurations fréquemment utilisées pour les puits canadien

source : Sodielec-Berger

2-3 Système d'évacuation les condensats :

le fait quand l'air Un moment que l'air froid entrant dans les tubes et le contact avec aux surfaces chaudes. Ou de l'air chaud entrant et venant en contact avec les surfaces froides des tubes qui conduit à l'apparition du phénomène de condensation dans les conduits. Dans ce cas, un système doit permettre d'extraire des condensats.

Il y a 3 possibilité pour ce faire :

- 1- ere cas : le bâtiment possède sous-sol. le point bas situé à ce niveau, les condensats récupérés grâce à la pente 2 à 3 % et a un siphon, le siphon raccorder avec le réseaux d'écoulement des eaux usées.
- 2- eme cas : le sol est imperméable et que la topographie le permet, le filtre placé au niveau au point de bas de l'installation.
- 3- eme cas : le sol ne permet pas de l'infiltration ou si il y a un risque de remontée d'eau dans le puits, alors l'installation d'une fosse en point bas d'installation équipé par une pompe peut être envisagé .la pompe raccordé au réseau d'écoulement des eaux usées.

2-4 Ventilateur : le système nécessite de ventilateur couplé avec lui pour garantir l'apport d'air neuf. Le ventilateur doit être dimensionner de manière assurer les débits règlementaires.

Il ya deux cas de configuration sont ici envisageables :

- Le ventilateur placé en entré ou en sortie de puits. Dans le premier cas, le conduit est en suppression et le bruit du ventilateur plus éloigné des occupants. Cette configuration semble plus intéressant d'un point de vue sanitaire (atténuation du bruit et lutte contre l'intrusion de pollution provenant du sol) même s'elle est rarement mis en œuvre dans ce but. Elle est peu utilisée car elle nécessite généralement l'emploi de deux ventilateurs sont. Dans le second cas, le conduit et en dépression et en dépression et le ventilateur peut être le même que celui de la VMC double flux. C'est cette configuration qui est la plus utilisée car elle ne nécessite l'emploi que d'un ventilateur.³

3- Placement conception des puits canadien :

L'emplacement de puit canadien c'est en fonction de la disponibilité des espace qui entouré le construction tell que :

- Les jardins
- Les voiries
- Sous la construction
- Aire de stationnement
- Les aire de jeux

Mais le meilleur placement c'est les espace qui exploiter les rayonnement soleil .

4- Eléments de conception :

Pour un conception performante d'un puits canadien il y'a 6 points essentiel faux vérifier

- ❖ **Nature du sol**
- ❖ **Profondeur des conduits**
- ❖ **Situation (localisation) géographique**
- ❖ **Disponibilité de surface pour l'enfouissement du conduit et coût**
- ❖ **Type de bâtiment et ventilation hygiénique**
- ❖ **Besoins en chauffage et refroidissement**

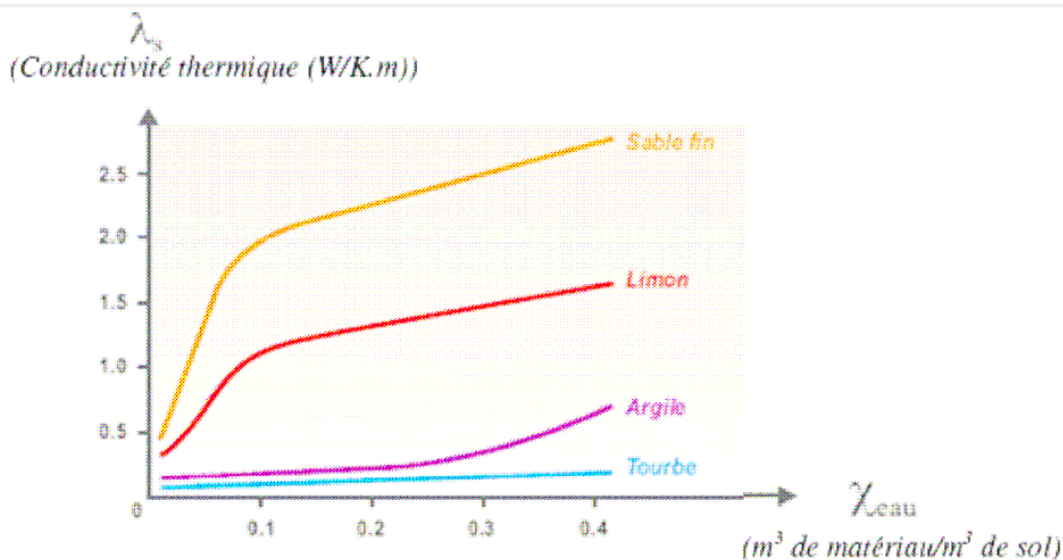
³ : Lucie TOME – Mémoire de l'Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique 2009

4-1 Nature du sol :

C'est un des principaux éléments à prendre en compte lors de la conception d'un puits canadien/provençal. Les performances du puits sont directement liées à la capacité calorifique et à la conductivité thermique du sol. Ces deux propriétés thermiques du sol en peut définie comme suit.

4-1-1 Conductivité thermique du sol :

La conductivité thermique d'un sol dépend non seulement de sa composition mais également de la disposition et de la forme de ses particules constitutives, des liaisons entre ces particules ainsi que de sa teneur en eau. Le sol sera d'autant plus conducteur de chaleur qu'il sera humide. La conductivité thermique d'un sol peut donc varier dans le temps, notamment en fonction des évolutions de sa teneur en eau dues aux variations climatiques et au changement de saison. La figure suivante montre la conductivité thermique de différents types de sols en fonction de leur teneur en eau (source : mussy et souter 1991)



Source : Mussy et Soutter (1991)

Figure II-5 : la conductivité thermique de différents types de sols en fonction de leur teneur en eau

Source : les puits canadien/provençaux guide d'information – cetiat – page 08

4-1-2 Capacité calorifique du sol :

La capacité calorifique C_s d'un sol s'exprime par la moyenne pondérée des capacités calorifiques de ses constituants :

$$C_s = \sum_i \chi_i \rho_i C_i$$

minéraux, matière organique, eau, air :

Où χ_i , ρ_i , C_i représentent respectivement la teneur du matériau (m³ de matériau/m³ de sol), sa masse volumique et sa capacité calorifique.

Comme l'eau et la matière organique ont une capacité calorifique supérieure à celle des éléments minéraux, un sol humide et riche en matière organique stockera mieux la chaleur qu'un sol sec, riche en minéraux. Le tableau suivant montre les propriétés thermiques des principaux constituants d'un sol : (source : mussy et souter 1991)

Matière	Masse volumique ρ (kg/m ³)	Capacité calorifique C (kJ/K.kg)	Conductivité thermique λ (W/K.m)
Minéraux (moy.)	2650	0,80	2,90
Sable et Gravier	1700 à 2200	0,91 à 1,18	2,00
Argile et Limon	1200 à 1800	1,67 à 2,50	1,50
Matière organique	1300	1,90	0,25
Eau	1000	4,20	0,585
Glace	920	2,10	2,20
Air	1250	1,00	0,023

Tableaux II-1 : propriétés thermiques des principaux constituants d'un sol
source : Mussy et souter et RT2000

A titre d'exemple, afin d'optimiser la quantité d'énergie que pourra récupérer le puits, il est donc préférable d'installer celui-ci dans un sol argilo-marneux ou argilo-sableux humide plutôt que dans un sol sablonneux sec.

4-2 Profondeur des conduits :

en théorie, c'est au-delà de 5 m de profondeur que l'on peut capter des températures ne variant presque plus autour des moyennes annuelles. Même si atteindre de telles profondeurs est techniquement impossible, la complexité des travaux et leur coût ne sont justifiés qu'exceptionnellement au regard du gain thermique attendu.

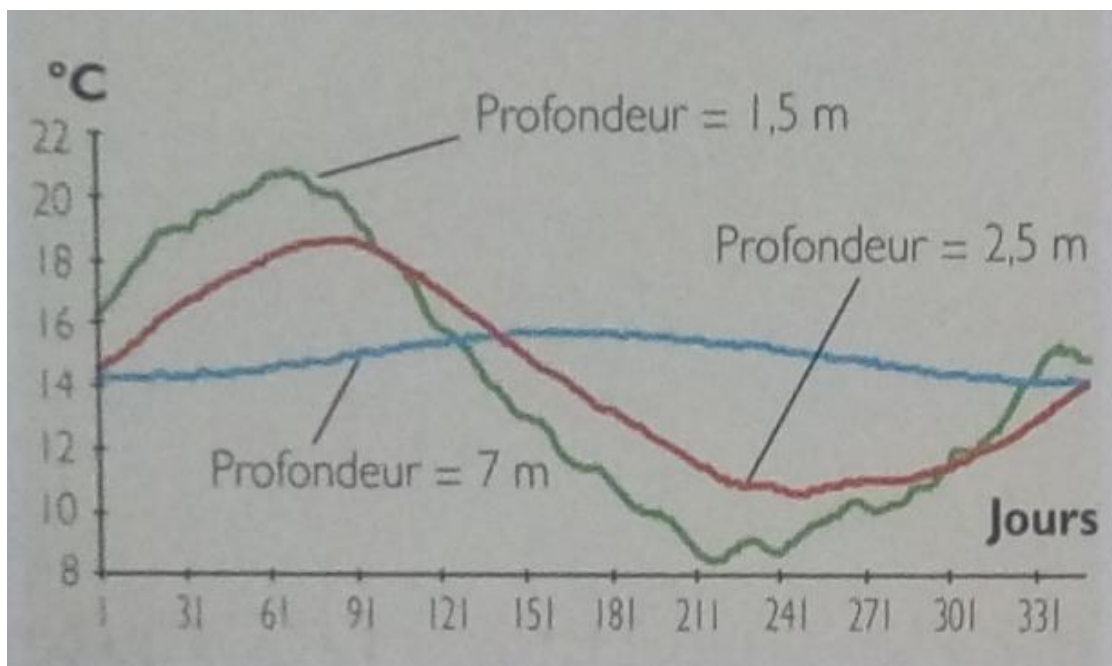


Figure II-6 : Evolution de la température du sol pour trois profondeurs

Source : samuel c - jean-pierre.o la conception bioclimatique p 174

Pour des installations utilisées seulement en rafraîchissement, nous n'avons besoin, sous nos climats, que d'une inertie de quelques jours, le sol pouvant être régulièrement rafraîchi par une utilisation du puits durant les nuits fraîches, la profondeur optimale des conduits oscille alors entre 70 et 90 cm. En climats très chauds, on veillera cependant à limiter le rayonnement par des surfaces ombragées.

Pour des installations utilisées en saison froide, ou une utilisation mixte été/hiver, on cherche plutôt une inertie saisonnière : la profondeur varie entre 1.50 m (tranchée classique en sol cohérent) et 2.5 m (début des étaielements nécessaires, même en sol cohérent).⁴

4-3 Situation (localisation) géographique :

L'utilisation et le recours à un puits canadien particulièrement efficace et intéressant dans les régions qui a une différence de température importante entre l'été et l'hiver ($>20^{\circ}\text{C}$). (Comme les régions continentales)

4-4 Disponibilité de surface pour l'enfouissement du conduit et coût :

il est préférable pour l'enfouissement du conduit de puits canadien de disposer d'une surface importante et dégagée . De plus, le coût d'installation d'un puits canadien/provençal dépend fortement du coût de terrassement.

Ces deux éléments font qu'il est plus judicieux et préférable d'installer le puits pendant les travaux de fondation d'un bâtiment que pour équiper un bâtiment existant.

4-5 Type de bâtiment et ventilation hygiénique :

le puits canadien/provençal doit permettre au système de ventilation de l'habitation d'assurer un débit d'air pour les bâtiments résidentiels et le règlement sanitaire départemental et/ou le code du travail pour les locaux tertiaires. Ce débit dépend de la configuration de chaque bâtiment.

4-6 Besoins en chauffage et refroidissement :

une étude thermique permet, dépend au des conditions climatiques de même région et des besoins de chauffage et de refroidissement d'un bâtiment, de déterminer les principales caractéristiques que doit avoir le puits.

⁴ Samuel Courgey Jean pierre Oliva – la conception bioclimatique page 76

5- Fondamentaux pour le dimensionnement d'un puits canadien

Le Partie essentiel dans le conception de puits canadien c'est l'échangeur thermique (les conduits) puisque c'est le point de transformation de chaleur entre le sol et l'aire dans le conduit La terre à deux mètres de profondeur, a une température pratiquement constante tout au long de l'année, elle varie entre 10 et 18°C selon les saisons alors que l'air extérieur peut varier de -5°C à +35°C dans les régions qui a ciblé pour installer les puits canadiens. Un puits canadien va exploiter cette température constante : l'air, au lieu d'être amené directement de l'extérieur, va circuler dans un collecteur enterré au contact avec le sol pour en échanger ses calories.⁵

5-1 Longueur et diamètre des canalisations :

pour les petits bâtiments comme les maisons individuelle, petit collectif .. , la longueur optimale des canalisations oscille entre 30 et 50 m et le diamètre entre 15 et 25 cm Quand on a conduits plus longs ,l'énergie nécessaire au ventilateur pour véhiculer l'air augmente pour un gain thermique très limité.

- Avec des conduit plus courts, la terre n'a pas la possibilité de tempéré suffisamment l'air dans les canalisations.
- Pour un conduit d'un diamètre < 15 cm les pertes de charges deus aux frottements air/parois sont trop importantes.

Pour les conduits supérieurs a 25 cm, les échanges thermique entre le sol et l'air ne s'améliorent plus réellement pour les débits d'air adaptés a des petits bâtiments . . (selon maria lopez diaz ,2012)

5-2 Espacement entre les tubes :

il est préférable qu'il soit supérieur à 3 fois le diamètre des tubes afin de garantir un bon échange thermique de chaque tube avec le sol. (maria lopez diaz ,2012)

⁵ : <http://www.fiabitat.com/> 30-11-2016 5 :18 h

5-3 Débit et vitesse de l'air :

La vitesse de l'air dans les conduits est un paramètre important aussi pour une bonne qualité d'échanges thermique entre le sol et l'air.

La vitesse de base varier entre 1 a 1.5 mètre/seconde pour l'utilisation en préchauffage de l'air intérieur. Plus élevée, elle épuise trop vite la capacité thermique du sol et ne lui laisse pas le temps de se reconstituer.

Pour les utilisations rafraîchissement en journée, la vitesse de l'aire peut atteindre 3 m/s. cette vitesse épuise assez vite les réserves du sol mais celui-ci les reconstitue la nuit si l'on continue a faire fonctionner le puits canadien durant des nuits d'été, la vitesse peut atteindre les 5 m/s.

6- Paramètres environnementaux qui influencent l'échange :

Il y'a aussi des paramètres qui influencent l'échangeur qui a une relation avec la température de sol :

- La proximité d'un bâtiment (surtout s'il est mal isolé et sur terre-plein)
- L'exposition au vent du sol
- La nature de la surface du sol (absorptivité) (un sol de couleur noire, comme du bitume absorbe nettement plus de chaleur qu'un sol blanc)
- Le rayonnement solaire à la surface du sol (et donc l'ombrage sur le sol)
- L'humidité à la surface du sol (surtout valable pour les sols perméables, si le constituant principal du sol a une conductivité variant fortement en fonction de la teneur en eau (sable par exemple) ⁶

7- Performances en hiver :

Dans la plupart du bâtiment, le fait de ventiler servir à des consommations d'énergie . Le puits canadien va remplacer les grilles d'aération en menuiseries et amener par le biais d'un réseau de gaines connecté au collecteur enterré un air plus chaud que l'air extérieur. L'amenée d'air dans le

⁶ <http://www.fiabitat.com/le-principe-du-puits-canadien/> 02-12-2016 00:15 h

bâtiment est généralement mécanique avec le ventilateur. Il permet de réduire l'impact de la ventilation sur les consommations de chauffage.

Chaque bâtiment d'une caractéristique relié par certaines fonctions qui ont une relation avec l'économie

(Construction ancien ou bien neuf ou récent) et du mode d'utilisation de chaleur. Le puits canadien va avoir une consommation électrique dérisoire et récupère en moyenne 10 fois plus d'énergie qu'il n'en consomme. Toutefois, son intérêt est variable selon la localisation climatique du projet :

- Dans les climats méditerranéens, océaniques et semi-continentaux, les températures extérieures restent souvent clémentes en hiver. la différence entre la température de l'air extérieure et la température de sol est généralement inférieure à 10 °C , donc dans ce cas le puits n'est pas nécessaire comme un solution pertinente pour le préchauffage .
- Dans des climats continentaux la différence entre la température extérieur de l'air et la température de sol est généralement supérieur à 10°C . Donc un système de ventilation est nécessaire dans ce cas. Le puits canadien peut être couplé à une VMC double flux pour réduire l'impact de la ventilation sur les consommations énergétiques. Le puits canadien servira à monter la température en amont du ventilateur pour éviter le givrage de l'échangeur de chaleur ⁷.

⁷ <http://philippe-rouillard.weebly.com/puits-canadien.html> 15-12-2016 13.18 h

Impact du puits canadien sur la température de l'air renouvelé

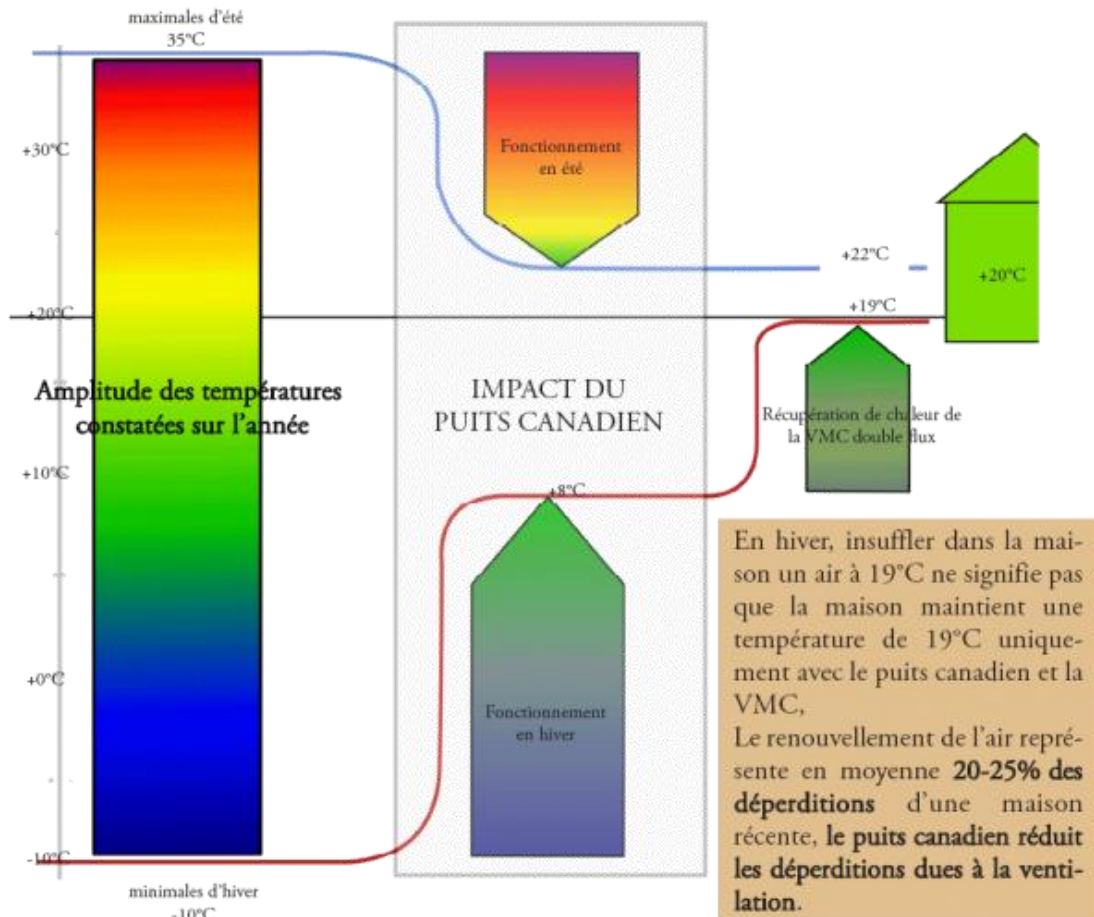


Figure II-7 : l'impact du puits canadien sur la température de l'air renouvelé

Source : <http://www.fiabitat.com/le-principe-du-puits-canadien/> 12 mars /2017 01h 58

8- Performances en été :

Dans l'autre partie de l'année en été, le puits sera dédié au rafraîchissement. L'insufflation d'un air à 20°C dans la maison permet de limiter l'élévation des températures et évite le recours à un système de climatisation. Le puits canadien est le seul moyen actif de ventilation permettant un rafraîchissement. Il n'est pas nécessaire de modifier l'installation pour qu'elle fonctionne correctement en été.

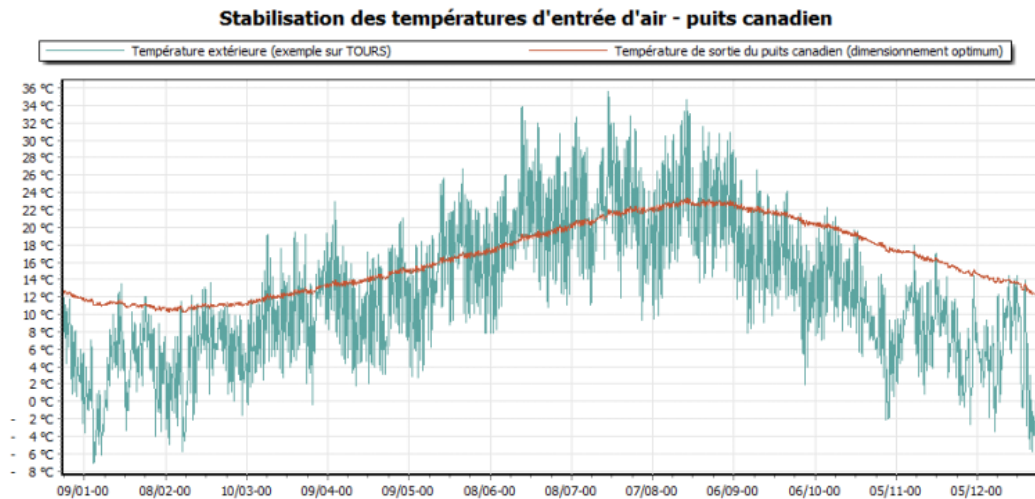


Figure II-8 : stabilisation des températures d’entrée d’air – puits canadien

Source : <http://www.fiabitat.com/le-principe-du-puits-canadien/> 12 mars /2017 02h

Schéma par fiabitat : On mesure ici la température obtenue à la sortie du puits canadien, par rapport à la température extérieure sur le site. La forme de la courbe renseigne sur l’efficacité de l’échange, moins on observe d’oscillations quotidiennes et plus on se rapproche de l’échange optimal (c’est à dire la température du sol).

Par fiabitat : L’apport d’un puits canadien sur le confort thermique d’été est beaucoup plus difficile à prévoir que le même système utilisé en hiver. Pour évaluer l’impact d’un puits, il faut commencer par évaluer le potentiel de surchauffe d’une pièce et les moyens existants pour traiter cette surchauffe (occultations, sur ventilation naturelle, etc...), cela nécessite des logiciels de simulation thermique : on analyse comment le bâtiment se comporte en fonction de son usage.

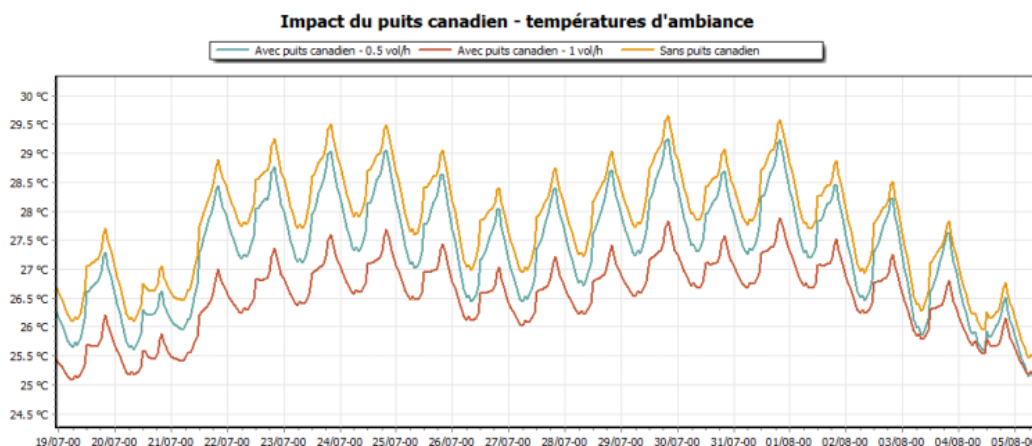


Figure II-9 : impact de puits canadien – températures d’ambiance

Source : <http://www.fiabitat.com/le-principe-du-puits-canadien/> 12 mars /2017 03h

On voit ici l’incidence du puits canadien sur les températures d’ambiance intérieure. On est ici dans la configuration « surchauffe moyenne » décrite dans le tableau plus bas. Sans augmentation du débit d’air en été, le puits n’arrive pas à compenser les apports solaires recus par le bâtiment, alors qu’en doublant le débit d’air, on limite la surchauffe

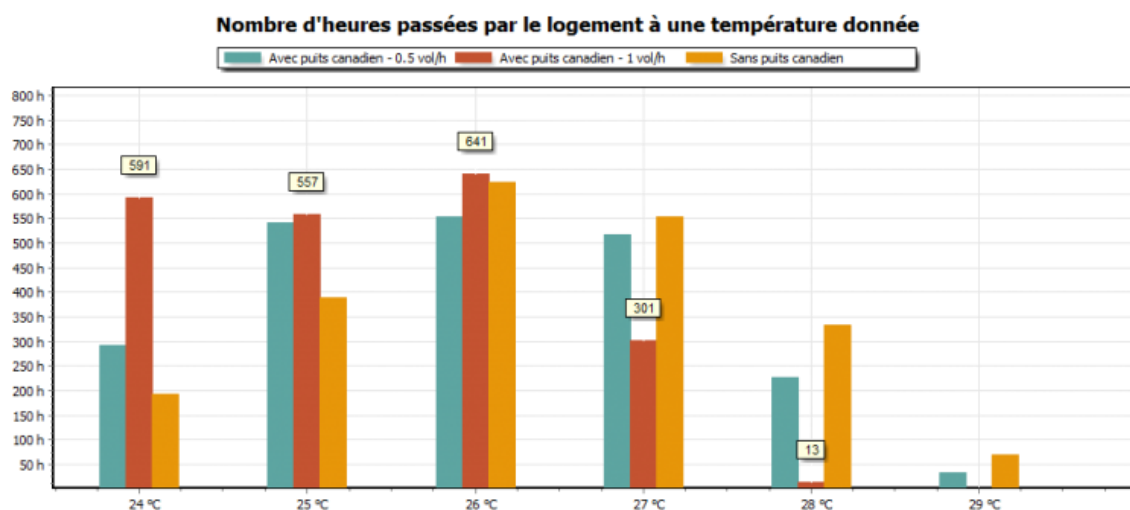


Figure II-10 : Nombre d’heures passées par le logement a une température donnée.

Source : <http://www.fiabitat.com/le-principe-du-puits-canadien/> 12 mars /2017 02h

Pour apprécier plus finement le risque de surchauffe, on va quantifier le nombre d’heures passées par le logement à une température donnée, et comparer le résultat en fonction des solutions

choisies – On considère en général le résultat satisfaisant lorsque sur une année chaude, la température ne dépasse pas 28°C dans le modèle.

Donc le bâtiment présente une surchauffe importante et plus cela se ressentira sur le dimensionnement du puits canadien, et sur l'installation de ventilation intérieure. En hiver, le taux est proche de 0,5 volumes/heure, si la maison surchauffe peu, cela sera tout à fait satisfaisant. Si la maison surchauffe beaucoup, ou spécifiquement pendant les périodes (rares) de canicule, il est nécessaire d'augmenter ce taux à 1 voire 2 volumes/heure. Mais encore faut il que le système de ventilation puisse assurer le débit souhaité.

- Dans les climats océaniques et continentaux, les températures extérieures restent souvent clémentes en été. La différence entre la température de l'air extérieure et la température de sol est généralement inférieur que 10°C. Le puits n'est pas impératif car il existe des moyens passifs pour éviter la surchauffe du bâtiment. L'air arrivant par le puits canadien est tempéré mais il n'est pas nécessaire de prévoir une augmentation des taux de ventilation pour maintenir la maison confortable.
- Dans les climats méditerranéens, la température extérieure de l'air et la température de sol est généralement supérieur à 10°C. Il est difficile de maintenir une ambiance confortable sans puits canadien. L'air arrivant par le puits canadien est tempéré mais il est nécessaire de dimensionner le puits pour un fonctionnement de rafraîchissement, et de le combiner avec une sur ventilation nocturne.⁸

⁸ : <http://www.fiabitat.com/le-principe-du-puits-canadien/>

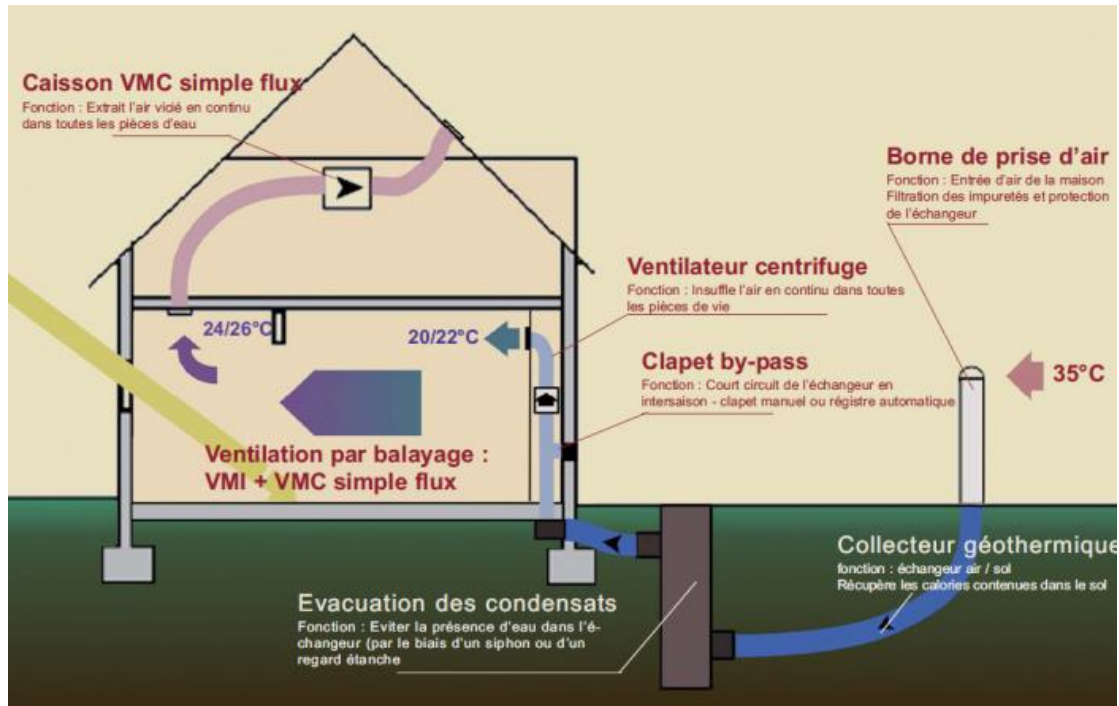


Figure II-11 : Schéma simplifié et terminologie des équipements composant l'installation

Source : <http://www.fiabitat.com/le-principe-du-puits-canadien/> 22 :22 25/03/2017

Conclusion :

Après tous ces détails sur le système de puits canadien, ces propriétés et son rôle et condition. On trouve que Le principe d'utiliser le potentiel thermique du sol en faisant circuler de l'air extérieur dans les canalisations enterrées n'est pas récent. Il trouve cependant aujourd'hui un regain d'intérêt et s'inscrit dans la politique actuelle de protection de l'environnement et de maîtrise de l'énergie.

On est arrivée à un point très important que le système puits canadien peut fonctionner en Algérie si les conditions prouvées.

Chapitre III :

ETUDE DE CAS

Introduction :

Dans le chapitre précédent, nous avons souligné les conditions de système puits canadien pour leur fonctionnement, Nous ne pouvons pas l'appliquer N'importe où .

Et maintenant dans ce chapitre en a vis à identifier le cas d'étude et vérifier les conditions de puits canadien a ce site, Ce qui nous permettent d'examiner plus tard les résultats et l'intégration du système avec des bâtiments.

1- Présentation de la pays d'Algérie :

L'Algérie c'est un pays au nord d'Afrique s'étend sur une superficie de 2.81.741 Km. Elle est comprise entre 18 et 38 ° de latitude Nord et entre 9 et 12° de longitude d'ouest vers l'est. Le territoire algérien est caractérisé par une diversité de zones climatiques, classés en trois catégories, à savoir :

Le « tell », concerne le nord du pays, dont le climat est typiquement Méditerranéen en, caractérisé par des étés chauds et relativement humide, et des hivers doux et pluvieux (400 mm à 1 000 mm de pluie par an). L'amplitude thermique est très faible.

Les hauts plateaux, situés à l'intérieur du pays, caractérisés par un climat continental, dont les précipitations sont en moyenne comprises entre 200 et 400mm. La période froide (hiver) est caractérisée par des températures basses qui peuvent atteindre 0°C, Alors que la période chaude (été) est sèche pendant laquelle la température peut atteindre parfois 40°C.

Le Sahara :s'érige sur une très grande étendue par rapport au tell (environ 4/5 de la surface totale). Située au sud, le désert est caractérisé par un climat aride : chaud et sec dont les précipitations ne dépassent pas 130mm/an. La période froide est très courte.L'amplitude thermique y est très importante (de 49 °C le jour à moins de 10 °C la nuit).le rayonnement solaire y est très intense et dépasse parfois le 900w/m²

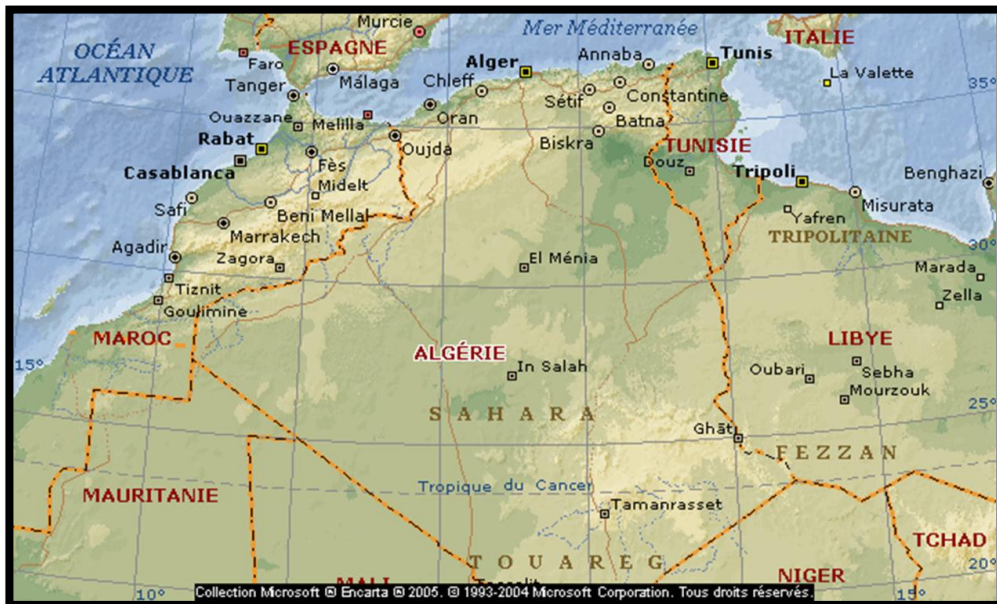


Figure III-1 Carte géographique de l'Algérie

Source : Les données météorologiques 2005 de la ville de Constantine PDF

2- Présentation de la Ville de Tébessa :

La ville de Tébessa est située à l'extrême du pays, limitrophe de la Tunisie. Elle possède depuis longtemps une double vocation minière et agro pastorale .Elle est caractérisée par son emplacement dans la zone frontalière des Hauts Plateaux Est du pays.

La Ville EST Situé au Nord-est .Algérien, Tébessa est localisée à une latitude de : $35^{\circ} 24' 19''$ Nord et une longitude de $8^{\circ} 06' 59''$ Est.

Elle s'érige sur une superficie de : 13.878 km^2 avec une population estimée à 693 671 habitants (RGPH 2008),

La wilaya de Tébessa est limitée :

- Au Nord par la wilaya de Souk-Ahras
- Au Nord-Ouest par la wilaya de Oum-El Bouaghi et de Khenchelatyè
- A l'Est par la Tunisie (sur 300 kms de frontières)
- Au Sud par la wilaya d'El-Oued. ¹



Figure III-2 : localisation de la ville de Tébessa

Source : http://d-maps.com/carte_09/02/2017_13_27

¹ [http://www.andi.dz/index.php/fr/monographie-des-wilayas?id=119 ANIREF/monographie de la wilaya de Tebessa 09/02/2017 13 :27](http://www.andi.dz/index.php/fr/monographie-des-wilayas?id=119_ANIREF/monographie_de_la_wilaya_de_Tebessa_09/02/2017_13_27)

3- Analyse climatique de la région de Tébessa :

Cette région étant une zone de transition météorologique, elle est considérée comme une zone agropastorale avec une présence d'un nombre important de phénomènes :

(Pluie, neige, chasse neige, gelée, grêle, crue, et vent violent).

La wilaya de Tébessa se distingue par (04) quatre étages bioclimatiques :

- La Sub-Humide de (400 à 500 mm/an) : très peu étendue, elle ne couvre que quelques lots limités " les sommets des reliefs : (Djebel serdies et djebel-Bornouane).
- Le Semis aride de (300 à 400 mm/an) : représenté par les sous étages frais et froids, il couvre toute la partie nord de la wilaya
- Le Sub-Aride (200 à 300 mm/an) : il couvre les plateaux steppiques : (d'Oum Ali ,Saf-Saf el Ousra Thelidjane et Bir-El Ater)
- L'Arde ou saharien doux (inférieure à 200 mm/an) commence et se prolonge au de la l'Atèles-Saharien et couvre les plateaux de Negrine et Ferkene.

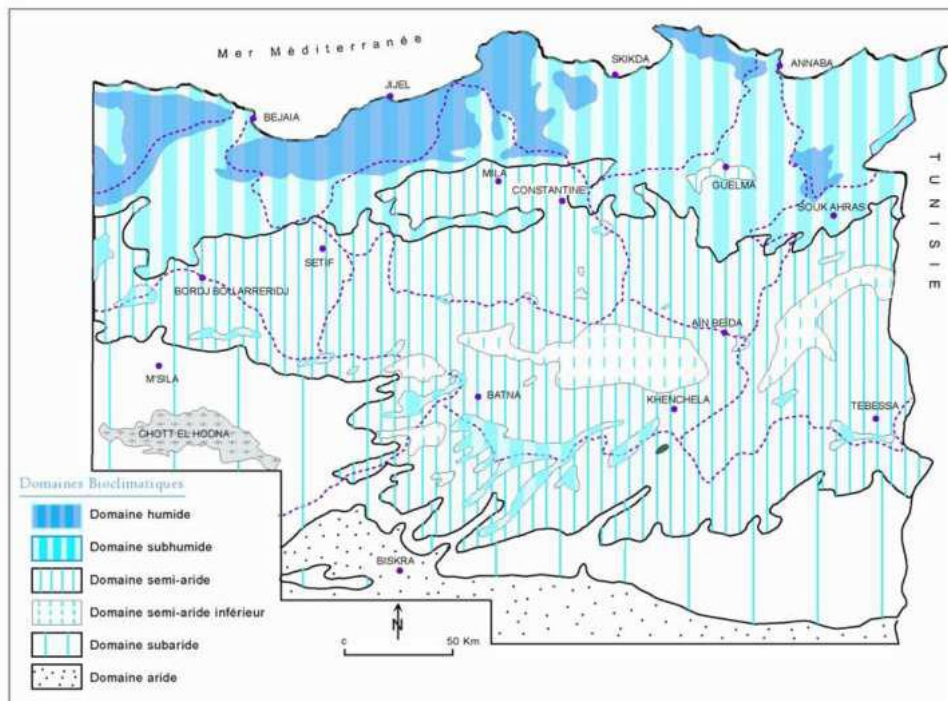


Figure III-3 : Carte simplifiée des zones bioclimatiques de l'Est algérien

Source : établie d'après Côte M., 1998a (in Mébarki A, 2005)

3-1 La température de l'air :

La température de l'air indique le taux d'échauffement et de refroidissement de la surface de la terre .

Les données météorologiques de la Ville de Tébessa (période 1972-2014), on peut distinguer que l'évolution des températures est régulière Les amplitudes journalières ne sont pas trop contrastées, par contre l'amplitude annuelle entre le mois le Plus chaud et le mois froid où deux périodes sont distinctes.

2014	Jan	Fev	Ma	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	dec
T moy	7.8	8.9	8.7	15.2	19.0	23.6	27.4	28.3	24.6	19.1	14.0	7.9
T max	20.5	23.6	21.7	29.2	35.3	38.8	41.6	41.7	38.2	34.7	27.6	17.6
T min	-3.8	-2.6	-1.3	2.0	2.5	7.0	13.9	14.6	13.3	3.5	3.6	-2.8

Tableau III-1 : température de la ville de Tébessa

Source : météo de Tébessa

- la saison chaude et sèche s'étalant du mois de juin jusqu'au mois de septembre avec des températures moyennes comprises entre 23.6°C et 27.4°C. Les températures mensuelles sont importantes où la température la plus élevée (la max des maximales) de 41.7°C est enregistrée au mois de Aout. Les températures moyennes nocturnes restent très douces voire froide pendant cette période allant de 7°C au mois de juin et septembre jusqu'à 14.6°C pour le mois d'août.

Une longue saison froide s'étalant de décembre jusqu'au mois de mars avec des températures variant de 7.8°C à 8.9°C, où les températures mensuelles diurnes sont assez basses (la mini des maximales est de 17.6°C) au mois de décembre, tandis que les températures mensuelles nocturnes sont assez basses voire fraîches, la mini des minimales est de -3.8°C enregistrée au mois de janvier le plus froid.

3-2 Les précipitations :

2014	Jan	Fev	Ma	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	dec
Tot p	38.7	48.4	27.9	2.03	19.9	29.0	22.5	8.7	49.3	7.1	43.2	49.5

Tableau III-2 : précipitation de la ville de Tébessa

Source : météo de Tébessa

3-3 Analyse géologique de Tébessa :

Grâce au laboratoire (L T P EST ²), nous avons acquis que la nature du terrain qui prévaut dans la ville de Tébessa généralement contient trois types de sol sont :

- Sable - gravier - Argile – limon.

Comme mentionné précédemment que les caractéristiques qui nous concernent dans les composants du sol : 1- capacité thermique 2- conductivité thermique

Ce que nous pouvons résumer leurs propriétés ou caractéristique dans le tableau suivant :

	Masse Volumique ρ (kg/m ³)	Capacité calorifique C (kJ/K.kg)	Conductivité thermique λ (W/K.m)
Sable - gravier	1700 a 2 200	0.91 a 1.18	2.00
Argile – limon	1 200 a 1 800	1.67 a 2.50	1.50

Tableau III-3 :propriété de matériau

Source : <http://www.cetiat.fr/fr/produits/ventilation.cfm> 15-04-2017

Selon (météo Tébessa) la température du sol est varié entre 14 -16 en été, et de 15 - 17 en hiver généralement .

² L T P EST : Laboratoire de travaux public de l’Est

4- Conclusion de l'analyse climatique et géologique :

A partir de l'analyse climatique effectuée, il s'avère essentiel de prendre le climat en considération lors du processus de conception. Cela veut dire que la variété des climats sur le globe terrestre implique obligatoirement une diversité architecturale. Cette dernière doit répondre en premier lieu à des besoins thermiques spécifiques à chaque zone climatique, elle peut aussi servir de jalon à déterminer des caractéristiques spécifiques architecturales et systémiques.

Le climat de la ville de Tébessa peut être identifié selon des aspects qualitatifs mais peut être apprécié grâce à des données quantitatives par rapport à la température de la ville de Tébessa .

La région de Tébessa (domaine semi-aride) est caractérisée par un climat continental tempéré avec une saison hivernale froide et humide et une saison estivale chaude et sèche, avec une température d'air élevée, la température dans la période automne et au printemps sont oscillatoire mais restent généralement dans la zone de confort.

D'après cette analyse du climat de la région de Tébessa, nous pouvons constater que la période la plus favorable pour la prise de températures pour utiliser notre système puits canadien dans le cas d'étude correspond aux mois de juin, juillet et Août et pour l'été et les mois de décembre, janvier et février pour l'hiver .

D'après l'analyse de données géologiques de la ville, nous pouvons constater que Tébessa dispose d'un type de sol qui a une caractéristique haute pour la conductivité thermique et la capacité thermique, donc le sol est favorable pour le système aussi, avec la température, qui est antithétique avec la température extérieure (fraîche au été chaude un peu au hiver).

5- Enquête sur les maisons à Tébessa :

5-1 Présentation des bâtiments cas d'étude :

Nous avons choisi pour cette étude deux cas d'étude d'un défèrent condition et défèrent caractéristique.

Nous avons opté pour cette étude deux cas différents. Deux maisons dans la région de Tébessa, mais dans une deux endroits différents de la ville.

Et choisi des maisons individuelles, car ils sont les plus dans la ville de Tébessa , Ce qui marquera le début de la plus grande quantité consommé d'énergie par rapport les habitat collectif et semi-collectif . Nous avons choisi les maisons représentent un caractère normal qui prévaut dans la ville fréquemment, et ce qui lui vise à notre recherche parce que nous traitons avec la situation actuelle sans changement.

Dans la description du cas d'étude Nous devons connaître les points essentiels suivant :

- Situation
- Nature de sol
- Disponibilité de surface non bâti
- Consommation énergétique pendant le période hivernal et estivale

A- Bâtiment 01 :

Présentation et situation : le bâtiment est un habitat individuelle d'une surface de 350 m² construit en 1997 a fatma Zohra, Situé dans le quartier de Fatima Zohra qui a 1.7 km nord-ouest de centre-ville de Tébessa.

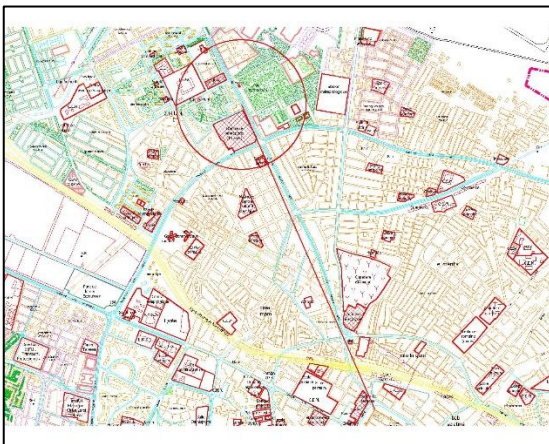


Figure III-4 : situation de bâtiment par rapport centre-ville

Source : carte pdeau 2012 – Tébess par l'auteur

photo III-1 : façade de Bâtiment

par l'auteur 06-02-2017 13 :00

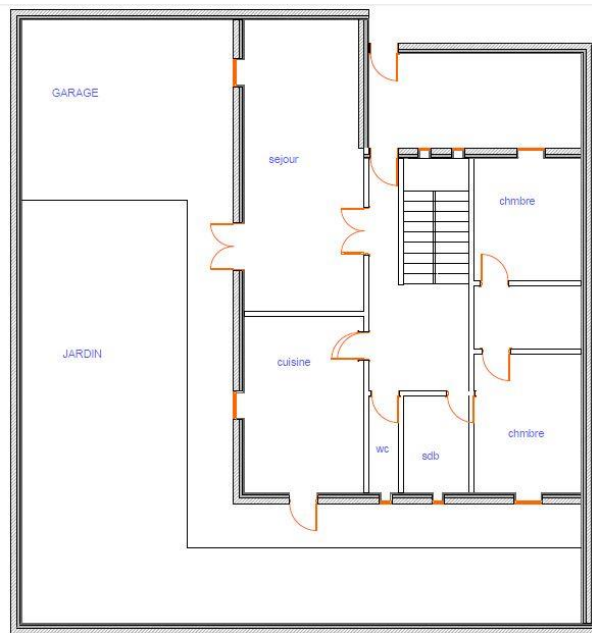


Figure III-5 : vue en plan RDC « B1 »
par l'auteur 15-02-2017

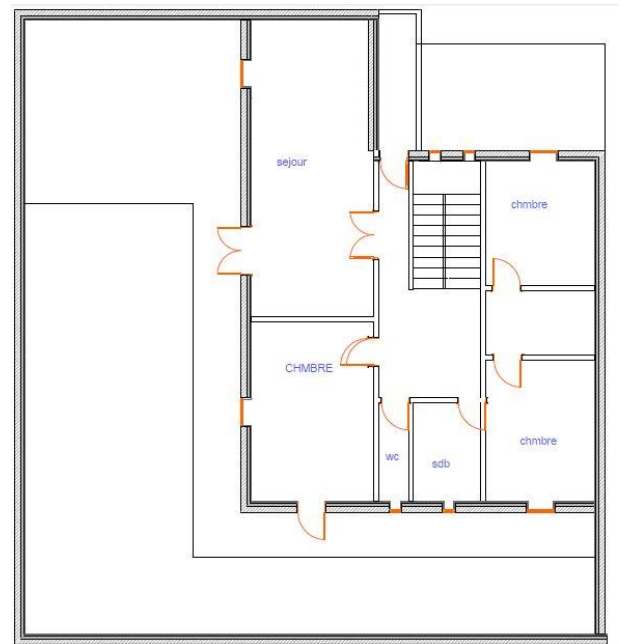


Figure III-6 : vue en plan 1ere stage « B1 »
par l'auteur 15 -02-2017

a- la nature de sol :

Après le processus de forage et l'étude de la terre à l'endroit où nous avons mis en (fatma Zohra) , Ce qui a été remplie par « le laboratoire de travaux public de l'EST » ce qui montre à travers laquelle la qualité du sol et de leurs caractéristiques essentielle qui nous besoin , Lorsque les ingrédients de haut en bas : terre végétale (0,0 – 0,3 m) , argile limoneuse (0,3 – 2 m) , limon (2 – 4 m) . (selon LTP EST)

terre végétale (0,0 – 0,3 m

argile limoneuse
(0,3 – 2 m)

limon (2 – 4 m)



Figure III-7 : profil de sol (fatma zohra)

Par l'auteur

b- Disponibilité de surface non bâti :

La surface que nous avons besoin pour que ce système soit au moins 30 m^2 . C'est là pour mettre les tuyaux et dans notre cas, la plupart des espaces verts sont disponibles autour de la maison de notre cas . Allant de la taille de 40 à 60 m^2 , et aussi un jardin a l'intérieur d'une surface de plus de 50 m^2 ,

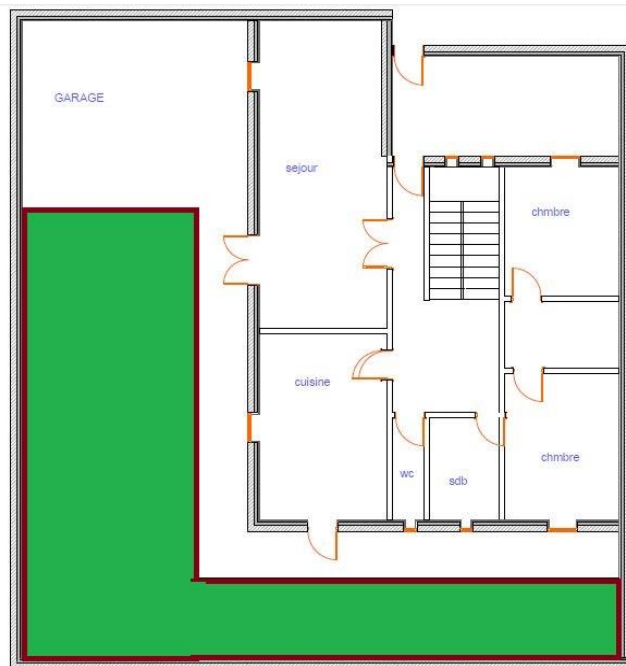


Figure III-8 : vue en plan (espace non bâti)

Par l'auteur



Photo III-2 : espace vert a côté m 01

par l'auteur 06-02-2017



Photo III-3: espace vert a côté du m 01

par l'auteur 06-02-2017

c- Consommation énergétique pendant les périodes hivernal et estivale :

(Besoin de chauffage et de climatisation)

Dans ce région le climat froid en hiver et chaud en été, le bâtiment est besoin de Chauffage en hiver et la climatisation en été. Aussi en peut noter à travers les données climatiques mentionnées précédemment. Et d'assurer, par la consommation d'énergie à travers le radiateur en été et chauffée en hiver qui nous démontrer dans les bilan de consommation énergétique de ce maison.

c-1 Période de l'été :

Quantité considérable de la consommation d'énergie (électricité) est : 1138 kWh/thermie
 Consommation de électricité en hiver – consommation de électricité en été (sans climatisation) = consommation de électricité par climatisation .

$$1138 - 654 = 184 \text{ kWh/thermie}$$

Donc : la consommation d'électricité par climatisation = 184 kWh/thermie

CONSOMMATIONS		TARIF	NUMERO COMPTEUR	RELEVÉ DE COMPTEUR				COEF.	CONSOMMATIONS (kWh/thermie)
				Index Nouveau	Index Ancien	Différence			
ELEC. PMD= 6 Kw		54 M	453530	11557	10419	1138	1.00	1138.00	
GAZ. DMD= 10 m3h		23 M	743989	26102	25874	228	8.90	2029.20	

R:Releve
 E:Estime
 M:Releve Speciale

Tableaux III-4 : bilan de consommation énergétique de cas d'étude période estivale

c-2 Période d'hiver :

Quantité considérable de la consommation d'énergie (gaz) par les chaudières : 20962 kwh/thermie

Quantité d'énergie consommé par le chauffage :

Consommation de gaz en hiver – consommation de gaz en été (sans chauffage) = consommation de gaz par chauffage.

$$20968 - 2029 = 18939 \text{ kWh/thermie}$$

Donc la consommation de gaz par chauffage = 18939 kWh/thermie

ture par l'un des moyens indiqués au verso.

periode: 1er Trimestre 2016

TARIF	NUMERO COMPTEUR	RELEVÉ DE COMPTEUR			COEF..	CONSOUMATIONS (KWh/THERMIE)
		Index Nouveau	Index Ancien	Différence		
E01	453530	9526 R	8572 R	954	1.00	954
G83	743989	25340 R	22984 R	2356	8.90	20968

Tableaux III-5 : bilan de consommation énergétique de cas d'étude période hiver

B- Bâtiment 02 :

Présentation et situation : le bâtiment est un habitat individuelle d'une surface de 120 m² construit en 1992 a cité 600 logement, Situé dans le quartier de 600 logement qui a 4.7 km ouest de centre-ville de Tébessa.

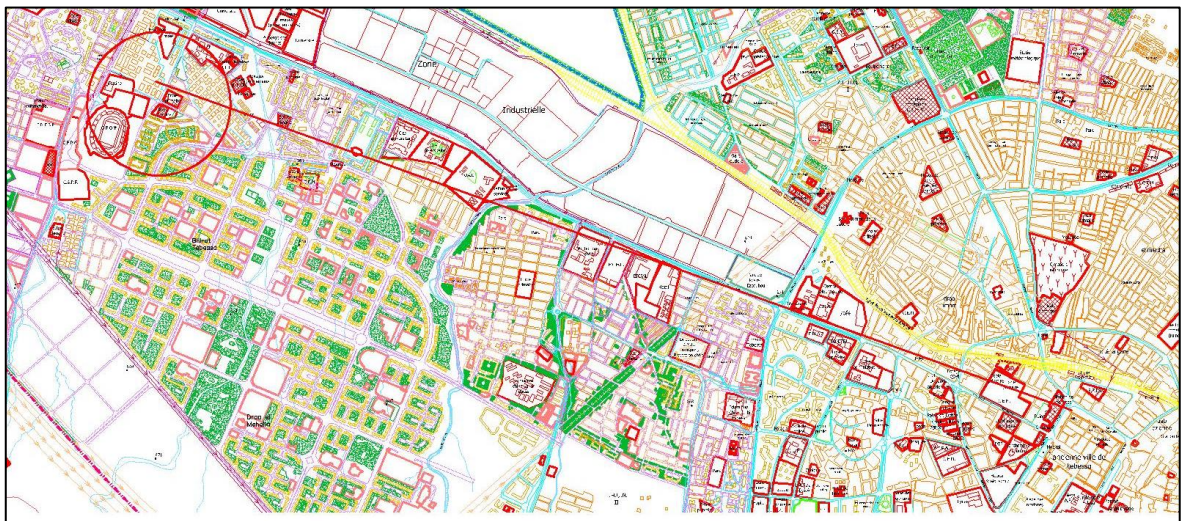


Figure III-9 : situation de bâtiment 2 par rapport centre-ville

Source : carte Pdeau – Tébessa par l'auteur

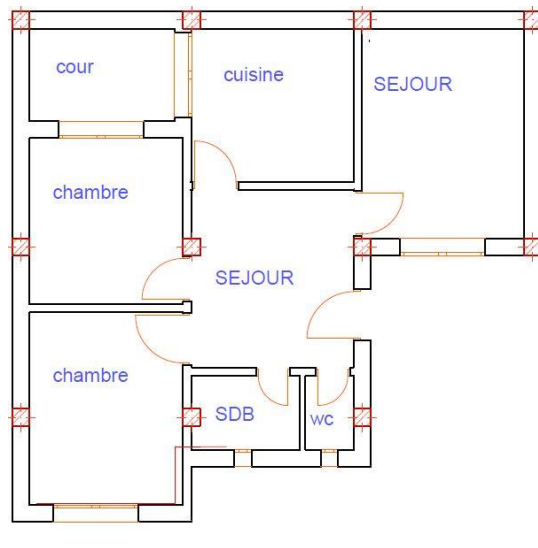


Figure III-10 : plan de Bâtiment 2

Source : l'auteur



Photo III-4 : façade maison 2

Source : par l'auteur



photo III-5 : façade maison 02

Source : par l'auteur

a- la nature de sol :

Après le processus de forage et l'étude de la terre à l'endroit où nous avons mis en cité 600 logement , Ce qui a été remplie par « le laboratoire de travaux public de l'EST » ce qui montre à travers laquelle la qualité du sol et de leurs caractéristiques essentielle qui nous besoin , Lorsque les ingrédients de haut en bas : terre végétale (0,0 – 0,3 m) , argile limoneuse (0,3 – 1 m) , limon(1 – 2 m) , limon sableux (2 – 4 m) (selon LTP EST) .

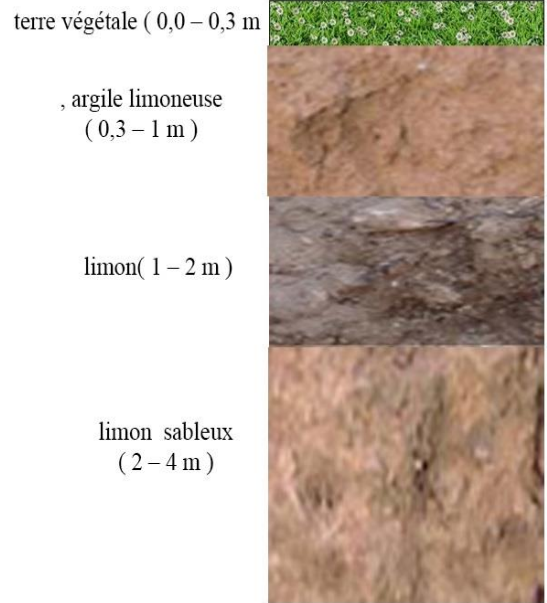


Figure III-11 : profil de sol (600 log)

Par l'auteur .

b- Disponibilité de surface non bâti :

À côté de la maison il y'a des grandes surfaces qui peuvent être utilisés pour ce système sont disponibles :



Photo III-6 : plan aérienne

Source : Google earth édité par l'auteur

**c- Consommation énergétique pendant les périodes hivernal et estivale :
(Besoin de chauffage et de climatisation)**

Dans ce région le climat froid en hiver et chaud en été, le bâtiment est besoin de Chauffage en hiver et la climatisation en été. Aussi en peut noter à travers les données climatiques mentionnées précédemment. Et d'assurer, par la consommation d'énergie à travers le radiateur en été et chauffée en hiver qui nous démontrer dans les bilan de consommation énergétique de ce maison.

c-1 Période de l'été :

Quantité considérable de la consommation d'énergie (électricité) par est : 525 kWh/thermie

Comme il n'y a pas de dispositif de refroidissement , Pas de consommation pour le refroidissement .

Periode: 3eme Trimestre 2016

CONSOMMATIONS	TARIF	NUMERO COMPTEUR	RELEVÉ DE COMPTEUR			COEF.	CONSOMMATIONS (kWh/THERMIE)
			Index Nouveau	Index Ancien	Différence		
ELEC. PMD= 6 Kw	54 M	055976	10288 R	9736 R	552	1.00	552.00
GAZ. DMD= 5 m3h	23 M	214290	8946 R	8822 R	124	8.90	1103.60

R:Releve
E:Estime
M:Releve speciale

Tableaux III-6 : bilan de consommation énergétique de cas d'étude période estivale

c-2 Période d'hiver :

Quantité considérable de la consommation d'énergie (gaz) par les chaudières : 16562 kwh/thermie

Quantité d'énergie consommé par le chauffage :

Consommation de gaz en hiver – consommation de gaz en été (sans chauffage) = consommation de gaz par chauffage.

$$16562 - 1103 = 15459 \text{ kWh/thermie}$$

Donc consommation de gaz par chauffage est : 15459 kWh/thermie

periode: 1er Trimestre 2015

CONSOMMATIONS	TARIF	NUMERO COMPTEUR	RELEVÉ DE COMPTEUR			COEF.	CONSOMMATIONS (kWh/THERMIE)
			Index Nouveau	Index Ancien	Différence		
PMD= 6 Kw	E01	055976	7108 R	6612 R	496	1.00	496
DMD= 5 m3h	G83	214290	4410 R	2549 R	1861	8.90	16562

R:Releve
E:Estime
M:Releve speciale

Tableaux III-7 : bilan de consommation énergétique de cas d'étude période hivernal

Conclusion :

La connaissance de la combinaison des facteurs climatiques permet de comprendre leur impact sur le confort humain et sur le comportement des éléments du bâtiment soumis à ces contraintes.

Le climat de la ville de Tébessa apparaît à travers les chiffres comme un climat contrasté, caractérisé par un hiver froid et humide, et un été assez sec et chaud. En effet, durant les mois d'été, où les températures sont très élevées et l'humidité relative basse, il est nécessaire de procurer un contrôle de la radiation solaire, et Les maisons sont ayant besoin de rafraîchissement.

De plus, pour les périodes caniculaires correspondant au mois de juillet et août, (température max durant le mois le plus chaud est 41.7°C). D'autre part, durant les mois d'hiver, la température descendre plus froid (température min durant le mois plus froid est -4°C). Les maisons doivent être chauffage.

Pour cela le bâtiment consomme une quantité considérable d'énergie dans le coté de refroidissement et chauffage (maison 1 : 18957 kWh/thermie et maison 2 : 15459 kWh/thermie).

Et cela dans lequel nous devenons d'un grand besoin d'un système tel que les puits canadiens.

Chapitre IV :

**Modélisation de Puits Canadien avec le
cas d'étude**

Introduction :

Pour déterminer l'efficacité du système devrait être comparé à la consommation d'énergie du bâtiment avec ou sans le système de puits canadien. Ainsi que la variation de changement de température par rapport le changement de paramètre de système que la longueur de puits canadien et la vitesse de l'air et le type de sol.

Pour moduler les puits canadien I faut déterminer tous les données :

1- Température extérieure :

A travers les données de température mentionnées précédemment et pour obtenir des résultats parfaits, il faut prendre un maximum de degrés en été et moins en hiver, ce qui est d'assurer l'efficacité du système de puits canadiens dans les plus bas ou températures les plus élevées possibles

Nous avons remarqué selon les données précédentes que les trois élevées températures se situent à la période estivale sont :

41.7 en mois d'Aout, 41,6 en mois de juillet, 38.8 au mois de juin

Et pour la période hivernale les trois élevées températures se situent sont :

-3.8 en mois janvier, -2.6 en mois février, -1.3 en mois mars

Nous prenons 42 température maximale pour la période estivale et -4 c température minimale pour la période hivernale

2- Profondeur d'échangeur (les tubes) dans le sol :

Le choix de la bonne profondeur pour l'échangeur dépend de la température de sol (une température stable) et les coûts de forage (coûts raisonnables) .

Grâce à ces deux éléments, on peut dire que la bonne profondeur est de trois mètres, dans cette profondeur, la température se situe entre (14-16) en été et (15-17) en hiver . (Selon météo de Tébessa).

Pour faciliter l'étude et le contrôle nous prenons le degré de la température moyenne est de 16 degrés

3- Le type de sol en profondeur 3 m :

	Type de sol	Capacité calorifique C (kJ/K.kg)	Conductivité thermique λ (W/K.m)
Maison 01	Limon	2	2.2
Maison 02	limon sableux	1.6	2

Tableau IV-1 : propriété de sol au profondeur 3m

4- L'échangeur thermique (type de tube + diamètre)

Le matériau est important car il impacte directement sur les échanges thermiques sol/puits. L'utilisation de parois compactes à conductivité thermique élevée doit être favorisée car elle permet d'augmenter les échanges et ainsi de réduire la longueur du puits. Les matériaux utilisés doivent également avoir une bonne tenue à l'enfouissement

On a choisir le PVC

- a. Type de tube : PVC
- b. Diamètre : 30 cm
- c. Longueur : varié avec le température de l'air

Matériau	λ_{ui} W/(m.K)	Chaleur massique J/(kg.K)	Masse volumique ρ (kg/m ³)
Linoléum, carreaux de PVC	0.19	1 400	1 200

Tableau IV-2 : Propriété de tube (conduit)

Source : <https://www.energiepluslesite.be/index.php?id=15348#c20932609+c20932608+c20932607+c20932606+c20932605+c19672+c19671+c19670+c19669+c19668+c19667+c19666+c19665+c19664+c19663> 10-04-2017



5- Vitesse de l'air :

La vitesse de l'air est également importante, mais ce n'est pas un problème car il est facile à contrôler. La vitesse de l'air affecté par un impact direct sur le transfert de la chaleur du sol à l'air qui pas dans les puits canadiens. Parce que plus la vitesse à chaque fois que l'air a été affecté par le sol tempéré.

L'air extérieur puisse être aspiré au niveau de la prise d'air du puits canadien, un ventilateur est nécessaire.

Un ventilateur pouvant être contrôlé par thermostat et variateur de vitesse, assurant un débit de 200 m³/h pour une vitesse de l'ordre de 2 à 3 m/s et une consommation électrique de 20 à 25 Wh serait l'idéal pour une habitation d'environ 120 m²



Photo IV-1 :Un ventilateur de débit de 90 m³/h pour puits canadien
Source: perso.orange.fr/maisonsolaire/puits_canadien.html 10-04-2017

6- MODELISATION DE LA TEMPERATURE DE L'AIR :

a- Hypothèses géométriques

Le puits canadien, qui va être modélisé ici, possède les caractéristiques suivantes :

- Une entrée d'air verticale située entre la surface du sol ($z = 0$) et le niveau

D'enfouissement du puits ($z = + Z$) :

- Une canalisation disposée horizontalement sous la terre à la profondeur $z = + Z$;
- Une sortie d'air verticale située entre le niveau d'enfouissement du puits ($z = + Z$) et la surface du sol ($z = 0$).

b- Hypothèses thermiques

Le modèle géométrique présenté ci-dessus peut être encore simplifié comme suit :

- Le débit d'air à l'intérieur est identique.

- Les dimensions et propriétés physiques sont identiques.
- Le sol environnant présente des propriétés thermiques homogènes et identiques.

c- Description Mathématique :

Le modèle consiste à trouver à partir des équations de bilan énergétique, en considérant la température du sol constante, l'expression analytique qui traduit l'évolution de la température de l'air, le long de l'échangeur en fonction des paramètres suivants :

- La température extérieure (ambiante).
- La température du sol à la profondeur considérée.
- Les caractéristiques thermo physiques du sol.
- La géométrie et la nature du conduit.
- Le débit d'air.

d- La température du sol :

Prenez la température de la terre telle que fixée sous la profondeur de 3 mètres à une température de 16 Celsius .

e- Température de l'air le long de l'échangeur :

D'après un article ¹ Le puits canadien est représenté par un tube rectiligne d'une longueur L égale à la longueur totale du puits canadien. On suppose que la température du sol n'est plus perturbée par le débit d'air et qu'elle varie seulement selon l'équation. Prenons un élément de tube, entre x et $x + dz$, 'Fig.

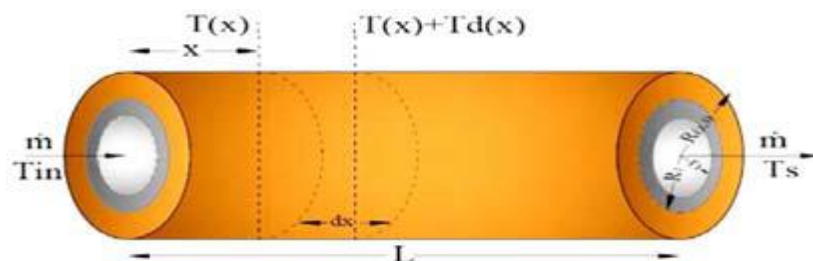


Figure . IV-1 : Tube enterré

¹ Etude d'un système de climatisation intégrant un puits canadien dans les zones arides, cas de Béchar B. Mebarki , B. Draoui , S. Abdessemed A. Keboucha , S. Drici 1 et A. Sahli 2012

Source : Etude d'un système de climatisation intégrant un puits 2012

$$\dot{m} \times c_{p_{air}} \times (T(x) + dT(x) - T(x)) = \frac{dx}{R_{Conv} + R_{Tube} + R_{Sol}} \times (T(z, t) - T(x)) \dots\dots 1$$

La figure suivante montre les différentes résistances thermiques

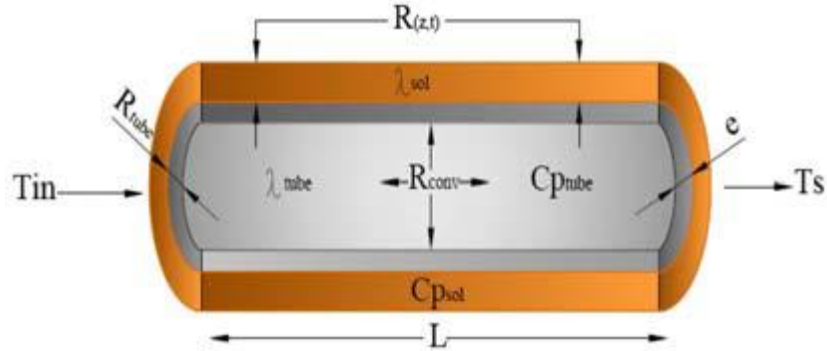


Figure. IV-2 : Résistances thermiques dans le tube enterré

Source : Etude d'un système de climatisation intégrant un puits 2012

Résistances thermiques dans le tube enterré

$$R_{Conv} = \frac{1}{h_{conv} \times 2 \times \pi \times r_1} \dots\dots\dots 2$$

$$R_{tube} = \frac{1}{2 \times \pi \times \lambda_{tube}} \times \ln \times [R_1 / r_1] \dots\dots\dots 3$$

$$R_{SOL} = \frac{1}{2 \times \pi \times \lambda_{sol}} \times \ln \times [R_{(z,t)} / R_1] \dots\dots\dots 4$$

$$U = \frac{1}{R_{conv} + R_{tube} + R_{sole}} \dots\dots\dots 5$$

f- Evaluation du coefficient d'échange convectif

Le coefficient d'échange convectif est défini par :

$$h_{conv} = \frac{Nu \times \lambda_{sol}}{D} \dots\dots\dots 6$$

Le nombre de Nusselt est calculé à l'aide de la relation de Colburn :

$$Nu = 0.214 \times (Re^{0.8} - 100) \times Pr^{0.4} \dots\dots\dots 7$$

où, $Re = \frac{V_{air} \times D}{\nu_{air}} \dots\dots\dots 8$

$$Pr = \frac{V_{air} \times \rho_{air} \times C_{p,air}}{\lambda_{air}} \dots\dots\dots 9$$

L'équation (4) devient alors : $\frac{dT(x)}{T(z,t) + T(x)} = \frac{U}{\dot{m} \times \dot{C}_{p,air}} \times dx \dots\dots\dots 10$

L'intégrale de l'équation (13) nous donne:

$$-\ln(T(z, t) - T(x)) = \frac{U}{\dot{m} \times \dot{C}_{p,air}} \times x + C^{te} \dots\dots\dots 12$$

$$T(0) = T_{in} \rightarrow C^{te} = -\ln(T(z, t) - T_{in}) \dots\dots\dots 13$$

$$\ln\left(\frac{T(x) - T(z, t)}{T_{in} - T(z, t)}\right) = \frac{U}{\dot{m} \times \dot{C}_{p,air}} \times X + C^{te} \dots\dots\dots 14$$

Par suite :

$$T(x) = T(z, t) + (T_{in} - T(z, t)) \times e^{\frac{U}{\dot{m} \times \dot{C}_{p,air}} \times X} \dots\dots\dots 15$$

Pour X=L

$$T(x) = T(z, t) + (Tin - T(z, t)) \times e^{\frac{U \times L}{m \times \dot{c}_{pair}}} \dots\dots\dots 16$$

L'efficacité du tube enterré sera alors déterminée à l'aide de l'équation

$$\epsilon = \frac{Ts - Tin}{T(z, t) - Tin} = 1 - e^{\frac{-U \times L}{m \times \dot{c}_{pair}}} \dots\dots\dots 17$$

Les équations (18) et (19) donnent 'l'équation

$$\epsilon = 1 - e^{\frac{-U \times L}{m \times \dot{c}_{pair}}} \dots\dots\dots 18$$

Ainsi

$$Ts = Tin + (T(z, t) - Tin) \times \epsilon = Tin + (T(z, t) - Tin) \times \left(1 - e^{\frac{-U \times L}{m \times \dot{c}_{pair}}} \right) \dots\dots 19$$

C'est l'équation qui décrit la température de l'air le long de l'échangeur.

7- Température de l'air Pour la longueur de l'échangeur :

Pour tester la fiabilité du modèle, nous avons validé nos résultats concernant la température de l'air dans l'échangeur pour les deux cas de fonctionnement ; période hivernale (chauffage) et période estivale (refroidissement).

Pour le **Maison 01** :

En fonction de ses caractéristiques : Les Figure 3 et 4 montrent pour un débit de vitesse d'écoulement de 2 m/sec respectivement une bonne survie de courbe a été observée.

Note : $1^{\circ}\text{C} = 33.80000^{\circ}\text{F}$

Pour le periode estivale :

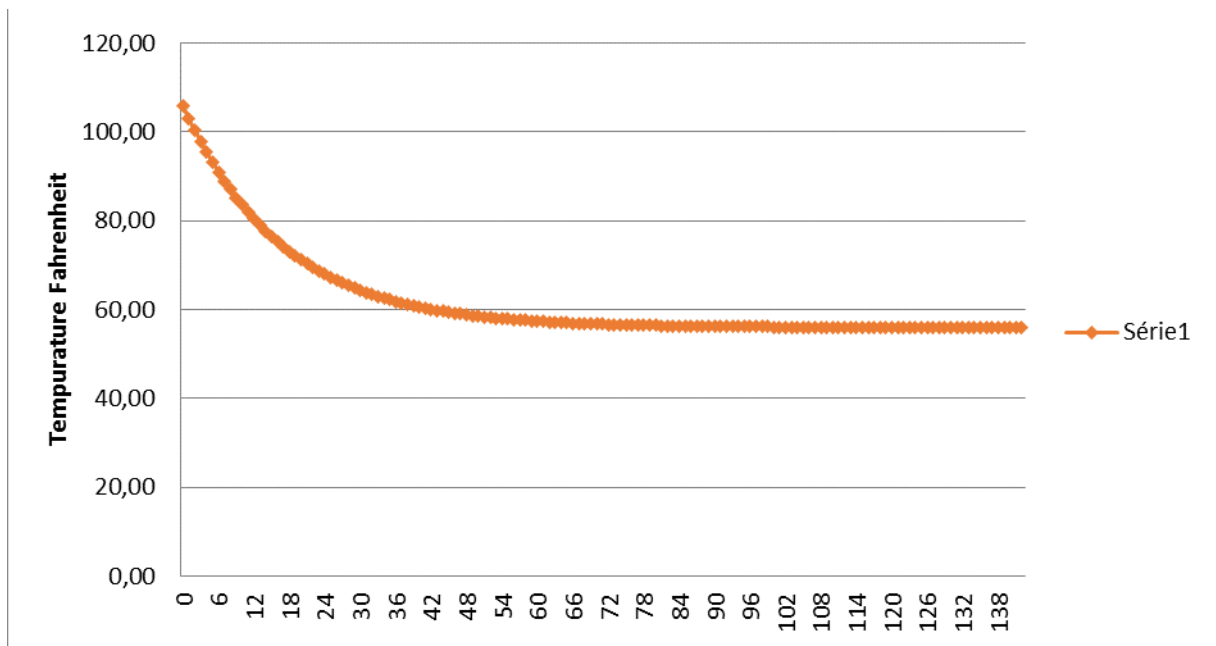


Figure IV-3 :Variation de la température de sortie en fonction de la longueur du tube (en été, température extérieure max 42 C)

Source : l'auteur

Commentaire : La diminution de la température de l'air est proportionnelle à la longueur de l'échangeur, Après la longueur de 38 mètres. La température de l'air Devenir à 20 C . Puis 17 C degrés à la longueur de 54 mètres de l'échangeur.

Ceci est la zone de la longueur du tube dans lequel la température de l'air est confortable : entre 38 m et 54 m .

Pour la période hivernale :

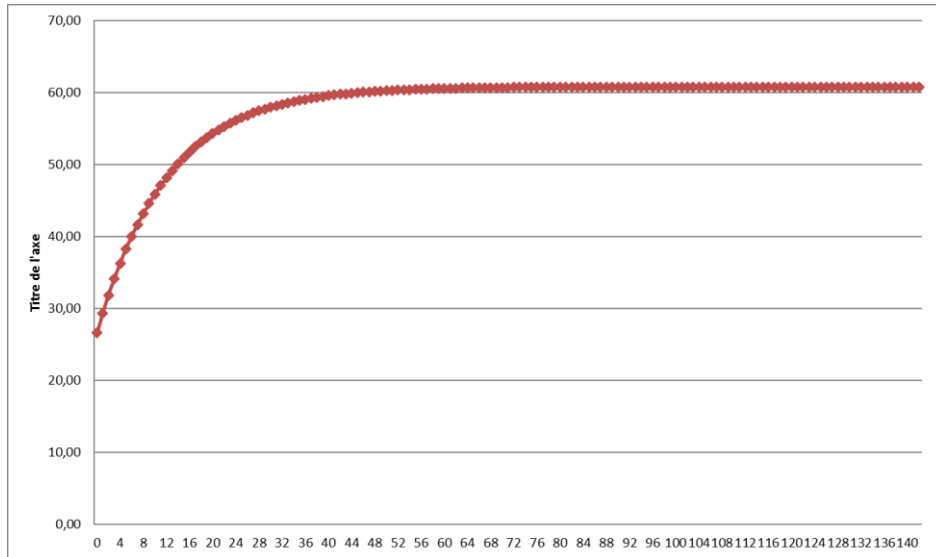


Figure IV-4 : Variation de la température de sortie en fonction de la longueur du tube (en hiver , température min -4 C) .

Source : l'auteur

Commentaire : l'Augmentation de la température est proportionnelle à l'augmentation de longueur de l'échangeur, Après la longueur de 43 mètres. La température de l'air Devenir stable à 16 C : La température de l'air est élevée. Mais ils ne pénètrent pas dans la zone du confort thermique en particulier dans la période hivernale

1- Efficacité de l'échangeur :

Figure 5 représente l'évolution de l'efficacité de l'échangeur en fonction de sa longueur.

On constate que l'efficacité augmente d'une manière logarithmique avec la longueur.

A partir de 40 m, elle devient maximale et demeure constante. Le phénomène est le même, été comme en hiver. Ces résultats traduisent le bon fonctionnement du puits.

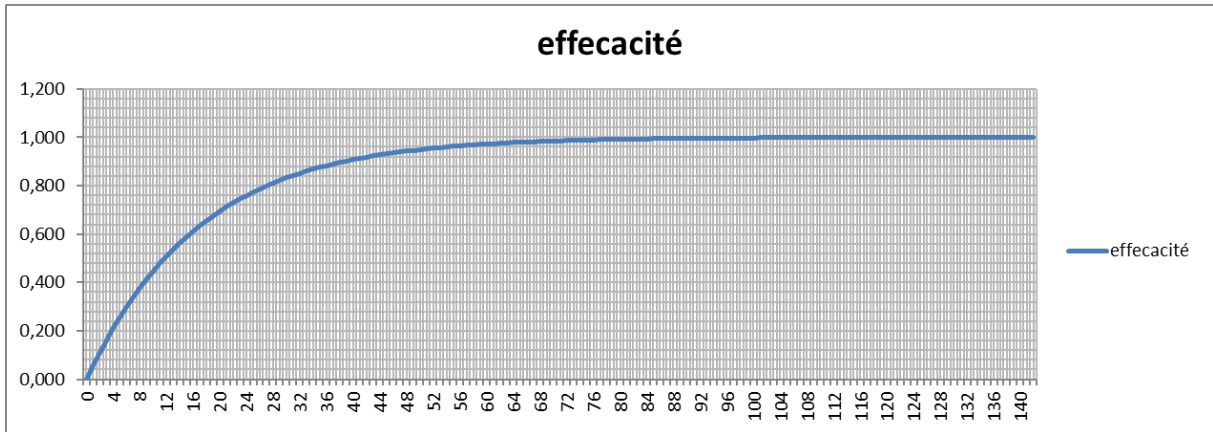


Figure IV-5 : l'évaluation de l'efficacité de l'échangeur en fonction de sa longueur

Source : l'auteur

1- L'analyse des résultats:

Période estivale Figure 03 La courbe montre la température désirée (la température de confort), qui les transmet la température dans le système après la longueur environ de 41 mètres. Lorsque la température atteint 64 F, ce qui représente 18 C qui est la température désirée. De cela, nous pouvons enfin **renoncer définitivement** à des systèmes de refroidissement à la maison ce qui consomment 184 kWh dans la situation normale.

Donc après avoir intégré les puits canadien le gain au période de l'été est : 184 kWh

Période d'hiver Figure 04 : Grâce à la courbe, qui représente la variation de température sur la longueur du tube (température primaire -4 degrés) à la longueur de 43 la température de l'air allant jusqu'à 60,8 F ce qui représente 16 C

nous avons besoin du chauffage pour élever la température de 16 à 24 degrés de différence 8 au lieu de 24 degrés pour un température de confort.

Donc après avoir intégré les puits canadien le gain de l'été est : $18957/2 = 9478.5$ kWh

Le gain total par Ans ce système (puits canadien) = $184 + 9478.5 = 10262.5$ kWh

Maison 02 :

En fonction de ses caractéristiques : Les graphes 6 et 7 montrent pour un débit de vitesse d'écoulement de 2 m/sec respectivement une bonne survie de courbe a observée.

Période estivale

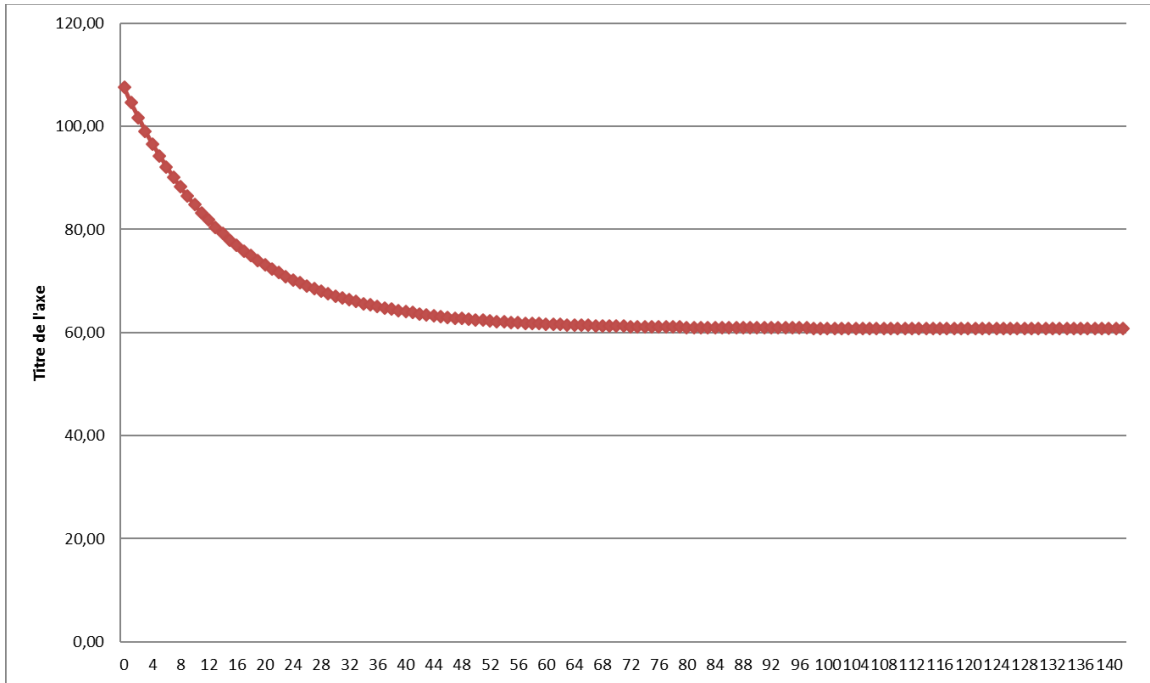


Figure IV-6 : Variation de la température de sortie en fonction de la longueur du tube (en été, température extérieure max 42 C)

Source : l'auteur

Commentaire : La diminution de la température de l'air est proportionnelle à la longueur de l'échangeur, Après la longueur de 40 mètres. La température de l'air Devenir à 20 C. Puis 17 C à la longueur de 56 mètres de l'échangeur.

Ceci est la zone de la longueur du tube dans lequel la température de l'air est confortable : entre 40 m et 56 m.

Période hivernale :

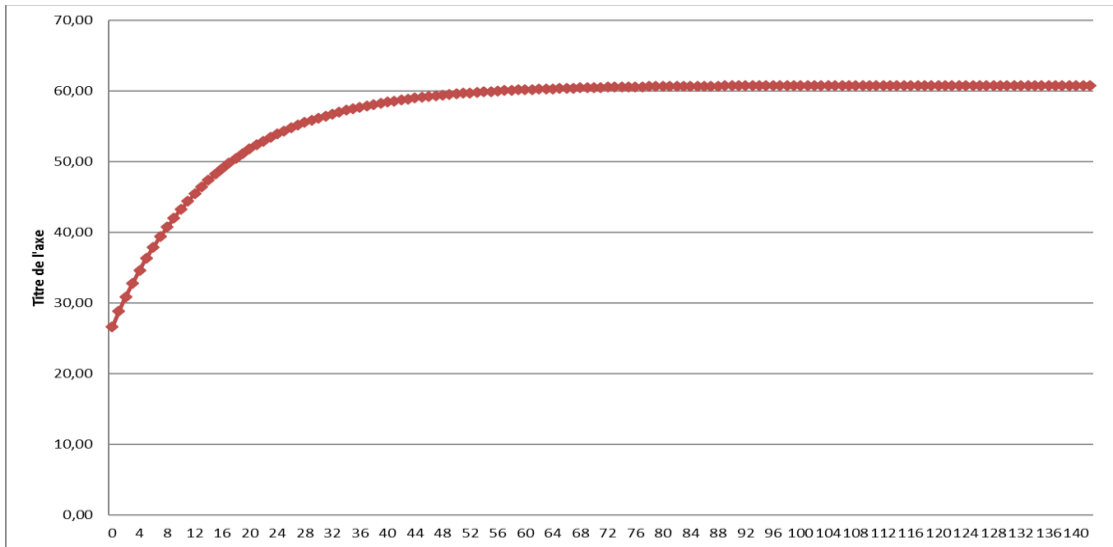


Figure IV-7 : Variation de la température de sortie en fonction de la longueur du tube (en hiver , température min -4 C) .

Source : l'auteur

Commentaire : l'Augmentation de la température est proportionnelle à l'augmentation de longueur de l'échangeur, Après la longueur de 48 mètres. la température de l'air Devenir stable à 16 C : La température de l'air est élevée. Mais ils ne pénètrent pas dans la zone du confort thermique en particulier dans la période hivernale

1- Efficacité de l'échangeur :

Dans ce cas l'échangeur

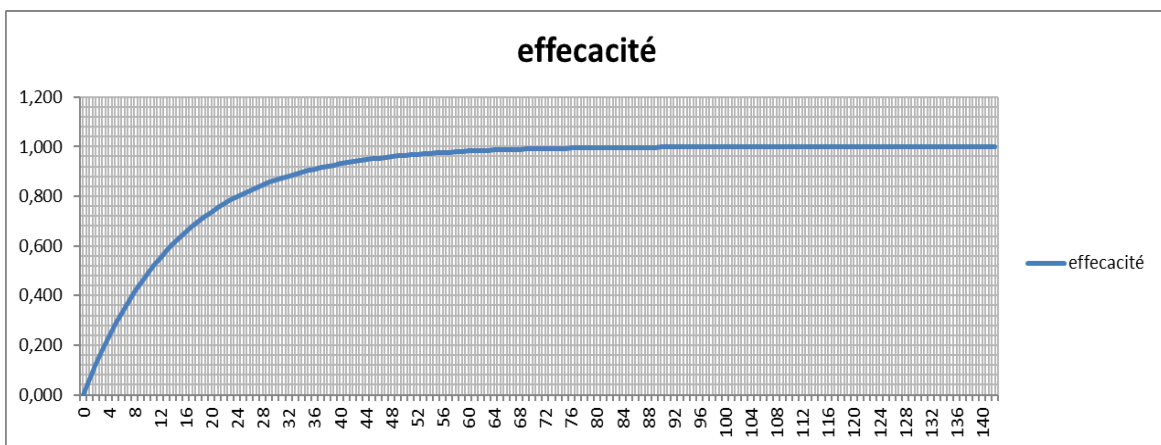


Figure IV-8 : l'évaluation de l'efficacité de l'échangeur en fonction de sa longueur

Source : l'auteur

L'analyse des résultats:

Période estivale : Figure 6 La courbe montre la température désirée (la température de confort), qui les transmet la température dans le système après la longueur environ de 40 mètres. Lorsque la température atteint 64,4 F, ce qui représente 18 C qui est la température désirée. De cela, nous pouvons enfin renoncer à des systèmes de refroidissement à la maison.

Nous ne pouvons pas calculer la différence de la consommation d'énergie, parce que dans le cas normal, il n'y avait pas d'utilisation de climatisation (rafraîchissement) .

Période d'hiver : Figure 7 : Grâce à la courbe, qui représente la variation de température sur la longueur du tube (température primaire -4 degrés) à la longueur de 45 la température de l'air allant jusqu'à 59 F ce qui représente 15 C

nous avons besoin du chauffage pour élever la température de 15 à 24 degrés de différence 9 au lieu de 24 degrés pour un température de confort.

La consommation dans la situation normale (sans système de puits canadien) est 15459 kWh/thermie

Donc le gain de l'été est : $15459/2 = 7729.5$ kWh

Le gain total par ce système par 1 ans (puits canadien) = 7729.5 kWh
--

Conclusion :

En conclusion, on peut constater que la quantité d'énergie récupéré par les puits canadiens

L'efficacité des puits canadiens et leurs rendements, dépend généralement de :

- Loguer des tubes
- Type de sol
- Température extérieure
- Vitesse de l'air

Dépend ce chapitre Nous avons pu prouver les résultats des puits canadiens et la différence entre la consommation d'énergie entre les maisons en utilisant des puits canadiens et sans.

A travers les modèles appliqués par le système nous avons pu profiter :

Pour la maison 1 : 10262.5 kWh. et Pour la maison 2 : 7729.5 kWh .

Et aussi, Cela prouve l'efficacité du système en été 100/100 et En hiver 70/100.

Finalement nous dit en peut que nous peut également contrôler le degré de température de confort par le contrôle de la vitesse de l'air.

Conclusion Générale

Conclusion générale :

Pendant les années précédentes, le monde connaît un risque réel en raison de l'utilisation de l'énergie fossile, En termes de son impact sur le climat (Effet de serre) Que si la consommation est restée en croissance à ce rythme , la Terre ne deviendra pas viable , D'autre part, l'énergie fossile sera disparue. Pour cela, La communauté internationale a décidé de crée des Conférences Le plus connus de ces conférences c'est « la conférence de Rio en juin 1992 » Dans lequel le terme de développement durable est apparu ce qui dépend a 3 trois piliers (environnement – social – économie).

Avec la naissance de ce terme (le Développement durable). Donc bien sûr, nous avons commencé à chercher des solutions et des méthode pratiques pour l'application de ce principe pour vivre dans une durabilité, pour répondre aux besoins du présent générations sans compromettre la capacité des générations futures. L'une de ces méthodes est l'utilisation des énergies propres et renouvelables, En particulier dans l'architecture il existe des techniques et des systèmes basés sur les énergies renouvelables.

Les Puits canadiens et l'un des systèmes qui reposent sur les énergies renouvelables (l'énergie géothermique), qui nous avons étudié dans cette recherche avec son impact sur le côté énergétique des bâtiments.

Après ce processus d'étude ce que nous appliquons dans la ville de Tébessa sur deux échantillons, Nous avons obtenu des bons résultats à ce qui nous a pris réconfort a une certaine mesure.

Grâce à cette recherche, nous avons obtenir deux résultats :

Nous l'avons divisé en deux parties (deux périodes) car le changement des conditions de chaque période (période hivernale et période estival).

- 1- La période estivale (refroidissement) : Puits canadiens et un système efficace fonctionne en 100/100, Donc on n'a plus besoin d'utiliser les refroidisseurs pour le confort complètement, Dépend au refroidissement par la température de la Terre, ce qui est une source constante de frais en été, Ceci est selon les conditions que nous avons pris au fonction du ce système comme la longueur des conduits.
- 2- La période hivernale (chauffement) : les Résultats du système puits canadien est bon, mais pas assez comme l'été (le refroidissement) Lorsque les puits canadiens nous a fourni 70/100 de la chaleur nécessaire pour atteindre le confort thermique , Cela nous maintient dans la nécessité de récupérateur de chaleur pour assures le température de confort . C'est à dire au

lieu d'augmenter la température de - 2 à 24. Avec des puits canadiens sera la température minimale est de 16 Ceci est une grande différence.

Enfin à travers cette recherche qui été appliqué à Tébessa on a vu que les puits canadiens influent d'une façon positive sur la consommation énergétique du bâtiment.

Recommandation :

- Pour maintenir l'efficacité de ce système doit minimiser la déperdition de chaleur car l'ouverture des fenêtres parce que les puits canadiens fournissent de l'air naturel, ce qui lui est un autre point positif .
- Comme tout système, il y a un point négatif : Il doit être nettoyé de temps en temps le lieu de condensation pour d'éviter le risque de gaz de radon radons.

Liste de figures :

Figure I-1 : Organisation des contenus sur le thème de l'énergie.	6
Figure I-2 : Structure de la consommation finale par secteur 2014	9
Figure I-3 : Consommation de gaz et électricité (en milliers de tonne) dans le secteur ménager en Algérie.....	11
Figure I-4 : Répartition de la consommation du secteur résidentiel par types d'énergie 2012....	12
Figure I-5 : l'efficacité énergétique.....	13
Figure : II-1 schéma représentatif du système.....	21
Figure II-2 : les composants essentiels de (puits canadien) : la prise d'air neuf, le conduit de l'échangeur géothermique, le système d'évacuation des condensats et le ventilateur.	22
Figure II-3 : prise d'air neuf.....	23
Figure II-4 : Présentation des différentes configurations fréquemment utilisées pour les puits canadiens	24
Figure II-5 : la conductivité thermique de différents types de sols en fonction de leur teneur en eau	26
Figure II-6 : Evolution de la température du sol pour trois profondeurs	28
Figure II-7 : l'impact du puits canadien sur la température de l'air renouvelé.....	33
Figure II-8 : stabilisation des températures d'entrée d'air – puits canadien	34
Figure II-9 : impact de puits canadien – températures d'ambiance	35
Figure II-10 : Nombre d'heures passées par le logement a une température donnée.....	35
Figure II-11 : Schéma simplifié et terminologie des équipements composant l'installation.....	37
Figure III-1 Carte géographique de l'Algérie.....	39
Figure III-2 : localisation de la ville de Tébessa	40
Figure III-3 : Carte simplifiée des zones bioclimatiques de l'Est algérien	41
Figure III-4 : situation de bâtiment par rapport centre-ville	45
Figure III-5 : vue en plan RDC « B1 ».....	46
Figure III-6 : vue en plan 1ere stage « B1 ».....	46
Figure III-7 : profil de sol (fatma zohra).....	46
Figure III-8 : vue en plan (espace non bâti)	47
Figure III-9 : situation de bâtiment 2 par rapport centre-ville	49
Figure III-10 : plan de Bâtiment 2	50
Figure III-11 : profil de sol (600 log)	51

Figure. IV-1 : Tube enterré	57
Figure. IV-2 : Résistances thermiques dans le tube enterré	58
Figure IV-3 :Variation de la température de sortie en fonction de la longueur du tube (en été, température extérieure max 42 C	61
Figure IV-4 : Variation de la température de sortie en fonction de la longueur du tube (en hiver , température min -4 C)	62
Figure IV-5 : l'évaluation de l'efficacité de l'échangeur en fonction de sa longueur	63
Figure IV-6 : Variation de la température de sortie en fonction de la longueur du tube (en été, température extérieure max 42 C)	64
Figure IV-7 : Variation de la température de sortie en fonction de la longueur du tube (en hiver , température min -4 C)	65
Figure IV-8 : l'évaluation de l'efficacité de l'échangeur en fonction de sa longueur.....	65

Liste des tableaux :

Tableaux II-1 : propriétés thermiques des principaux constituants d'un sol	27
Tableau III-1 : température de la ville de Tébessa.....	42
Tableau III-2 : précipitation de la ville de Tébessa.....	43
Tableau III-3 : propriété de matériau	43
Tableaux III-4 : bilan de consommation énergétique de cas d'étude période estivale	48
Tableaux III-5 : bilan de consommation énergétique de cas d'étude période hiver	49
Tableaux III-6 : bilan de consommation énergétique de cas d'étude période estivale.....	52
Tableaux III-7 : bilan de consommation énergétique de cas d'étude période hivernal	52
Tableau IV-1 : propriété de sol au profondeur 3m.....	55
Tableau IV-2 : Propriété de tube (conduit)	55

Liste des photos :

Photo III-1 : façade de Bâtiment 01	45
Photo III-2 : espace vert à côté de maison 01	47
Photo III-3: espace vert à côté de maison 01	47
Photo III-4 : façade maison 2	50
Photo III-5 : façade maison 02	50

Bibliographie :

1. Bilan énergétique nationale 2014 (ministre d'énergie)
2. BELAKEHAL, 2012
3. CHITOUR.CH.E : « L'énergie : Les enjeux de l'an 2000 » Vol/1 Office des Publications Universitaires ALGER, 1994. p. 41
4. CHITOUR.CH.E : « L'énergie : Les enjeux de l'an 2000 » Vol/1 Office des Publications Universitaires ALGER, 1994. p.91
5. C E T I A T - Centre Technique des Industries Aéronautiques et Thermiques
6. Conseil d'Architecture d'Urbanisme et de l'Environnement du Tarn - février 2007
7. DEPECKER.P, 1985
8. DGE/EPE, 2000
9. Depertz, H . « Maitrise de l'énergie dans les bâtiments, Définitions, Usages, consommations », revue technique l'ingénieur, no BE9020, vol 4 2004
10. Etude d'un système de climatisation intégrant un puits canadien dans les zones arides, cas de Béchar B. Mebarki , B. Draoui , S. Abdessemed A. Keboucha , S. Drici 1 et A. Sahli 2012
11. établie d'après Côte M., 1998a Mébarki A, 2005
12. l'encyclopédie l'énergie
13. les puits canadien/provençaux guide d'information – cetiat – page 06
14. lucie TOME – Mémoire de l'Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique 2009
15. Laboratoire de travaux public de l'Est
16. Les donné météorologiques 2005 de la ville de Constantine PDF
17. Muriel Valin , 2008
18. MINISTERE DE L'ENERGIE : « Bilan énergétique national de l'année 1999 »/ DGE, 2000. EPE novembre,2000
19. Missions économiques : Fiche de synthèse « le secteur de l'électricité en Algérie » actualisation au 9 août 2006
20. Morillon,R . « L'intégration de l'efficacité énergétique et du développement urbain durable dans le bâtiment , THESE DE MASTER finie urbain, Université marne la vallée. 2005
21. Mazout, sans date

22. mussy et souter 1991
23. Mussy et souter et RT2000
24. maria lopez diaz ,2012
25. météo de Tébéssa
26. publication de consommation énergétique final 2012 ministre de l'énergie et de mine p 05
27. Rapport Final – Juillet 2003.BILAN ENERGETIQUE DE LA REGION DE BRUXELLES-CAPITALE 2001 Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement .2003.page 127
28. Schneider Electric 2012
29. Shobhakar D., « Comment infléchir les émissions de co2 dans quatre mégapoles d'Asie » in la revue Durable, « vivre ensemble en mégapole », n 14,2005
30. Sodielec-Berger
31. samuel c - jean-pierre.o la conception bioclimatique p 174
32. Samuel Courgey Jean pierre Oliva – la conception bioclimatique p 76
33. TEB : l'énergie contenue dans une tonne de pétrole.
34. http://www.dictionnaireenvironnement.com/energie_renouvelable_ID806.html
13/10/2015 20h02
35. <http://www.performance-energetique.lebatiment.fr/dossier/qu%E2%80%99est-ce-que-performance-energetique> 20-11-2016 18 :12 h
36. <http://www.smartgrids-cre.fr/index.php?p=efficacite-energetique-definition> 20-11-2016
19 :20 h
37. http://www.xpair.com/lexique/definition/confort_thermique.htm 18-12-2016 20 :00 h
38. <https://www.econology.fr/blog/2012/05/28/prise-d%E2%80%99air-puits-canadien>
39. <http://www.fiabitat.com/>
40. <http://www.fiabitat.com/le-principe-du-puits-canadien/>
41. <http://d-maps.com/carte> 09/02/2017 13 :27
42. <http://www.andi.dz/index.php/fr/monographie-des-wilayas?id=119>
ANIREF/monographie de la wilaya de Tebessa 09/02/2017 13 :27
43. <http://www.cetiat.fr/fr/produits/ventilation.cfm> 15-04-2017
44. <https://www.energiepluslesite.be/index.php?id=15348#c20932609+c20932608+c20932607+c20932606+c20932605+c19672+c19671+c19670+c19669+c19668+c19667+c19666+c19665+c19664+c19663> 10-04-2017
45. perso.orange.fr/maisonsolaire/puits_canadien.html 10-04-2017

NOMENCLATURE

<p>$C_{p_{sol}}$: Capacité calorifique du sol, J/kg.K</p> <p>d : Profondeur de pénétration, m</p> <p>Nu : Nombre de Nusselt</p> <p>Pr : Nombre de Prandtl</p> <p>r_1 : Rayon intérieur du tube enterré, m</p> <p>R_{conv} : Résistance thermique correspondant à l'échange convectif entre l'air et le tube, m.K/W</p> <p>R_{tube} : Résistance thermique du tube enterré, m.K/W</p> <p>$T(z, t)$: Température de sol, °C</p> <p>T_m : Température moyenne annuelle, °C, donnée par la station météorologique de Béchar</p> <p>$R(z, t)$: Rayon de la couche adiabatique</p> <p>U : Résistance thermique totale entre l'air et le sol, W/m.K</p> <p>z : Profondeur, m</p> <p>α_{sol} : Diffusivité thermique du sol, m²/jour</p> <p>λ_{tube} : Conductivité thermique du tube enterré, W/m.K</p> <p>λ_{air} : Conductivité thermique de l'air, W/m.K</p> <p>ρ_{air} : Masse volumique de l'air, kg/m³</p> <p>t_0 : Le jour de l'année [1,...,365] correspondant à la température de surface</p>	<p>\dot{m} : Débit d'air, kg/s</p> <p>$C_{p_{air}}$: Chaleur massique de l'air, J/kg.K</p> <p>D : Diamètre du tube, m</p> <p>Re : Nombre de Reynolds</p> <p>R_1 : Rayon extérieur du tube enterré, m</p> <p>T_0 : Amplitude de la température de surface (Température maximale de l'air – Température minimale de l'air).</p> <p>R_{sol} : Résistance thermique entre le tube et la surface adiabatique cylindrique, m.K/W</p> <p>V_{air} : Vitesse de l'air, m/s</p> <p>T_0 : Amplitude de la température de surface (Température maximale de l'air – Température minimale de l'air)</p> <p>t : Jour de l'année [1;..., 365]</p> <p>ω : Fréquence de température annuelle, rad/jour</p> <p>ρ_{sol} : Masse volumique du sol, kg/m³</p> <p>λ_{sol} : Conductivité thermique du sol, W/m.K</p> <p>λ_{sol} : Conductivité thermique du sol, W/m.K</p> <p>ν_{air} : Viscosité cinématique de l'air, m²/s</p>
---	---

Résumé :

Pendant ces dernières années, la terre exposée à un risque réaliste à la suite de l'émission de gaz CO₂ grâce à la consommation continue d'énergie fossile, pétrole et de gaz, ce qui a entraîné une cause principale du réchauffement climatique.

Les bâtiments ont un impact notable sur l'état de la consommation d'énergie; Car ce secteur du logement consomme plus de 46% de l'énergie totale consommée en Algérie.

L'une des solutions radicales consiste à rechercher de l'énergie renouvelable, dans l'architecture, il existe des méthodes et des systèmes telles que les techniques actives et passives qui perçues comme des solutions de conception, l'une de ces solutions est le puits canadien, qui dérive son énergie à partir du sol dans celle qui est une énergie renouvelable, ce système (les puits canadiens) affecte directement le côté thermique du bâtiment.

Cette recherche a étudié l'impact de ce système sur la consommation d'énergie des bâtiments, en plus d'évaluer son efficacité à Tebessa.

La recherche est divisée en deux parties; Théorique et pratique :

- Théorique : Couvre la consommation d'énergie et explique le mécanisme de travail des puits canadiens.

- Pratique : Grâce à la mise au point modélisée des puits canadiens et à leur étude, en analysant des formules avec des résultats sur les tables de graphiques, que nous avons pris sur Excel, et examiner ce système avec de ces variables telles que la longueur du tube.

L'étude appliquée sur la ville de Tebessa montre une influence positive des puits canadiens sur la gamme de consommation d'énergie dans les bâtiments.

Mots clés: puits canadiens - consommation de énergie - bâtiments - énergie renouvelable.

Abstract:

It's inevitable fact in the last years, the earth exposed to a realistic threat in the wake of emission of CO₂ gas because of continuous consumption of fossil energy, petrol and gas, which led to a main cause of the global warming.

Built environment has a notable impact in the state of energy consumption; as that housing sector occupies more than 46% of overall consumed energy in Algeria.

One of the radical solutions is looking forward using renewable energy, and so in architecture there are some applicable methods such as active, depends on technology, and non-active methods, perceived as design solutions, one of these solutions is Canadian wells, which derives its energy from ground as part of renewable energy, as well it impacts directly the thermal side of the building.

This research has studied the impact of this system on energy consumption of the buildings, in addition to assessing its efficiency in Tebessa.

Research is divided into two parts ; theoretic and applied:

- Theoretic ; covers energy consumption and explains working mechanism of Canadian wells.
- Applied ; through modelling blow up of Canadian wells and studying them, by analyzing formulas with results on chart tables, on Excel program, and examining this system with variables, such as length of tube.

The applied study on Tebessa city shows a positive influence of Canadian wells on the range of energy consumption in buildings.

Key words: Canadian wells – consumption energy – buildings - renewable energy.

ملخص:

في السنوات الأخيرة عرفت الكرة الأرضية تهديدا حقيقيا سببه الأول والأخطر هو تزايد انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون (CO₂) الناتج عن استهلاك الطاقات الأحفورية (البترول والغاز)، مما أدى إلى الاحتباس الحراري. للمباني تأثير كبير من ناحية استهلاك الطاقة، فقطاع الإسكان يستهلك أكثر من 46 % من إجمالي الطاقة المستهلكة في الجزائر.

من الحلول الجذرية التوجه إلى استعمال الطاقات النظيفة أي الطاقات المتجددة، وفي الهندسة المعمارية توجد عدة طرق وأنظمة منها النشطة (اعتمادا على التكنولوجيا)، وأخرى خاملة (كالحلول التصميمية). و من هذه الأنظمة نظام الآبار الكندية الذي يعتمد على الطاقة الأرضية كواحدة من الطاقات المتجددة، حيث يؤثر هذا النظام مباشرة على الجانب الحراري للمبنى.

جاء موضوع البحث ليدرس ميدانيا هذا النظام وتأثيره على المباني من ناحية استهلاك الطاقة إضافة لفعاليته في مدينة تبسة.

حيث قسم البحث إلى جزئين هما نظري وتطبيقي:

- نظري يهتم بكل ما يخص الطاقة واستهلاكها وشرح هذا النظام (الآبار الكندية).
- تطبيقي قمنا من خلاله بنمذجة الآبار الكندية ودراستها، وذلك من خلال معادلات ترتبت عليها النتائج متمثلة فيمنحنيات (من خلال برنامج Excel) واختباره النظام مع المتغيرات كطول الأنبوب.

وتوصل البحث الذي طبق على مدينة تبسة بأن الآبار الكندية تؤثر بشكل إيجابي من حيث ترشيد استهلاك الطاقة في المباني.

الكلمات المفتاحية:

الآبار الكندية – استهلاك الطاقة – المباني – الطاقة المتجددة.