

# SIMULATION DU COMPORTEMENT ENERGETIQUE DES BATIMENTS RESIDENTIELS AU SUD ALGERIEN

A.DJELLOUL\*, B.DRAOUI\*\*, N.MOUMMI\*

\*Département d'Architecture, université de Biskra  
\*\*Département de Mécanique, université de Bechar

## RESUME

Le programme d'amélioration de la performance énergétique des bâtiments résidentiels obéit à la volonté de l'Algérie, de favoriser une utilisation plus responsable de l'énergie et d'explorer toutes les voies pour préserver les ressources et systématiser la consommation utile et optimale. Au niveau national le secteur résidentiel est le secteur le plus énergivore, il représente 42 % de la consommation finale.

L'objectif de ce travail est de contribuer à l'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments résidentiels situés au climat chaud et sec.

En premier lieu un état de l'art sur le bilan de consommation énergétique au niveau national et en particulier à la ville de Biskra est donné.

Ensuite et dans le but de simuler le comportement énergétique du bâtiment, on a utilisé le logiciel TRNSYS. Deux types de bâtiment ont été simulés et comparés, l'un est considéré comme étant un bâtiment de référence BR et l'autre un bâtiment basse consommation BBC dont une enveloppe isolée (murs, terrasse et vitrage).

Les résultats de la simulation montrent que les besoins énergétiques en refroidissement du bâtiment BBC font quasiment le 1/3 de ceux du bâtiment BR et que la différence de l'Intensité Energétique IE entre les deux bâtiments est de l'ordre de 70,62 KWh/m<sup>2</sup>.

**MOTS CLÉS:** performance énergétique, consommation électrique, bâtiment résidentiel, bâtiment basse consommation, climat chaud et sec, simulation, TRNSYS, besoins en refroidissement, intensité énergétique.

## 1 INTRODUCTION

A l'échelle nationale, le secteur résidentiel est considéré comme étant le secteur le plus énergivore, il présente 42% de la consommation finale [1].

L'Algérie doit faire face à un problème énergétique croissant lié à l'évolution de sa démographie. En effet, que ce soit dans le secteur du logement, le secteur tertiaire ou autre, les besoins en énergies fossiles ou renouvelables sont proportionnels à l'évolution de la population. Dans le domaine du bâtiment, le nombre de constructions en logements ou en bâtiments tertiaires est amené à augmenter considérablement. L'absence d'application de réglementation thermique allié à des contraintes économiques de coût de construction et des pratiques architecturales importées a longtemps favorisé la réalisation de bâtiments totalement inadaptés aux climats. Le climat Saharien par exemple où on trouve l'ensemble de l'habitat construit depuis un siècle qui fait l'essentiel de la ville

Saharienne aujourd'hui, semble tourner le dos aux principes lentement élaborés à travers les siècles des Ksour. Partout le matériau de base utilisé est de parpaing, qui constitue indiscutablement une perte de valeur isothermique par rapport à la terre ou la pierre[2].

Paradoxe de villes au Sahara, plutôt que des villes pleinement Sahariennes. Celui qui découvre de l'extérieur ces villes se pose la question : Pourquoi ce mimétisme vis-à-vis de l'architecture et de l'urbanisme du Nord du pays ? [3]

## 2 BILAN DE LA CONSOMMATION ENERGETIQUE DES BATIMENTS RESIDENTIELS AU SUD ALGERIEN (CAS DE LA VILLE DE BISKRA)

Aujourd'hui, les besoins énergétiques de l'Algérie sont satisfaits, presque exclusivement, par les hydrocarbures,

notamment le gaz naturel, énergie la plus disponible qui représente 34% de la consommation totale, comme est illustré sur la figure 1[4].

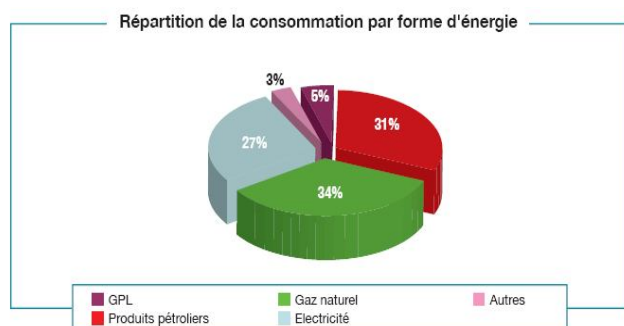


Figure 1: Répartition de la consommation par forme d'énergie pour l'année 2010, source Ministère des Energies et des Mines

La consommation du secteur " Ménages et autres" a atteint 12.4 MTEP en 2010, contre 12.7MTEP en 2009, soit une baisse de 1.9 %. La consommation du sous secteur résidentiel a légèrement baissé de 1.6 %, soit à 8.9MTEP [4].

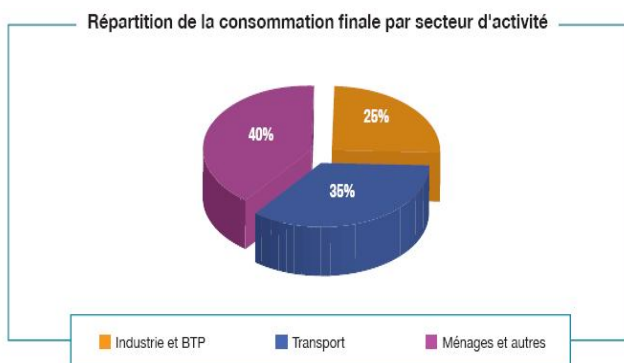


Figure 2: Répartition de la consommation finale par secteur d'activité pour l'année 2010, source Ministère des Energies et des Mines

## 2.1 Le bâtiment résidentiel, grand consommateur d'énergie électrique, que consommons-nous?

La lecture des données du bilan énergétique montre l'importance, souvent méconnue, de la consommation d'énergie dans le secteur résidentiel dont la consommation électrique a atteint 3023 KTEP, elle représente 35.12 % de la consommation totale d'électricité. Ainsi, il représente le premier secteur grand consommateur d'énergie électrique au niveau national. Selon les statistiques de 2010, la consommation électrique nationale de ce secteur a connue une évolution considérable (figure 3)[4].

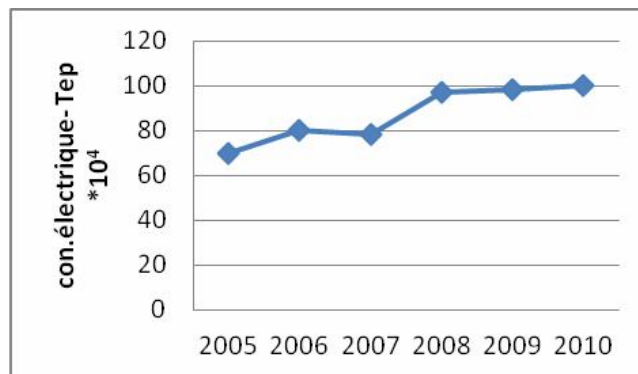


Figure 3: Evolution de la consommation électrique nationale dans le secteur résidentiel en Tep

Selon les données de 2012 fournies par la direction générale de SONELGAZ[5] de la willaya de Biskra que la consommation électrique est de 2 769 919 KWh / an pour un échantillon de 1667 abonnés d'une résidence individuelle dont 1 501 214 KWh qui représente la consommation du troisième trimestre (juillet, août, septembre), ce qui donne 3600 KWh / ménage.

Pour les bâtiments collectifs, la consommation est de l'ordre de 10 359 314 KWh/an pour un échantillon de 7356 abonnés dont 5 005 219 KWh consommée durant le troisième trimestre, ce qui donne 2723 KWh/ ménage.

On constate que la consommation électrique au niveau des cités résidentielles individuelles dépasse de 877 KWh celle consommée au niveau des résidences collectives.

D'après la même source d'information la demande en électricité par les résidences individuelles augmente chaque année. Elles sont munies, en plus, de quatre postes électriques à chaque saison d'été

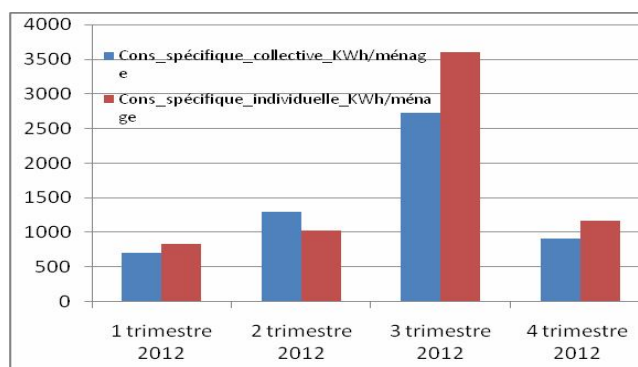


Figure 4: Consommation électrique spécifique annuelle en KWh pour les résidences, collectives et résidentielles à Biskra, source Sonelgaz Biskra

Au troisième trimestre, à titre d'exemple, la différence de consommation en 2011 et 2012 entre les deux cités est de 489 KWh / abonné et 877 KWh/ abonné respectivement ( voir le tableau 1).

**Tableau1: Comparaison de consommation électrique entre les résidences collectives et individuelles**

2011 Trimestre	Résidences Collectives (bâtiments)			Résidences Individuelles			Différence
	Nbre Abonnés	Cons (KWH)	Cons Spécif	Nbre Abonnés	Cons (KWH)	Cons Spécif	
1	1829	1182633	647	418	323262	773	127
2	1827	1711115	937	415	359015	865	-71
3	1827	4735063	2592	418	1287918	3081	489
4	1832	1286693	702	418	492458	1178	476
<b>Total année</b>	<b>7315</b>	<b>8915504</b>	<b>1219</b>	<b>1669</b>	<b>246253</b>	<b>1476</b>	<b>257</b>
2012 Trimestre	Résidences Collectives (bâtiments)			Résidences Individuelles			Différence
	Nbre Abonnés	Cons (KWH)	Cons Spécif	Nbre Abonnés	Cons (KWH)	Cons Spécif	
1	1835	1287633	702	417	349476	838	136
2	1839	2392780	1301	417	430223	1032	-269
3	1838	5005219	2723	417	1501214	3600	877
4	1844	1673682	908	416	489006	1175	268
<b>Total année</b>	<b>7356</b>	<b>10359314</b>	<b>1408</b>	<b>1667</b>	<b>2769919</b>	<b>1662</b>	<b>253</b>

On constate aussi que le nombre d'abonnés augmente considérablement entre 2004 et 2011 (tableau 2), le nombre est ajouté de 29 969 abonnés dont la consommation spécifique est de 317 KWh.

**Tableau 2: La consommation électrique entre 2004 et 2011**

Année	Nombre abonnés	Cons An (KW)	Cons Spécif (KW)
2004 / 4 <sup>e</sup> Trimestre	92680	68295949	737
2005 / 4 <sup>e</sup> Trimestre	96436	262846112	681
2006 / 4 <sup>e</sup> Trimestre	102071	289654326	709
2007 / 4 <sup>e</sup> Trimestre	106791	309729049	725
2008 / 4 <sup>e</sup> Trimestre	108124	356625385	825
2009 / 4 <sup>e</sup> Trimestre	112000	406790226	908
2010 / 4 <sup>e</sup> Trimestre	116192	450288627	969
2011 / 4 <sup>e</sup> Trimestre	122649	517092020	1054

## 2.2 L'énergie dans le bâtiment, qui consomme?

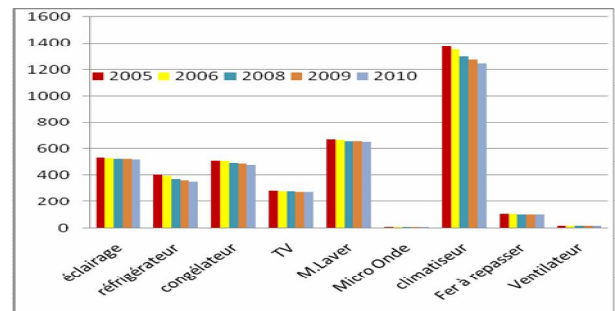
Les statistiques de 2010 évaluent le parc logement national à plus de 6 512 401 dont 68 % sont urbains. Le taux d'occupation par logement est de 6,4 % [1]. Selon la direction générale de SONELGAZ de la wilaya de Biskra

que le nombre d'abonnés ménages est 130 123 pour l'année 2012.

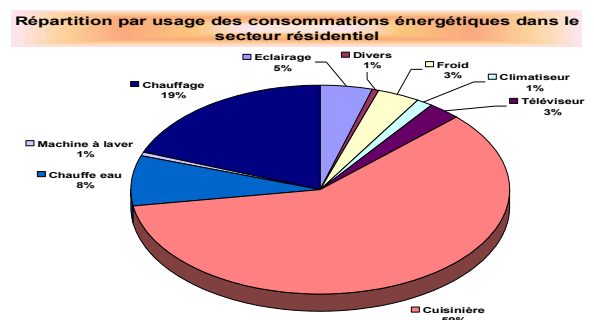
## 2.3 L'énergie dans le bâtiment, quel usage ?

En vue d'identifier les actions prioritaires à mener pour économiser l'énergie dans les foyers, il est essentiel d'accéder à l'information suivante: comment les ménages utilisent-ils l'énergie?

L'APRUE donne l'évolution de la consommation électrique spécifique en KWh /an des équipements généralement utilisés par les ménages (figure 4)[1].

**Figure 5: Consommation électrique spécifique annuelle en KWh des équipements ménagers APRUE, 2010**

On constate que la consommation électrique due à la climatisation est la plus importante, elle représente 43,18 % de la consommation totale.

**Figure 6: Répartition par usage des consommations énergétiques APRUE, 2010**

## 3 LE CONTEXTE SUR LA MAITRISE DE L'ENERGIE EN MATIERE D'EFFICACITE ENERGETIQUE DES BATIMENTS A USAGE RESIDENTIEL

La maîtrise de l'énergie constitue une des options stratégiques de la politique énergétique nationale. Elle est dictée par le souci de la préservation des ressources énergétiques nationales, le respect des engagements internationaux en matière de protection de l'environnement

(réduction des gaz à effet de serre) et la sauvegarde de la santé des citoyens.

Le programme national pour la maîtrise de l'énergie regroupe l'ensemble des projets, des mesures et des actions dans plusieurs domaines.

Pour les actions en matière d'efficacité énergétique des bâtiments à usage résidentiel portent sur :

- Isolation thermique des bâtiments
- Développement du chauffage –eau solaire
- Généralisation de l'utilisation des lampes à basse consommation d'énergie
- Introduction des principales techniques de climatisation solaire

#### 4 LES CONCEPTS DE BATIMENTS PERFORMANTS

Le concept de bâtiment performant est défini par un ensemble d'objectifs et de solutions techniques destinés à guider le concepteur. Ce dernier, en s'appuyant sur divers outils d'aide à la conception, associés à des techniques, des matériaux, des structures et des équipements permettent au mieux d'atteindre les objectifs fixés. Enfin, après la mise en service du bâtiment, une phase d'évaluation permet au concepteur et au maître d'ouvrage de quantifier les performances réelles du bâtiment et de les comparer aux objectifs originaux.

Les concepts de bâtiments performants se trouvent le plus souvent dans le cadre de certifications, de labels ou de réglementations. Ils sont alors associés à un cahier des charges décrivant leurs objectifs ou à une méthode d'évaluation de leur niveau de performance. Leurs dénominations sont variées, chacune mettant l'accent sur une caractéristique majeure du bâtiment. on va se limiter ici aux approches purement énergétiques en définissant le concept d'un **bâtiment basse consommation ou " basse énergie "** (En anglais : Low energy house). Ce bâtiment se caractérise pour des besoins énergétiques plus faibles que les bâtiments standards. Ce premier niveau de performance peut être atteint par l'optimisation de l'isolation, la réduction des ponts thermiques et l'accroissement des apports passifs, ce concept ne comprend à priori aucun moyen de production local d'énergie, sans toutefois l'exclure[6]

#### 5 L'INDICATEUR POUR L'EVALUATION ET L'ANALYSE DE LA PERFORMANCE ENERGETIQUE D'UN BATIMENT

L'indicateur qui peut caractériser la performance énergétique d'un bâtiment est l'intensité énergétique qui caractérise son efficacité globale, en tant que système énergétique.

L'intensité énergétique (IE) est originellement un indice caractérisant la capacité d'un pays à utiliser efficacement

l'énergie. Cet indice peut être généralisé à tout système, en le définissant comme la quantité d'énergie consommée pour assurer une unité de service, pour une période temporelle donnée.

$IE = \text{Quantité d'énergie consommée} / \text{Quantité de service}$

Dans le cas du bâtiment, le numérateur peut représenter la consommation énergétique totale (exprimée en énergie finale ou primaire) ou bien la consommation du chauffage ou de la climatisation uniquement. La quantité de service fournie peut être l'accueil d'un certain nombre d'occupants, ou la mise à disposition d'une surface habitable (surface du plancher) ou le volume du plancher du bâtiment. Pour un bâtiment en phase d'exploitation, l'intensité des besoins de chauffage et / ou de rafraîchissement (climatisation), exprimée en énergie utile ou primaire par unité de surface, constitue un indicateur pertinent de ses performances thermiques, notamment de son enveloppe.

#### 6 SIMULATION DU COMPORTEMENT ENERGETIQUE DU BATIMENT BASSE CONSOMMATION

Les besoins en termes d'environnement de simulation changent en fonction de l'état d'avancement d'un projet, ce qui explique la grande diversité des outils qui existent pour simuler le comportement énergétique des bâtiments. Il faut en effet disposer d'outils simples pour pouvoir faire, dès la phase d'esquisse, des choix judicieux qui sont primordiaux pour ne pas aboutir à une décision qu'elle sera par la suite difficile de rendre préformante. Au niveau de l'avant projet, l'outil de simulation doit permettre d'optimiser l'enveloppe du bâtiment pour réduire ses besoins de chauffage et de rafraîchissement. Par la suite, on doit donner une estimation des consommations du bâtiment, de dimensionner leurs équipements. On utilise des outils pour lesquels un plus grand nombre d'entrées est nécessaire et qui sont souvent moins conviviaux, plus longs à pratiquer mais ils présentent une précision bien définie sur le comportement dynamique du bâtiment sur le plan énergétique, tel que l'environnement de simulation dynamique TRNSYS [7] qui a été utilisé dans ce travail.

##### 6.1 Etude thermique du bâtiment

Le bâtiment en question est considéré comme une maison individuelle de 120 m<sup>2</sup> de surface habitable orientée vers le Sud / Nord, constituée uniquement de rez -de chaussée qui se compose d'un salon, de trois chambres, d'une cuisine, d'une salle de bain et d'une cour. La façade Sud et Nord comportent trois fenêtres de 1 m<sup>2</sup> et 1.50 m<sup>2</sup> respectivement.

Description des parois les quatre parois constituant le bâtiment donnent à l'extérieur, le plancher bas est sur terre plein.

### Bâtiment de Référence (BR)

- Murs en double brique creuse de 10 cm séparé par une lame d'air de 5 cm. U de 0.652 W/ m<sup>2</sup>. K
- Le plancher haut en béton. U est de 1.878 W/ m<sup>2</sup>. K
- Vitrage simple . U de 5.74 W/ m<sup>2</sup>. K

### Bâtiment Basse Consommation (BBC)

- Murs en double brique creuse de 10 cm séparé par une couche isolante de polystyrène expansé de 4 cm, U de 0.518 W/ m<sup>2</sup>. K.
- Le plancher haut en béton, séparé de couche isolante de polystyrène expansé de 5 cm. U de 0.553 W/ m<sup>2</sup>. K
- Vitrage double, U de 2.95 W/ m<sup>2</sup>. K

### Modélisation

Le logiciel TRNSYS permet soit de découper le bâtiment en zones thermiquement homogènes (multi- zones), soit de le considérer comme une seule zone (mono-zone). Pour notre cas, le bâtiment est pris en une seule zone thermique.

### Scénarios

On suppose le même scénario pour les deux bâtiments BR et BBC .

### Occupation

on considère que le bâtiment abrite six personnes dont la chaleur sensible est de 71 W/ pers et la chaleur latente est de 60 W/ pers (DTR C3.4)[8].

### Charges internes

- *Eclairage* le scénario de fonctionnement de l'éclairage est de 18 h à 23 h. On suppose utiliser des lampes à incandescence de 25 W/ m<sup>2</sup> pour le BR et des lampes fluorescentes de 8 W/ m<sup>2</sup> pour le BBC (DTR C 3.4).
- *Appareillages* les appareils supposés utiliser par l'usager sont (DTR C 3.4)

Appareil	Puissance dissipée en W	Horaire de fonctionnement
Four électrique	3610	9h à 11h 18h à 19h
Cuisinière à gaz avec hotte d'extraction	132.5	9h à 11h 18h à 19h
Machine à laver	4500	9h à 11h
Réfrigérateur	100	00h à 24h
Télévision	150	13h à 23h
Ordinateur	2200	18h à 22h

## 6.2 Les modèles utilisés lors de la simulation

Le modèle 15 " type 15 " est un composant qu'on a utilisé lors de la simulation, qui peut lire toutes les données météorologiques dans des intervalles de temps très réguliers à partir d'un fichier externe. Ce dernier utilisé est le fichier "Biskour" de Meteonorm data spécifique pour la ville de Biskra[9]. En utilisant ce fichier, on a pu obtenir la variation des températures ambiantes moyennes journalières durant la saison chaude à partir du mois d'Avril au mois d'Août, comme est représenté sur la figure 6. On constate que ces températures variées entre 15°C et 40°C. Au cours du mois de Juillet, la température ambiante moyenne atteint son maximum 40°C et un minimum de 29°C.

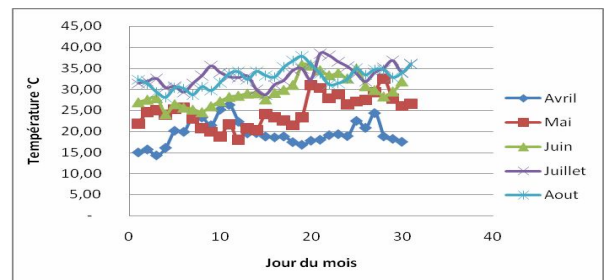


Figure 7: Variations des températures ambiantes moyennes durant la saison chaude

Le modèle 56 " type 56 " a été utilisé pour simuler le comportement thermique du bâtiment. La figure 7 représente tout les modèles utilisés et qui sont connectés dans l'interface de TRNSYS

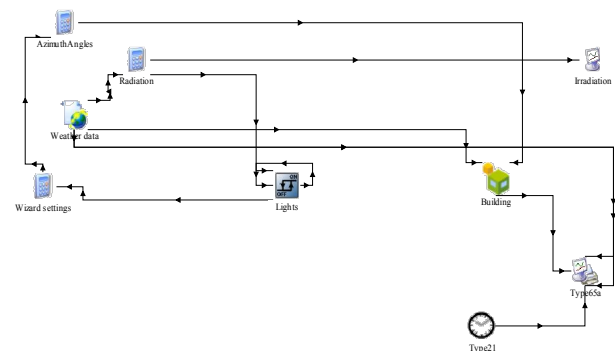


Figure 8: Représentation du sous- système bâtiment dans l'interface de TRNSYS

## 6.3 Résultats de la simulation

La figure 8, nous montre la variation de température de l'air à l'intérieur des deux bâtiments en question au cours du mois de juillet. On constate que la température de l'air à l'intérieur du bâtiment BR est de l'ordre de 24 °C, par contre celle du bâtiment BBC varié entre 20,50 °C et 24°C au milieu de la journée, puis elle rechute à 22, 50 °C [10].

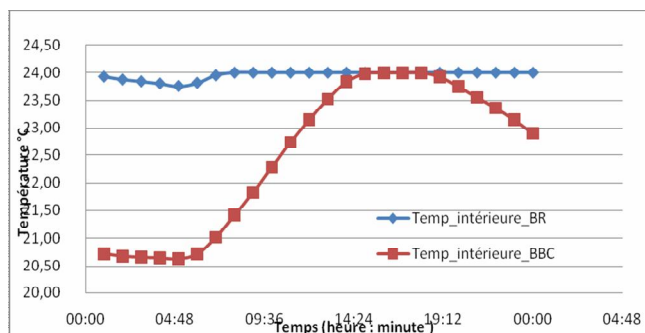


Figure 9: Variation de la température de l'air intérieur des deux bâtiments au cours d'une journée du mois de juillet

Les résultats de la simulation montrent que les besoins énergétiques en refroidissement du bâtiment de référence (BR) au cours de la saison chaude, à partir du mois d'Avril au mois d'Octobre, varient entre 5 000, 00KJ/h et 28 000, 00 KJ/h (figure 9)

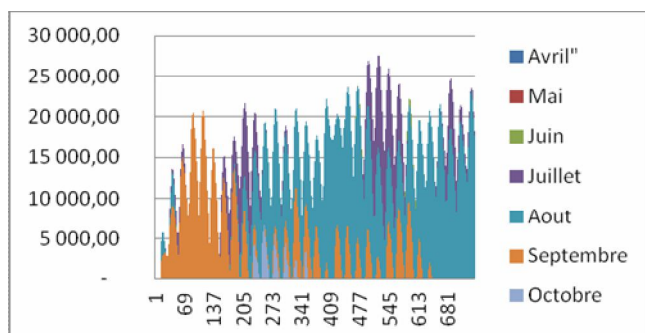


Figure 10: Les besoins énergétiques en refroidissement du bâtiment de référence au cours de la saison chaude

Et les besoins énergétiques en refroidissement du bâtiment basse consommation (BBC) pour le mois de Mai au mois de Septembre varient entre 1500, 00 KJ/h et 18 000, 00KJ/h (figure 10) [10]

Et les besoins énergétiques en refroidissement du bâtiment basse consommation (BBC) pour le mois de Mai au mois de Septembre varient entre 1500, 00 KJ/h et 18 000, 00KJ/h (figure 10)[10].

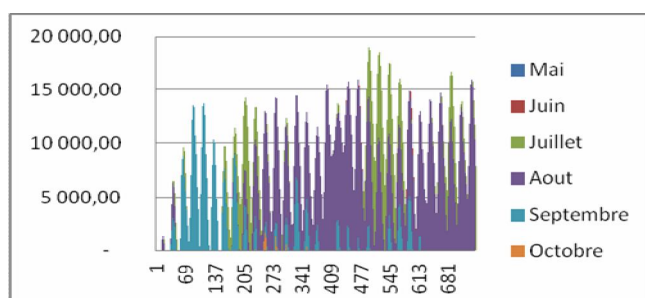


Figure 11: Les besoins énergétiques en refroidissement du bâtiment basse consommation au cours de la saison chaude

On constate une importante différence entre les besoins en refroidissement des deux bâtiments.

## 7 EVALUATION DE LA PERFORMANCE ENERGETIQUE DES DEUX BATIMENTS

L'intensité énergétique IE du bâtiment BR et celle du bâtiment BBC est de l'ordre de 160,25 KWh/m<sup>2</sup> surface habitable et de 89,63 KWh/m<sup>2</sup> respectivement.

## 8 CONCLUSION

Le secteur résidentiel est considéré comme étant le secteur le plus énergivore, il présente 42% de la consommation finale du pays. Cette consommation abusive est dû en premier lieu à la conception architecturale qui se fait d'une manière aléatoire, non adéquate aux climats.

L'analyse du tissu urbain de la ville de Biskra à climat chaud et sec donne l'impression qu'on est dans une ville au Sahara, ce qui induit à une sensation d'inconfort à l'intérieur des bâtiments. Selon APRUE la consommation électrique dû à l'utilisation du système de climatisation pour le rafraîchissement représente 43,18% de la consommation électrique finale au niveau national.

Dans le cadre de la maîtrise de l'énergie, l'Algérie a lancé un programme ambitieux pour améliorer l'efficacité énergétique du secteur résidentiel.

Améliorer la constitution de l'enveloppe d'un bâtiment s'avérée une solution pertinente, un bâtiment basse consommation BBC dont une enveloppe bien isolée ( murs , terrasse , vitrage) présente un aspect énergétique très amélioré par rapport à un bâtiment de référence BR soit sur le plan de besoin en refroidissement , soit sur le plan d'intensité énergétique.

## Références

- [1] [www.aprue.org.dz](http://www.aprue.org.dz) (consulter Février 2013)
- [2] Marc côte "La ville et le désert " Le Bas-Sahara Algérien. ISBN : 2-84586-733-6 Décembre 2005
- [3] S. Mazouz "La ville et le désert " Le Bas-Sahara Algérien. ISBN : 2-84586-733-6 Décembre 2005
- [4] [www.mem-algeria.org](http://www.mem-algeria.org) (consulter Février 2013)
- [5] Société Nationale d'Electricité et du GAZ, SONELGAZ ( consulter Février 2013)
- [6] Pierre Tittelin " Environnements de simulation adaptés à l'étude du comportement énergétique des bâtiments basse consommation", Thèse de Doctorat, 9 décembre 2008, université de Savoie
- [7] "A Transient System Simulation Program" TRNSYS a program developed at the SEL-Solar Energy Laboratory ,university of Wisconsin, Madison /USA , Actual version 17. <http://sel.me.wisc.edu/TRNSYS/default.htm>.

- [8] " Document Technique Réglementaire Des Bâtiments d'Habitation " DTR. C 3-4, Règles de calcul des apports calorifiques ' Climatisation', Fascicule 2, ISBN: 9961-845-19-6, 2005
- [9] Global meteorological database for solar energy and applied climatology, Meteotest, Meteonorm, 2008