

## MAISON ECOLOGIQUE - GREEN HOUSE

**M.A.Boukli Hacene, N.E.Chabane Sari.**

Unité de Recherche Matériaux et Energies Renouvelables (U.R.M.E.R)  
Université Abou –Baker Belkaid B.p: 119 TLEMCEM 13000 ALGERIE  
Tel/Fax: 043. 21. 58. 90 & 89  
E-mail : [amineboukli@yahoo.fr](mailto:amineboukli@yahoo.fr)

*Article invité*

*Reçu 10/12/2011, en ligne 16/12/2011*

**Résumé:** La "bonne" utilisation de l'énergie est à l'ordre du jour: les politiques essaient d'imposer des économies d'énergie et ne voient une "vie" future possible que suivant ce modèle de consommation. C'est dans ce cadre que la première rencontre ministérielle de l'Union pour la Méditerranée (UPM) s'est tenue, le 10 novembre, à Strasbourg, sur le développement urbain durable. Lors de cette rencontre, l'ensemble des délégations a souligné la nécessité de mettre en œuvre un "aménagement équilibré et durable des villes et des régions, capable de répondre aux enjeux démographiques ainsi qu'aux exigences de solidarité sociale et de performance économique, respectueux des héritages culturels et soucieux de la préservation de l'environnement et de la diversité culturelle". S'engageant pour coopérer sur ce thème en lien avec le secrétariat général de l'UPM, les ministres ont adopté une déclaration rappelant les enjeux d'une stratégie urbaine durable Euro-méditerranéenne, énonçant des principes de mise en œuvre et définissant des axes de travail. Dans cet article, nous essaierons d'interpréter cette politique qui tient compte de tous les enjeux précités, et les défis à prendre en vue d'entrer graduellement dans l'ère de la pluralité énergétique, et du développement durable, surtout dans le domaine de l'habitat.

**Mots clefs:** Energie - Pluralité énergétique - Politique - Développement durable..

### I. INTRODUCTION

Le nouveau paradigme énergétique consiste à concevoir le "système énergétique" comme englobant non seulement la fourniture d'énergie mais également les conditions et les techniques de sa consommation afin d'obtenir un "service énergétique" dans des conditions optimales en termes de ressources, de coûts économiques et sociaux et de protection de l'environnement local et global. La maîtrise des consommations d'énergie arrive au premier rang des politiques qu'il faut rapidement mettre en œuvre, parce que c'est celle qui possède le plus grand potentiel, qui est applicable dans tous les secteurs et dans tous les pays, qui représente le meilleur instrument de la lutte contre le changement climatique, enfin parce qu'elle permet de ralentir l'épuisement des ressources fossiles, tandis qu'une part croissante de la consommation d'énergie peut être assurée par les énergies renouvelables. Elle constitue

en outre un facteur de développement économique par la diminution des dépenses énergétiques, par la création de nouvelles activités et d'emplois, ou encore la réalisation de nouveaux concepts permettant d'utiliser ces ressources renouvelables pour ses propres besoins énergétiques. C'est un impératif de premier ordre des politiques énergétiques et économiques, notamment dans le secteur de l'habitat qui représente à lui seul 40 % de la consommation énergétique, presque exclusivement dépendant des énergies fossiles [1]. Ainsi une des mesures essentielles à prendre, serait la construction écologique ou passive : qui est un concept permettant de composer avec le climat.

Les spécialistes de la matière, estiment dans ce contexte que la réalisation de logements efficaces énergétiquement, s'impose comme une nécessité impérieuse pour la maîtrise des consommations énergétiques. [2]

### II. RAPPEL SUR L'HABITAT ECOLOGIQUE OU PASSIF

La maison écologique est conçue pour éviter toute déperdition thermique et profiter au maximum des apports thermiques du soleil. Sa conception est nommée l'architecture bioclimatique et sa réalisation une construction écologique. Sa forme est compacte pour réduire la surface d'échange et toute protubérance pouvant servir de "radiateur" (comme les balcons liés à la structure) est prohibée. Sa façade est tournée vers le soleil (façade Sud dans l'hémisphère Nord) et ses ouvertures sont majoritairement placées dans cette façade. Des ouvertures moins nombreuses et plus petites peuvent être pratiquées dans les façades Est et Ouest et la façade Nord n'en a pas ou très peu. L'enveloppe (murs, toiture, dalle sur sol ou cave) est *super isolée* pour réduire les échanges thermiques avec l'extérieur (300 mm d'équivalent laine de verre pour les murs, 400 mm pour la toiture, 200 mm pour le sol environ). Les ponts thermiques (par exemple les dalles de balcon si courantes dans l'architecture actuelle) doivent être bannis et leur suppression doit être le souci à la fois du concepteur (architecte) et de tous les intervenants dans la réalisation de la maçonnerie, pose de l'isolation et des cloisons de doublage, des chapes et des plafonds. L'enveloppe doit aussi être parfaitement étanche pour éliminer les entrées ou sorties d'air intempêtes (par exemple un passage de câble électrique ou d'un tuyau à travers l'isolation). Les ouvertures doivent aussi être *super isolantes* et étanches pour assurer la cohérence des

échanges thermiques avec les qualités de l'enveloppe (double fenêtre à double vitrage, triple vitrage peu émissif).

L'autre terme de l'échange thermique est le renouvellement de l'air intérieur pour la respiration des habitants, la cuisine, l'hygiène. La ventilation est impérativement contrôlée et adaptée aux besoins, et en période froide la chaleur de l'air rejeté est récupérée dans un échangeur double flux de rendement supérieur ou égal à 80%. La régulation de la ventilation est faite à partir de l'hygrométrie de l'air (qui signale simplement la présence humaine dans une chambre, la production de vapeur dans une salle d'eau ou une cuisine). Le tracé des conduites de ventilation et le choix des diamètres doit primer dans la conception architecturale et technique pour maîtriser les pertes de charges et limiter la puissance des ventilateurs (total inférieur à 50 W) qui fonctionnent en permanence et sont judicieusement alimentés par des panneaux photovoltaïques en tampon avec des batteries et le secteur en secours. [3]

Cette ventilation couplée à l'inertie thermique permet aussi un excellent confort d'été en réduisant les surchauffes estivales (en pratiquant par exemple la *sur ventilation* la nuit afin de rafraîchir murs et dalles).

Il est important de rappeler que l'énergie totale dépensée par le bâtiment ne doit pas dépasser non plus un certain seuil, afin que les efforts établis au niveau du chauffage ne soient pas annulés par une surconsommation d'électricité ou par un mauvais système de chauffage de l'eau. Une construction écologique consomme jusqu'à dix fois moins d'énergie qu'une maison standard pour son chauffage et la production d'eau chaude [4].

### III. PROJET HABITAT ECOLOGIQUE

D'autres travaux, sur le même domaine ont présenté un indice conséquent, qui est en définitif la réponse probable à l'ensemble des exigences économiques, énergétiques, et environnementales.

La maison est d'une superficie d'assiette de 150 m<sup>2</sup> conçue en R+1 étage, Le rez-de-chaussée comporte un hall, un garage, un séjour, deux salles de bain, deux chambres, une cuisine, une buanderie et un dressing, à l'étage, il y'a un bureau, un grenier ainsi qu'une mezzanine, les pièces ainsi que leurs superficies sont représentées sur les figures 1, 2 et 3. L'architecture et la disposition de la maison lui permettent de mieux capter le rayonnement solaire puisque les pièces à vivre sont orientées au sud est et au sud ouest, ce principe de l'architecture bioclimatique est exigé pour la conception écologique. À l'étage nous utilisons une toiture inclinée, d'une part pour les capteurs solaires et photovoltaïques (5 + 5 m<sup>2</sup>), et d'une autre part pour la récupération et évacuation éventuelle des eaux de pluie. Nous avons choisi le bois comme matériau de conception, pour ses différentes caractéristiques avantageuses : puisque le bois a une faible inertie thermique, son coût de construction est plus économique, il dégage uniquement du CO<sub>2</sub> atmosphérique, enfin, son coefficient de transmission thermique est assez bas, par rapport à d'autres matériaux écologiques (comme la brique monomur), ce qui lui

permet d'être considéré comme étant un super isolant. Ainsi les murs extérieurs (figure 4), seront à ossature bois de 30 cm, et comportent une couche de 22 cm d'ouate de cellulose ( $U = 0.163 \text{ W/m}^2\text{K}$ ). La dalle isolée par 20 cm de ouate de cellulose ( $U = 0.118 \text{ W/m}^2\text{K}$ ). Nous utiliserons aussi un double vitrage très performant (20 mm  $U = 1.1 \text{ W/m}^2\text{K}$ ). Les portes extérieures isolées vont être installées de manière à assurer une bonne étanchéité à l'air ( $U = 0.94 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).

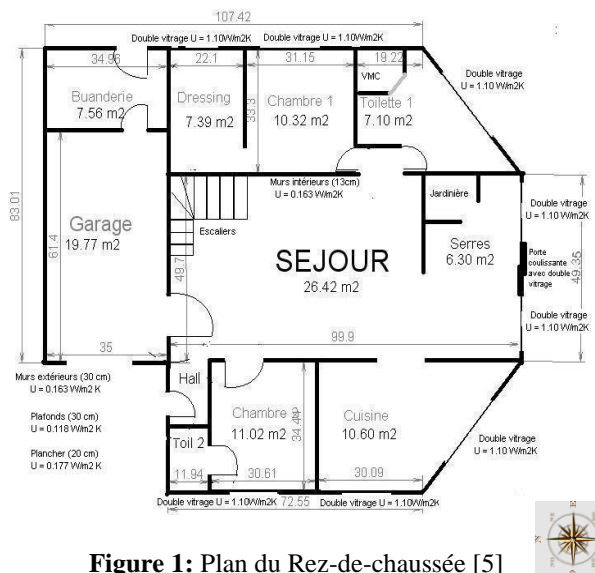


Figure 1: Plan du Rez-de-chaussée [5]

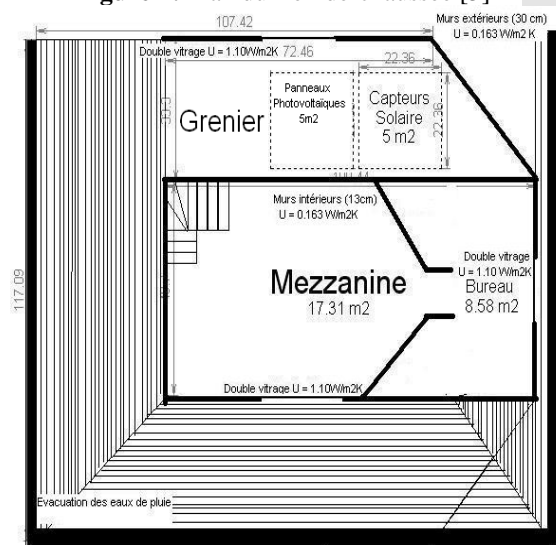
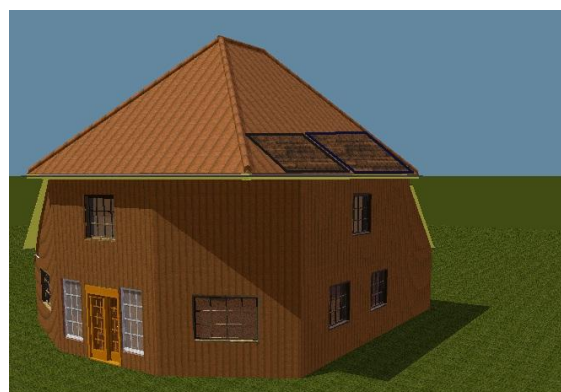
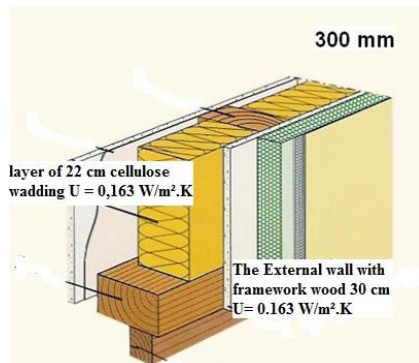


Figure 2 : Plan de l'étage [5]



**Figure 3:** Image d'illustration de la maison écologique (Sud, Sud-est) [6].

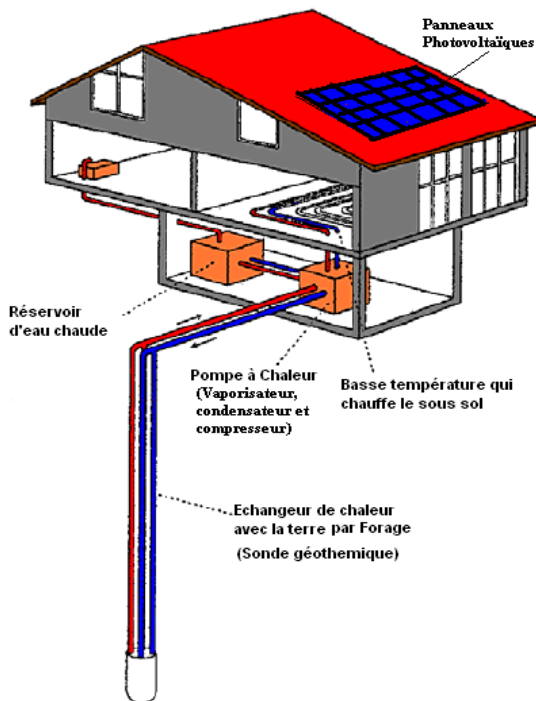


**Figure 4:** La composition du mure externe [7]

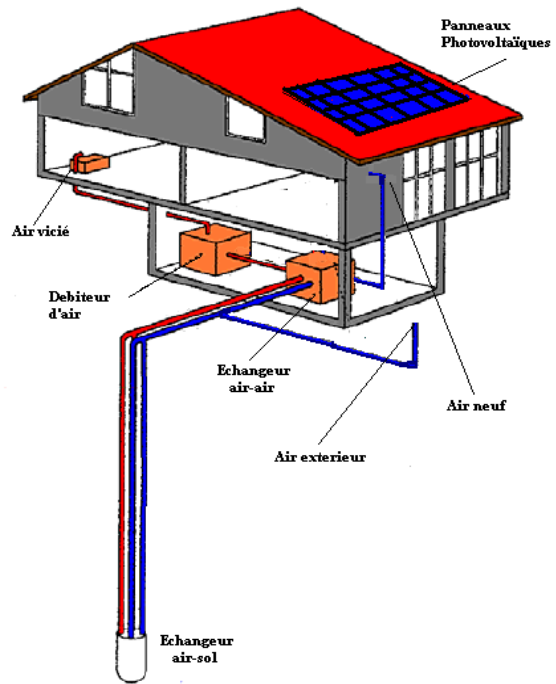
#### IV. BESOINS ENERGETIQUES DE LA MAISON

Pour le chauffage et l'électricité nous utilisons les énergies renouvelables :

- Un chauffe-eau solaire avec des capteurs exposés plein Sud d'une surface (5 m<sup>2</sup>)
- La production de l'électricité est assurée par des cellules photovoltaïques insérées en toiture (d'une surface 5 m<sup>2</sup>)
- Le chauffage et le refroidissement de la maison est assuré par une pompe à chaleur source sol « GSHP system » (Figure 5 et 6)
- Les capteurs photovoltaïques auront un autre rôle soit le rechargement des batteries d'une éventuelle voiture électrique.



**Figure 5:** Chauffage par GSHP [8]



**Figure 6:** Refroidissement par GSHP [8]

#### V. RESULTATS ET DISCUSSION

Sur le tableau suivant nous avons répertorié les différentes déperditions dues au chauffage dans chaque élément de la maison, et pour une différence de température  $\Delta T = 1^\circ\text{C}$

$$DBP = \sum DP (T_i - T_e) \dots \text{en } W/^\circ\text{C}$$

- DP : Les déperditions d'un local par transmission à travers les parois [W/°C]

Calcul des déperditions DBP d'une maison :

$$DBP = [\sum (U.A) + \sum (Y.L)] (T_i - T_e) \dots \text{en } W/^\circ\text{C}$$

- U = Coefficient de transmission surfacique [W/m<sup>2</sup>°C]
- A = Surface intérieure de chaque élément de paroi [m<sup>2</sup>]
- Y = Coefficient de transmission linéique en W/m°C des liaisons d'élément de parois donnant sur l'extérieur
- L = Longueur intérieure de chaque maison en m
- T<sub>i</sub> = est la température intérieure de base [°C]
- T<sub>e</sub> = est une température extérieure [°C]
- S = superficie de l'élément [m<sup>2</sup>]
- U.S = superficie \* Le coefficient de transmission [W/°C]

Déperditions		Murs = Surface des murs - Surface des ouver- tures	Fenêtres	Portes	Plafond	Total des Déperd. [Watt]
Coefficient U [W/m <sup>2</sup> °C]		0.163	1.1	0.94	0.118	
Rez-de-chaussée						
Séjour	S	65.88 - 12.6	-	12.6	36	
	U.S	8.68	-	11.844	4.248	24.764
Serres	S	42.12 - 11.7	4.5	7.2	14	
	U.S	4.958	4.95	6.768	1.652	18.328
Chambre I	S	34.80 -	2.25	3.6	10.35	

		5.85				
	U.S	4.718	2.475	3.384	1.221	11.794
Dressing	S	29.91 – 4.05	2.25	1.8	7.36	
	U.S	4.21	2.475	1.692	0.868	9.245
SDB. 1	S	39.42 – 6.3	4.5	1.8	10.66	
	U.S	5.4	4.95	1.692	1.257	13.299
SDB. 2	S	16.14 – 2.05	0.25	1.8	2.14	
	U.S	2.296	0.275	1.692	0.25	4.513
Cuisine	S	45.23 – 8.55	6.75	1.8	15.18	
	U.S	5.978	7.425	1.692	1.791	16.882
Chambre 2	S	35.10 – 5.85	2.25	3.6	10.52	
	U.S	4.76	2.475	3.384	1.24	11.854
Garage	S	52.03 - 5.4	-	5.4	21.46	
	U.S	7.6	-	5.076	2.53	15.206
Buanderie	S	30.75 – 3.6	-	3.6	7.69	
	U.S	4.425	-	3.384	0.907	8.716
Hall	S	15.62 – 3.6	-	3.6	2.02	
	U.S	1.959	-	3.384	0.238	5.581
2 <sup>ème</sup> étage						
Mezzanine	S	52.65 – 6.3	4.5	1.8	17.31	
	U.S	7.55	4.95	1.692	2.042	16.234
Bureau	S	47.79 – 5.85	2.25	3.6	8.58	
	U.S	6.836	2.475	3.384	1.012	13.707
Grenier	S	55.08 – 6.3	4.5	1.8	25.69	
	U.S	7.95	4.95	1.692	3.03	13.788
Total						183.911

**Tableau 1:** Calcul des déperditions dues au chauffage pour chaque élément de la maison [6]

Dans ces conditions, la somme total des déperditions (pour  $\Delta T=1^\circ\text{C}$ ) du bâtiment est de  $P = 183.911 \text{ W}/^\circ\text{C}$ , où le coefficient  $G$  de déperdition volumique est:

$$G = \frac{P}{V_H} = 6.52 (\text{W} / \text{m}^3 \cdot ^\circ\text{C}) \quad (13)$$

Bien qu'il soit plus difficile de tenir compte des exigences thermiques des occupants, ces derniers, accepteront-ils de ne pas utiliser certaines pièces en hiver pour le chauffage ou en été pour la climatisation ? Compte tenu de tout ça, on peut alors évaluer les besoins comme suit :

$$C = 24 * G * V_H * Dj \quad (14)$$

$Dj$  : la notion de degré jour a été introduite pour permettre la détermination de la quantité de chaleur consommée par un bâtiment sur une période de chauffage donnée et pour effectuer des comparaisons entre des bâtiments situés dans différentes zones climatiques,

$V_H$  : volume de la maison [ $\text{m}^3$ ].

• Les besoins annuels en chauffage :

- Pour une différence de température entre l'intérieur de la maison ( $20^\circ\text{C}$ ) et l'extérieur ( $5^\circ\text{C}$ ) soit  $15^\circ\text{C}$ , d'octobre à mai :  $Dj = 402.04$

$$C = 1774.55 \text{ KWh} (5.915 \text{ KWh}/\text{m}^2).$$

• Les besoins annuels en climatisation :

- Pour une différence de température entre l'intérieur ( $20^\circ\text{C}$ ) de la maison et l'extérieur ( $30^\circ\text{C}$ ) soit  $10^\circ\text{C}$  :  $Dj = 195.22$

$$C = 861.67 \text{ KWh} (2.87 \text{ KWh}/\text{m}^2)$$

## VI. LE BILAN ENERGETIQUE

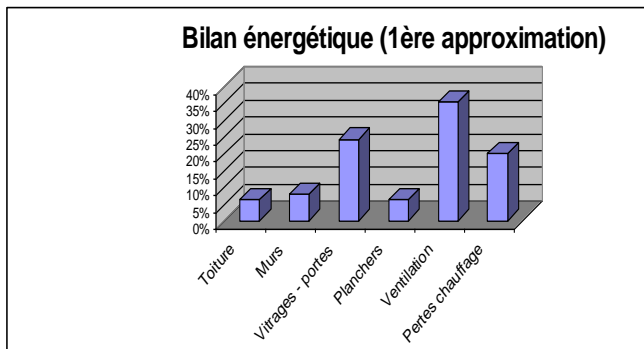


Figure 7 : Bilan énergétique de la maison [5]

Le logiciel K55 est utilisé pour le calcul du bilan énergétique, donc nous remarquons que la consommation énergétique est due principalement à la ventilation, aux vitrages et qu'aux portes ainsi aux pertes dues au chauffage.

Afin de déterminer les bilans énergétiques exacts, nous avons calculé les besoins d'énergies de la maison durant une année, les apports solaires, ainsi que les apports internes ; les résultats obtenus sont représentés sur la Figure 8.

Les apports en chauffage auxiliaire pour la maison dans le cadre de cette étude, sont assurés essentiellement par la pompe à chaleur source sol (Fig 5 & 6) qui puise la chaleur dans le sol par l'intermédiaire de capteurs qui sont des tubes enterrés. Quant aux gains solaires, ils sont fonction du rayonnement solaire incidente mais surtout de la durée journalière d'ensoleillement, courte en hiver et longue en été. Il y a donc adéquation, entre, les besoins élevés et l'offre faible en énergie solaire, durant la période de chauffage.

Les gains internes sont principalement constitués par les dégagements en chaleur des occupants, de l'éclairage et des équipements électroménagers utilisés dans l'habitation. L'énergie dégagée par les occupants est fonction de la durée de leur présence et leur activité en général, pour l'habitat individuel, celle-ci est estimée à 80 W par personne, selon la norme SIA. Les gains en chaleur, obtenus à l'aide de l'éclairage artificiel, sont fonction du confort visuel, soit 500 Lux en moyenne, correspondant à une puissance spécifique dissipée de 12 W/m<sup>2</sup>. Ces paramètres sont variables, et ils dépendent aussi bien du type de luminaire, éclairage adéquat et faible dissipation, par exemple: les lampes à basse consommation 'LBC' que de l'éclairage naturel complémentaire, obtenu à travers les ouvertures dans les parois. Un compromis entre déperditions et gains en matière d'éclairage est dans ce cas aussi nécessaire.

Mois	Radiation	Durée	Apports
Janvier	109	6	0.654
Février	137	5.5	0.753
Mars	199	7	1.393
Avril	229	7.5	1.717
Mai	281	9	2.529
Juin	301	9.5	2.859
Juillet	301	10	3.010
Août	273	9.5	2.593
Septembre	221	8	1.768
Octobre	165	7.5	1.237
Novembre	117	6.5	0.760
Décembre	94	5.5	0.517

Tableau 2: Apports solaires -

Type d'équipement	Puissance (W)				Energie (Kwh)
	Mode veille	Heure d'utilisation	Mode en-clenché	Heure d'utilisati	
TV+ Démo+ Magnétoscope	20	10	78	2	0.365
TV + démo	14	2*10	64	2*5	0.92
Congélateur	14	22	186	2	0.680
réfrigérateur	12	22	145	2	0.554
éclairage			75	6	0.900
Lave linge 60°C			206	3	0.780
Divers (charge téléphone portable + imprimante)					1
PC + imprimante	32	2	186	10*2ordinateurs	3.786
Total/Jour					9.043
Total/m <sup>2</sup> .an					33.4

Tableau 3: Apports internes par équipements électriques

Mois	Nombre De jours	Heure Présence	Nombre occupants	Apports par pers.	Apports Internes	Apports Totaux
Janvier	31	14	5	80	1.73	4.53
Février	28	14	5	80	1.56	4.16
Mars	31	14	5	80	1.73	4.53
Avril	30	14	5	80	1.68	4.26
Mai	31	14	5	80	1.73	4.53
Juin	30	14	5	80	1.68	4.26
Juillet	31	14	5	80	1.73	4.53
Août	31	14	5	80	1.73	4.53
Septembre	30	14	5	80	1.68	4.26
Octobre	31	14	5	80	1.73	4.53
Novembre	30	14	5	80	1.68	4.26
Décembre	31	14	5	80	1.73	4.53

Tableau 4: Apports internes Totaux

L'énergie annuellement fournie par occupant au bâtiment est donc de 408.8 kWh/an. (14 heures de présence pour 80w/heure durant 365 jours)

La figure suivante représente l'évolution annuelle du couple apports/besoins d'énergie dans la maison.

- Les apports solaires directs représentent l'énergie captée dans l'habitat sous forme de chaleur sans disposition spéciale de captage (à travers les fenêtres).
- Les apports solaires indirects proviennent d'une paroi accumulatrice interposée entre le soleil et le local à chauffer. Elle absorbe le rayonnement solaire, transformé aussitôt en chaleur. Elle transmet ensuite cette énergie thermique avec quelque retard dans le local d'habitation.

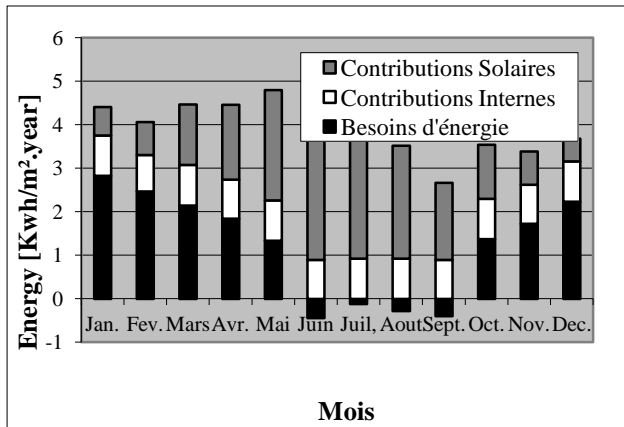


Figure 8: Relation entre les besoins énergétiques, les apports internes et solaires [6]

La figure suivante représente l'évolution dans le temps du couple apports/besoins d'énergies de la maison. Les apports internes sont dus à la chaleur interne dégagée par chaque occupant (80W).

- Les apports solaires directs représentent l'énergie captée par les vitrages. [9]
- Les apports solaires indirects sont dus à l'accumulation de la chaleur dans les murs qui sont interposés entre le soleil et les chambres.

La différence est significative, nous constatons que les apports internes et solaires, contribuent largement à réduire les besoins énergétiques de la maison, par exemple, au mois de Janvier, la consommation de la maison n'atteindra même pas les 3 Kwh/m<sup>2</sup>. Les apports solaires et internes atteindront les 1.6 Kwh/m<sup>2</sup>. Par conséquent, les besoins peuvent largement être compensés.

Enfin, concernant le véhicule électrique, les panneaux photovoltaïques alimentant l'électricité de la maison, peuvent aussi recharger la batterie de cette voiture (figure 9). La capacité des batteries d'un véhicule tout électrique est de l'ordre de 10 kWh, lui assurant une autonomie d'environ 200 kilomètres ce qui équivaut à celle d'un chauffe-eau électrique sur la base de 8 000 km par an.

L'utilisation du véhicule électrique repose sur une recharge nocturne des batteries (environ 6 heures pour une recharge complète).

1 m<sup>2</sup> de capteurs photovoltaïques de 400 W produits de 80 à 140 kWh/an, les 5m<sup>2</sup> de notre maison produisent 700 kWh/an soit une autonomie de 14000 Km pour la voiture électrique.



Figure 9: Rechargement de batteries d'une voiture électrique via des panneaux solaires [10]

## VII. CONCLUSION

Notre politique doit s'engager encore plus dans l'investissement lié au développement durable, et spécialement à la construction écologique, surtout que le prix actuel du baril de pétrole ne cesse d'augmenter, pouvant même atteindre selon les spécialistes un niveau record. Les bénéfices de cet investissement se traduisent par des développements énergétiques et socio-économiques, tels que la réduction de la consommation, donc baisse de la facture énergétique des ménages et de l'état, la création des milliers d'emplois liés directement ou indirectement à la conception écologique, puisqu'à ce titre, les résultats obtenus, ont démontré une certaine satisfaction liée au rapport des matériaux utilisées, l'isolation, les coûts et le bilan énergétique, ce qui implique de réduire les coûts énergétiques dans le temps et d'utiliser des énergies renouvelables telles que la température du sol ou les rayonnements solaires. Ce type de construction demande un coût plus important lors de la réalisation, mais dans le temps, ces bâtiments auront besoin de moins d'énergie pour chauffer, éclairer...ce qui représentent des économies à côté des autres habitats. Ainsi donc, l'habitat écologique est plus, une question de choix que de moyens, et qui rentre dans le cadre du développement durable.

## Références

- [1] – M A Boukli Hacene, N E Chabane Sari, « Thermal requirements and temperature evolution in a passive house » Energy Procedia, Science Direct Elsevier **6**, 110 - 121, published online doi:10.1016/j.egypro.2011.05.013 (2011).
- [2] – S B (2010), « Maitrise de la consommation de l'énergie dans le bâtiment, l'autre défi : des logements de haute efficacité énergétique seront construits » Le quotidien la tribune, 18 octobre 2010.
- [3] - M.A Boukli Hacene, N.E. Chabane Sari, (2009) « Conception d'un habitat écologique, durable et économe, utilisant

les énergies renouvelables », Mémoire de Magister en Physique, Mars 2009.

[4] - FEIST, W., PEPPER, S., GÖRG, M. (2001). « CEPHEUS: Final Technical Report »

[5] - M.A Boukli Hacene, N.E. Chabane Sari, « le Concept Maison Ecologique », Revue Internationale d'Héliotechnique Energie-Environnement **40**, 24-27 (2009).

[6] - M.A Boukli Hacene, N.E. Chabane Sari, « Conception of a passive and durable house in Tlemcen (North of Algeria)», Journal of Renewable & Sustainable Energy, AIP Journals, **3**, (2011).

[7] - M A Boukli Hacene, N E Chabane Sari; «The various aspects of an ecological house», Journal of environmental progress and sustainable energy, Wiley, Published online, DOI#10598 (2011).

[8] – M A Boukli Hacene & al, « L'utilisation de la Pompe à chaleur source sol (GSHP) pour le chauffage et le refroidissement d'une maison écologique», Journal of Scientific Research **1**, 58-61 (2010°).

[9] – M A Boukli Hacene, N E Chabane Sari, B Benyoucef, « L'impact Environnemental d'une Habitation Écologique», Revue des Energies Renouvelables. **13**; 545-559 (2010).

[10] – Motohiko Hamada (2009) «Toyota Industries Develops Solar Charging Station for PHVs, EVs» Tech & Industry analysis from Asia