

Le bâtiment passif pour assurer l'efficacité énergétique

Mokhnache nardjess^{#1}, Alkama djamel^{*2}

*#departement d'architecture, laboratoire LGCH université 08 mai 1945
Algerie, Guelma*

¹ mokhnache.nardjess@gmail.com

² dj.alkama@gmail.com

Resumé— Avec la demande excessive en énergie fossile une quantité colossal de gaz a effet de serre est émise dans l'atmosphère provoquant d'importants écart de température qui engendre de grands besoins de régulation de l'environnement thermique par le billet des énergies fossiles, Le secteur résidentiel est souvent qualifié d'énergivore suite au mode de vie adopté a fin d'assurer le confort thermique. D'ou le besoin de penser des solutions pour assurer le confort thermique et l'efficacité énergétique des habitations . Le but de cette recherche est de démontrer que le bâtiment passif garanti une basse consommation énergétique tout au long du cycle de vie de l'habitation, Il s'agit aussi de souligner que l'énergie renouvelable est l'alternative idéal au énergies fossile communément utilisées par les habitants a fin de diminuer l'empreinte écologique engendrée par le mode de vie adopté, il est aussi question de mettre l'accent sur le rôle que joue l'efficacité énergétique dans le remboursement de la dette écologique, sur un échantillon d'habitation situé dans le climat semi-aride de la ville enclavé de Guelma bénéficiant d'un grand potentiel bioclimatique. La corrélation entre l'étude de Givoni ,ainsi qu'une approche par mesure in situ a l'intérieur de l'habitation : température, humidité relative, vitesse de l'air, révèlent des température intérieure au-delà des plages de confort et les habitant souffre situation stress due a l'inadéquation des matériaux de construction et spécialement le soucis de l'inertie thermique qui peut être la solution pour améliorer le confort thermique a l'intérieur de l'habitation. Les résultats de cette recherche tendent a démontré qu'il faut produire un bâtiments passif en exploitant potentiel bioclimatique du site pour améliorer a la fois le confort thermique et l'efficacité énergétique, tout en adoptant une approche participative avec les habitants, car le facteur anthropique détermine la consommation énergétique.

Mots clés — bâtiments passif ; efficacité énergétique ; enveloppe performante ; habitation ; confort thermique

I. INTRODUCTION

La finalité de toute architecture est d'assurer le confort de l'être humain, a fin d'assouvir ses besoins vis a vis de l'environnement thermique il a recours a des technologies tel que la climatisation au sein son habitation pour réguler son environnement thermique. Elle met l'homme, en premier lieu, à l'abri de diverses agressions vis-à-vis desquelles il éprouve le besoin de se protéger, Le rôle de l'habitation est donc d'assurer a l'être humain la protection contre les aléas du climat pour lui assurer le confort thermique, Hensen (1991) signale que le confort thermique est un état dans lequel il n'y a pas d'impulsions qui conduit à corriger l'environnement de l'occupant par son comportement .Le but de la construction est

donc de modifier le climat a fin de répondre aux besoins des habitants.

Dans le but d'assurer le confort thermique l'habitant a recours a des comportement énergivore pour réguler son environnement thermique, en puisant dans les énergies fossile a sa disposition, mais toute consommation énergétiques engendre une facture écologique qui se traduit par l'accoisement de l'empreinte écologique, c'est une estimation de la surface terrestre nécessaire a l'homme pour subvenir à ses besoins : cet outil est une mesure de la pression qu'exerce l'Homme sur la nature. D'après le Global Footprint Network, notre mode de vie nécessite actuellement 1,75 planète pour que notre consommation des ressources soit compensée au niveau global. Chaque année, ce réseau calcule le "jour du dépassement", le point à partir duquel l'humanité a consommé les ressources que la Terre peut compenser en une année. En 2019, le jour du dépassement était le 29 juillet. Un habitant moyen de la Terre n'aurait besoin que de cinq terrains de foot pour y vivre, Le mode de vie adopté par l'être humain cause des répercussions irréversibles sur l'environnement a cause des gaz a effet de serre qui cause la hausse de température du globe terrestre ce qui accroît la situation d'inconfort.

II. LE CONFORT THERMIQUE

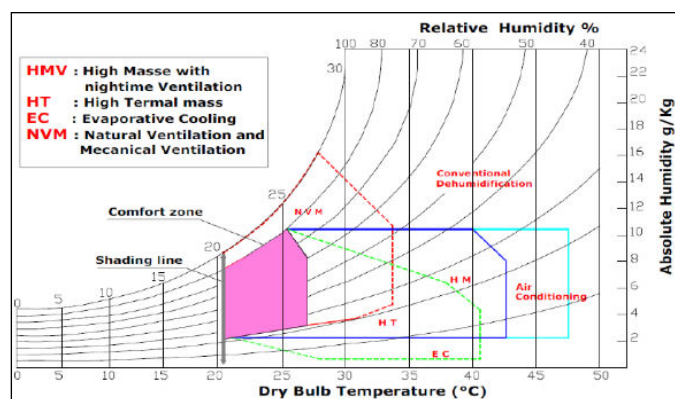
Le confort thermique est une notion a vaste définition qui dépend de facteurs objectifs, et subjectifs, c'est un état de satisfaction ressenti par l'être humain vis a vis de son environnement thermique, Selon Milon Le confort thermique se définit comme suit: "on est en état de confort thermique lorsque l'on ne perçoit ni sensation de froid ni sensation de chaud». (Marité Milon, 2004)[2]. En effet, Le confort thermique se définit comme un état d'équilibre et de satisfaction général exprimée à l'égard de l'ambiance thermique du milieu environnant.

Pour qu'une personne se sente confortable, trois conditions doivent être réunies : Le corps doit maintenir une température interne stable, La production de sueur ne doit pas être trop abondante et la température moyenne de la peau doit être confortable, Aucune partie du corps ne doit être trop chaude ni trop froide (inconfort local). (Commission de la Santé et de la Sécurité du Travail du Québec, 2002)[2], la notion de confort est donc la corrélation entre trois paramètres bien définis: une température interne stable, un sudation peu ou pas trop abondante, ainsi que l'absence d'inconfort local.

Pour être en état de confort thermique, une personne doit porter une quantité raisonnable de vêtements Il peut être atteint seulement lorsque la température, l'humidité et le mouvement de l'air se situent à l'intérieur des limites de ce qu'on appelle la « zone de confort » (C.C.H.S.T - Centre Canadien d'Hygiène et de Sécurité au Travail, 2002).[3]

Le confort thermique définit des plages de températures, de vitesse d'écoulement d'air et des niveaux d'humidité dans les quelles les habitants ne ressentent pas le besoin de chauffage ou de rafraîchissement, et donc ressent le confort thermique qui dépend des échanges de chaleur entre le corps humain et son environnement. Selon Givoni Cet "équilibre" n'est possible que grâce à l'action constante de mécanismes de régulation. (Givoni, 1978), Givoni en 1978 a établi un diagramme psychrométrique ou il détermine une zone de confort caractérisé par une température comprise entre 20 °C et 27°C, et une humidité relative comprise entre 20% et 28% lors de la quelle l'indice d'insatisfaction est relativement nul, hors de la zone de confort Givoni propose des dispositifs architecturaux pour améliorer le confort intérieur selon chaque cas. Fig. 1

Fig. 1 diagramme psychrométrique Givoni 1978



La sensation de confort thermique est procurée par l'évacuation de la chaleur du corps. Les mouvement d'aire augmente les pertes de chaleur par convection et facilite l'évaporation de l'humidité a la surface de la peau. [4] donc le confort thermique est relié au échanges thermiques entre le corps humain et son environnement Dans une ambiance modérée, une personne perd sa chaleur selon 5 modes de transmission . le métabolisme, l'habillement, La température ambiante de l'air, L'humidité relative de l'air (HR), la vitesse d'écoulement d'air qui ne doit pas dépasser 0.2 m/s.

Le notion de confort thermique ne dépend pas que de facteurs physiques objectifs (température, humidité relative, vitesse d'écoulement d'air), mais aussi de facteur subjectif relié a la psychologie des habitants suivant les mœurs, la culture, et le métabolisme, en fait il n'ya pas de conditions types pour un homme type. A l'inverse des réponses physiologiques qui peuvent être mesurées de manière objective, la détermination des réponses subjectives des sens dépend de la propre évaluation de la personne soumise à un environnement donné. Cette évaluation n'est pas unique, mais varie avec les

individus, et également pour un même individu selon différentes périodes.[5]

III. L' EFFICIENCE ENERGETIQUE

Dans sa recherche de confort l'habitant adopte des comportements énergivore au quotidien pour réguler son environnement thermique par le billet de la climatisation en période estivale puisant dans énergies fossile polluantes par les émissions de Co2 résultant de la consommation énergétique des habitations. En domaine des logements, on converse sur son isolation ou on peut comparer la consommation d'énergie entre différents bâtiments, à la base d'une unité de (kW/m²/an). Notons bien qu'un bâtiment ne consomme beaucoup d'énergie c'est un bâtiment bien isolé.[6]. Selon hocine tabbouch et al de nombreux bâtiments n'ont pas été conçus, conçus et construits en tenant compte de la nature et du contexte spécifiques de l'environnement où ils se trouvent [7]. L'inadéquation de la construction a son environnement engendre la hausse de consommation énergétique, c'est pourquoi il est primordiale d'assurer l'efficacité énergétique. C'est le rapport entre l'énergie utile produite par un système et l'énergie totale consommée pour le faire bien fonctionner. Cette définition peut avoir un élargissement comme elle devient l'ensemble des technologies et pratiques pour diminuer la consommation énergétique jusqu'à la mise d'un niveaux de performance équivalent dont l'objectif est de faire mieux avec moins. Cette notion est souvent interprétée dans un sens plus large pour désigner les technologies et pratiques permettant de diminuer la consommation d'énergie tout en maintenant un niveau de performance finale équivalent[9]. selon l'agence internationale de l'énergie (IEA) l'efficacité énergétique est considérée comme un moyen pour contrôler et diminuer la consommation énergétique.

l'efficacité énergétique est donc l'utilisation de procédés, et de technologies a fin de répondre au besoins, tout en économisant le plus d'énergie possible, en effet il s'agit de faire mieux avec moins d'énergie. De cette manière on assure des lieux de vie confortable, et on diminue la consommation énergétique et par conséquent diminuer l'empreinte écologique. Il s'agit de fournir les mêmes prestations en consommant moins d'énergie ou même de faire mieux avec moins.

Si on veut améliorer l'efficacité énergétique il faudra adopter la démarche bioclimatique qui rétabli l'architecture a son rapport a son environnement sans le quel le dynamisme entre l'homme et l'environnement serai perturbé , il s'agit d'assurer l'équilibre entre la construction et son environnement en plaçant l'homme au centre de cette boucle.il faut aussi agir sur l'enveloppe extérieur des bâtiments qui est le fil conducteur vers la consommation énergétique car en diminuant la surface déprédative on diminue la consommation énergétique. C'est pourquoi l'amélioration de l'efficacité énergétique dans le secteur du bâtiment est un axe prioritaire a développer a fin de préserver l'environnement, de répondre au besoins, et garantir la capacité des générations futures a répondre au leurs. Pour se faire il est impératif de considéré les deux volet habitant et technologie comme étant un phénomène d'interaction entre deux.

Les technologies de l'énergie et le comportement des occupants ont été traités comme des acteurs distincts dans les domaines de confort, de l'ingénierie énergétique et des domaines sociaux les efforts récents tentent de les relier, en considérant la consommation énergétique comme résultat de l'activité humaine dans un contexte d'interrelations entre utilisateurs, technologies, compétences, contextes sociaux[10]

IV. LE BATIMENT PASSIF

le bâtiment passif instaure un mode de vie relativement résilient car il diminue la consommation énergétique en utilisant l'inertie thermique et l'adéquation des matériaux de construction, ainsi que l'orientation et la forme de l'habitation, en plus d'une panoplie de procédés passifs. Utilisé depuis des siècles dans certains points de la planète Les stratégies passives apportent des réponses à la fois économique et Loïc adapté au milieu où la construction doit avoir le jour Elles prennent en compte la température l'orientation et le vent Il est aussi possible de profiter de l'orographie local pour assurer la régulation thermique des intérieurs où faire usage de matériaux offrant une masse thermique élevée ou de haute qualité d'isolation.[11].

Une maison passive est un bâtiment avec un climat intérieur agréable en hiver comme en été sans installation de chauffage ou de refroidissement conventionnelle »[12]. Cela est rendu possible par la réduction drastique des besoins en énergie de chauffage, réalisée essentiellement par des mesures architecturales et constructives.

Le bâtiment passif répond à des exigences techniques pour pouvoir être qualifié de tel.

- L'isolation thermique renforcée, fenêtres de grande qualité
- La suppression des ponts thermiques
- L'étanchéité à l'air excellente
- La ventilation double flux (avec récupération de chaleur)
- La captation optimale mais passive de l'énergie solaire et des calories du sol
- La limitation des consommations des appareils ménagers

Le bâtiment passif ne réalise pas d'économie sur le niveau de confort mais au contraire l'augmente tout en diminuant la consommation énergétique, par son enveloppe performante, selon la norme 90.1-2016 Les nouvelles exigences d'enveloppe technique comprennent: Exigences obligatoires pour la vérification de l'enveloppe, avec un intérêt particulier aux infiltrations d'air réduites et des exigences accrues fuite d'air vers les portes d'enroulement aériennes.

- Exigences prescriptives plus strictes pour la construction métallique les toits et les murs, la fenestration et les portes opaques.
- Amélioration de la clarté des définitions des murs extérieurs, de l'orientation du bâtiment, et la clarté autour de la valeur R.
- Nouvelles exigences basées sur l'ajout de la zone climatique 0.[13]

Il est aussi important de noter que le bâtiment passif est adapté à son environnement, les matériaux utilisés, l'orientation, l'exploitation des énergies renouvelable, pour assurer un environnement thermique confortable.

Le bâtiment passif à lui seul ne peut assurer l'efficacité énergétique si on ne sensibilise pas les habitants à adopté un mode de vie et des pratiques quotidiennes résilientes, par le choix des appareils électroménagers de catégorie A et B sur l'étiquette écologique, et à les utiliser de façon rationnelle sans tomber dans l'excès.

V. METHODOLOGIE DE LA RECHERCHE

La corrélation entre l'étude de Givoni qui détermine de larges zones de sous-chauffe et de surchauffe, et l'approche par mesure in situ à l'intérieur de l'habitation : température, humidité relative, vitesse de l'air, révèlent des températures intérieures au-delà des plages de confort ce qui cause des situations de stress aux habitants.

A. Critères de choix de la ville Guelma

Guelma ville du nord-est algérienne caractérisée par le climat de l'arrière littoral montagne (Zone B) climat semi-humide. Déterminé par des hivers plus froids et plus longs et des étés chauds et moins humides que ceux du littoral, bénéficiant d'un grand potentiel durable par sa couverture forestière et agricole, ainsi que par le bombardement solaire qui couvre 243.3 hectare par an aussi par son potentiel hydraulique avec 264.96 millions m³ d'eau mobilisable avec de multiples sources d'eau chaude, c'est aussi une ville enclavée entourée de quatre montagnes ce qui définit les conditions de vie et le microclimat de la ville.

Malgré tout ce potentiel les habitants souffrent de situations de stress, comme le démontre l'étude de Givoni selon Medjelakh. Il y a une zone de sous-chauffe très froide pour les mois de janvier et février (T° entre 4.5 et 5°C) ainsi qu'une saison de sous-chauffe froide de décembre à février, et de mars (T° entre 5 et 15°C).



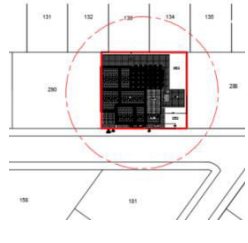
Fig. 2 situation géographique de Guelma (source: google)

B. critère de choix du cas d'étude

La villa Mokhnache est choisie pour évaluer le confort thermique des habitants selon différentes pièces, orientation, et

fonction, aussi le fait que ce soit mon domicile garanti le déroulement de la campagne de mesure sans soucis.

Tableau. 1 fiche technique cas d'étude

Villa Mokhnache	Villa R+2	
Surface totale	480 m ²	
Surface bâtie	224 m ²	
Coefficient d'occupation au sol	0.46	

La campagne de mesure s'est déroulée sur 03 jours successives lors de la vague de canicule, Les pièces sujets a l'investigation on était choisi selon l'étage, l'orientations et ,l'occupation. Les plans de la villa dans les tableaux suivants.

Tableau. 2 point de mesures

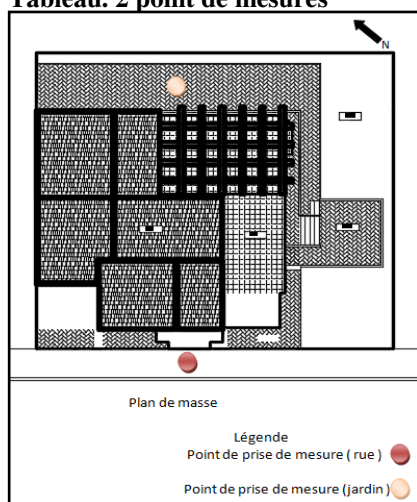


Tableau.3 Plan RDC

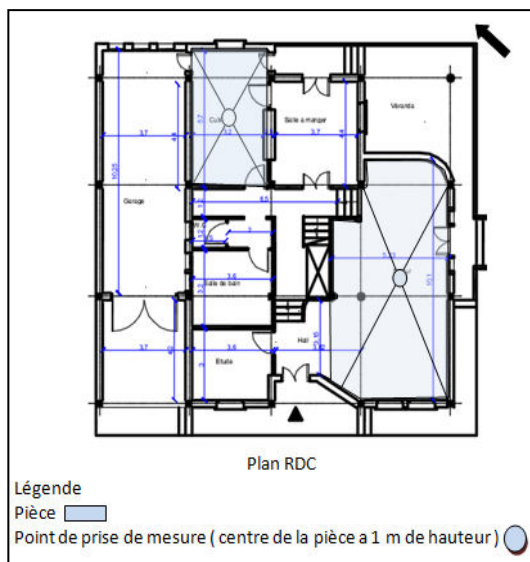


Tableau.4 Plan 1er étage

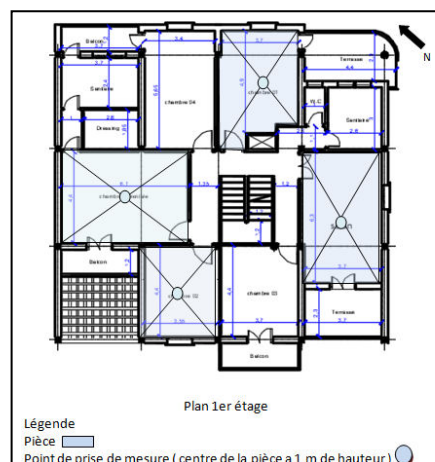
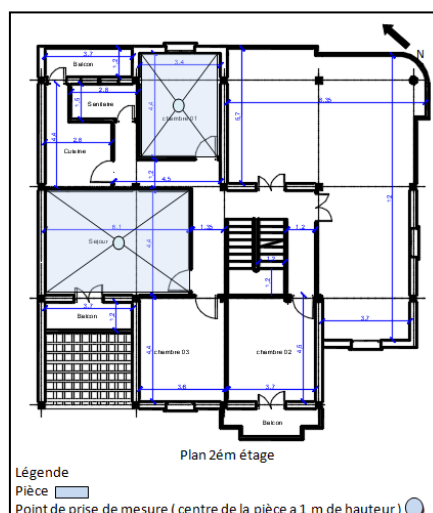


Tableau.5 Plan 2em étage



A. Matériel utilisé

Le relevait des températures et de l'humidité sont faite par un Thermo-Hygromètres portables étanches HANNA 9564. Fig. 5

La vitesse de l'air était mesuré par un anémomètre a hélice BA16 Trotec. Fig.6



Fig. 3 Thermo-Hygromètre HANNA 9564



Fig. 6 anémomètre a hélice BA16 Trotec

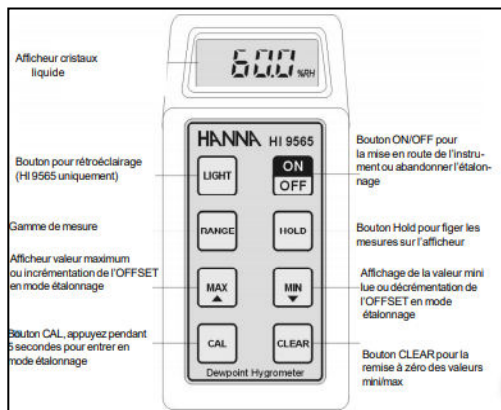


Fig. 7 description fonctionnel HANNA 9565

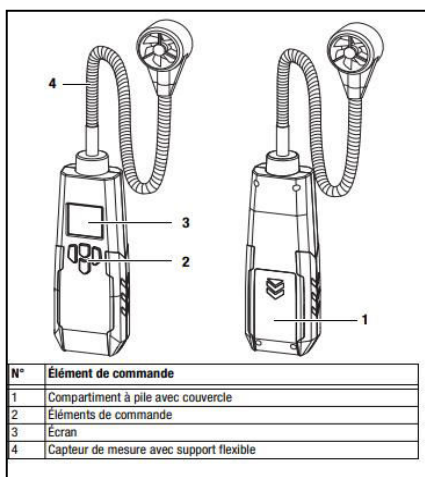


Fig. 8 Description fonctionnelle anémomètre a hélice BA16 Trotec

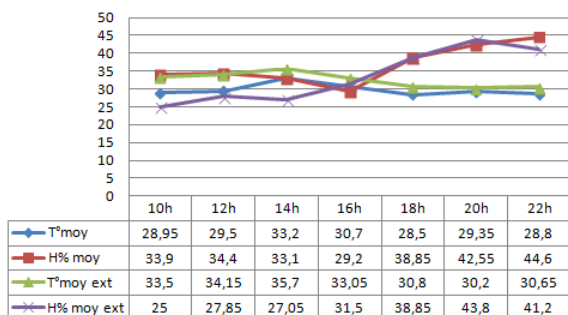
VI. RESULTATS

Les résultats de la campagne de mesure sont traduit dans les graphs suivants.

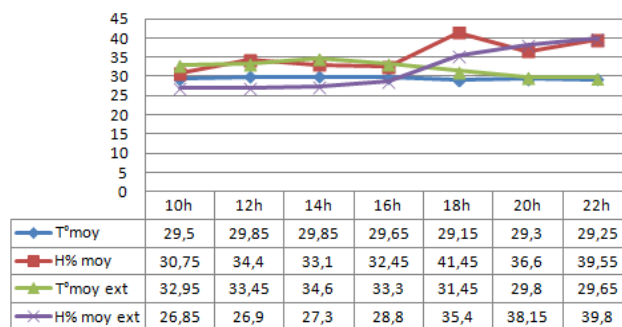
La vitesse d'écoulement de l'air lors de toute la durée de la campagne de mesure est resté constant inferieur a 0.76 m/s car l'anémomètre ne détecte pas le mouvement d'air inferieur a 0.76 m/s.

Mesures T°/C et H/% cuisine

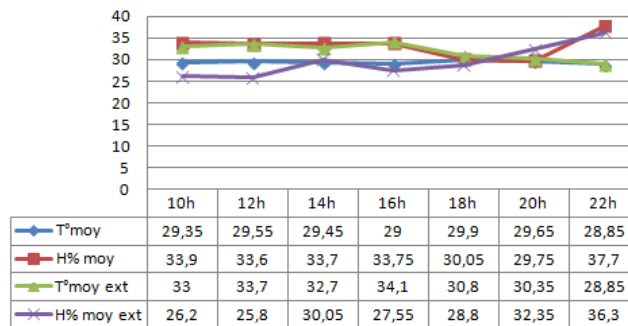
cuisine 05/07/2019



cuisine 06/07/2019

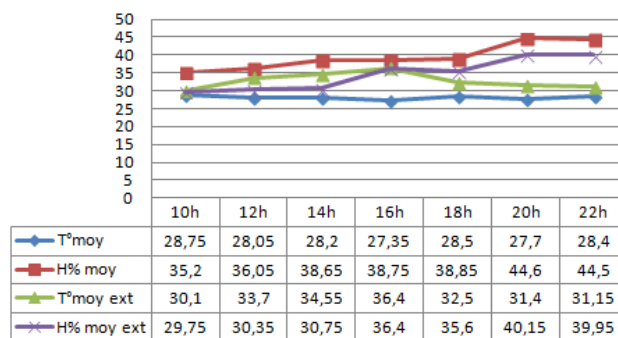


cuisine 07/07/2019

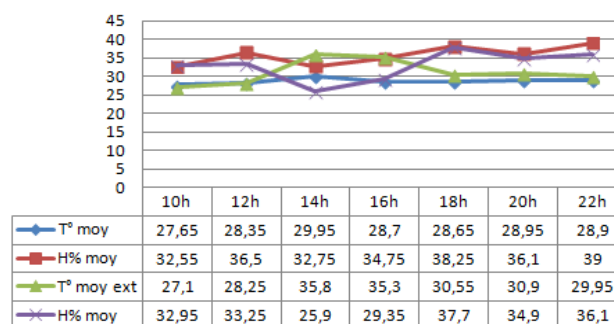


Mesures T°/C et H/% séjour

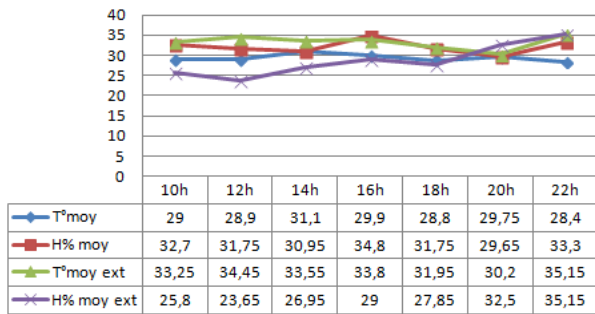
sejour 05/07/2019



sejour 06/07/2019

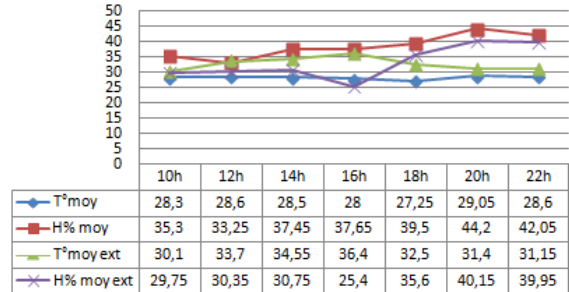


sejour 07/07/2019



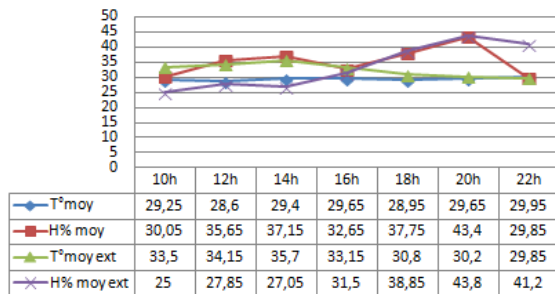
Mesures T°/C et H/% chambre 2

chambre 2 05/07/2019

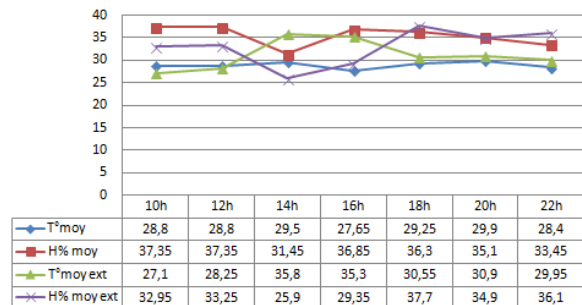


Mesures T°/C et H/% chambre 1

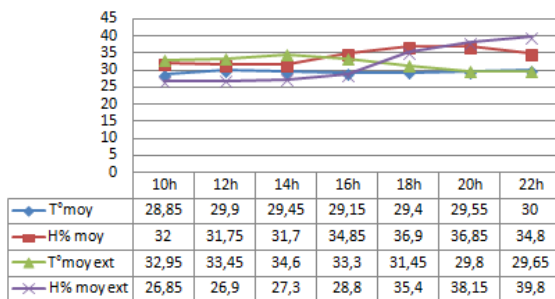
chambre 1 05/07/2019



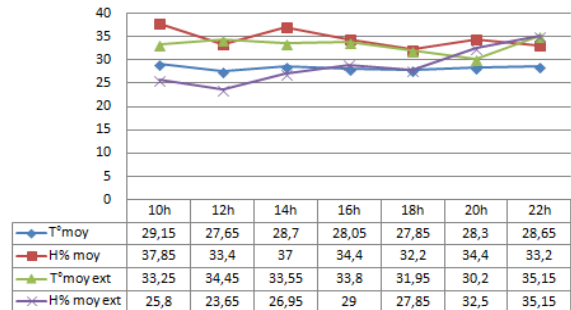
chambre 2 06/07/2019



chambre 1 06/07/2019

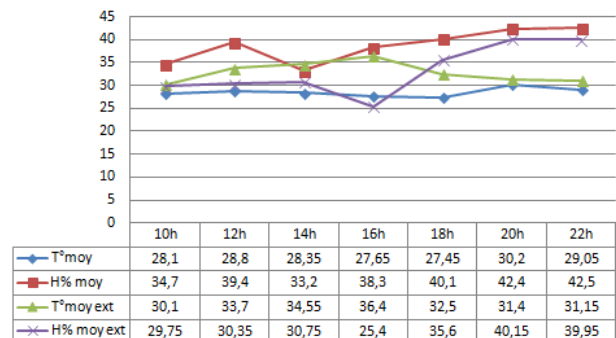
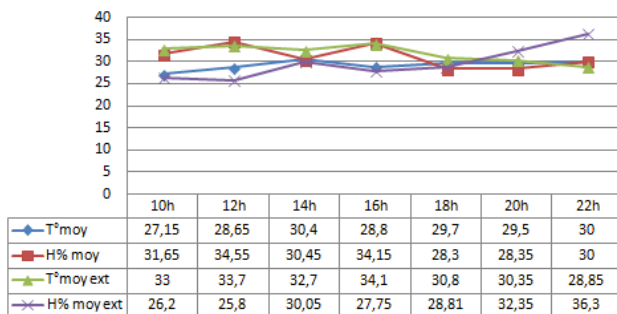


chambre 2 07/07/2019

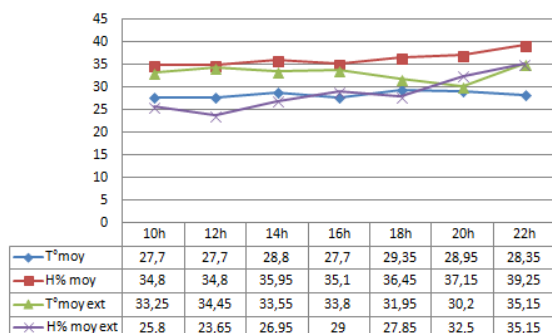


Mesures T°/C et H/% chambre parentale chambre parentale 05/07/2019

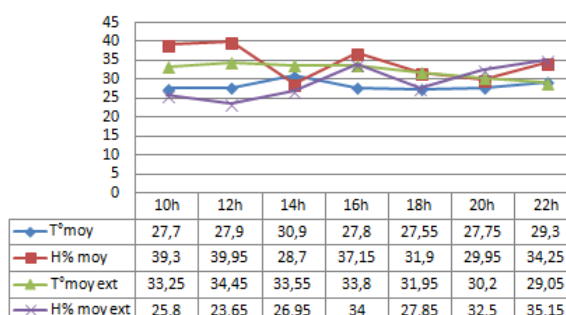
chambre 1 07/08/2019



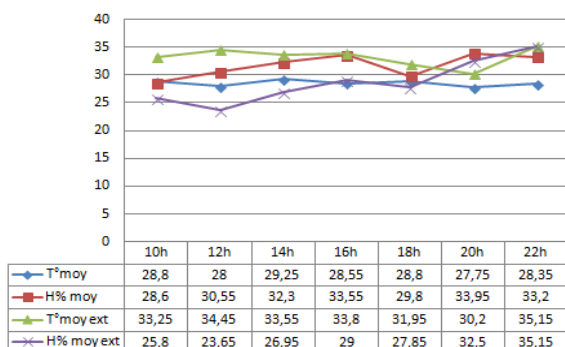
chambre parentale 06/07/2019



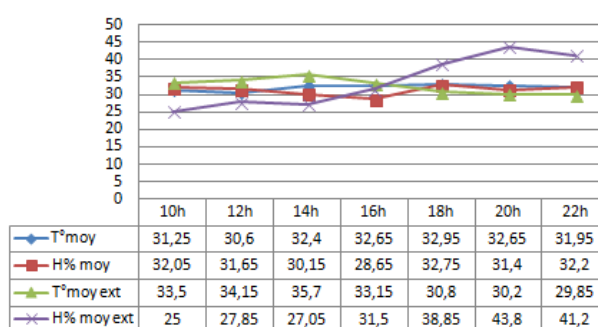
salon 07/07/2019



chambre parentale 07/07/2019

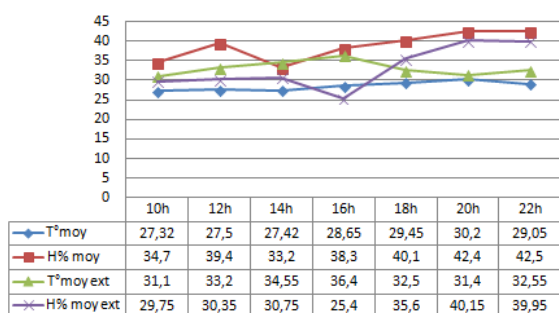


Mesures T°/C et H%/ chambre 1 05/07/2019

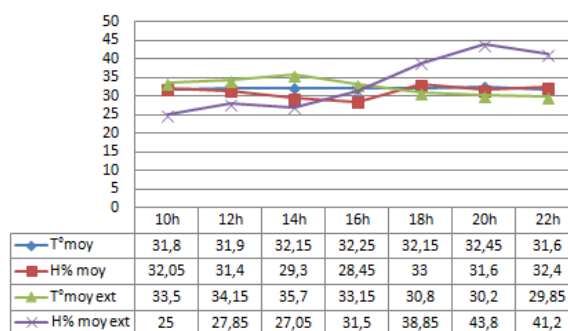


Mesures T°/C et H%/ salon

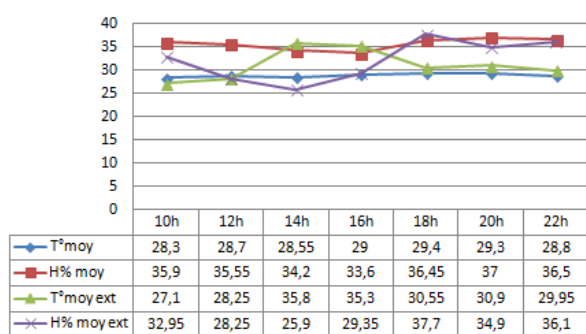
salon 05/07/2019



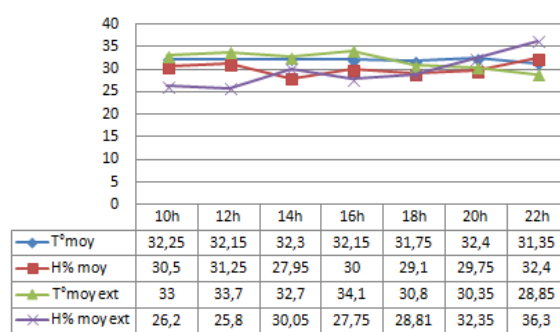
chambre 106/07/2019



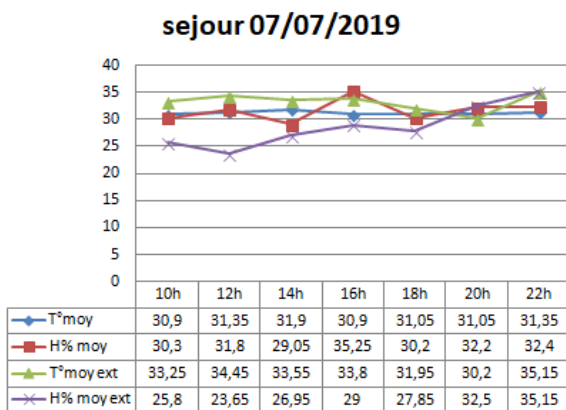
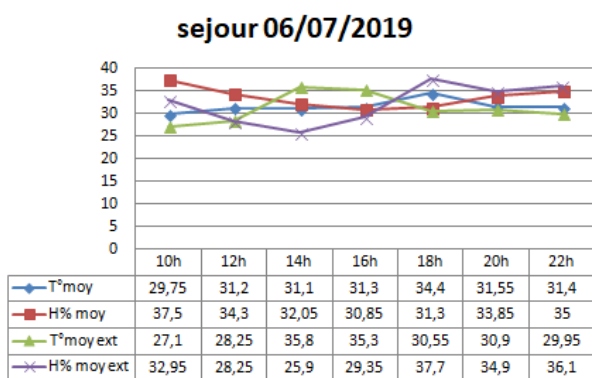
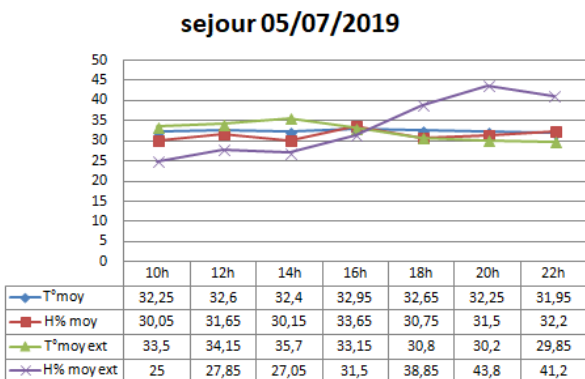
salon 06/07/2019



chambre 107/07/2019



Mesures T°C et H/% séjour



VII. DISCUSSION

Les résultats de la campagne de mesure révèlent que la vitesse d'écoulement d'air est inférieure à 0.76 m/s et comprise dans la zone de confort 0.2m/s, les taux d'humidité intérieure sont compris dans les limites de la zone de confort définies par Givoni 1986, (T° 20°C/27°C°) (H 20M%-80%) le taux minimum est de 23.65% à 12h le 07/07/2019 à la chambre parentale, et le taux maximum est de 44.6% à 22h le 05/07/2019 en cuisine, quand à la température c'est toujours au-delà de la température de la zone de confort avec un minimum de 27.10°C à 10h au séjour RDC le 06/07/2019,

tandis que le maximum est à 34.4°C à 18h le 07/07/2019 au séjour 2^{em} étage.

Généralement les températures les plus fraîches sont notées au RDC tout d'abord car le sous sol participe au rafraîchissement de l'air, mais aussi car l'air chaud est plus lourd que l'air frais, c'est pourquoi le RDC est l'étage le plus frais, et les températures les plus élevées sont notées au 2^{em} étage, puis dans la chambre 1 au 1^{er} étage en raison de l'orientation plein ouest mais aussi à cause du plafond exposé au rayonnement solaire car au-dessus il y a une terrasse accessible.

Pour améliorer les conditions thermiques les habitants ont recours aux climatiseurs dont l'utilisation varie selon l'activité anthropique. Tableau 6

ETAGE	PIECE	HORRAIRE USAGE	REMARQUE
RDC	Cuisine	/	Le taux d'insatisfaits est à 100%, car tout les habitants attestent une situation d'inconfort et estiment qu'il est impossible d'utiliser les espaces de vie sans les climatiseurs pour réguler la température 25°C au salon, 24°C à la chambre 1, et 22°C à la chambre 2.
	Séjour	16h-19h rare	
1 ^{ER} ETAGE	Chambre 1/2	00h-12h 15h-17h Quotidien	
	Chambre parentale	23h-07h Quotidien	
	Salon	13h-19h 22h-10h	
2 ^{EM} ETAGE	Séjour	22h-09h rare	
	chambre 1	/	

VIII. RECOMMANDATION

La solution pour assurer l'efficacité énergétique est le bâtiment passif.

Selon le diagramme psychrométrique Givoni 1978 les corrections à prévoir sont les suivantes:

- masse thermique élevée avec ventilation nocturne
- masse thermique élevée
- ventilation naturelle et mécanique

combiné à d'autres stratégies de refroidissement passif on peut diminuer l'usage des climatiseurs et voir même s'en passer en adoptant les stratégies suivantes

- emplois de matériaux à forte inertie thermique pour assurer le déphasage de températures.
- une enveloppe performante
 - ✓ une bonne isolation thermique
 - ✓ étanchéité à l'air : réduire les infiltrations d'air peut économiser 5-40% des besoins de refroidissement.
 - ✓ une exposition optimale au soleil
- obstruction du vitrage
- utilisation du double vitrage au lieu du vitrage simple.
- protection solaires fixe et mobile
- parement clair pour les murs extérieurs, et la toiture

- diminuer le coefficient de forme K pour diminuer la surface déprédative de l'enveloppe.
- stratégie bioclimatique du froid.
 - ✓ Eviter: enveloppe performante
 - ✓ Protéger: protections solaires
 - ✓ Refroidir: point d'eau, végétation
 - ✓ Minimiser les apports internes
 - ✓ Dissiper: ventilation naturel

IX. CONCLUSION

La situation de stress climatique ressentie par les habitants est du au défaut de construction, le mauvais choix des matériaux de construction, l'orientation, les pont thermique, ainsi qu'au manque de geste écologique de la part des habitants tant dans le choix des appareils électro ménager, des dispositif pour l'éclairage et la climatisation sans se soucier de l'étiquette écologique, que quand dans leurs emplois, c'est pourquoi avant de penser a apporter des corrections d'ordre technique il est primordiale d'agir sur le facteur anthropique.

L'insatisfaction des habitants vis a vis de leurs environnement thermique se traduit par une consommation énergétique importantes qui nécessite d'être raisonner, On peut assurer l'efficience énergétique par le billet du bâtiment passif et son enveloppe performante car c'est la partie exposé au aléas de la nature, elle joue le rôle de régulateur déterminant l'ambiance intérieur de l'habitation en effet elle crée un micro climat avec ses propres paramètres de température, humidité, ventilation, éclairage, ensoleillement... ect qu'elle détermine par sa forme, ses composants, et son orientation, donc c'est grace au batiment passif adapté au climat semi-aride de la ville de Guelma qu'on peut y assurer l'efficience énergétique.

REFERENCES

- [1] (Marité Milon, 2004)
- [2] (Commission de la Santé et de la Sécurité du Travail du Québec, 2002)
- [3] (C.C.H.S.T - Centre Canadien d'Hygiène et de Sécurité au Travail, 2002)
- [4] LIEBARD.allin et DE HERDE.andré. traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique _ Paris : le moniteur, 2000 p 83 b
- [5] M'Sellem* , D.alkama. « Le confort thermique entre perception et évaluation par les techniques d'analyse bioclimatique - Cas des lieux de travail dans les milieux arides à climat chaud et sec ». Revue des Energies Renouvelables Vol. 12 N°3 (2009) 471 – 488
- [6] BENHARRA Houda: Impact de l'orientation sur la consommation énergétique dans le bâtiment. -Cas des zones arides et chaudes-. Université Mohamed Khider - Biskra pp (12)
- [7] Hocine Tebbouche a , Ammar Bouchair b,Said Grimes c . « Towards an environmental approach for the sustainability ofbuildings in Algeria. ».Energy Procedia 119 (2017) 98-110 pp 05
- [8] BENHARRA Houda: Impact de l'orientation sur la consommation énergétique dans le bâtiment. -Cas des zones arides et chaudes-. Université Mohamed Khider - Biskra pp (13)
- [9] BENHARRA Houda: Impact de l'orientation sur la consommation énergétique dans le bâtiment. -Cas des zones arides et chaudes-. Université Mohamed Khider - Biskra pp (13)
- [10] Marco A. Ortiz* , Stanley R. Kurvers, Philomena M. Bluysen. « A review of comfort, health, and energy use: Understanding daily energy use and wellbeing for the development of a new approach to study comfort ». Energy and Buildings 152 (2017) 323–335 pp 05
- [11] FRECHMANN, Kolon et al. Architecture et énergie un enjeu pour l'avenir _ Paris : place des victoires pp10
- [12] Site internet de la Plate-forme Maison Passive asbl (www.maisonpassive.be)
- [13] Ingy El-Darwish *, Mohamed Gomaa. « Retrofitting strategy for building envelopes to achieve energy efficiency ». Alexandria Engineering Journal (2017).pp 02