Revue des Energies Renouvelables Vol. 16 N°3 (2013) 551 – 568
DOI: https://doi.org/10.54966/jreen.v16i3.400

La conception des logements à haute performance énergétique (HPE) en Algérie - Proposition d'un outil d'aide à la conception dans les zones arides et semi-arides

Samir Semahi [1] et Boualem Djebri [2]

[1] Laboratoire Architecture et Environnement, LAE
[2] Laboratoire Ville, Architecture et Patrimoine, LVAP
Ecole Polytechnique d'Architecture et d'Urbanisme, EPAU
El Harrach, Algiers, Algeria

(reçu le 06 Mai 2013 – accepté le 30 Septembre 2013)

Résumé - *Le secteur résidentiel est à l'origine de 35 % de la consommation d'énergie finale en Algérie. Les perspectives de développement du parc de logements conduiront à un accroissement exponentiel de cette consommation énergétique. Dans ce contexte, la conception et la réalisation de logements énergétiquement efficace s'impose comme une nécessité à la maîtrise des consommations énergétiques de ce secteur. L'objectif principal de ce travail est le développement d'un outil, afin d'aider les architectes à concevoir des bâtiments performants en terme énergétique et confortable sur le plan thermique. L'objectif de cet outil est d'assister l'architecte durant les processus de la conception architecturale. En outre, il présente le savoir et le savoir-faire de la conception énergétique du bâtiment sous la forme d'aide simple, ponctuel, et accessible aux architectes. Dans cet article, on élabore une analyse bioclimatique de la région choisie (Béchar) qui représente le contexte aride et semi-aride en Algérie. Nous comparons en premier, les conditions extérieures de la zone d'étude et les conditions de conforts thermiques intérieurs adéquates pour les occupants. Cette comparaison consiste à définir les exigences de conception architecturale, qui assurent le maintien des conditions favorables et la protection contre les conditions défavorables. Par conséquent, cela nous conduit aux choix pertinents entre les stratégies conceptuelles.*

Abstract - *The residential sector is responsible for 35% of the final energy consumption in Algeria. Development prospects of housing will lead to an exponential increase in energy's consumption. In this context, the design and construction of energy efficient housing is a necessity to control energy consumption in this sector. The main objective of this work is the development of a tool, in order to help architects to design efficient buildings in terms of energy and comfortable on the thermal level. The objective of this tool is to assist architects during the process of architectural design. Moreover, it gives the knowledge and expertise of the energy design of the building in the form of simple assistance and specific, and is accessible for architects. In this article, we elaborate an analysis bioclimatique of the chosen region (Béchar) that represents the arid and semi-arid context in Algeria. We compare in first, the outside conditions of the survey zone and the conditions of adequate interior thermal comforts for the occupants. This comparison consists in defining the requirements of architectural conception that assure the maintenance of the favorable conditions and the protection against the unfavorable conditions. Therefore, it drives us to the choices applicable between the conceptual strategies.*

Mots clés: Bâtiment à haute performance énergétique - Efficacité énergétique - Confort thermique - Etude bioclimatique - Outil d'aide à la conception - Stratégie conceptuelle.

1. INTRODUCTION

Le contexte algérien connaît une crise aiguë en matière d'habitat, dont le confort thermique a souvent été négligé par les concepteurs. En quatre décennies d'indépendance, le souci de construire rapidement et en grande quantité '*Pour faire face à cette crise croissante du logement, on a dû trouver des solutions rapides et pas très coûteuses. Des modèles étrangers se sont généralisés sur tout le territoire algérien, inappropriés, au contexte culturel, social et climatique du pays*' [1]. Cette expérience est continue avec le programme quinquennal 2005-2009 qui prévoit un million de logements. Ce programme provoque aussi la question d'intégration climatique (où le même plan de masse a été répété à travers les cités algériennes), qui implique une consommation énergétique importante, due au recours aux équipements coûteux et gros consommateurs d'énergie pour pallier aux conditions d'inconfort que ces constructions engendraient.

Cette consommation est apparue clairement au niveau du bilan énergétique national de l'année 2005. Il montre que le secteur résidentiel et tertiaire consomme 52.3 % de la consommation finale, le secteur résidentiel et tertiaire a connu une augmentation de 6.4 % passant de 12.011 millions de TEP[1] en 2004 à 12.776 millions de TEP en 2005 [2]. Cette énergie est utilisée pour différentes applications comme le chauffage, la production d'eau chaude sanitaire, la climatisation, l'éclairage et tous les équipements utilisant de l'électricité. Cette situation exprime, que le domaine du bâtiment présente un véritable potentiel d'amélioration à la fois dans le domaine énergétique et environnemental (constitue un gisement d'économie d'énergie important).

Pour éviter de s'exposer aux différents problèmes (accès aux ressources, émissions de gaz à effet de serre, changement climatique), on doit mener *une réflexion à propos de l'évolution de la situation énergétique du secteur du bâtiment, qui doit se préparer à modifier son rapport aux consommations énergétiques*. Pour cela, l'Algérie met en œuvre, dans le cadre du PNME[2]2007-2011, un programme de réalisation *de logements à haute performance énergétique (HPE)*, dénommé ECO-BAT. Ce programme est concédé comme une opération pilote, qui présente une opportunité de diffusion à l'échelle nationale des pratiques conceptuelles soucieuses en amont de la maîtrise des consommations d'énergie. Dans ce sens, une convention a été signée le 14 mai 2009 entre l'APRUE[3] et 11 OPGI[4], au siège du ministère de l'Habitat et de l'Urbanisme, définissant les conditions et les modalités d'intégration des mesures d'efficacité au niveau des 600 logements pilotes répartis sur onze wilayas (départements):Laghouat, Béchar, Blida, Tamanrasset, Alger (Hussein Dey), Djelfa, Sétif, Skikda, Mostaganem, Oran et El Oued.

La réalisation de logements à haute performance énergétique permettra, selon le ministre de l'Habitat, de réduire la consommation d'énergie des ménages de près de 40%. Ce projet-pilote, a ajouté le ministre de tutelle, s'inscrit dans le cadre de la politique nationale de promotion et de développement de l'énergie et a donné lieu à la préparation d'un cahier des charges prenant en compte les caractéristiques énergétiques des constructions. De son côté, le ministre de l'Energie et des Mines, a indiqué que '*le choix de ces wilayas tend à cibler l'ensemble des zones climatiques du pays, afin de*

[1]**TEP**: Unité énergétique (Tonne Equivalent Pétrole).
[2]**PNME**: Programme National de Maîtrise de l'Energie.
[3]**APRUE**: Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie.
[4]**OPGI**: Offices de Promotion et de Gestion Immobilière.

réaliser des variantes de logements bioclimatiques en fonction des conditions climatiques de chaque région'. Le ministre a précisé que ce programme engageant les deux secteurs: de l'Habitat et de l'Energie, à travers l'APRUE et les OPGI, qui '*vise à encourager des stratégies conceptuelles passives d'économie d'énergie pour l'habitat*'. Ce programme permet, '*l'intégration de l'efficacité énergétique dans le secteur du bâtiment avec pour objectif d'améliorer le confort intérieur des logements, tout en utilisant moins d'énergie'* [3].

Réellement, c'est un programme ambitieux qui vise l'amélioration de la qualité du logement collectif en Algérie sur le plan confort thermique et efficacité énergétique. Mais, l'appel d'offre relatif au programme ECO-BAT qui porte la réalisation de 600 logements à haute performance énergétique (HPE) connait une décision d'infructuosité sur le plan technique (selon A. Chenak, 2010)[5]. Cela peut s'expliquer par le manque de savoir-faire et une méconnaissance par les architectes sur le domaine de la conception bioclimatique et la maitrise de la performance énergétique du bâtiment. En outre, les cahiers des charges fournies ne comportent que des généralités, chose qui n'est pas facile à être exécuter par les architectes.

Parallèlement à cette situation, et en comparaison avec les pays développés, il existe en Algérie peu d'études sur le confort intérieur du bâtiment et sur son adaptation aux conditions climatiques des régions. Ainsi, on a constaté la rareté de recherche sur l'impact des bâtiments vis à vis de l'environnement et leur performance énergétique.

Sachant que: '*l'architecte ne peut ignorer le climat sans renoncer à intégrer dans sa démarche de conception des composantes aussi importantes que le rayonnement solaire (porteur de chaleur et de lumière), le vent, la pluie, le froid, bref, des données naturelles qui interfèrent directement avec la perception des formes et des matières, le confort, l'ambiance et l'économie d'un bâtiment*' [4].

Dans ce contexte, on souligne la nécessité de développer une méthode de conception, accessible aux architectes, adéquate avec leurs modes de raisonnements, qui permet l'intégration harmonieuse des bâtiments aux différentes conditions climatiques des régions, toute en assurant leur performance énergétique et leur confort thermique.

L'objectif principal de ce travail réside dans *la proposition d'un outil afin d'aider les architectes à concevoir des bâtiments performants sur le plan énergétique et confortable en terme thermique***.** Cet outil assiste l'architecte durant les processus de la conception architecturale. En effet, il présente le savoir et le savoir-faire de la conception énergétique du bâtiment sous la forme d'une aide simple, ponctuel, et accessible aux architectes. Donc, cet outil peut jouer le rôle d'un guide de conception des logements (HPE)**.** Ce guide spécifique peut remplacer finalement, *la section de la prescription fonctionnelle, architecturale et de la performance énergétique* existant dans les cahiers des charges d'étude de ce type de logement.

Notre recherche ne prend en compte que le cas de la zone aride et semi-aride d'Algérie (zone sud),vu que ces bâtiments résidentiels construits en tel climat (surtout en périodes de grandes chaleurs) sont confrontés à des problèmes d'inconfort liés au phénomène de surchauffe, d'exposition des façades aux radiations solaires intenses et de consommation irrationnelle d'électricité pour la climatisation, afin d'atteindre le confort

[5]A partir un entretien entre l'APRUE et A. Chenak, en Avril 2010.

thermique agréable. En conséquence, on a signalé, souvent, les coupures d'électricité (Délestage d'électricité) en période estivale [5].

Notre contribution réside dans l'amélioration du confort des logementsen Algérie toute en assurant leur performance énergétique.

2. CARACTERISTIQUE CLIMATIQUE DE LA ZONE D'ETUDE (BÉCHAR)

'Tout concepteur a besoin de connaître le climat du lieu où il doit construire. C'est-à-dire le régime de la température et de l'humidité de l'air, le régime et la nature des précipitations, l'ensoleillement, le régime et la nature des vents durant le cycle annuel complet' [6].

Dans le but de mieux définir les caractéristiques du climat de Béchar (les conditions extérieures), il est utile de se baser sur des données météorologiques mensuelles relevées à la station météorologique de cette dernière sur la période 2007-2011 (**Tableau 1**).

L'interprétation des données météorologiques de Béchar (période 2007-2011) est présentée dans la figure suivante (Fig. 1):

Tableau 1: Données météorologiques mensuelles de Béchar (2007-2011)
D'après la station météorologique de Béchar. (*Source: Wunderground, 2012*)

		Jan	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sep	Oct.	Nov.	Déc.
Température	Température moyenne Max (c°)	14,7	19,6	22,6	26,8	30,2	35,8	40,2	39,8	34,4	27,2	19,8	17,6
	Température moyenne Min (c°)	4	7	10,4	14,8	18	23,6	29,6	27,2	22,6	15,8	9,2	5,2
	Température moyenne mensuelle (c°)	10,6	13,8	16,4	20,6	23,8	29,4	35	33,2	28,2	21,4	15	11
Humidité	Humidité relative moyenne Max (%)	78,62	75,46	58,33	54,62	46,68	41,28	30,78	35,58	55,24	71,36	74,02	79,46
	Humidité relative moyenne Min (%)	32,24	29,44	22,53	20,54	16,84	14,72	12,08	14,36	24,02	31,92	34,76	36,1
	Humidité relative moyenne (%)	54,66	50,4	39,26	35,34	29,42	25,72	19,58	23,34	37,86	49,7	53,32	58,04
Préc.	précipitation moyenne (mm)	10	8	6	9	7	2	1	2	7	10	11	9
Vent	Vitesse moyenne du vent (m/S)	1,92	2,76	3,68	4,48	4,62	3,82	3,88	3,62	3,58	2,8	2,56	1,96
Insolation	Insolation (Wh/m²)	3380	4240	5480	6590	7090	7440	7620	6930	5480	4570	3570	3090

Après cette petite interprétation des données climatiques, on a un aperçu sur les conditions extérieures de la région de Béchar. Cette dernière présente un climat semi-aride, qui est défini que par deux saisons seulement: un été chaud et sec (la température dépasse facilement les 45 °C à l'ombre et l'humidité relative reste faible autour de 22 %), un hiver très froid (notamment la nuit par rapport au jour, la température peut descendre à -5 °C) avec des précipitations rares et irrégulières.

En plus de ces caractéristiques défavorables, le climat de Béchar présente un régime thermique très contrasté avec une forte insolation, dépassant les 5400 Wh/m^2/jour (moyenne annuelle), et une durée d'insolation qui peut atteindre les 3500 h/an.

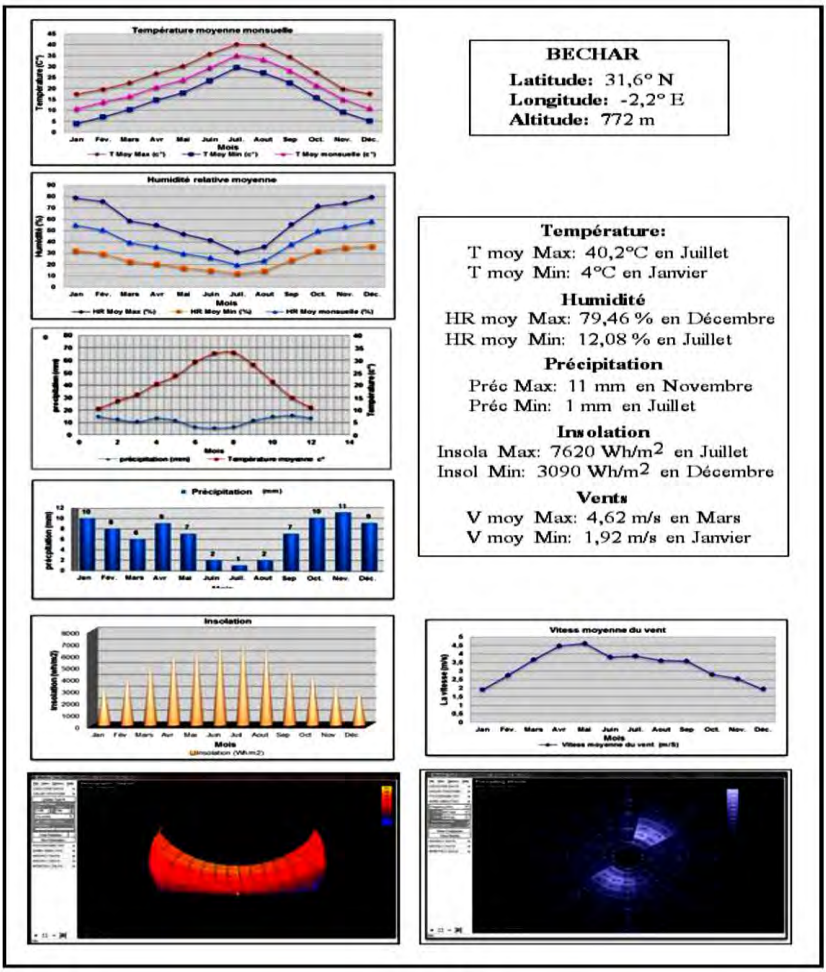


Fig. 1: Interprétation des données météorologiques de Béchar: période 2007-2011 (*Source*: Station météorologique de Béchar, réadaptées par l'auteur)

Ces conditions climatiques rigoureuses, consacrent une grande partie de la consommation énergétique aux seuls fins de la climatisation, afin de maintenir les occupants des bâtiments dans le confort thermique pendant les périodes chaudes qui occupent une grande partie de l'année.

2. CONDITIONS ENVIRONNEMENTALES DU CONFORT THERMIQUE

Pour déterminer la température de confort intérieur (la température neutre), qui délimite la gamme de confort adaptatif dans la région de Béchar, on a utilisé le modèle de confort adaptatif d'ASHRAE standard-55 (2004) (Fig. 2).Ce dernier permet de calculer la température de confort (T_{conf}) dans les bâtiments à ventilation naturelle en fonction de la moyenne mensuelle de la température extérieure ($T_{a,out}$) suivant la formule [7]:

$$T_{conf} = 0.31 \times T_{a,out} + 17.8$$

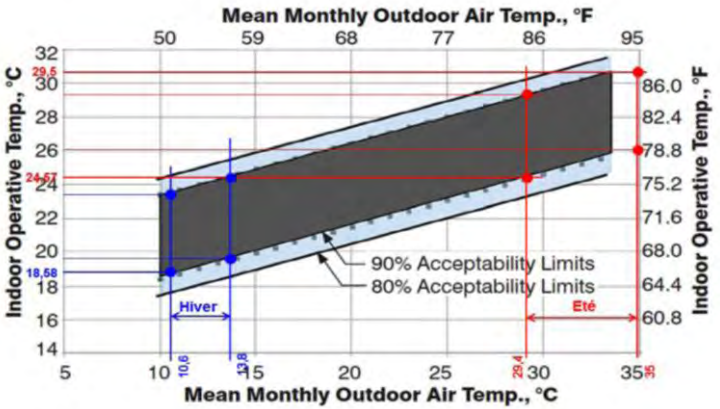


Fig. 2: Gammes de confort adaptatif dans la région de Béchar, selon la température moyenne extérieure mensuelle (*Source*: ASHRAE standard 55-2004. adapté par l'auteur)

Donc, la température de confort (les conditions de confort thermique intérieur) pour cette région durant les différents mois de l'année est indiquée dans le tableau suivant (**Tableau 2**):

Tableau 2: Limites de la température de confort adaptatif de la région de Béchar (*Source*: Auteur)

		Jan	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sep	Oct.	Nov.	Déc.
Température extérieure moyenne	Tmed (C°)	10,6	13,8	16,4	20,6	23,8	29,4	35	33,2	28,2	21,4	15	11
D'après ASHRAE standard-55 (2004) 90% d'acceptabilité	Tc min (C°)	18,58	19,57	20,38	21,7	22,67	29,41	24,5	24,5	24,05	21,93	19,95	18,71
	Tc moy (C°)	21,08	22,07	22,88	24,2	25,17	26,91	27	27	26,54	24,43	22,45	21,21
	Tc max (C°)	23,58	24,57	25,38	26,7	27,67	29,41	29,5	29,5	29,04	26,93	24,95	23,71

Sur la base d'une évaluation préliminaire du **Tableau 2**, la température de confort adaptatif (la température neutre) avec 90 % d'acceptabilité pour la région de Béchar est comprise entre 18.5 °C et 24.5 °C en hiver, alors qu'elle situe entre 24.5 °C et 29.5°C en été.

Par conséquent, les températures moyennes extérieures des mois d'hiver, de même que les mois d'été se situent en dehors des limites thermiques d'acceptabilité (gamme de confort). Cela exige une conception architecturale performante des bâtiments pour atteindre le confort thermique acceptable des occupants. Cet objectif nécessite des stratégies conceptuelles pertinentes, ceci représente la préoccupation de la sous-section suivant.

4. ANALYSE BIOCLIMATIQUE DE LA ZONE DE BÉCHAR

En se basant sur l'application du diagramme psychométrique de Szokolay [8], le diagramme des triangles de confort d'Evans [9] et les tables de Mahoney [10]:

4.1 Application du diagramme psychométrique (Szokolay)

Le diagramme appliqué à Béchar est présenté dans les figures suivantes (Fig. 3 et 4). Ce diagramme indique que la majeure partie de l'année se situe en dehors de la zone de confort.

On procède à la lecture du diagramme:

● Durant les 3 mois d'hiver (Décembre, Janvier et Février) avec les mois de Novembre (nuit) et Mars (nuit), un chauffage solaire passif est nécessaire (favoriser le chauffage par l'ensoleillement, une bonne pénétration du soleil en hiver, utiliser les matériaux appropriés, agir sur les parois...). La chaleur captée le jour peut être aussi restituée la nuit grâce à la masse thermique, car, durant cette saison, les températures nocturnes sont très froides (Fig. 3).

Cependant, il y a une petite partie de la saison d'hiver nécessite un chauffage actif (ce chauffage peut être de type actif, capteurs solaires ou de type conventionnel (chauffage courant à gaz, mazout...).

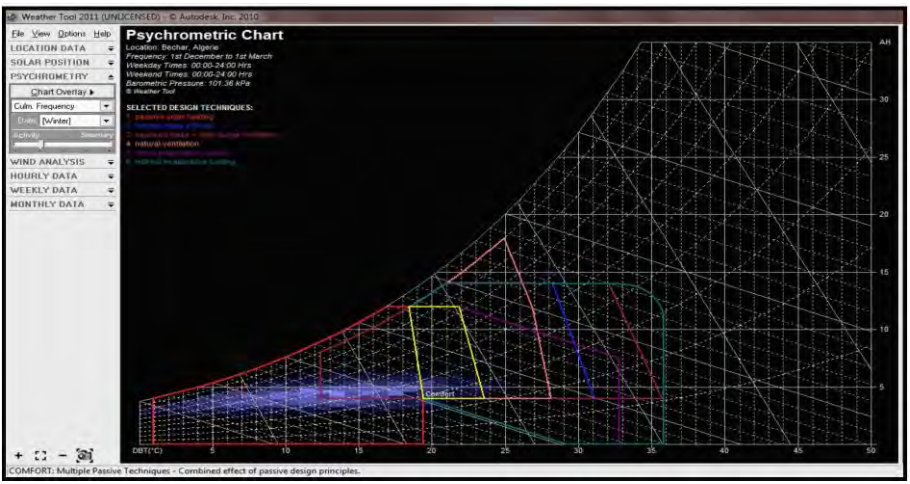


Fig. 3: Diagramme psychométrique de Béchar des mois d'hiver, tiré de Weather Tool. Partie d'Ecotect 2011. (*Source*: Auteur)

● Durant les 3 mois d'été (Juin, Juillet et Août) avec les mois de Mai (jour) et Septembre (jour), on peut réduire la surchauffe par un refroidissement passif: ventilation naturelle, effet de masse thermique, effet de masse avec ventilation nocturne, refroidissement évaporatif direct et indirect (Fig. 4).

Une petite partie de Juillet et d'Août (les plus chauds de l'année) se situe dans la zone de refroidissement actif et nécessite donc une climatisation.

● Concernant les mois d'Avril, Octobre, Novembre (mi-journée), Mars (mi-journée) qui sont proches de la zone de confort, on peut atteindre le confort thermique par un chauffage solaire passif, une ventilation naturelle et l'effet de masse (pour restituer la chaleur captée pendant le jour) avec ventilation nocturne.

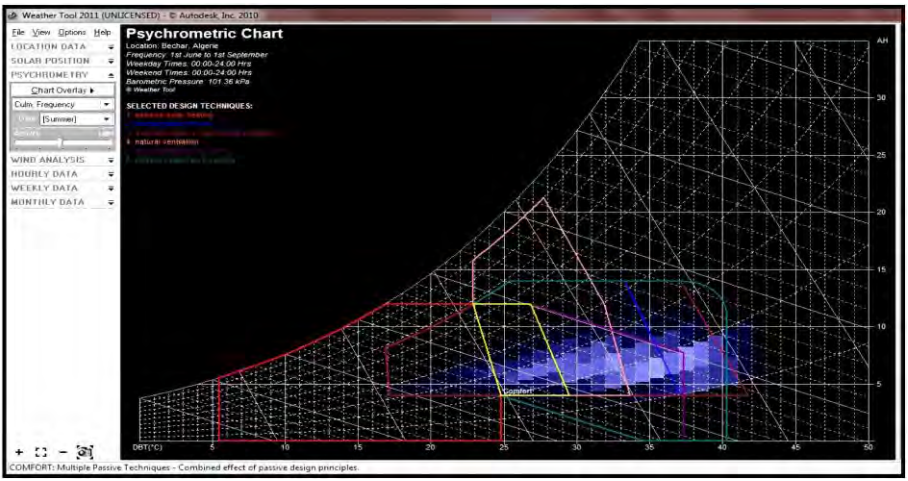


Fig. 4: Diagramme psychométrique de Béchar des mois d'été tiré de Weather Tool. Partie d'Ecotect 2011. (*Source*: Auteur)

● Pour les mois de Septembre (nuit) et Mai (nuit), le confort thermique peut être atteint par l'effet de masse (l'épaisseur des murs et les matériaux utilisés peuvent donner un grand temps de déphasage, qui aide à garder la fraîcheur nocturne à l'intérieur des constructions et à ralentir la chaleur du jour) avec une ventilation nocturne.

4.2 Application du diagramme de triangles de confort d'Evans

Dans cette étude, la zone de confort concernée est la zone '**A**', parce que le type de bâtiment qui nous intéresse est l'habitat (activité sédentaires).

Les données de mois de l'année pour la région de Béchar sont montrées sur la figure ci-dessous (Fig. 5).

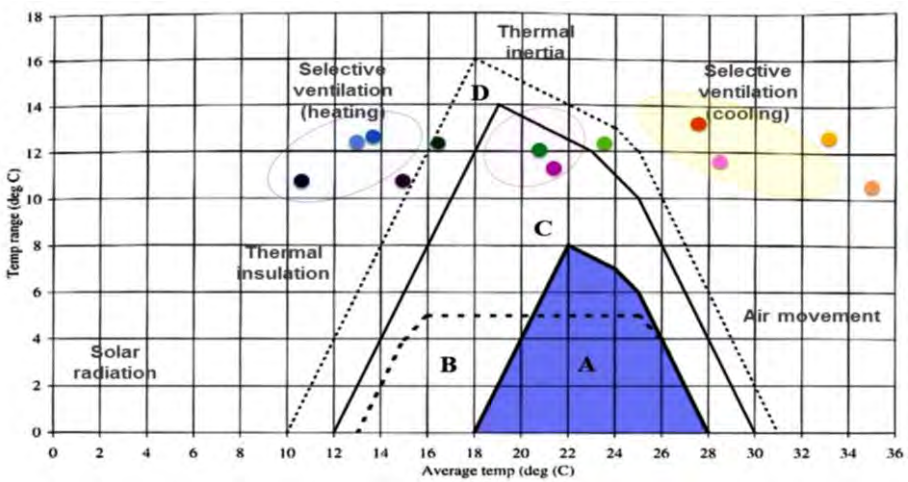


Fig. 5: Diagramme des triangles de confort d'Evans pour la région de Béchar (*Source*: Auteur)

Après avoir reporté les différents mois, nous observons sur le diagramme précédent, les résultats suivants:

- Les mois de Décembre, Janvier, Février, Mars et Novembre (la tache gauche sur la figure) représentent la période d'hiver qui exige, pour atteindre le confort thermique, une radiation solaire (chauffage solaire passif), une forte isolation thermique pour conserver les gains internes et une ventilation sélective pour chauffer l'intérieur.
- Les mois Avril, Mai et Octobre (la tache au centre de la figure), nécessitent uniquement une forte inertie thermique des matériaux pour atteindre le confort thermique intérieur.
- Les mois Juin, Juillet, Août et Septembre (la tache droite) représentent la période d'été. Afin d'atteindre le confort thermique intérieur, on a besoin d'une inertie thermique associée à une ventilation sélective pour refroidir l'intérieur (ventilation nocturne), et ainsi, qu'un mouvement d'air sensible est nécessaire.

4.3 Application des tables de Mahoney

A partir de l'application de la méthode de Mahoney (Annexe-1), nous arrivons à un certains nombres de recommandations nécessaires à la réalisation du confort hygrothermique dans un bâtiment conçu pour la région de Béchar.

Après cette analyse, on préconise comme recommandations:

- Organisation d'une cour intérieure compacte.
- Compacité du plan de masse et du volume avec la présence de ruelles étroites et ombragées;
- Ouverture moyenne de 20 % à 40 %;
- Toiture, ainsi que murs extérieurs et intérieurs doivent être épais, avec un temps de déphasage de 8 heures pour la toiture, afin de profiter de la fraîcheur nocturne pendant la période chaude.
- Espace extérieur pour dormir la nuit (terrasse) est exigé.
- Mouvement de l'air n'est pas nécessaire pour le confort, il serait néanmoins judicieux de le faire circuler à travers les murs. L'utilisation de points d'eau pour le rafraîchissement et l'humidification de l'air par évaporation, contribuant considérablement au confort intérieur des étages inférieurs.

4.4 Synthèse

La ville de Béchar, zone retenue dans cette étude, est caractérisée par de longues périodes de surchauffe où l'inconfort est fortement ressenti. L'analyse climatique et bioclimatique de la ville de Béchar indique que, la majeure partie de l'année se situe en dehors de la zone de confort. Les bâtiments doivent, être conçus selon les exigences d'été; celles de l'hiver seront satisfaites en conséquence. Il est donc plus approprié de viser la période de surchauffe pour déterminer les techniques de refroidissement passif qui aident à réduire les températures internes pour atteindre des ambiances confortables.

Les diagrammes bioclimatiques (Szokolay et Evans) et les tables de Mahoney indiquent qu'en été, un plan compact, une inertie thermique, un effet de masse, une ventilation nocturne et un refroidissement par évaporation, ainsi qu'une intégration des espaces extérieurs (terrasses) sont nécessaires pour atteindre le confort thermique intérieur. D'ailleurs, pendant l'hiver, le chauffage solaire passif est recommandé avec l'effet de masse thermique pour reconstituer le confort thermique.

Ces stratégies ne sont pas exploitables directement dès la conception architecturale[6], du fait que les solutions (stratégies) générées par l'analyse bioclimatique précédente sont souvent présentées sans explication[7]; en indiquant seul 'quoi faire' (l'objectif), plutôt que 'comment faire' (le processus et le savoir-faire). Cette dernière constitue l'objectif de la prochaine sous-section.

5. OUTIL D'AIDE A LA CONCEPTION DE LOGEMENT HPE PROPOSE

Les outils d'aide à la conception interviennent dans les phases en amont du processus de conception architecturale [11]. Ils sont utilisés dans une phase importante (phase décisive): celle où le projet n'est pas encore figé où les modifications sont encore possibles. C'est durant cette phase, les choix primordiaux s'opèrent et qui auront un effet direct sur le comportement thermique et la performance énergétique du bâtiment. En effet, ils représentent une aide sur les choix importants réalisés dans la phase d'esquisse et avant-projet sommaire.

Compte tenu de ces postulats, on propose un outil présenté comme un guide pratique de recommandations et d'aide à la conception des logements HPE. Cet outil est basé sur le rapport entre les paramètres de climats, les éléments de bâtiment (les dispositifs architecturaux) et l'intégration des systèmes passifs (principalement) (Fig. 6).

Pour cela, on doit sélectionner les paramètres considérés et les éléments architecturaux dans les phases en amont de la conception architecturale, sont les suivants [12]:

- Conditions environnementales

- La situation géographique du terrain (altitude, latitude, longitude, topographie).
- L'orientation du terrain et les interférences du site (autres constructions, végétation).
- Les conditions climatiques.
- La direction et vitesse des vents dominants.
- La direction de la construction (orientation des façades).
- Les ombres extérieures liées à l'enveloppe.

- Aspects généraux du bâtiment

- La volumétrie externe et la morphologie.
- L'orientation des façades concernant le terrain et les points cardinaux.
- Les surfaces externes opaques et vitrées exposée à la radiation solaire.
- Les surfaces externes ouvertes à la ventilation.
- Le niveau de masque sur les façades dû à des dispositifs intégrés (dispositifs architecturaux).
- Les matériaux de construction basiques.

[6]Parce que la plupart des architectes ont des méconnaissances sur le plan de bioclimatisme et de performance énergétique dans le bâtiment.

[7]Tel que les recommandations citées dans le cahier des charges destiné à la conception de ce type de logement en Algérie (la section de prescriptions fonctionnelles, techniques et performance énergétique exigées).

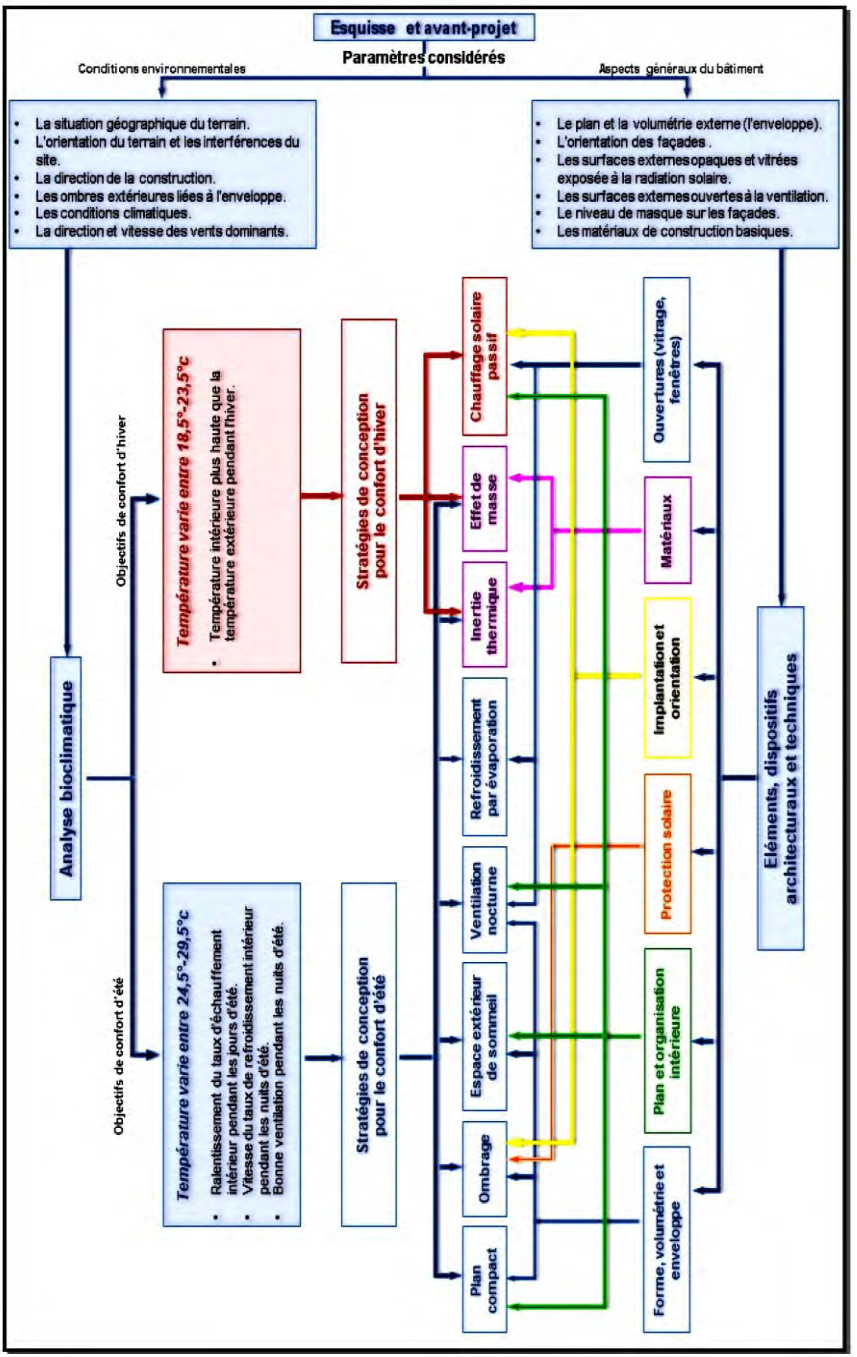


Fig. 6: Relations entre les dispositifs architecturaux et les stratégies conceptuelles au cours des phases initiales de la conception architecturale (esquisse et avant-projet sommaire) (*Source*: Auteur)

La figure 6 montre la relation entre les stratégies conceptuelles (résultat de l'analyse bioclimatique) et les dispositifs (éléments) architecturaux manipulés par l'architecte au cours des phases initiales de la conception architecturale.

On voit également que la concrétisation de chaque stratégie peut être obtenue par plusieurs dispositifs architecturaux au même temps.

Cette situation rend la mission de l'architecte plus difficile à cause des choix multiples qui sont parfois en contradiction. Pour cela, on va suivre le sens inverse, dont l'architecte prend en considération les dispositifs architecturaux au premier lieu, parce que chaque dispositif peut solutionner plusieurs stratégies conceptuelles au même temps, d'une manière synergique et complémentaire.

Donc, on va présenter le savoir-faire conceptuel de chaque dispositif afin d'assurer les différents stratégies.

5.1 Forme de l'outil proposé

On essaye de présenter cet outil sous la forme des tableaux. Chaque tableau décortique un aspect ou un dispositif architectural bien défini. Ces aspects et dispositifs représentent les principaux objets de la conception architecturale, comptant pour la performance thermique accompagnée par la performance énergétique d'un bâtiment.

Les tableaux sont composés de trois sections (voir **Tableaux** suivants):

- La première section du tableau représente le titre correspondant à l'aspect ou le dispositif architectural à analyser (à gauche) avec les données de la région ciblée (à droite).
- La deuxième section se réfère aux stratégies conceptuelles générées par l'analyse bioclimatique (quoi faire ?). Ces stratégies sélectionnées sont relatives à l'aspect (ou dispositif) considéré.
- La troisième section comporte l'explication et l'interprétation des stratégies sélectionnées (comment ?), afin d'être exploitées par les architectes. Cette section se compose de quelques paramètres qui définissent l'aspect (ou le dispositif architectural) considéré.

Donc, cet outil regroupe les choix et les solutions les plus performants pour une zone climatique spécifique (notre cas est la zone aride et semi-aride en Algérie, Béchar). Ces choix sont réunis selon un système architectural.

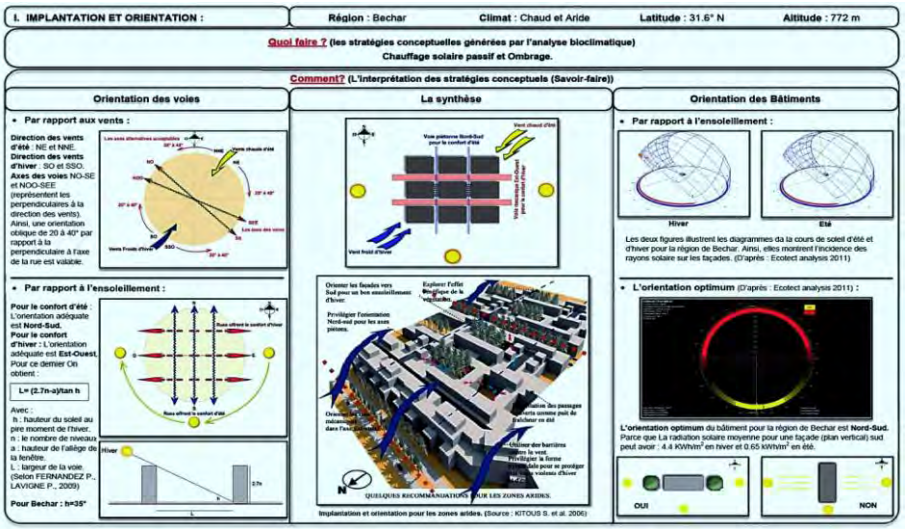
La présentation des différentes solutions et orientations est faite d'une façon schématique[8], simple, compréhensible et accessible aux architectes. En outre, elle est dotée par des ratios et quelques calculs simples accessibles à tout concepteur.

5.2 Dispositifs architecturaux, principes et stratégies conceptuelles

5.2.1 Implantation et orientation

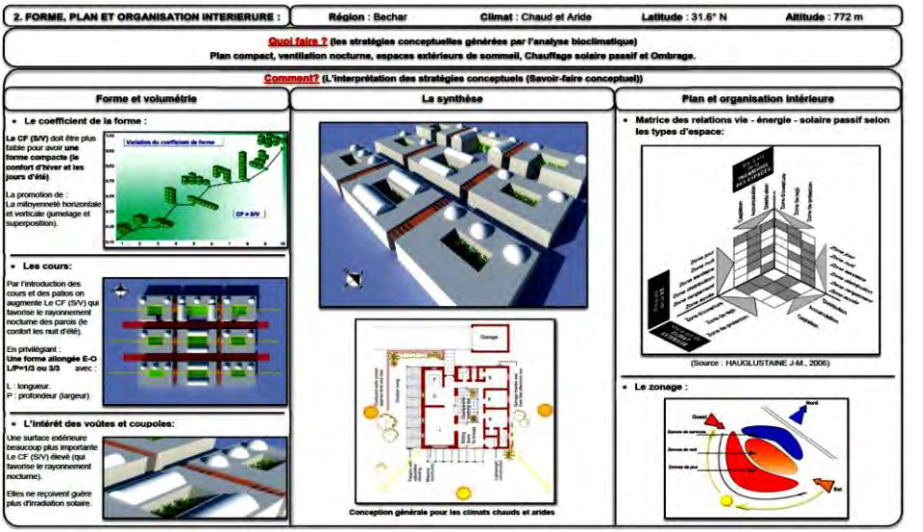
[8]Parce que l'information transmise par l'image est plus facile à comprendre que celle transmise par le texte. Ceci résulte probablement du fait que l'image nécessite moins d'interprétations que le texte. L'image présente aussi des informations qui peuvent être directement intégrées dans le corpus des idées, des contraintes ou encore des solutions d'un projet.

Tableau 3: Implantation et orientation (*source*: Auteur)



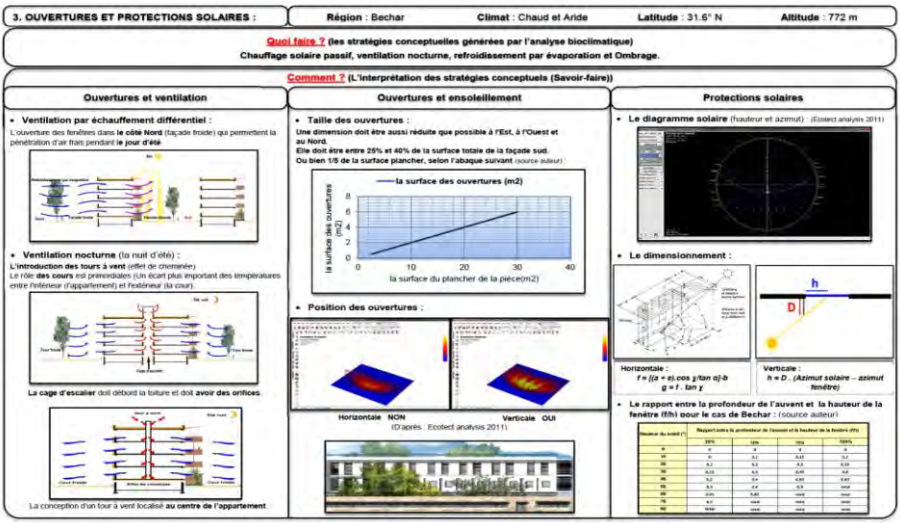
5.2.2 Forme, plan et organisation intérieure

Tableau 4: Forme, plan et organisation intérieure (*source*: Auteur)



5.2.3 Ouverture et protection solaire

Tableau 5: Ouverture et protection solaire (*source*: Auteur)



5.2.4 Matériaux et enveloppe thermique

Tableau 6: Matériaux et enveloppe thermique (*source*: Auteur)
Les parois, tirées de 'Choix des Matériaux, Ecobilan de Parois' [13]

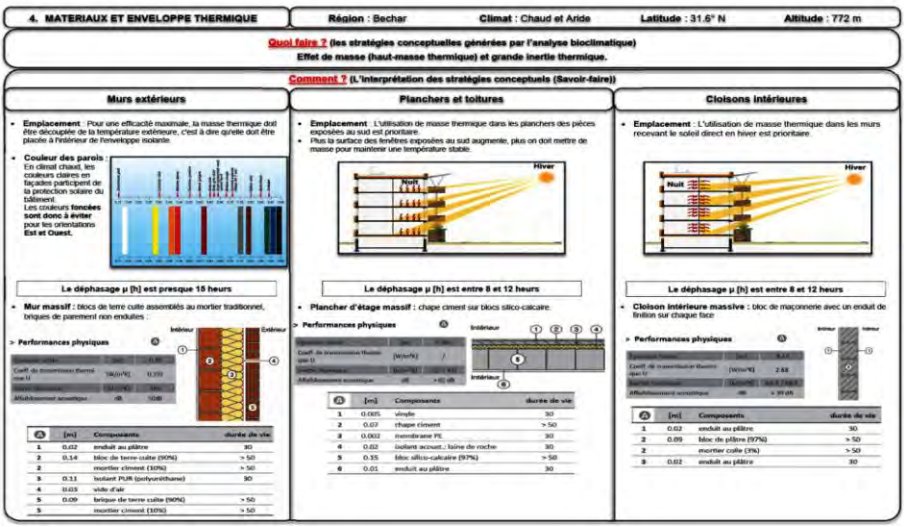
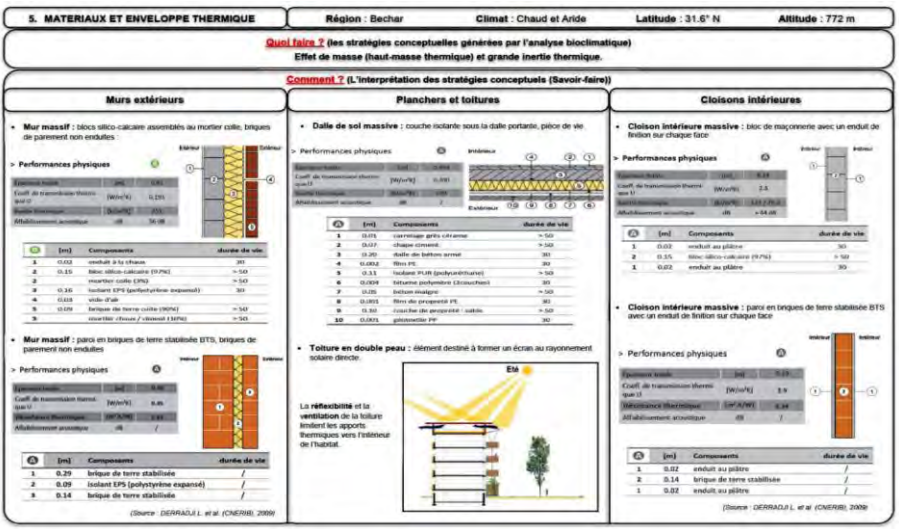


Tableau 7: Matériaux et enveloppe thermique (*source*: Auteur)
Les parois, tirées de 'Choix des Matériaux, Ecobilan de Parois'
(S. Trachte et A. de Herde, 2010)



6. CONCLUSION

La réalisation des objectifs d'économie d'énergie et de réduction des gaz à effet de serre passe par la conception, la réalisation de bâtiments à haute performance énergétique et le maintien de cette performance dans le temps (gestion).

Ce travail a préoccupé par la phase de conception, pour les trois raisons suivantes:

- Couramment les concepteurs -sans en faire la critique- pensent d'abord à ajouter à une "ancienne" forme architecturale des éléments capteurs "modernes" (panneaux solaires, photovoltaïque, systèmes conventionnels de refroidissement ou de chauffage performant, …) évidemment ne participant pas à une véritable conception architecturale en n'étant qu'un ajout technique.
- La phase de la conception architecturale représente la phase fondamentale, puisque c'est au cours de cette dernière que sont mis en place les concepts, les choix et les stratégies retenus dans le projet.
- Le post prioritaire d'investissement d'efficacité énergétique est dédié à la conception architecturale.

Après l'élaboration de l'analyse bioclimatique de la zone d'étude et la génération des différentes stratégies conceptuelles bioclimatiques, on a examiné chaque dispositif (élément) architectural, afin de déterminer les stratégies sur lesquelles il influence profondément.

Puis, on a caractérisé ces dispositifs, pour répondre efficacement aux exigences de toutes les stratégies concernés d'une façon synergique et complémentaire (sans contradiction entre les différentes stratégies par rapport à un contexte climatique spécifique (climat chaud et aride -cas de Béchar-).

Notre outil d'aide proposé, à travers les recommandations de principes et de dispositifs architecturaux énoncés sous forme qualitative et quantitative (le savoir-faire), permet aux architectes d'éviter au départ, certaines erreurs conceptuelles architecturales et constructives, qui aggravent les conditions environnantes au lieu de les résoudre.

L'outil qui inventorie tous les principes à prendre en considération schématiquement, serait en soi comme un outil de base de conception générale tenant compte du climat. Cette dernière a permis d'aider les architectes, de manière simple et rapide, à trouver des solutions permettant de concevoir des bâtiments à haute performance énergétique dans la zone aride et semi-aride en Algérie.

Notre proposition ne sera en aucun cas être considérée comme un catalogue des solutions et des modèles conceptuels exhaustives, mais plutôt un document de travail à bord qui stimule l'imagination et la créativité de l'architecte dans le domaine énergétique du bâtiment. Il est proposé suivant un raisonnement logique et adapté au processus de conception architecturale, ce qui lui offre la possibilité d'être utilisé dans la conception de n'importe quel type de bâtiment.

REFERENCES

[1] A. Ould Henia, '*Choix Climatique et Construction. Zone Aride et Semi Arides. La Maison à Cour de Bou Saada*', 2003, Thèse de Doctorat, Ecole Polytechnique de Lausanne, 'EPFL', Lausanne, 181 p., 2003.

[2] C. Hamouda et A. Malek, '*Analyse Théorique et Expérimentale de la Consommation d'Energie d'une Habitation Individuelle dans la Ville de Batna*', Revue des Energies Renouvelables, Vol. 9, N°3, pp. 211 – 222, 2006.

[3] Document, Ministère de l'Habitat et de l'Urbanisme, 'MHU', '*Partenariat APRUE – OPGI-Intégrer l'Economie d'Energie dans l'Habitat',* La Revue de l'Habitat, N°4, 74 p., Alger, Septembre 2009.

[4] A. Liebard, J.P. Menard et P. Piro, '*Le Grand Livre de l'Habitat Solaire: 110 Réalisations en France, Le Développement Durable à la Portée de Tous*', Le Moniteur, Paris, 248 p., 2007.

[5] www.sonelgaz.dz

[6] P. Fernandez et P. Lavigne, '*Concevoir des Bâtiments Bioclimatiques, Fondements et Méthodes*', Le Moniteur, Paris, 430 p., 2009.

[7] B. Moujalled, '*Modélisation Dynamique de Confort Thermique dans les Bâtiments Naturellement Ventilés*, Thèse de Doctorat, Institut des Sciences Appliquées de Lyon (ISAL), Lyon, 329 p., 2007.

[8] S.V. Szokolay, '*Environmental Science Handbook for Architects and Builder'*, the Construction Press, Lacastre, London, New York, 263 p., 1979.

[9] J.M. Evans, '*The Comfort Triangles. A New Tool for Bioclimatic Design'*, University of Technology, Delft, 291 p., 2007.

[10] M. Sala, C. Gallo and A.A.M. Sayigh, '*Architecture: Confort and Energy***,** Elsevier, Oxford, 234 p., 1998.

[11] L. Fernandez, *'Transposition en Architecture des Connaissances d'Ingénierie Environnementale et des Savoirs Relatifs au Choix des Matériaux*', Thèse de Doctorat, Université de Toulouse, 325 p., 2010.

[12] E.B.P. Castro, 'M*éthode de Auxílio un Concepção Arquitetonica Baseado na Análise Multicriterio e lui Dados Simulados dos Comportamentos da Edificação',* Vol. 1*, 'Méthode*

d'Aide à la Conception Architecturale Basée sur l'Analyse Multicritère et sur des Données Simulées des Comportements des bâtiments', Vol. 2, Thèse de Doctorat, INSA , Lyon, France et Université Fédérale de Rio de Janeiro (Brasil), Rio de Janeiro, 198 p., 2005.

[13] S. Trachte et A. de Herde, '*Choix des Matériaux, Ecobilan de Parois*', Architecture et Climat, UCL, 359 p., 2010.

ANNEXES

Annexe-1: Tables de Mahoney de Béchar

Tableau 1: Situation

Localisation	sud ouest Algérien
Latitude	31,6° N
Longitude	2,2°O
Altitude	772 m

Tableau 2: Température de l'air

Température	Jan	Fév.	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sep	Oct.	Nov.	Déc.		
Temp. Moy. Max (°C)	17,4	19,6	22,6	26,8	30,2	35,8	40,2	39,8	34,4	27,2	19,8	17,6		
Temp. Moy. Min (°C)	4	7	10,4	14,8	18	23,6	29,6	27,2	22,6	15,8	9,2	5,2	AMR (Tmax - Tmin)	36,2
Temp. Moy. Mensuelle (°C)	10,6	13,8	16,4	20,6	23,8	29,4	35	33,2	28,2	21,4	15	11	AMR (Tmax - Tmin)/2	22,1

Tableau 3: Groupes d'humidité

Groupe d'humidité	Humidité relative
1	H < 30 %
2	H : 30-50%
3	H : 50-70%
4	H > 70%

Tableau 4: Humidité relative, précipitations et vent

Humidite relative	Jan	Fév.	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sep	Oct.	Nov.	Déc.	
HR Moy Max (%)	78,62	75,46	58,33	54,62	46,68	41,28	30,78	35,58	55,24	71,36	74,02	79,46	
HR Moy Min (%)	32,24	29,44	22,53	20,54	16,84	14,72	12,08	14,36	24,02	31,92	34,76	36,1	
HR Moy mensuelle (%)	54,66	50,4	39,26	35,34	29,42	25,72	19,58	23,34	37,86	49,7	53,32	58,04	
Groupe d'humidité	3	3	2	2	1	1	1	1	2	2	3	3	Total
précipitation (mm)	10	8	6	9	7	2	1	2	7	10	11	9	82
Vitesse moy. du vent (m/s)	1,92	2,76	3,68	4,48	4,62	3,82	3,88	3,62	3,58	2,8	2,56	1,96	

Tableau 5: Limites de confort

Groupe d'humidité	AMT > 20°C		AMT : 15- 20 °C		AMT > 15 °C	
	jour	nuit	jour	nuit	jour	nuit
1	26_34	17_25	23_32	14_23	21_30	12_21
2	25_31	17_24	22_30	14_22	20_27	12_20
3	23_29	17_23	21_28	14_21	19_26	12_19
4	22_27	17_21	20_25	14_21	18_24	12_18

Tableau 6: Diagnostic

		Jan	Fév.	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sep	Oct.	Nov.	Déc.
Groupe d'humidité		3	3	2	2	1	1	1	1	2	2	3	3
Température (°C)													
Mensuelle Moy. Max.		17	19,6	22,6	27	30	35,8	40	39,8	34	27	19,8	17,6
Confort diurne	max.	29	29	31	31	34	34	34	34	31	31	29	29
	min.	23	23	25	25	26	26	26	26	25	25	23	23
Mensuelle Moy. Min.		4	7	10,4	15	18	23,6	30	27,2	23	16	9,2	5,2
Confort diurne	max.	23	23	24	24	25	25	25	25	24	24	23	23
	min.	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
Thermal stress	jour	C	C	C	O	O	H	H	H	H	O	C	C
	nuit	C	C	C	C	O	O	H	H	O	C	C	C

Tableau 7: Indicateurs

		Jan	Fév.	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sep	Oct.	Nov.	Déc.	Total
Humidité	**H1** Mouvement d'air (essentiel)													0
	H2 Mouvement d'air (désirade)													0
	H3 Protection contre la pluie													0
Aridité	**A1** Stockage thermique	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	12
	A2 Outdoor sleeping						*	*	*	*				4
	A3 Saisons froides	*	*	*								*	*	5

Tableau 8: Recommandations conceptuelles

Indicateurs						Recommandations	
Humide			Aride			(partie finale des Tables de Mahoney)	
H1	H2	H3	A1	A2	A3	Choix	Latitude: 31,6° N Longitude: 2,2° O Altitude: 772 m
0	0	0	12	4	5		(préférence de choix: dernier croix de H1 à A3)
							1. Plan
			0-10				1. Bâtiments orientés E-W Afin de réduire l'exposition au soleil
			11 ou 12		5-12		
					0-4	*	2. Organisation d'une cour intérieure compacte
							2. Espacement
11 ou 12							3. Espacement pour une ventilation naturelle (Brise)
2-10							4. Même chose que 3, plus assurer la protection: vent C/F
0 ou 1						*	5. Conception compacte
							3. Mouvement de l'air
3-12							6. Pièces alignées du même côté. Mouvement de l'air permanent
1ou 2			0-5				
			6-12				7. Pièces alignées de part et d'autre. Mouvement de l'air temporaire
	2-12						
0	**0 ou 1**					*	8. Pas de mouvement d'air
							4. Ouvertures
			0 ou 1		0		9. Grandes ouvertures, 40-80 % des façades N et S
			11 ou 12		0 ou 1	*	10. Ouvertures très petites, 10 –20 %
	N'importe	quelle	autre	condition			11. Ouvertures moyennes, 20-40 %
							5. Murs
			0-2				12. Murs légers ; Déphasage court
			3-12			*	13. Murs extérieur et intérieurs lourds
							6. Toitures
			0-5				14. Toits moyennement isolés
			6-12			*	15. Toits lourds 8 heures de déphasage
							7. Outdoor sleeping (terrasse)
				2-12		*	16. Espaces extérieurs nécessaires pour dormir
							8. Protection contre la pluie
		3-12					17. Nécessite de protection des grosses pluies

Tableau 9: Recommandations d'éléments de conception

Indicateurs						Recommandations	
Humide			Aride			(partie finale des Tables de Mahoney)	
H1	H2	H3	A1	A2	A3	Choix	Latitude: 31,6° N Longitude: 2,2° O Altitude: 772 m
0	0	0	12	4	5		(préférence de choix: dernier croix de H1 à A3)
							1. Dimension des ouvertures
			0 or 1		0		1. Grandes ouvertures, 40-80 % des façades N et S
					1-12	*	2. Ouvertures moyennes, 20-40 % de la surface totale. de la façade
			2-5				
11 ou 12			6-10				3. Composite, 20-35 % de la surface totale. de la façade
			11 ou 12		0-3		4. Petites ouvertures, 15-25 % de la surface totale. de la façade
					4-12	*	5. Ouvertures moyennes, 25-40 % de la surface totale.
							2. Position des ouvertures
3-12							6. Ouvertures au N et au S à hauteur d'homme, du côté du vent
1-2			0-5				
			6-12			*	7. De même que 6, mais en ajoutant des ouvertures, au niveau des murs intérieurs
0	2-12						
							3. Protection des ouvertures
					0-2		8. Exclure le rayonnement direct
		2-12					9. Créer des protections contre la pluie
							4. Murs et planchers
			0-2				10. légers : faible capacité thermique
			3-12			*	11. Lourds : Déphasage au delà de 8 heures
							5. Toitures
10-12			0-2				12. légers : Cavité et surface réfléchissante
			3-12				13. Léger et bien isolé
0-9			0-5				
			6-12			*	14. Lourds : Déphasage au delà de 8 heures
							6. Traitement des surfaces extérieures
				1-12		*	15. Espaces extérieurs nécessaires pour dormir
		1-12					16. Drainage adéquat des eaux pluviales