
S. SEMAHI¹, N ZEMMOURI¹ et B. DJEBRI²

¹Laboratoire de Conception et de Modélisation des Formes et des Ambiances Urbaines et Architecturales (LACOMOFA), Département d'Architecture, Université KHIDER Mohamed, BP 145 RP 07000 Biskra, Algérie.

²Laboratoire Ville, Architecture et Patrimoine (LVAP), École Polytechniques d'Architecture et d'Urbanisme EPAU. Alger. Route de Beaulieu, El-Harrach/B.P n° 177, 16200, Alger.

E-mail : samirsemahi20@gmail.com

Tél : + 213 662561341

LA CONCEPTION BIOCLIMATIQUE DES BATIMENT EN ALGERIE *Développement d'un guide d'aide à la conception pour les zones semi-arides*

Résumé :

Les perspectives de développement se rapportant au parc résidentiel, en Algérie, prévoient un accroissement exponentiel de la 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 guide pratique, afin d'aider les architectes à concevoir des bâtiments performants en terme énergétique et confortable sur le plan thermique. Tout en focalisant à la zone aride et semi-aride d'Algérie.

Mots clefs : conception bioclimatique, guide pratique, bâtiment performant, efficacité énergétique, confort thermique.

1. INTRODUCTION :

Le contexte algérien connaît une crise aiguë en matière d'habitat, dont le confort thermique a souvent été négligé par les concepteurs. Durant les quatre décennies post-indépendance, face à un 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. Inappropriée au contexte culturel, social et climatique du pays* » (Ould-henia, 2003). Cette expérience trouve sa continuité 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 et manque d'habitabilité que ces constructions engendraient.

Pour cela, l'Algérie met en œuvre, dans le cadre du PNME¹ 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 stade, nous constatons la nécessité de développement d'une méthode de conception, permettant l'intégration harmonieuse des bâtiments aux différentes conditions climatiques des régions, tout en assurant leur performance énergétique et leur confort thermique.

L'objectif principal de ce travail réside dans la proposition d'un guide pratique, afin d'aider les architectes à concevoir des bâtiments performants sur le plan énergétique et confortable en terme thermique.

Le présent travail concerne les bâtiments résidentiels situés à Béchar² (sud-ouest d'Algérie), qui sont confrontés à des problèmes de surchauffe pendant la période estivale.

¹ PNME : Programme National de Maîtrise de l'Énergie.

² Béchar est choisie pour sa représentativité des milieux semi-arides à climat chaud et sec en Algérie.

2. CARACTERISTIQUE CLIMATIQUE DE LA ZONE D’ETUDE (BECHAR) :

Béchar présente un climat semi-aride, qui est défini par deux saisons : un été chaud et sec (la température dépasse facilement les 43°C à l’ombre et l’humidité relative reste faible autour de 39%), ainsi qu’un hiver très froid (notamment la nuit par rapport au jour, elle peut décroître jusque à -5°C) avec des précipitations rares et irrégulières.

		Jan	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Jun	Juil.	Aug.	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

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

En plus de ces caractéristiques contraignantes, Le climat de Bechar présente un régime thermique très contrasté avec une forte insolation, dépassant les 5400 Wh/m²/Jour (la moyenne annuelle), et une durée d’insolation qui peut atteindre 3500 h/an.

3. LES 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 Bechar, nous avons utilisé le modèle d’ASHRAE³ standar-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 (Moujalled, 2007) :

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

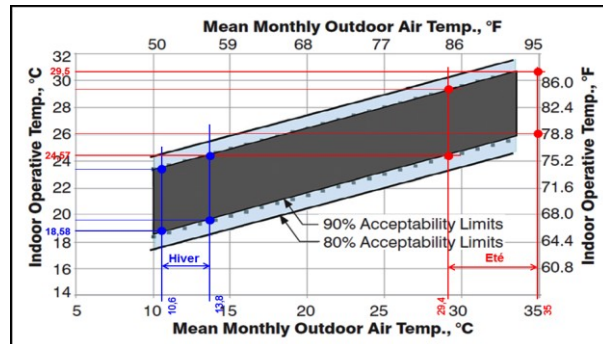


Figure 1: gammes de confort adaptatif dans la région de Bechar selon la température moyenne extérieure mensuelle (source : ASHARA standard 55-2004 .adapté par l’auteur.)

Subséquent de ce-ci, la température et les conditions de confort thermique intérieur, avec 90% d’acceptabilité pour la région de Bechar, varient entre 18.5°C et 24.5°C en hiver, alors qu’elles se situent entre 24.5°C et 29.5°C en été.

Par conséquent, les températures moyennes extérieures durant l’hiver, ainsi qu’en été dépassent les limites thermiques d’acceptabilité (gamme de confort).

Dès lors, l’unité habitable nécessite une conception architecturale performante, afin d’atteindre le confort thermique acceptable des occupants. Cet objectif nécessite des stratégies conceptuelles pertinentes, desquelles émane la sous-section suivante.

³ ASHRAE: American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers.

4. ANALYSE BIOCLIMATIQUE DE LA ZONE DE BECHAR :

Cette analyse se fait par l'application du diagramme psychrométrique de Szokolay (Szokolay, 1979) (fig.3), ainsi que le diagramme des triangles de confort d'Evans⁴ (Evans, 2007) (fig.4):

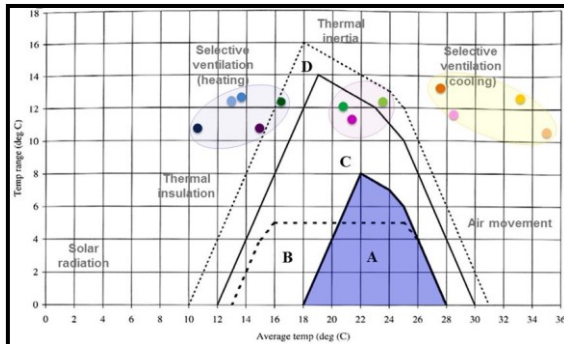


Figure 4 : Le diagramme des triangles de confort d'Evans pour la région de Bechar. (Source : auteur)

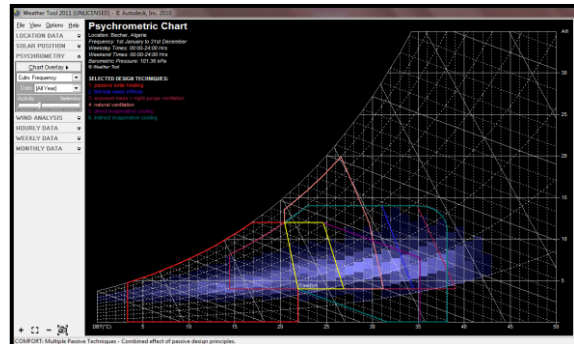


Figure 3: Le diagramme psychrométrique de Bechar, tiré de Weather Tool. Partie d'Ecotect 2011. (Source : auteur)

La ville de Béchar, constituant notre cas d'étude, est caractérisée par de longues périodes de surchauffe où l'inconfort est fortement ressenti. L'analyse climatique et bioclimatique de cette ville révèle que le tissu résidentiel se trouve durant presque tout l'année en dehors de la zone de confort. De même Les bâtiments doivent, être conçus selon les exigences thermiques commandées par la saison d'été ; celles de l'hiver seront favorables conséquemment.

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) indiquent qu'en été, le confort thermique intérieur dépend les stratégies suivantes : le plan compact, l'inertie thermique, l'effet de masse, la ventilation nocturne et le refroidissement par évaporation. Tandis que, en l'hiver, il relève du chauffage solaire passif et de l'effet de masse thermique.

Ces stratégies ne sont pas exploitables directement dès la conception architecturale⁵, du fait que les solutions (recommandations orientations) générées par l'analyse bioclimatique précédente, sont souvent présentées sans explication⁶ ; en indiquant seulement " quoi faire " (l'objectif), plutôt que " comment faire " (le processus et le savoir-faire). Cette préoccupation constitue l'objectif de la prochaine sous-section.

5. LE GUIDE PRATIQUE D'AIDE A LA CONCEPTION PROPOSE :

Notre guide joue le rôle d'un outil d'aide à la conception, qui intervient dans les phases précédant le processus de conception architecturale (Fernandez, 2010). Il est utilisé dans une phase importante (décisive) : celle où le projet n'est pas encore achevé et les modifications sont encore possibles. C'est durant cette phase que les choix primordiaux s'opèrent avec un effet direct sur le comportement thermique et la performance énergétique du bâtiment.

Compte tenu de ces postulats, nous proposons un guide pratique de recommandations et d'aide à la conception des bâtiments à faible consommation d'énergie. Ce dernier est basé sur le rapport entre les paramètres du climat et les aspects généraux du bâtiment (les dispositifs architecturaux) (fig.5).

Ainsi, la figure ci-dessous (fig.5), montre la relation entre les stratégies conceptuelles (résultat de l'analyse bioclimatique) et les dispositifs (éléments) architecturaux manipulés par l'architecte durant

⁴ 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 sédentaire)

⁵ Parce que la plus part des architectes ont des méconnaissances sur la conception bioclimatique et la performance énergétique dans le bâtiment.

⁶ 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).

les phases initiales de la conception. Nous soulignons également, que la concrétisation de chaque stratégie peut être réalisée à travers l'application de différents dispositifs architecturaux simultanément, Ce que rend la mission de l'architecte plus difficile à cause des choix multiples, parfois contradictoires.

De ce fait, les divers dispositifs qui définissent la stratégie doivent être conçus selon un ensemble conforme et cohérent, afin de résoudre les différents besoins, réduisant ainsi la contradiction entre les stratégies conceptuelles distinctes. Pour cela, on va présenter le savoir-faire conceptuel de chaque dispositif, pour assurer les différentes stratégies d'une manière synergique et complémentaire, sachant que chaque dispositif représente une planche (les tableaux suivants) de notre guide⁷.

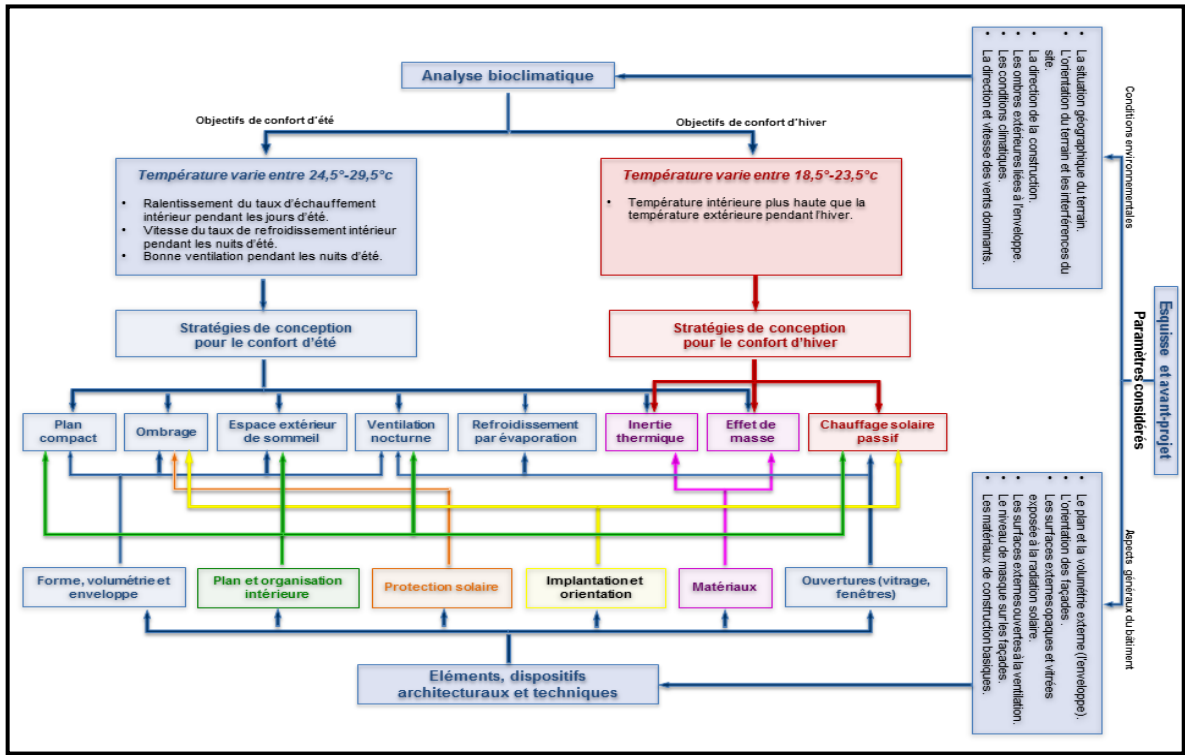


Figure 5 : Relations entre les aspects généraux du bâtiment et les stratégies conceptuelles durant les phases initiales de la conception architecturale (esquisse et avant-projet sommaire) (Source : auteur)

6. STRATEGIES CONCEPTUELLES ET DISPOSITIFS ARCHITECTURAUX :

6.1. Implantation et orientation :

Tableau 2 : Implantation et orientation (source : auteur)

1. IMPLANTATION ET ORIENTATION :		Région : Bechar	Climat : Chaud et Aride	Latitude : 31,6° N	Altitude : 772 m
Quel faire ? (des stratégies conceptuelles générées par l'analyse bioclimatique) Chauffage solaire passif et Ombrage.					
Comment ? (l'interprétation des stratégies conceptuelles (Savoir-faire))					
<p>Orientation des voies</p> <p>• Par rapport aux vents :</p> <p>Direction des vents d'été : NE-ENE Direction des vents d'hiver : SO-SSO Axes des voies NO-SE et NNE-SSW (représentent les perpendiculaires à la direction des vents). Ainsi, une orientation idéale de 20 à 45° par rapport à la perpendiculaire à l'axe de la rue est valable.</p> <p>• Par rapport à l'ensoleillement :</p> <p>Pour le confort d'été : L'orientation adéquate est Nord-Sud. Pour le confort d'hiver : L'orientation adéquate est Est-Ouest. Pour ce dernier On obtient :</p> <p>$L = \frac{1}{2} (2 \cdot \theta_{opt} + \theta_{min})$</p> <p>Avec : θ : hauteur du soleil au plus moment de l'hiver ; θ_{min} : le nombre de fois que le hauteur du soleil est la hauteur de la façade. L : l'angle de la rue (selon FERNANDEZ P. LAFITOLE P., 2009)</p> <p>Pour Bechar : θ=39°</p>	<p>La synthèse</p> <p>On peut le résumer par un schéma de synthèse :</p> <p>Phylaxie Fatalema (projeté pour les voies)</p> <p>Orientation des Bâtiments</p> <p>• Par rapport à l'ensoleillement :</p> <p>Les deux figures illustrent les diagrammes de la course de soleil d'été et d'hiver pour la région de Bechar. Ainsi, elles montrent l'incidence des rayons solaires sur les façades. (D'après : Ecotect analyses 2011).</p> <p>• L'orientation optimum (D'après : Ecotect analyses 2011) :</p> <p>L'orientation optimum du bâtiment pour la région de Bechar est Nord-Sud. Parce que La solution optimale moyenne pour une façade (plan vertical) sud sera avec : 4.4° rotation en face et 0.0° rotation en été.</p> <p>Optimum : OUI Non : NON</p>	<p>Orientation des Bâtiments</p> <p>• Par rapport à l'ensoleillement :</p> <p>Les deux figures illustrent les diagrammes de la course de soleil d'été et d'hiver pour la région de Bechar. Ainsi, elles montrent l'incidence des rayons solaires sur les façades. (D'après : Ecotect analyses 2011).</p> <p>• L'orientation optimum (D'après : Ecotect analyses 2011) :</p> <p>L'orientation optimum du bâtiment pour la région de Bechar est Nord-Sud. Parce que La solution optimale moyenne pour une façade (plan vertical) sud sera avec : 4.4° rotation en face et 0.0° rotation en été.</p> <p>Optimum : OUI Non : NON</p>			

⁷ Ces planches sont des planches de synthèse et pour plus d'explication concernant chaque dispositif, veuillez consulter le dernier chapitre (Semahi S., 2013).

6.2. Forme, plan et organisation intérieure :

<p>2. FORME, PLAN ET ORGANISATION INTERIEURE :</p> <p>Qual. Intra 2 (les stratégies conceptuelles générées par l'analyse bioclimatique) Plan compact, ventilation nocturne, espaces extérieurs de sommeil, Chauffage solaire passif et Ombrage.</p> <p>Comment 2 (l'interprétation des stratégies conceptuelles (savoir-faire conceptuel))</p>	<p>Region: Bechar Climat: Chaud et Aride Latitude: 31°E N Altitude: 772 m</p>
<p>Forme et volumétrie</p> <p>Le coefficient de la forme : Le CF (BV) doit être plus petit que le CF des bâtiments existants pour assurer la ventilation nocturne et éviter le surchauffage (surpression).</p> <p>Les courbes: Par l'introduction des courbes et des plans on crée une forme compacte qui favorise le rayonnement nocturne des parois et évite le surchauffage (surpression).</p> <p>Le rapport des volumes : Le rapport des volumes est un indicateur de la forme compacte. On utilise le rapport des volumes (RV) pour mesurer la compacité des formes.</p> <p>L'interdit des voiles et coupoles: Une surface horizontale ou une surface inclinée favorise le rayonnement nocturne et évite le surchauffage (surpression).</p>	<p>La synthèse</p> <p>Conception générale pour les climats chauds et arides</p>
<p>Plan et organisation intérieure</p> <p>Matrice des relations vie - énergie - solaire passive selon les types d'espaces.</p>	<p>Plan et organisation intérieure</p> <p>Matrice des relations vie - énergie - solaire passive selon les types d'espaces.</p>

Tableau 3 : Forme, plan et organisation intérieure (source : auteur)

6.3. Ouverture et protection solaire :

<p>3. OUVERTURES ET PROTECTIONS SOLAIRES :</p> <p>Qual. Intra 2 (les stratégies conceptuelles générées par l'analyse bioclimatique) Chauffage solaire passif, ventilation nocturne, refroidissement par évaporation et Ombrage.</p> <p>Comment 2 (l'interprétation des stratégies conceptuelles (savoir-faire))</p>	<p>Region: Bechar Climat: Chaud et Aride Latitude: 31°E N Altitude: 772 m</p>
<p>Ouvertures et ventilation</p> <p>Ventilation par chauffage différentiel: L'ouverture des fenêtres dans le côté Nord (faible incidence) qui permet la pénétration d'air frais pendant la nuit.</p> <p>Ventilation nocturne (la nuit d'été): L'ouverture des fenêtres dans le côté Nord (faible incidence) qui permet la pénétration d'air frais pendant la nuit.</p>	<p>Ouvertures et ensoleillement</p> <p>Taille des ouvertures: Une dimension des fenêtres est recommandée par rapport à l'orientation. On utilise une surface de 25% et 40% de la surface totale de la façade sud.</p> <p>Position des ouvertures: La surface du jonction de la paroi(s)</p>
<p>Protections solaires</p> <p>Le diagramme solaire (hauteur et azimut): (Source: analyse 2011)</p> <p>Le dimensionnement: Le rapport entre le profondeur de l'auvent et la hauteur de la fenêtre (H) pour le cas de Bechar (Source: auteur)</p>	<p>Projections solaires</p> <p>Le diagramme solaire (hauteur et azimut): (Source: analyse 2011)</p> <p>Le rapport entre le profondeur de l'auvent et la hauteur de la fenêtre (H) pour le cas de Bechar (Source: auteur)</p>

Tableau 4 : ouvertures et protection solaire (source : auteur)

6.4. Matériaux et enveloppe thermique :

<p>4. MATERIAUX ET ENVELOPPE THERMIQUE</p> <p>Qual. Intra 2 (les stratégies conceptuelles générées par l'analyse bioclimatique) Effet de masse (haut-masse thermique et grande inertie thermique).</p> <p>Comment 2 (l'interprétation des stratégies conceptuelles (savoir-faire))</p>	<p>Region: Bechar Climat: Chaud et Aride Latitude: 31°E N Altitude: 772 m</p>
<p>Murs extérieurs</p> <p>Emploiment: Pour une efficacité maximale, la masse thermique doit être placée à l'intérieur de l'enveloppe externe.</p> <p>Couleur des parois: Les parois doivent être peintes en blanc pour réfléchir le rayonnement solaire et éviter le surchauffage.</p> <p>Le dopageage (D) recommandé est 15 jours</p> <p>Le mur massif: les parois doivent être peintes en blanc pour réfléchir le rayonnement solaire et éviter le surchauffage.</p>	<p>Coloises intérieures</p> <p>Emploiment: L'utilisation de masse thermique dans les parois des pièces favorise le confort thermique et évite le surchauffage.</p> <p>Le dopageage (D) recommandé est entre 8 et 12 jours</p> <p>Le mur massif: les parois doivent être peintes en blanc pour réfléchir le rayonnement solaire et éviter le surchauffage.</p>
<p>Planchers et toitures</p> <p>Emploiment: L'utilisation de masse thermique dans les parois des pièces favorise le confort thermique et évite le surchauffage.</p> <p>Le dopageage (D) recommandé est entre 8 et 12 jours</p> <p>Le mur massif: les parois doivent être peintes en blanc pour réfléchir le rayonnement solaire et éviter le surchauffage.</p>	<p>Planchers et toitures</p> <p>Emploiment: L'utilisation de masse thermique dans les parois des pièces favorise le confort thermique et évite le surchauffage.</p> <p>Le dopageage (D) recommandé est entre 8 et 12 jours</p> <p>Le mur massif: les parois doivent être peintes en blanc pour réfléchir le rayonnement solaire et éviter le surchauffage.</p>

Tableau 5-A : Matériaux et enveloppe thermique. (Source : auteur). Les parois Tirées de « Choix des MATÉRIAUX. ÉCOBILAN de parois » (Trachte et De herde, 2010)

6.4. Matériaux et enveloppe thermique :

<p>5. MATERIAUX ET ENVELOPPE THERMIQUE</p> <p>Qual. Intra 2 (les stratégies conceptuelles générées par l'analyse bioclimatique) Effet de masse (haut-masse thermique et grande inertie thermique).</p> <p>Comment 2 (l'interprétation des stratégies conceptuelles (savoir-faire))</p>	<p>Region: Bechar Climat: Chaud et Aride Latitude: 31°E N Altitude: 772 m</p>
<p>Murs extérieurs</p> <p>Emploiment: Pour une efficacité maximale, la masse thermique doit être placée à l'intérieur de l'enveloppe externe.</p> <p>Couleur des parois: Les parois doivent être peintes en blanc pour réfléchir le rayonnement solaire et éviter le surchauffage.</p> <p>Le dopageage (D) recommandé est 15 jours</p> <p>Le mur massif: les parois doivent être peintes en blanc pour réfléchir le rayonnement solaire et éviter le surchauffage.</p>	<p>Coloises intérieures</p> <p>Emploiment: L'utilisation de masse thermique dans les parois des pièces favorise le confort thermique et évite le surchauffage.</p> <p>Le dopageage (D) recommandé est entre 8 et 12 jours</p> <p>Le mur massif: les parois doivent être peintes en blanc pour réfléchir le rayonnement solaire et éviter le surchauffage.</p>
<p>Planchers et toitures</p> <p>Emploiment: L'utilisation de masse thermique dans les parois des pièces favorise le confort thermique et évite le surchauffage.</p> <p>Le dopageage (D) recommandé est entre 8 et 12 jours</p> <p>Le mur massif: les parois doivent être peintes en blanc pour réfléchir le rayonnement solaire et éviter le surchauffage.</p>	<p>Planchers et toitures</p> <p>Emploiment: L'utilisation de masse thermique dans les parois des pièces favorise le confort thermique et évite le surchauffage.</p> <p>Le dopageage (D) recommandé est entre 8 et 12 jours</p> <p>Le mur massif: les parois doivent être peintes en blanc pour réfléchir le rayonnement solaire et éviter le surchauffage.</p>

Tableau 5-B : Matériaux et enveloppe thermique. (Source : auteur). Les parois Tirées de « Choix des MATÉRIAUX. ÉCOBILAN de parois » (Trachte et De herde, 2010)

7. CONCLUSION :

L'accomplissement des objectifs d'économie énergétique et de réduction des gaz à effet de serre, s'effectue à travers la conception, la réalisation des bâtiments à haute performance énergétique, qui doit être maintenue dans le temps (la gestion à long terme).

Notre approche se focalise sur la conception architecturale passive, afin d'optimiser la consommation énergétique dès le début du cycle de vie du bâtiment (l'étape de la sobriété énergétique selon le scénario « Néga Watt »). Cela assure l'utilité et la performance des deux étapes consécutives (l'efficacité et le renouvelable).

Ce travail porte sur les dispositifs architecturaux manipulés par les architectes durant les phases initiales de la conception. Après une analyse bioclimatique de la zone d'étude, nous avons généré les différentes stratégies conceptuelles convenables. Puis, nous avons caractérisé les dispositifs, qui permettent à répondre efficacement aux exigences émises par les stratégies concernées, d'une façon synergique et complémentaire.

Le guide pratique est basé principalement sur des recommandations qualitatives et quantitatives schématiques, ce qui permet aux architectes d'éviter, dès le départ, certaines défaillances conceptuelles. De la sorte, notre proposition représente un document de travail à bord, qui assiste l'architecte et stimule son imagination et sa créativité dans le domaine énergétique du bâtiment.

8. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

- EVANS J.M., 2007, *the Comfort Triangles. A new tool for bioclimatic design*, University of Technology, Delft, 291p.
- FERNANDEZ L., 2010, *Transposition en architecture des connaissances d'ingénierie environnementale et des savoirs relatifs au choix des matériaux*, Thèse de doctorat, Université de Toulouse, Toulouse, 325p.
- MAZRIA E., 2005, *Le guide de la maison solaire*, Parenthèses, Marseille, 339 p.
- MOUJALLED B., 2007, *Modélisation dynamique de confort thermique dans les bâtiments naturellement ventilés*, Thèse de doctorat, Institut des Sciences Appliquées de Lyon (ISAL), Lyon, 329p.
- OULD-HENIA A., 2003, *Choix climatique et construction. Zone aride et semi arides. La maison a cour de Bou Saada*, Thèse de doctorat, Ecole Polytechnique de Lausanne (EPFL), Lausanne, 181p.
- SEMAH S., 2013, *Contribution méthodologique à la conception des logements à haute performance énergétique (HPE) en Algérie. développement d'une approche de conception dans les zones arides et semi-arides*. Mémoire de magister, Ecole Polytechnique d'Architecture et d'Urbanisme (EPAU), Alger, 150p.
- SZOKOLAY S.V., 1979, *Environmental science handbook for architects and builder*, the Onstruction Press, Lacastre, London, New York, p263.
- TRACHTE S.et DE HERDE A., 2010, *Choix des MATÉRIAUX. ÉCOBILAN de parois*, ARCHITECTURE ET CLIMAT – UCL, 359p.
- WUNDERGROUND, 2012, *Weather Underground*. Un site météo www.Wunderground.com. Consulter le 26/11/2012).