

# La reproduction de l'habitation troglodyte vernaculaire aux temps 'modernes'. Cas d'un projet d'habitat du 'plan de Constantine' a Biskra (sud-est Algérien).

Asma Achraf ZENDAGUI<sup>1</sup> et Azeddine BELAKEHAL<sup>2</sup>

*Université de Biskra, Département d'architecture, Laboratoire LACOMOFA, Algérie*

1e-mail: zendaguiasma2014@gmail.com

**Abstract**— Dans ce travail, il y aura lieu de reconstituer et examiner les ambiances générées à l'intérieur d'une habitation semi troglodytique, proposée pour confronter les conditions sévères du climat chaud et sec. L'étude architecturale du projet comportant cette proposition date de la fin des années cinquante. Elle fait partie d'une grande opération de logement dans l'histoire de l'Algérie appelée 'plan de Constantine. Le projet s'inscrit dans le registre de l'architecture du mouvement moderne. l'intérêt d'étudier cette facette environnementale physique des ambiances de ce projet revient au fait que cette opération de logement par souci économique interdit toute solution de conditionnement d'air par voie mécanique, entraînant une dépense notable d'énergie. L'ambiance y est donc tout simplement naturelle.

**Keywords**— Habitat troglodytique, Architecture passive, Architecture moderne, Climat chaud aride et sec, Ciel Clair Ensoleillé, Environnements thermiques et lumineux.

## I. INTRODUCTION

Ces dernières décennies, la relation entre l'héritage architectural et l'approche environnementale est mise en exergue de jour en jour. La mise en valeur des architectures anciennes commence à prendre une nouvelle dimension dans le domaine de recherche scientifique ; celle de source inédite de solutions passives. Dans notre cas d'étude l'habitation troglodytique vernaculaire des anciens temps servait de référence aux architectes de la modernité, pour arriver à une architecture de simple confort avec le moindre cout. A notre ère, elle présente une référence à la fois économique, environnementale et durable. Ce qui va être illustré dans ce texte au moyen d'une étude ambiantale.

En premier, on commence par une contextualisation historique dans laquelle on présentera un aperçu sur l'habitat troglodytique, et les données historiques de genèse du projet objet d'étude, Qui sera objet d'une reconstitution virtuelle qui nous donne à la fin un objet expérimental. Après avoir défini le Protocole expérimental, la variante reconstituée va être soumise à une simulation des environnements physiques générés.

## II. L'HABITAT TROGLODYTIQUE

L'un des premiers abris humains sur terre. C'est une excavation dans la terre ou bien dans la roche qui possède plusieurs formes, et ça selon les caractéristiques géologiques du site. On trouve l'habitat excavé en puits ou en grotte (architecture traditionnelle Méditerranéenne, Euromed heritage). L'habitat troglodytique figure parmi les constructions spécifiques aux régions désertiques, elles sont nombreuses au Sahara citant les exemples du sud de l'Algérie (Tassili au Hoggar), aussi ceux du sud de la Tunisie (Matmata...) .les conditions qu'elles offrent sont peut-être la raison de leur utilisation dans cette catégorie de zones. Cette typologie d'habitat a suscité l'intérêt des architectes des temps modernes, tel une solution architecturale économique en matière de consommation énergétique. Cet intérêt a été soulevé lors d'une étude monographique d'un projet d'habitat inscrit dans le répertoire du mouvement moderne. Ou le maître d'œuvre s'est mis à la recherche du type d'habitat le plus approprié aux contraintes climatiques et économiques imposés.

### III. CONTEXTE HISTORIQUE DU PROJET

Le projet objet d'étude, est un projet d'habitat de simple confort « évolutif », qui date de la fin des années cinquante. S'insère dans le cadre d'opérations connues par le 'plan de Constantine' (1958). Ce plan prévoyait environ 210 000 logements à travers le pays. Le projet a été destiné à la ville de Biskra, située au sud-est de l'Algérie, connue par son climat aride et chaud. L'étude a été soumise à des contraintes économiques spéciales tel que l'interdiction de toutes sortes de climatisation mécanique. La mission de l'étude architecturale a été attribuée à l'architecte George Henri Pingusson, une figure représentative du mouvement moderne en France. Il a proposé le recours aux solutions des temps des anciens, qui se basent sur les principes de physique élémentaire utilisés pour la réfrigération économique, indiquant qu'elle est la meilleure réponse aux conditions climatiques sévères des milieux désertiques. Après son examen des bâtisses préexistantes et du contexte géo climatique. Il a suggéré une variante de logement qui rappelle l'habitat troglodytique, il l'a nommé aussi habitat « géothermique » ou « souterrain ». Une reproduction moderniste d'un type d'habitat très ancien. L'étude du projet a atteint la phase d'exécution, mais sa réalisation fut abandonnée en raison de l'indépendance de l'Algérie. Pour cela, nous avons mené, en une première étape, une reconstitution virtuelle de l'habitation troglodytique proposée dans ce projet, et ensuite, soumis cette habitation à une évaluation des environnements physiques y générés par le moyen du logiciel ECOTECT.



Figure 1 photo de maquette du projet 540lgs

### IV. MODELISATION 3D

Pour effectuer la modélisation, il nous a fallu le passage par trois étapes principales.

- i) l'assemblage du corpus documentaire. Ii) la numérisation des documents. Iii) la modélisation 3D.

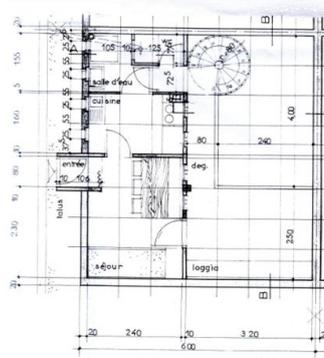


Figure 2 Plan RDC

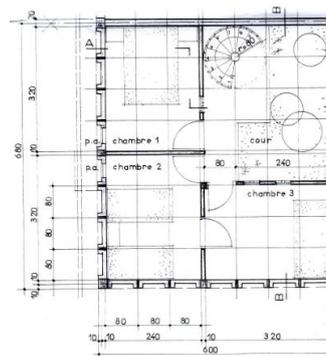


Figure 3 Plan du sous sol

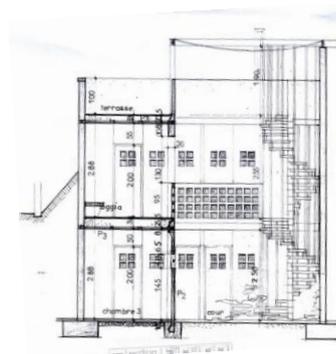


Figure 4 Coupe

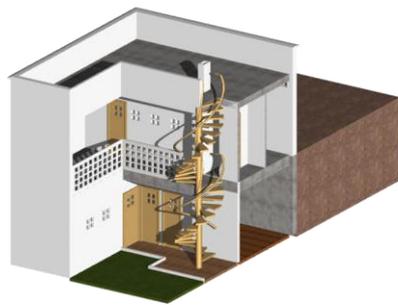


Figure 5 Axonométrie montrant l'ancrage de l'habitation dans le sol, source Auteur



Figure 6 Aspect volumétrique de l'habitation semi troglodytique, source Auteur

## V. SIMULATION DE L'ENVIRONNEMENT THERMIQUE ET LUMINEUX

La conformation architecturale de l'habitation étant définie, on procède à l'expérimentation de cette conformation dans son contexte naturel, par le moyen d'une simulation informatique à l'intérieur des logements. L'objectif est d'explorer les types d'ambiances générées à l'intérieur des logements. Soulignons qu'on va se limiter à simuler deux environnements physiques, ceux lumineux et thermique. Ces deux dimensions sensorielles sont choisies pour être étudiées suite aux intentions de G.H.Pingusson pour un logement saharien et sa croyance en l'existence d'une proposition idéale dans ce contexte.

En premier, on doit définir un protocole expérimental dans lequel on expose toutes les conditions génératrices des deux environnements physiques. Ce protocole est structuré sur la base d'un schéma illustratif (figure 7). Qui nous permet

de comprendre comment s'interagissent les composantes de cette expérimentation ambiante.

### a. Contexte géo climatique

La ville de Biskra est située à 470 KM au Sud- Est d'Alger, sur les lignes 34,48° de latitude nord, et une longitude de 5,73°Est, et à 87 m d'altitude, elle se situe dans la zone D qualifiée comme étant semi-aride à climat chaud et sec.

### b. Le macroclimat lumineux

Le macroclimat lumineux de la ville de Biskra ressemble en beaucoup d'aspects à celui des régions désertiques vue sa situation au nord du Grand Sahara. Un ciel clair régnant Presque toute l'année et dont la luminance atteint 100.000 lux (Satel-light.com).

La portion des jours nuageux est d'environ 6.66% et les jours ensoleillés constituent une portion d'environ 73%.

### c. Outil de simulation thermique

Pour la simulation de l'environnement thermique on a utilisé Autodesk® Ecotect™ Analysis 2011 qui est un logiciel de simulation et de conception au même temps. Développé par Autodesk, Inc, il combine un modeleur 3D avec des analyses solaires, thermiques, acoustiques et de coût.

### d. Outil de simulation lumineuse

Le programme Radiance (2.0 BETA) est un ensemble de programmes libres développé par Greg Ward Larsaon (1985 –1997) au laboratoire national de Laurent Berkeley pour l'analyse de haute précision et la visualisation de l'éclairage dans la conception. C'est le programme qui donne des valeurs simulées les plus proches de celles réelles spécifiques aux régions à ciel clair ensoleillé.

## V. RESULTATS DE LA SIMULATION ET LEURS INTERPRETATIONS

### a. la Simulation de l'environnement thermique

La construction simplifiée du logement dans le logiciel Ecotect est la première étape de la simulation. Pour cela, il fallait définir sa situation, son orientation puis les matériaux de construction prévus (tableau 1). Aussi il est à souligner que la maison est ancrée dans le sol à une profondeur de 2.5m.

Dans la simulation, la terre assiette de la maison est saisie comme une zone qui a les caractéristiques

thermiques du sol dans le site de l'étude, un sol gypseux en surface, comprend de gros galets d'oued à 4 - 5 mètres de profondeur.

### ***Introduction des matériaux de construction***

La construction du modèle avec Ecotect, s'effectue avec le principe de zones thermiques. Chaque zone représente un espace architectural bien déterminé avec ses cloisons et ouvertures chaque élément constitutif d'une zone possède des caractéristiques thermo physiques qui ont été bien définies. La simulation des températures cerner la journée de pic de chaleur d'été 22 juillet, les résultats sont montrés en forme de graphs.

### ***Températures dans le séjour***

Dans le séjour, les températures journalières varient entre 38c° et 41c°. La température minimale est enregistrée de 6:00 h à 10:00 h du matin, la maximale à 23:00 h.

On remarque une stabilité des températures d'une moyenne de 39.1c° malgré le changement de la température à l'extérieur. Un écart important entre T° intérieur et T° de l'extérieur atteint 9.2c° à 14:00h.

### ***Températures dans la chambre***

Les températures journalières dans la chambre 01 située au sous sol, oscillent entre 38c° et 40c°. La température minimale est enregistrée de 4:00 h à 6:00 h du matin. Elle s'amplifie jusqu'à une valeur maximale de 40c°, enregistrée à midi et reste presque la même toute l'après midi jusqu'à la nuit. On remarque une moyenne de température journalière de 39.1c° stable malgré le changement des températures à l'extérieur. Un écart important dans les heures de pic de chaleur de l'après midi il atteint 8.7c°

### ***Interprétation et discussion des résultats***

On remarque que les températures d'air ambiant dans la maison, demeurent relativement stables pendant toute la journée. La température minimale est enregistrée durant les premières heures du matin, avec une valeur entre 37 et 38 C°. La plus élevée est de 42 c°, et ce durant les premières heures nocturnes. Une moyenne de température journalière est enregistrée de 39.1 C°.

De plus, on note un intervalle important entre la température à l'intérieur de l'habitation et celle à l'extérieur qui atteint 9.5 C° pendant les heures les plus chaudes de la journée. Ce qui prouve que la maison tiens sa température interne tout au long de la journée. Cependant, la température de confort n'est pas atteinte. En effet la marge de confort chez les habitants de la ville de Biskra se situe entre 18° et 30°c selon Khoukhi et Fezzoui (2012).

Ou bien entre 26° à 28°c selon le CSTB (1958). Il s'avère donc, qu'une climatisation mécanique est nécessaire pour le confort des habitants.

### ***La simulation de l'environnement lumineux naturel***

L'environnement lumineux est le deuxième environnement physique ciblé par la simulation dans ce travail L'opération de simulation, sera exécutée par le logiciel Radiance. Les étapes de la simulation, cerne en premier l'importation du model 3D de l'habitation convoitées. Ensuite, on fixera les points de vision de l'observateur, ce qui permet de constituer une série de scènes. Ces derniers, seront transférés à Radiance, après un ensemble de réglages on lance le rendu. Les résultats de la simulation seront présentés sous forme d'images comportant les quantités de lumière.

### ***Lumière naturelle dans le séjour***

Dans le séjour situé au rez de chaussées, la séquence simulée visée depuis le canapé en temps de repos à 16h, et en position assise dirigée vers la table à manger. La source lumineuse englobe la porte et deux ouvertures ajourées donnant sur la loggia. Cette séquence est rendue en images contenant les luminances « human sensitivity ».

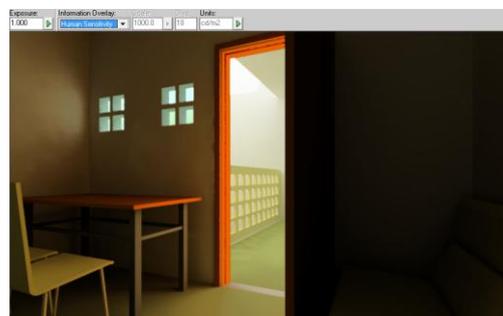


Figure 7 Séquence 16:00h Avril séjour / luminances « human sensitivity »

### ***Lumière naturelle dans La chambre***

Se situe au sous-sol. Elle s'ouvre sur le patio à ciel ouvert, par la porte et une fenêtre ajourée. La séquence simulée montre la perception de la mère au moment du réveil le matin. Elle est assise en face des ouvertures de la chambre, source de la lumière naturelle. L'image illustrée montre les luminances aux quelles l'homme est sensible, « human sensitivity ».

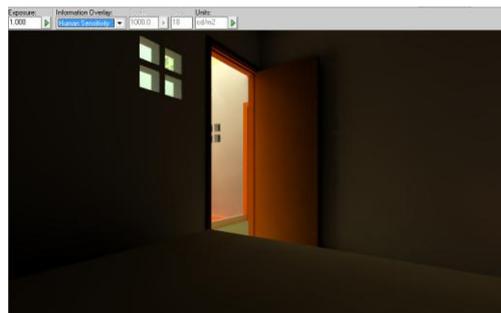


Figure 8 Séquence 07:00h Avril chambre / luminances  
« human sensitivity »

### Interprétation et discussion des résultats

Dans le séjour et la chambre les luminances varient entre 50 et 950 cd/m<sup>2</sup>. Le rapport entre ces deux valeurs est conforme aux valeurs recommandées qui sont de 1/20 à 1/40 (0.05 à 0.025) pour le macro-champ visuel.

L'ancrage de la maison dans le sol, est une sorte de protection des rayons solaires directs. En plus, le fait de surhausser les ouvertures avec des décrochements, a engendré la création d'un environnement lumineux discret à l'intérieur des espaces. La quantité lumineuse est rationnelle, voire peu suffisante parfois, l'éclairage doit être renforcé avec la lumière artificielle

Les séquences simulées de l'environnement lumineux à l'intérieur de l'habitation sous un ciel clair ensoleillé, révèlent une multitude d'atmosphères lumineuses qui diffèrent d'un espace à l'autre dans la maison. Généralement elles sont caractérisées par un aspect lumineux doux et parfois sombre. Cette qualification est confirmée par la simulation des quantités de lumière naturelle. Ces dernières ont été parfois conformes aux recommandations prescrites et satisfait le déroulement de l'activité humaine, et parfois la quantité de lumière s'avère insuffisante pour l'accomplissement des tâches, donc l'éclairage artificiel sera nécessaire

## VI. CONCLUSION

Les résultats ont montré que l'environnement physique lumineux est caractérisé par un aspect lumineux doux et parfois sombre. Cette qualification est confirmée par la simulation des quantités de lumière naturelle. Ces dernières ont été parfois conformes aux recommandations prescrites et satisfait le déroulement de l'activité humaine, et parfois la quantité de lumière s'avère insuffisante pour l'accomplissement des tâches, donc l'éclairage artificiel sera nécessaire. L'environnement physique thermique est, quant à lui, ne montrait pas des températures de confort sans conditionnement mécanique. Certes, on a

trouvé un écart important entre la température int/ext qui atteint 9c°, c'est-à-dire en été l'intérieur de l'habitation est plus frais que l'extérieur. Facteur qui peut aider à minimiser la consommation énergétique pour le conditionnement.

### Bibliographie

Archives, Apc Biskra. (1960). 540 Logements, Ophlm Constantine.

Belakehal, A. (2013). De La Notion D'ambiance. *Courrier Du Savoir*. [3]

Çelik, Z. (1997). *Urban Forms And Colonial Confrontations Algiers Under French Rule*. Berkeley · Los Angeles · Oxford: University Of California Press. [7]

Cstb. (1958, Juillet). Comment Construire Au Sahara? *Confort: Traditions, Matériaux, Technologies* (N°6) [3]

Iceb. (2014). Les Guides Bio-Tech L'éclairage Naturel. France. [6]

Khokhi, M. F. (2012). Thermal Comfort Design Of Traditional Houses In Hot Dry Region Of Algeria. *International Journal Of Energy And Environmental Engineering* [10]

Meliouh, F. (1998). *Pratiques Domestiques Feminines Dans Le Logement Collectif: Espaces Et Confort*. Biskra: Centre Universitaire M.Khider, Institut D'architecture. [10]

Picard, A. (S.D.). Architecture Et Urbanisme En Algérie 1830-1962. *Figures De L'orientalisme En Architecture*, Pp. 128-129. [3]

Ragon, M. (1986). *Histoire Mondiale De L'architecture Et De L'urbanisme Modernes*. Casterman. [1]

Revue Des Mondes Musulmans Et De La Méditerranée. (1994). *Figures De L'orientalisme En Architecture*. (N°73-74). [3]

Texier, S. (2006). *Geaoge- Henri Pingusson Architecte, 1894-1978- La Poétique Pour Doctrine*. Paris: Verdier [1]

[Http://Www.Meda-Corpus.Net/Frn/Portails/Pdf/F1/Es\\_T01.Pdf](http://www.Meda-Corpus.Net/Frn/Portails/Pdf/F1/Es_T01.Pdf)[7]