



Université de Constantine 3
Faculté d'Architecture et d'Urbanisme
Département d'Architecture

REINTERPRETATION DE L'ARCHITECTURE NEO-VERNACULAIRE D'EL
MINIAWY ET D'ANDRE RAVEREAU ; POUR UNE ARCHITECTURE
VERNACULAIRE CONTEMPORAINE.
CAS DES LOGEMENTS A M'SILA ET A GHARDAÏA

THESE

Présentée pour l'Obtention du
Diplôme de Doctorat LMD (troisième cycle)
Spécialité : Architecture
Option : Projet Architectural et Nouvelles technologies

Par
Soumaya KERSENNA

Année Universitaire
2021-2022



Université de Constantine 3
Faculté d'Architecture et d'Urbanisme
Département d'Architecture

N° de Série :

N° d'Ordre :

REINTERPRETATION DE L'ARCHITECTURE NEO-VERNACULAIRE D'EL
MINIAWY ET D'ANDRE RAVEREAU ; POUR UNE ARCHITECTURE
VERNACULAIRE CONTEMPORAINE.
CAS DES LOGEMENTS A M'SILA ET A GHARDAÏA

THESE

Présentée pour l'Obtention du
Diplôme de Doctorat LMD (troisième cycle)
Spécialité : Architecture
Option : Projet Architectural et Nouvelles technologies

Par
Soumaya KERSENNA

Devant le Jury Composé de :

Pr. KORICHI Amar	Président	Université Constantine 3
Pr. CHAOUICHE Salah	Rapporteur	Université Constantine 3
Dr. MAHIMOUD Aissa	Examineur	Université Constantine 3
Pr. RAHAILIA Hassib	Examineur	Université Annaba
Dr. SAMAI BOUDJADJA Assia	Examineur	Université Sétif 1
Dr. FEZZAI Soufiane	Examineur	Université Tébessa

Année Universitaire
2021-2022

REMERCIEMENTS

En préambule à cette thèse je m'adresse à Dieu, le tout puissant pour le remercier de m'avoir aidé à achever ce modeste travail en me donnant la patience, le courage et la force pour dépasser toutes les difficultés.....Dieu merci.

Je tiens tout d'abord à exprimer ma sincère gratitude au Professeur Chaouche Salah en tant que directeur de ma thèse, pour son implication, son apport, son enthousiasme et sa rigueur scientifique, et la confiance qu'il a mis en moi, depuis la première année de mon inscription jusqu'à l'accomplissement de cette thèse. Je remercie également Professeur Chaouche Bencherif Meriama pour ses relectures pointilleuses du manuscrit ainsi ses orientations et critiques constructives.

Parlant de stage ; j'adresse toute ma plus vive reconnaissance aux chercheurs du Laboratoire de Thermomécanique LTM du GRESPI à l'UFR Sciences Exactes et Naturelles de l'Université de Reims Champagne Ardenne et tout particulièrement Mr Chadi Maalouf ; spécialiste dans le domaine du confort thermique, hygrothermique, des bâtiments et matériaux durables, merci d'avoir accepté d'accueillir une architecte de formation, merci encore une fois pour l'écoute, pour les précieuses remarques qui ont guidé ma voie dans le bon sens pour une première ébauche de rédaction d'un article scientifique.

Merci infiniment aux chercheurs de l'école d'architecture et d'urbanisme de Kent, Université de Canterbury qui m'ont donné l'occasion d'enrichir scientifiquement mes connaissances concernant les méthodes de recherches, les outils et les logiciels relatifs à ma thématique. Merci énormément à l'ensemble des doctorants chercheurs de cette école avec qui j'ai tissé des liens d'amitié. Ils m'ont beaucoup encouragé et soutenu en pleine période de pandémie.

Je remercie profondément Docteur Sotehi. O, enseignant à la faculté d'architecture de l'Université de Constantine 3 et professionnel dans le domaine thermique, pour ses orientations, ses échanges enrichissants et son suivi lors de la réalisation et la lecture des graphes et résultats de l'étude de simulation par le logiciel « EnergyPlus V9.1.0 ». Merci beaucoup de m'avoir aidé scientifiquement cela m'a permis de perfectionner mes résultats. A l'enseignante chercheuse Laroui Abdelbasset pour le déblocage sur le logiciel « EnergyPlus V9.1.0 ».

Ce travail a aussi vu le jour grâce à la mise en disposition des appareils de mesure in situ par le Professeur Saffidine Rouag Djamilia ; directrice du laboratoire : Energie & Environnement, Faculté d'Architecture et d'Urbanisme, Université de Constantine 3, Algérie.

De manière significative je tiens à remercier Mme Catherine Sayen urbaniste et élève et dernière compagne de Fernand Pouillon et présidente de l'association des Pierres sauvages de Belcastel, de m'avoir alimenté par les documents nécessaires pour le travail. Je n'oublie pas monsieur Ferhat Mahdi qui a accepté de partager son expérience avec moi sur les projets qu'il a réalisés sur chantier avec Pouillon, ses explications et la fourniture des livres sur l'architecture de Fernand Pouillon qui m'étaient très utiles. Sans oublier aussi de remercier chaleureusement Maya Ravéreau pour son aide et ses explications concernant les projets d'André Ravéreau à Ghardaïa, ainsi les documents fournis par l'Association ALADAR, Les Amis D'André Ravéreau pour compléter le travail de train.

J'adresse aussi mes remerciements à toutes les personnes et les intervenants de différentes structures ayant contribué au bon déroulement et l'existence de cette thèse, en me permettant

la consultation des documents ainsi que des données et informations nécessaires pour l'élaboration de cette recherche : les architectes de l'OBJI Ghardaïa et Msila, les architectes et les ingénieurs d'OPVM Ghardaïa, de l'APC Sidi Abbaz.

Je remercie chaleureusement les responsables de l'entreprise « EnergyPlus™ » pour m'avoir autorisé l'utilisation du logiciel EnergyPlus à des fins de recherche. / Department of Energy's (DOE) Building Technologies Office (BTO), and managed by the National Renewable Energy Laboratory (NREL).

Je voudrais associer à ces remerciements l'enseignant chercheur Selmani Imed Addine et l'architecte Khoudiri Houria, de m'avoir accompagnée et aider généreusement dans la passation de questionnaire et l'exécution d'une partie de mes mesures in situ. Je profite aussi de remercier grandement Djellid Selma et Youcef ainsi tous les habitants des 50 logements duplex et de 19 logement de Sidi Abbaz, avec une mention spéciale à tous ceux qui ont accepté l'instrumentation de leurs appartements et sans qui cela n'aurait pas été possible.

J'ai également une pensée envers tous mes collègues architectes doctorants, et surtout celles avec qui je garderai les meilleurs souvenirs ... mille mercis...

Mes remerciements sincères vont aussi aux mesdames et messieurs les membres du jury qui ont accepté de faire partie de jury et expertiser ce modeste manuscrit en portant un regard critique et pertinent.

Une pensée à tous mes enseignants, auxquels j'exprime ma profonde gratitude ainsi à toutes les personnes que je n'ai pas pu noter sur cette feuille mais qui m'ont aidé par leur participation de près ou de loin.

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail à mes très chers parents ;

A ma sœur et mes frères ;

A la mémoire de mes grands-parents, mes tentes et oncles ;

A toute ma famille ;

A mes amis et collègues ;

A tous mes enseignants ;

Je vous dédie cette thèse de doctorat.

Soumaya.

TABLE DES MATIERES

LISTE DES FIGURES	xiv
LISTE DES TABLEAUX	xxiii
RESUME	vi
ABSTRACT	viii
ملخص	x
INTRODUCTION GENERALE	1
1.1 Du constat à la réflexion, vers une problématisation	1
1.2 Motivation et intérêt du choix du thème de notre projet de recherche	4
1.3 Enoncé du problème	5
1.4 Questionnements	7
1.5 Hypothèses de travail	8
1.6 Les objectifs de la recherche	9
1.7 Motivations du choix du corpus d'étude	9
1.8 Méthodologie de recherche appropriée ; une articulation des approches mixtes qualitatives et quantitatives	11
1.9 Structure et démarche de la recherche	13
CHAPITRE I : DE L'ARCHITECTURE MODERNE A L'ARCHITECTURE NEO- VERNACULAIRE, POUR UNE MISE EN VALEUR DE LA TRADITION LOCALE..	16
Introduction	16
1.1 La remise en cause de la modernité internationale et le retour aux traditions ancestrales.	16
1.1.1 Le vernaculisme conservateur, un intérêt pour le vernaculaire ancestral	19
- Hassan Fathy (1900-1989) : la tradition dans l'œuvre de « Gourna »	20
- Abdelwahed Alwakeel : l'amour naturel des traditions pharaoniques.....	21
1.1.2 Le néo-vernaculaire : pour une architecture de résistance « moderne et contextuelle ».....	22
1.2 Regard sur les modèles d'architectes néo-vernaculistes à travers le monde..	24
1.2.1 Franck Lloyd Wright : l'influence de la tradition sur ses œuvres	24
1.2.2 Renzo Piano : une tradition ouverte sur le reste du monde	25
1.2.3 Kenzo Tange et Tadao Andô : quand le topo du modernisme rencontre la sagesse de la culture japonaise	26
1.2.4 Farhad Ahmadi : l'architecture, le lieu et l'intérêt pour l'habitat iranien	28
1.3 Naissance de l'intérêt pour l'architecture néo-vernaculaire en Algérie par les concepteurs modernes	29
1.4 Roland Simounet : une pensée innovante alimentée par l'adoption des techniques traditionnelles	30
1.4.1 De l'habitat au logement : les leçons du bidonville Mahieddine	32
1.4.2 L'intégration au site et l'approvisionnement des matériaux locaux... 33	
1.5 Fernand Pouillon : un esprit méditerranéen nourri par la découverte du local	34
1.5.1 L'architecture hôtelière de Pouillon dans l'Algérie indépendante	36
1.5.2 L'aspect conceptuel dans la démarche architecturale de Pouillon..... 38	
- Le retour à la nature et l'intégration au site.....	38

-	La répétition savante des traditions vernaculaires et le refus du style international.....	38
-	La durabilité dans l'architecture de Fernand Pouillon	39
-	Le recours aux matériaux et techniques constructives locales	39
1.6	André Ravéreau : une démarche néo-vernaculaire associant la tradition et la modernité.....	41
1.6.1	L'atelier du désert : une contribution pour la promotion de la vallée du M'Zab.....	42
1.6.2	De l'architecture internationale à l'habitat vernaculaire mozabite.....	43
1.6.3	Une architecture durable ancrée dans la tradition, guidée par l'utilisation des systèmes constructifs passifs	44
1.7	Les frères Hani Hassan et Abdel Rahman El-Miniawy : du vernaculaire au néo-vernaculaire	45
1.7.1	Philosophie et concepts d'El Miniawy au sud de l'Algérie et en Egypte	46
1.7.2	Le passage de l'habitat individuel au logement collectif	47
	Conclusion.....	49

CHAPITRE II : VERS UNE REINTERPRETATION DE L'ARCHITECTURE NEO-VERNACULAIRE AU VERNACULAIRE CONTEMPORAINE : UNE ALTERNATIVE POUR UNE CONSTRUCTION EN HARMONIE AVEC L'ENVIRONNEMENT LOCAL

	Introduction	51
2.1	L'architecture vernaculaire contemporaine : entre savoir-faire et nouvelles technologies.....	52
2.1.1	La vision des théoriciens sur l'intégration du vernaculaire dans le contemporain.....	55
-	Amos Rapoport : le vernaculaire comme modèle de conception contemporaine	55
-	Paul Oliver : exploiter le concept écologique de l'architecture vernaculaire	56
-	Marcel Vellinga : incorporer la tradition et l'innovation dans la pratique contemporaine	56
2.1.2	Pertinence des stratégies vernaculaire dans le développement d'une architecture vernaculaire contemporaine.....	57
2.1.3	Le localisme : une solution efficiente pour l'environnement.....	57
2.2	Enjeux et opportunités d'une architecture vernaculaire durable.....	59
2.2.1	Au-delà de la notion de durabilité, la création des projets connectés avec l'environnement local.....	59
-	Les piliers d'une architecture durable	60
-	La mise en œuvre de la durabilité dans le secteur du bâtiment... ..	61
-	Les objectifs conduisant les procédures d'une conception durable	63
-	Les principes perfectionnistes de la conception durable	63
2.2.2	L'architecture vernaculaire, levier du développement d'une architecture durable.....	64
2.3	Les stratégies environnementales des nouvelles portes incorporables à l'architecture vernaculaire contemporaine	67
2.3.1	La recherche d'une conception adaptable au paysage, contexte et climat local	69

2.3.2	Usage des matériaux et techniques constructives locales, pour un bâtiment à faible impact environnemental	71
-	Les potentiels environnementaux et écologiques	73
-	Les potentiels socio-économiques	73
2.3.3	Les éco-éléments vernaculaires, des nouveaux paradigmes d'un bâtiment fonctionnel et efficace	74
2.4	La réinterprétation, une solution efficiente pour réactualiser l'approche néo-vernaculaire dans la vernaculaire contemporaine	76
2.4.1	Application des principes néo-vernaculaires dans la revitalisation des équipements touristiques	78
2.4.2	Le néo-vernaculaire au sein des équipements éducatifs, culturels et sportifs	80
2.4.3	La réutilisation adaptative des éléments néo-vernaculaires dans les équipements commerciaux et sanitaires	82
	Conclusion	83

CHAPITRE III : PANORAMA DES METHODES SCIENTIFIQUES : POUR UNE REINTERPRETATION DES CONCEPTIONS NEO-VERNACULAIRES A TRAVERS LES STRATEGIES ENVIRONNEMENTALES EFFICIENTES..... 86

	Introduction	86
3.1.	Les méthodes scientifiques au cœur de la réinterprétation des conceptions néo-vernaculaires.....	86
3.1.1	VerSus : une approche opérationnelle de la réinterprétation de l'architecture néo-vernaculaire par l'usage des stratégies environnementales.....	87
-	Idée et concept du projet VerSus : une réinterprétation structurelle et corporelle.....	87
-	Les étapes clés de l'évolution du projet VerSus, émergence et affirmation de différentes approches.....	88
-	L'adoption des stratégies environnementales, une démarche efficace en faveur d'une construction à faible impact environnemental.....	89
3.1.2	Day Heidi : une démarche pertinente de réinterprétation pour une conception vernaculaire contemporaine.....	91
-	De la recopiassions à la réinterprétation : un changement de regard envers l'utilisation des stratégies environnementales locales	91
-	Identification des facteurs physico-environnementaux à travers l'étude des exemples d'architecture néo-vernaculaire au Royaume-Uni	92
3.1.3	Salman Al-Zubaidi : le potentiel de la réinterprétation de l'architecture néo-vernaculaire dans le monde Arabe	93
-	Appréhender de méthodes environnementales comme de nouvelles approches scientifiques.....	93
-	Une méthodologie combinant les méthodes environnementales est-elle possible ?.....	94
3.2	Combinaison de trois modèles : vers une approche des stratégies environnementales appropriées à notre recherche	94
3.2.1	La pyramide de Maslow : une démarche efficace pour la classification des stratégies environnementales retenues	96
3.2.2	Traitement et explication des stratégies environnementales retenues	97

	- Respecter le site et profiter des ressources climatiques	97
	- Réduire l'impact environnemental	100
	- Contribuer au bien-être de l'homme	102
3.3	Outils et méthodes d'aide à l'analyse des stratégies environnementales	108
3.3.1	L'observation directe, une technique de collecte de données relatives aux processus architecturaux	109
3.3.2	L'entretien / interview : du recueil de l'information à la conceptualisation de l'idée.....	109
3.3.3	L'enquête par questionnaire, un moyen efficace associé à la recherche participative et quantitative	110
3.3.4	L'importance des logiciels de statistiques et de représentation graphiques dans le traitement des données.....	111
	- EXCEL (VBA) : un logiciel d'analyse et d'agrégation des statistiques	111
	- OriginPro 8 : un logiciel de traçage graphique des résultats quantitatifs menés par d'autres logiciels	112
3.3.5	Fonctionnalités et performances du logiciel de simulation thermodynamique « EnergyPlus V9.1.0 ».....	113
3.3.6	L'intégration des appareils de mesure in situ, un préalable pour des données fiables	114
3.4.	La recherche par conception / pratique : une nouvelle approche de réinterprétation	115
3.4.1	Recherche axée sur la conception / pratique	116
3.4.2	La recherche dirigée par la conception / pratique	116
Conclusion.....		117

CHAPITRE IV : LE PARADIGME DE LA CONCEPTION NEO-VERNACULAIRE A TRAVERS LE CAS DES 50 LOGEMENTS DUPLEX D'EL MINIAWY A M'SILA ET DES 19 LOGEMENTS SIDI ABBAZ DE RAVEREAU A GHARDAÏA.....

Introduction		119
4.1	Deux contextes différents pour une réinterprétation des conceptions néo-vernaculaires par l'approche des méthodes mixtes.....	120
4.2	Les 50 logements duplex : présentation du logement choisi et du contexte climatique.....	121
4.2.1	Une organisation spatiale à l'image de la maison traditionnelle de M'Sila	123
4.2.2	Conditions climatologiques régnant sur la ville de M'Sila	124
4.2.3	Synthèse des caractéristiques thermo-physiques des matériaux de construction.....	125
4.3	Les 19 logements de Sidi Abbaz : présentation du logement choisi et du contexte climatique	125
4.3.1	Concevoir l'habitat comme une grande maison mozabite	127
4.3.2	Climat, Vents et température, contexte bioclimatique de la ville de Ghardaïa	128
4.3.3	Synthèse des caractéristiques thermo-physiques des matériaux de construction.....	129
4.4	Etude qualitative basées sur les stratégies liées au site et l'exploitation des sources renouvelables.....	129
4.4.1	Respecter le site et profiter des ressources climatiques dans le cas du logement duplex et Sidi Abbaz	130

-	Choix et intégration au site dans le cas du logement duplex et de Siddi Abbaz.....	130
-	Organisation du site et relation extérieure / intérieure dans le cadre des logements cas d'étude	131
-	Dispositifs appliqués par El Miniawy et André Ravéreau pour assurer la masse des logements duplex et Siddi Abbaz	132
-	Détermination de l'orientation appropriée du bâtiment dans le cas du logement duplex et Siddi Abbaz	134
4.4.2	Etude des sous stratégies environnementales préposées par les architectes pour réduire l'impact environnemental.....	135
-	Conciliation des matériaux locaux aux nouvelles technologies de construction dans la construction des logements en question.	135
-	Technique d'exploitation des sources d'énergie renouvelables dans le cas du logement cas d'étude	138
4.5	Une étude quantitative des duplex d'El Miniawy et des logements d'André Ravéreau.....	140
4.5.1	Protocole et différentes étapes du déroulement de l'enquête auprès des habitants des deux cas d'étude	140
4.5.2	Traitement des données de l'enquête de satisfaction des besoins des habitants sur le bien-être	141
-	Présentation des informations générales sur les occupants du logement.....	141
-	La satisfaction à l'égard du confort thermique en hiver et en été dans les deux logements.....	143
-	Les sensations d'humidité relative à l'intérieur des logements cas d'étude.....	146
-	La perception de la ventilation naturelle en période d'été dans les deux cas.....	148
-	La perception de l'éclairage naturel à l'intérieur des deux logements	151
	Conclusion.....	153

CHAPITRE V : LES DUPLEX D'EL MINIAWY ET LES LOGEMENTS DE RAVÉREAU : UNE INVESTIGATION QUANTITATIVE DES STRATEGIES DU BIEN-ETRE DE L'HOMME CONDUIT PAR LA COMPAGNE DE MESURE..... 156

	Introduction	156
5.1	Etude empirique de la stratégie du bien-être de l'homme conduit par la compagnie de mesure physique.....	157
5.1.1	Etalonnage et description des appareils de la prise de mesures	158
5.1.2	Déroulement et protocole de la compagnie de mesures dans les deux logements.....	158
5.1.3	Positionnement et hauteur des appareils de mesure dans les logements choisis.....	160
5.2	Estimation de la qualité du confort thermique dans les logements en question par la compagnie de mesure	161
5.2.1	L'appréciation du paramètre de la température ambiante de l'air (Ta) en saison hivernale	162
5.2.2	L'appréciation du paramètre de la température ambiante de l'air (Ta) en saison estivale.....	164

5.2.3	Evaluation et comparaison de comportement thermique des logements cas d'étude.....	166
5.2.4	L'estimation du taux d'humidité relative de l'air (HR) à l'intérieur et à l'extérieur, en hiver.....	167
5.2.5	L'estimation du taux d'humidité relative de l'air (HR) à l'intérieure et l'extérieure, en été.....	169
5.2.6	Analyse et comparaison de comportement hygrométrique des logements en question.....	170
5.3	Etude de certains paramètres de la ventilation et de l'éclairage naturel au sein des logements cas d'étude.....	171
5.3.1	Etude de l'influence de l'intégration de la cour sur la vitesse de l'air à l'intérieur du logement duplex.....	172
5.3.2	Etude de l'influence de l'intégration de chebek et le mur masque sur la vitesse de l'air à l'intérieur du logement de Siddi Abbaz.....	174
5.3.3	Evaluation de l'influence des dispositifs passifs sur le comportement aéraulique des logements en question.....	177
5.3.4	L'impact de l'introduction de la cour sur la performance du niveau d'éclairage du logement duplex.....	179
5.3.5	L'impact de l'introduction de chebek sur la performance du niveau d'éclairage du logement de Siddi Abbaz.....	181
5.3.6	Une évaluation comparative de l'effet des méthodes d'éclairage passif sur la qualité du confort visuel dans les deux logements.....	183
	Conclusion.....	185

CHAPITRE VI : SIMULATION THERMODYNAMIQUE NUMERIQUE MULTIZONE, CALCUL DES PARAMETRES ET VALIDATION DES RESULTATS DE MESURES..... 188

	Introduction.....	188
6.1	Application de la simulation thermodynamique sur les paramètres de la stratégie de bien-être.....	189
6.1.1	Mécanismes et fichiers exploités au cours de la simulation par le logiciel « EnergyPlus ».....	189
6.1.2	Présentation du modèle constructif numérique et démarches de la simulation thermodynamique.....	191
6.1.3	Procédures de calibration des résultats du modèle de simulation thermodynamique numérique.....	193
	- Indice de pourcentage d'erreur : une ancienne technique de calibration des valeurs mesurées et simulées.....	193
	- MBE, CV (RMSE) et IC : des approches statiques supplémentaires pour l'évaluation de la concordance entre les données mesurées et simulées.....	195
6.2	Analyse comparative de la qualité du comportement thermique perçue suite à l'étude expérimentale et numérique.....	198
6.2.1	Confrontation de paramètre de la température ambiante de l'air (Ta) mesurée et simulée en hiver.....	199
6.2.2	Confrontation de paramètre de la température ambiante de l'air (Ta) mesurée et simulée en été.....	201
6.2.3	Dépistage de rapprochement entre les profils d'humidité relative de l'air (HR) mesurés et ceux simulés en hiver.....	204

6.2.4	Dépistage de rapprochement entre les taux d'humidité relative de l'air (HR) mesurés et ceux simulés en été	206
6.2.5	Évaluation du degré de satisfaction du confort thermique par rapport aux zones du confort de la charte psychométrique de Givoni.....	208
6.2.6	Vérification des résultats de températures d'air retenues avec les limites de la norme du confort adaptatif ASHRAE Standard 55-2010	210
6.3	Etude thermodynamique, lumineuse et numérique des logements en question	211
6.3.1	Comparaison de l'effet de la « cour » sur la perception de la vitesse de l'air mesurée et simulée dans le logement duplex, en été	212
6.3.2	Comparaison de l'effet du « chebek » sur la sensation de la vitesse de l'air mesurée et simulée dans le logement de Sidi Abbaz, en été ..	214
6.3.3	Juxtaposition de l'évolution de la ventilation naturelle mesurée et simulée dans les deux logements	217
6.3.4	Rapprochement des incidences de l'incorporation de la « cour » sur la qualité et d'éclairage mesuré et simulé.....	219
6.3.5	Rapprochement des incidences de l'incorporation du « chebek » sur la qualité d'éclairage mesuré et simulé.....	221
6.3.6	Proximité de l'optimisation de l'éclairage naturel mesuré et simulé dans les deux logements cas d'étude.....	223
	Conclusion.....	224

CHAPITRE VII : VERS UNE CONCEPTION VERNACULAIRE CONTEMPORAINE DEVELOPPEE SOUS L'INFLUENCE DES LEÇONS RETIREES DE LA REINTERPRETATION DES CONSTRUCTIONS NEO-VERNACULAIRES DE CONCEPTEURS MODERNES.....

	Introduction	227
7.1	Vers une philosophie architecturale contemporaine, écologique et respectueuse de l'environnement local.....	228
7.1.1	Connexion des logements au contexte local pour une meilleure transition entre l'intérieur et l'extérieur	229
7.1.2	Exploitation des ressources microclimatiques dans l'optimisation des bâtiments.....	232
7.1.3	Alliance des matériaux locaux et modernes pour la restriction des impacts environnementaux.....	234
7.1.4	Exploitation des énergies renouvelables et réduction des impacts environnementaux	237
7.2	Incidence des modèles néo-vernaculaires sur la performance de la conception vernaculaire contemporaine	239
7.2.1	Répercussion des matériaux mixtes sur le comportement thermique et hygrométrique des bâtiments néo-vernaculaires.....	240
7.2.2	Dispositifs vernaculaires passifs comme profils / modèles fructueux de la ventilation naturelle des bâtiments néo-vernaculaires.....	243
	- La cour : un dispositif traditionnel passif à réadapter dans l'architecture actuelle.....	243
	- Le chebek, terrasse et mur masque comme des meilleurs dispositifs de refroidissement passif dans les climats arides ..	246
7.2.3	Mécanismes traditionnels passifs en tant que spécimens avantageux du confort visuel des constructions néo-vernaculaires.....	249

-	La cour : un mécanisme d'éclairage passif à réintroduire dans la conception contemporaine	249
-	Le chebek ; un procédé passif à reconduire en vue d'un éclairage naturel.....	252
7.3	Raisonnements et approches du développement d'une conception vernaculaire contemporaine en Algérie	255
7.3.1	Néo-vernaculaire ; adaptation du vocabulaire vernaculaire et des ressources naturelles dans la réalisation des logements par les concepteurs modernes	256
7.3.2	Stratégies environnementales passives comme des nouveaux mécanismes / orientation de développement d'une architecture vernaculaire contemporaine en Algérie.....	259
7.3.3	Guide manuel comme référence à poursuivre dans la conception des bâtiments à caractère vernaculaire contemporain	261
-	La première phase : élaboration de cahier des charges / programme	263
-	La deuxième phase : analyse environnementale du site d'intervention.....	263
-	La troisième phase : étude et développement de la conception des bâtiments de style vernaculaire contemporain	264
-	La quatrième phase : projet d'exécution, évaluation des approches et solutions de conception finale.....	264
	Conclusion.....	265
	CONCLUSION GENERALE	267
	Limites et perspectives de la recherche.....	277
	BIBLIOGRAPHIE	278
	LISTE DES ANNEXES	300
	Annexe A : Grille du Groupe CIAM Alger.....	301
	Annexe B : Les projets de concepteur vernaculaire contemporaine	302
	Annexe C : Les enjeux des piliers de la durabilité	305
	Annexe D : Les stratégies environnementales fondamentales du projet VerSus	306
	Annexe E : Les stratégies environnementales déterminées par Salman Al-Zubaidi	307
	Annexe F : Données climatiques de la ville de M'Sila	308
	Annexe G : Données climatiques de la ville de Ghardaïa	308
	Annexe H : Questionnaire et lettre de motivation	309
	Annexe I : Questionnaire.....	314
	Annexe J : Paramètres et appareils de mesure.....	316
	Annexe K : Equation de la norme du confort adaptatif ASHRAE Standard 55-2010	316
	Annexe L : Article	317

LISTE DES FIGURES

Figure 1. 1 : La réalisation des voûtes par les paysans maçons nubiens.	21
Figure 1. 2 : Quelques constructions d'Abdelwahed Alwakeel.	21
Figure 1. 3 : Schéma descriptif des processus de l'architecture néo-vernaculaire.	23
Figure 1. 4 : a-La maison sur la cascade en Pennsylvanie, b-Le musée Guggenheim à New York.	25
Figure 1. 5 : Les bâtiments du Centre Culturel Jean-Marie Tjibaou, Nouvelle-Calédonie : l'harmonie avec l'environnement de la tribu Kanak.	26
Figure 1. 6 : La maison Tokyo au Japon conçue par Kenzo Tange en 1953.	27
Figure 1. 7 : Les plans, coupe et façade principale de la maison Azuma, Osaka, Japon. ...	28
Figure 1. 8 : Le centre culturel de Dezful, 1987.	29
Figure 1. 9 : Les loggias voutées.	33
Figure 1. 10 : Roland Simounet, nouvelle agglomération de Timgad 1958, plan masse. ...	33
Figure 1. 11 : Le musée de Préhistoire d'Il-de-France, situé à Nemours, en Seine-et-Marne.	34
Figure 1. 12 : a-Plan masse du projet Djenan el-Hasan ; b- Vue d'ensemble de la cité de Djenan El-Hasan, inséré dans le paysage de Frais Vallon.	34
Figure 1. 13 : a-La porte de la mer (Cité de Diar El Mahçoul), b-La place des 200 colonnes à Climat de France (Alger).	36
Figure 1. 14 : Logements Diar-es-Saada : Eléments architectoniques traditionnels dans des façades modernes.	36
Figure 1. 15 : a-Le complexe touristique Sidi Fredj (1968) ; b-Vue sur d'hôtel M'Zab, Ghardaïa.	37
Figure 1. 16 : a-Hôtel les Ziyanydes, Tlemcen, 1970 ; b-La terrasse et la piscine de l'hôtel El-Montazeh à Seraïdi, Annaba, 1967.	37
Figure 1. 17 : Coupe qui montre le système constructif de Pouillon.	40
Figure 1. 18 : Projet de logement dans un village en Grèce.	42
Figure 1. 19 : a-Centre de santé de Mopti, b-coupe sur les portiques et la cour.	42
Figure 1. 20 : a-La maison d'André Ravéreau dans la palmeraie de Beni Izguen ; b-Les habitations de Sidi Abbaz.	44
Figure 1. 21 : a-L'hôtel de poste ; b-Vue d'ensemble de la villa de Docteur M.	44
Figure 1. 22 : Les logements du village de Madher en construction, avec leurs voûtes appropriées pour les toits ; Vue d'une cour.	48
Figure 1. 23 : Vue générale de 400 logements à El Oued.	48
Figure 1. 24 : 200 logements d'Ouled Djellal, les unités sont conçues comme une transition entre l'habitat rural et l'habitat urbain.	49
Figure 2. 1 : Schéma explicatif du processus suggéré pour la réalisation d'une conception vernaculaire contemporaine à travers le monde.	53
Figure 2. 2 : Le modèle d'Amos Rapoport « Apprendre de l'architecture vernaculaire » par l'analyse.	55
Figure 2. 3 : Schéma éclairant la logique de scénario de la relation entre la mondialisation et le localisme.	58
Figure 2. 4 : Le concept d'architecture durable à l'échelle du bâtiment.	61
Figure 2. 5 : Piliers de la durabilité et leur interaction.	61
Figure 2. 6 : Schéma démonstratif des étapes du processus d'architecture durable.	62
Figure 2. 7 : Cadre de mise en œuvre de la durabilité dans la construction de bâtiments. ...	63
Figure 2. 8 : a-Vue des tours à vent, Dubaï, b- Dômes et voûtes, Bait Halawa à Elagamy, Alexandrie, Egypte.	65

Figure 2. 9 : a-Moucharabieh, b-Détail d'un Moucharabieh, c-Coupe transversale montrant le modèle d'écoulement d'air.	66
Figure 2. 10 : Façade de maison vernaculaire en pierre.	66
Figure 2. 11 : a- Maison à cour en Iraq, b- Maison à cour à Ghardaïa, Algérie.....	66
Figure 2. 12 : Schéma qui démontre la relation de l'architecture vernaculaire à la durabilité.	67
Figure 2. 13 : Schéma synthétique de la conception vernaculaire contemporaine accordée aux stratégies environnementales.	68
Figure 2. 14 : a- Croquis de Meagher House, Bowral, Nouvelle-Galles du Sud par Glenn Murcutt montrant les effets du vent et de la lumière du soleil, b- Croquis montrant le vitrage de la façade nord, qui tient compte des variations saisonnières de l'angle des rayons du soleil.	69
Figure 2. 15 : Villa Vals en Suisse une réinterprétation de la notion de l'habitat Troglodyte.	70
Figure 2. 16 : a- Aile de piscine et de loisirs du Pool House 1, b- Pool House 2 associe le savoir-faire traditionnel à la conception contemporaine.	71
Figure 2. 17 : Vu sur la maison de la compagne.	72
Figure 2. 18 : La façade principale et la structure interne de l'hôtel Yusuhara Marche.	72
Figure 2. 19 : Maisons contemporaines avec cour revisitée : a- Maison des patios, AR Arquitetos, São Paulo, Brésil , b- Casa Luz, Arquitectura-G, Cilleros, Estrémadure, Espagne, c- Maison 1014, H Arquitectes, Granollers, Espagne.	74
Figure 2. 20 : L'intégration de la cour en tant qu'élément principal offrant des zones ombragées et semi-ombragées à l'intérieur du Centre de formation Sainte-Catherine en Égypte.....	75
Figure 2. 21 : Cour revisitée en Égypte.....	75
Figure 2. 22 : Maison expérimentale à Hrubý Šúr (Senec, Slovaquie), d'un toit jardin voûté et couvert par des balles de paille.....	75
Figure 2. 23 : Les panneaux coulissants du Musée d'histoire de la région Nasu, Japon.....	76
Figure 2. 24 : Le passage de l'architecture néo-vernaculaire à l'architecture vernaculaire contemporaine à travers la réinterprétation de la première pour développer la deuxième..	78
Figure 2. 25 : L'intégration des aspects de la maison traditionnelle de Kora dans le développement des bâtiments du village touristique de Tongging.	79
Figure 2. 26 : L'hôtel de villégiature à Tuktuk, couverture en forme de triangulation.	79
Figure 2. 27 : La façade principale des deux bâtiments représente la culture locale.	80
Figure 2. 28 : a-Ecole maternelle bioclimatique au Maroc, b-une réinterprétation du néo-vernaculaire dans un nouveau langage vernaculaire contemporain.	80
Figure 2. 29 : Le musée mont Sinabung inspiré de la tradition du Karo.....	81
Figure 2. 30 : Le centre de la jeunesse intègre un système de toit qui permet de renouveler l'air à l'intérieur du bâtiment.....	82
Figure 2. 31 : L'hôpital provincial de Bamyan, Afghanistan.....	82
Figure 2. 32 : Le centre commercial, région du Medan Tembung.....	83
Figure 2. 33 : Schéma récapitulatif des stratégies environnementales incorporées à la conception vernaculaire contemporaine.	85
Figure 3. 1 : Le cadre conceptuel adopté par les cinq équipes de projet de recherche VerSus.....	88
Figure 3. 2 : Schéma du système-modèle d'Amos Rapoport : Apprendre de l'architecture vernaculaire et néo-vernaculaire à travers la réinterprétation.	91
Figure 3. 3 : Les stratégies sont toutes interconnectées et liées les unes aux autres, certaines stratégies prévalant sur d'autres et influant davantage sur la réinterprétation.	92
Figure 3. 4 : Les stratégies environnementales retenues et éliminées par l'étude.....	93

Figure 3. 5 : Pyramide de hiérarchisation des stratégies environnementales.....	96
Figure 3. 6 : Schéma récapitulatif des stratégies et sous-stratégies environnementales retenues de la combinaison des modèles de recherche.....	97
Figure 3. 7 : L'influence des caractéristiques et spécificités du site sur la nature de la construction.....	98
Figure 3. 8 : Illustre les principaux paramètres climatiques à prendre en compte dans le choix de l'orientation optimale d'un bâtiment.....	99
Figure 3. 9 : Une idée globale sur l'orientation de chaque pièce par rapport à la direction du vent et du soleil.....	100
Figure 3. 10 : Types de matériaux traditionnels et écologiques.....	101
Figure 3. 11 : Illustre la température confortable de l'air ambiant, ainsi la gamme de taux d'humidité relative et ses différents impacts.....	104
Figure 3. 12 : Diagramme des températures de confort variées en fonction des vitesses relatives de l'air.....	106
Figure 3. 13 : L'analyse des sous-stratégies environnementales par le biais des approches quantitatives et qualitatives.....	108
Figure 3. 14 : L'interface d'utilisateur du logiciel de traçage graphique "OriginPro 8" avec un simple exemple de représentation graphique.....	112
Figure 3. 15 : L'interface du logiciel EnergyPlus avec les différentes des entrées / sorties.....	113
Figure 3. 16 : Les étapes de modélisations dans le logiciel.....	114
Figure 3. 17 : Schéma récapitulatif de la méthode de recherche dirigée par la conception / la pratique appliquée dans notre recherche.....	117
Figure 4. 1 : Situation des 50 logements duplex d'El Miniawy sur la commune de M'Sila.....	121
Figure 4. 3 : a-Plan du rez-de-chaussée du logement duplex sélectionné b-Plan du 1er étage du logement duplex sélectionné.....	123
Figure 4. 4 : Les façades du logement duplex sélectionné.....	123
Figure 4. 5 : Graphe représente les températures maximales et minimales de la ville de M'Sila.....	124
Figure 4. 6 : Graphe présente les quantités de précipitation par mois dans la ville de M'Sila.....	124
Figure 4. 7 : Situation des 19 logements sur la commune de Ghardaïa.....	126
Figure 4. 8 : Localisation du logement envisagé sur le plan de 19 logements Sidi Abbaz.....	127
Figure 4. 9 : a-Plan du rez-de-chaussée, b- Plan du 1er étage, du logement d'étude de cas.....	127
Figure 4. 10 : a-Façade principale, b- Façade latérale gauche, du logement d'étude de cas.....	128
Figure 4. 11 : Analyse des températures mensuelles de la station de Ghardaïa.....	129
Figure 4. 12 : Analyse des valeurs des précipitations mensuelles de la station de Ghardaïa.....	129
Figure 4. 13 : Logement duplex intégré dans l'environnement local du M'Sila.....	130
Figure 4. 14 : Logement Sidi Abbaz intégré dans le contexte du site Sidi Abbaz.....	131
Figure 4. 15 : Organisation du plan de masse du logement duplex selon le principe de hiérarchisation des besoins.....	131
Figure 4. 16 : Images démontrent l'organisation du plan de masse du logement Sidi Abbaz et les principaux dispositifs appliqués par l'architecte à l'échelle urbaine et architecturale.....	132

Figure 4. 17 : Illustration de la taille et du nombre des ouvertures percées par les frères El Miniawy sur les façades des logements duplex.....	133
Figure 4. 18 : Illustration des solutions constructives développées par Ravéreau dans le logement Siddi Abbaz.	133
Figure 4. 19 : Orientation optimale du logement duplex déterminée par les frères El Miniawy.....	134
Figure 4. 20 : Orientation optimale du logement Siddi Abbaz décidée par André Ravéreau.	135
Figure 4. 21 : Matériaux et systèmes constructifs constituant l'enveloppe du logement duplex.	136
Figure 4. 22 : Matériaux et systèmes constructifs constituant l'enveloppe du logement Siddi Abbaz.....	138
Figure 4. 23 : Dispositifs passifs incorporés par El Miniawy pour profiter des sources d'énergie renouvelables de la ville de M'Sila.	139
Figure 4. 24 : Dispositifs passifs incorporés par Ravéreau pour profiter des sources d'énergie renouvelables de la ville de Ghardaïa.....	139
Figure 4. 25 : La répartition en pourcentage du sexe de l'échantillon de notre questionnaire en fonction de chaque cas d'étude.....	142
Figure 4. 26 : Les tranches d'âge des habitants participant à notre questionnaire dans chaque cas d'étude.....	142
Figure 4. 27 : Répartition en pourcentage de niveau d'étude des enquêtés des deux cas d'étude.....	143
Figure 4. 28 : Appartenance professionnelle de personnes interrogées des deux cas d'étude.....	143
Figure 4. 29 : Graphe démontre la sensation thermique des habitats dans les conditions naturelle en fonction de chaque cas d'étude, en hiver.....	144
Figure 4. 30 : Graphe démontre la sensation thermique des habitats dans les conditions naturelle en fonction de chaque cas d'étude, en été.....	144
Figure 4. 31 : Répartition en pourcentage de la sensation de la température ambiante de l'air dans les deux cas d'étude, en hiver.....	145
Figure 4. 32 : Répartition en pourcentage de la sensation de la température ambiante de l'air dans les deux cas d'étude, en été.....	146
Figure 4. 33 : Résultats d'enquête sur l'humidité relative à l'intérieur des logements étudiés, en hiver.....	147
Figure 4. 34 : Résultats d'enquête sur l'humidité relative à l'intérieur des logements étudiés, en été.....	147
Figure 4. 35 : Résultats d'enquête sur la satisfaction de la qualité de l'air à l'intérieur des logements étudiés, en hiver.....	147
Figure 4. 36 : Résultats d'enquête sur la satisfaction de la qualité de l'air à l'intérieur des logements étudiés, en été.....	148
Figure 4. 37 : Répartition en pourcentage du mouvement d'air en fonction des deux cas, en saison estivale.....	148
Figure 4. 38 : Résultats d'enquête sur la satisfaction de la vitesse de l'air à l'intérieur des logements étudiés, en saison estivale.....	149
Figure 4. 39 : Répartition en pourcentage du système de ventilation préféré par les habitants, en fonction du cas d'étude.....	150
Figure 4. 40 : Résultats de vote des personnes interrogés sur la suffisance de la cour pour assurer une bonne ventilation naturelle, en fonction du cas d'étude.....	150

Figure 4. 41 : Résultats de vote des personnes interrogées sur la suffisance du chebek et du mur masque pour assurer une bonne ventilation naturelle dans les 19 logements de Ghardaïa.	151
Figure 4. 42 : Résultats d'enquête sur le niveau d'éclairage naturel à l'intérieur des pièces de 50 logements de M'Sila.	151
Figure 4. 43 : Résultats d'enquête sur le niveau d'éclairage naturel à l'intérieur des pièces de 19 logements de Ghardaïa.	152
Figure 4. 44 : Résultats d'enquête sur le niveau d'éclairage naturel à l'intérieur des pièces des logements en question.	152
Figure 4. 46 : Résultats de vote des personnes interrogés sur la suffisance de la cour pour assurer un bon éclairage naturel, en fonction du cas d'étude.	153
Figure 4. 45 : Résultats de vote des personnes interrogés sur la suffisance du chebek pour assurer un bon éclairage naturel, dans les 19 logements de Ghardaïa.	153
Figure 5. 1 : Schéma récapitulatif de synoptique de la campagne de mesure des paramètres considérés par notre méthode.	157
Figure 5. 2 : Les appareils de mesure exploités lors de la campagne de mesure dans les deux logements cas d'étude.	158
Figure 5. 3 : Axonométrie représentant les logements instrumentés.	159
Figure 5. 4 : Démonstration du positionnement des appareils d'instrumentation au niveau du plan et de la coupe du logement duplex et le logement Siddi Abbaz.	160
Figure 5. 5 : Mesures comparatives de la variation de la température ambiante de l'air, interne et externe du logement duplex, des jours typiques de la saison hivernale.	162
Figure 5. 6 : Mesures comparatives de la variation de la température ambiante de l'air, interne et externe du logement Siddi Abbaz, des jours typiques de la saison hivernale. ..	162
Figure 5. 7 : Mesures comparatives de la variation de la température ambiante de l'air, interne et externe du logement duplex, des jours typiques de la saison estivale.	164
Figure 5. 8 : Mesures comparatives de la variation de la température ambiante de l'air, interne et externe du logement Siddi Abbaz, des jours typiques de la saison estivale.	165
Figure 5. 9 : Graphes d'évaluation de comportement thermique du logement duplex, en hiver et en été.	166
Figure 5. 10 : Graphes d'évaluation de comportement thermique du logement Siddi Abbaz, en hiver et en été.	166
Figure 5. 11 : Graphes comparatifs de comportement thermique du logement duplex et du logement Siddi.	166
Figure 5. 12 : Graphes comparatifs de comportement thermique du logement duplex et du logement Siddi Abbaz, en été.	166
Figure 5. 13 : Mesures comparatives de la variation du taux d'humidité relative, interne et externe du logement duplex, des jours typiques de la saison hivernale.	167
Figure 5. 14 : Mesures comparatives de la variation du taux d'humidité relative, interne et externe du logement Siddi Abbaz, des jours typiques de la saison hivernale.	168
Figure 5. 15 : Mesures comparatives de la variation du taux d'humidité relative, interne et externe du logement duplex, des jours typiques de la saison estivale.	169
Figure 5. 16 : Mesures comparatives de la variation du taux d'humidité relative, interne et externe du logement Siddi Abbaz, des jours typiques de la saison estivale.	170
Figure 5. 17 : Evaluation dans le temps de comportement hygrométrique du logement duplex et du logement.	171
Figure 5. 18 : Evaluation dans le temps de comportement hygrométrique du logement duplex et du logement.	171
Figure 5. 19 : Graphes représentatifs du profil de la vitesse de l'air à l'intérieur des pièces principales du logement duplex, en mois de juin.	172

Figure 5. 20 : Graphes représentatifs du profil de la vitesse de l'air à l'intérieur des pièces principales du logement duplex, en mois de juillet.	172
Figure 5. 21 : Graphes représentatifs du profil de la vitesse de l'air à l'intérieur des pièces principales du logement duplex, en mois d'août.	173
Figure 5. 22 : Graphes représentatifs du profil de la vitesse de l'air à l'intérieur des pièces principales du logement de Siddi Abbaz, en mois de juin.	174
Figure 5. 23 : Graphes représentatifs du profil de la vitesse de l'air à l'intérieur des pièces principales du logement de Siddi Abbaz, en mois de juillet.	175
Figure 5. 24 : Graphes représentatifs du profil de la vitesse de l'air à l'intérieur des pièces principales du logement de Siddi Abbaz, en mois d'août.	175
Figure 5. 25 : Evaluation dans le temps de comportement aéraulique du logement duplex et du logement de	177
Figure 5. 26 : Evaluation dans le temps de comportement aéraulique du logement duplex et du logement de Siddi Abbaz, dans les journées typiques de mois de juillet.	177
Figure 5. 27 : Evaluation dans le temps de comportement aéraulique du logement duplex et du logement de Siddi Abbaz, dans les journées typiques de mois d'août.	178
Figure 5. 28 : Graphes indiquent le niveau d'éclairément intérieur des espaces principaux du logement duplex, le 21 décembre de 8h00 à 16h00.	180
Figure 5. 29 : Graphes indiquent le niveau d'éclairément intérieur des espaces principaux du logement duplex, le 21 juin de 8h00 à 21h00.	180
Figure 5. 30 : Graphes indiquent le niveau d'éclairément intérieur des espaces principaux du logement de Siddi Abbaz, le 21 décembre de 8h00 à 16h00.	182
Figure 5. 31 : Graphes indiquent le niveau d'éclairément intérieur des espaces principaux du logement de Siddi Abbaz, le 21 juin de 8h00 à 21h00.	182
Figure 5. 32 : Courbes synthétiques de l'évaluation comparative de la qualité du confort visuel à l'intérieur des deux logements, en saison hivernale.	184
Figure 5. 33 : Courbes synthétiques de l'évaluation comparative de la qualité du confort visuel à l'intérieur des deux logements, en saison estivale.	184
Figure 6. 1 : Schéma descriptif de la méthode de fonctionnement du logiciel EnergyPlus V9.1.0.	190
Figure 6. 2 : Schéma synthétique des fichiers nécessaires pour le lancement de la simulation numérique des logements en question.	191
Figure 6. 3 : Le modèle 3D EnergyPlus du logement : a- duplex d'El Miniawy à M'Sila, b- de Siddi Abba d'André Ravéreau à Ghardaïa.	192
Figure 6. 4 : Récapitulatif de la validation des critères d'étalonnage de : a- (Ta) et (HR), b- de la vitesse de l'air et du niveau d'éclairément, du modèle mesuré et simulé par la méthode du coefficient de (MBE).	196
Figure 6. 5 : Récapitulatif de la validation des critères d'étalonnage de : a- (Ta) et (HR), b- la vitesse de l'air et du niveau d'éclairément, du modèle mesuré et simulé par la méthode du coefficient de [CV (RMSE)].	197
Figure 6. 6 : a- Graphes de simulation de l'évolution de la température ambiante de l'air, interne et externe des zones du logement duplex, pendant la semaine défavorable d'hier ; b- Etude comparative entre les températures mesurées par « TROTEC, BL30 » et simulées via « EnergyPlus », des jours typiques du mois de janvier.	200
Figure 6. 7 : a- Graphes de simulation de l'évolution de la température ambiante de l'air, interne et externe des zones du logement de Siddi Abbaz, pendant la semaine défavorable d'hier ; b- Etude comparative entre les températures mesurées par « TROTEC, BL30 » et simulées via « EnergyPlus », des jours typiques du mois de janvier.	201
Figure 6. 8 : a- Graphes de simulation de l'évolution de la température ambiante de l'air, interne et externe des zones du logement duplex, pendant la semaine défavorable d'été ; b-	

Etude comparative entre les températures mesurées par « TROTEC, BL30 » et simulées via « EnergyPlus », des jours typiques du mois de juillet.	202
Figure 6. 9 : a- Graphes de simulation de l'évolution de la température ambiante de l'air, interne et externe des zones du logement de Siddi Abbaz, pendant la semaine défavorable d'été ; b- Etude comparative entre les températures mesurées par « TROTEC, BL30 » et simulées via « EnergyPlus », des jours typiques du mois de juillet.	203
Figure 6. 10 : a- Graphes de simulation de l'évolution de l'humidité relative de l'air, interne et externe des pièces du logement duplex, pendant la semaine défavorable d'hiver ; b- Etude comparative entre les humidités relatives mesurées par « TROTEC, BL30 » et simulées via « EnergyPlus », des jours typiques du mois de janvier.	205
Figure 6. 11 : a- Graphes de simulation de l'évolution de l'humidité relative de l'air, interne et externe des pièces du logement de Siddi Abbaz, pendant la semaine défavorable d'hiver ; b- Etude comparative entre les humidités relatives mesurées par « TROTEC, BL30 » et simulées via « EnergyPlus », des jours typiques du mois de janvier.	205
Figure 6. 12 : a- Graphes de simulation de l'évolution de l'humidité relative de l'air, interne et externe des pièces du logement duplex, pendant la semaine défavorable d'été ; b- Etude comparative entre les humidités relatives mesurées par « TROTEC, BL30 » et simulées via « EnergyPlus », des jours typiques du mois de juillet.	207
Figure 6. 13 : a- Graphes de simulation de l'évolution de l'humidité relative de l'air, interne et externe des pièces du logement de Siddi Abbaz, pendant la semaine défavorable d'été ; b- Etude comparative entre les humidités relatives mesurées par « TROTEC, BL30 » et simulées via « EnergyPlus », des jours typiques du mois de juillet.	207
Figure 6. 14 : Limite des zones du confort thermique de la région de M'Sila par le diagramme bioclimatique de Givoni définie par la charte psychométrique ASHRAE Standard 55 de l'outil d'analyse climatique « CLIMATE CONSULTANT5.5 ».	209
Figure 6. 15 : Limite des zones du confort thermique de la région de Ghardaïa par le diagramme bioclimatique de Givoni défini par la charte psychométrique ASHRAE Standard 55 de l'outil d'analyse climatique « CLIMATE CONSULTANT5.5 ».	209
Figure 6. 16 : Positionnement de la température de confort thermique des deux villes sur la charte du confort adaptatif ASHRAE Standard 55-2013 ; a- pendant les journées froides d'hiver (point rouge et vert) ; b- pendant les journées chaudes d'été (point rouge et vert).	211
Figure 6. 17 : a- Graphes de simulation d'écoulement de la vitesse d'air, interne et externe des espaces principaux du logement duplex à M'Sila, durant le 24 juin; b- Analyse comparative des vitesses d'air mesurées par «Anémomètre- GM816» et simulées via « EnergyPlus », de la même journée typique.	213
Figure 6. 18 : a- Graphes de simulation d'écoulement de la vitesse d'air, interne et externe des espaces principaux du logement duplex à M'Sila, durant le 14 le juillet; b- Analyse comparative des vitesses d'air mesurées par «Anémomètre- GM816» et simulées via « EnergyPlus », de la même journée typique.	213
Figure 6. 19 : a Graphes de simulation d'écoulement de la vitesse d'air, interne et externe des espaces principaux du logement duplex à M'Sila, durant le 02 août; b- Analyse comparative des vitesses d'air mesurées par «Anémomètre- GM816» et simulées via « EnergyPlus », de la même journée typique.	214
Figure 6. 20 : a- Graphes de simulation d'écoulement de la vitesse d'air, interne et externe des espaces principaux du logement de Sidi Abbaz à Ghardaïa, durant le 22 juin; b- Analyse comparative des vitesses d'air mesurées par «Anémomètre- GM816» et simulées via « EnergyPlus », de la même journée typique.	215
Figure 6. 21 : a- Graphes de simulation d'écoulement de la vitesse d'air, interne et externe des espaces principaux du logement de Sidi Abbaz à Ghardaïa, durant le 10 juillet; b-	

Analyse comparative des vitesses d'air mesurées par «Anémomètre- GM816» et simulées via « EnergyPlus », de la même journée typique.	215
Figure 6. 22 : a- Graphes de simulation d'écoulement de la vitesse d'air, interne et externe des espaces principaux du logement de Sidi Abbaz à Ghardaïa, durant le 09 août; b- Analyse comparative des vitesses d'air mesurées par «Anémomètre- GM816» et simulées via « EnergyPlus », de la même journée typique.	216
Figure 6. 23 : Juxtaposition des résultats des flux de la vitesse d'air mesurés et simulés à l'intérieur et à l'extérieur des logements en question, au cours du 22 et 24 juin.	218
Figure 6. 24 : Juxtaposition des résultats des flux de la vitesse d'air mesurés et simulés à l'intérieur et à l'extérieur des logements en question, au cours du 10 et 14 juillet.	218
Figure 6. 25 : Juxtaposition des résultats des flux de la vitesse d'air mesurés et simulés à l'intérieur et à l'extérieur des logements en question, au cours du 02 et 09 août.....	218
Figure 6. 26 : a- Graphes de simulation de niveau d'éclairage naturel, interne et externe des zones principales du logement duplex à M'Sila, pendant le 21 décembre ; b- Etude de rapprochement des niveaux d'éclairage naturel mesurés par « Luxmètre (TROTEC, BF06) » et simulés via « EnergyPlus », de la même journée typique.	220
Figure 6. 27 : a- Graphes de simulation de niveau d'éclairage naturel, interne et externe des zones principales du logement duplex à M'Sila, pendant le 21 juin ; b- Etude de rapprochement des niveaux d'éclairage naturel mesurés par « Luxmètre (TROTEC, BF06) » et simulés via « EnergyPlus », de la même journée typique.	220
Figure 6. 28 : a- Graphes de simulation de niveau d'éclairage naturel, interne et externe des zones principales du logement de Sidi Abbaz à Ghardaïa, pendant le 21 décembre ; b- Etude de rapprochement des niveaux d'éclairage naturel mesurés par « Luxmètre (TROTEC, BF06) » et simulés via « EnergyPlus », de la même journée typique.	222
Figure 6. 29 : a- Graphes de simulation de niveau d'éclairage naturel, interne et externe des zones principales du logement de Sidi Abbaz à Ghardaïa, pendant le 21 juin ; b- Etude de rapprochement des niveaux d'éclairage naturel mesurés par « Luxmètre (TROTEC, BF06) » et simulés via « EnergyPlus », de la même journée typique.	223
Figure 6. 30 : Graphes significatifs de l'étude de proximité de l'optimisation des niveaux d'éclairage naturel mesurés et simulés à l'intérieur et à l'extérieur des logements cas d'étude, au cours du solstice d'hiver.	224
Figure 6. 31 : Graphes significatifs de l'étude de proximité de l'optimisation des niveaux d'éclairage naturel mesurés et simulés à l'intérieur et à l'extérieur des logements cas d'étude, au cours du solstice d'été.....	224
Figure 7. 1 : Processus de discussion des résultats de la première et la deuxième section du cinquième chapitre de la partie analytique.	229
Figure 7. 2 : Solutions utiles pour développer des bâtiments respectueux de l'environnement local.	232
Figure 7. 3 : Quelques principes pour sélectionner des matériaux de construction.	237
Figure 7. 4 : Déroulement de l'interprétation des résultats de la stratégie du bien-être de l'homme.....	239
Figure 7. 5 : Certaines recommandations pour atteindre le bien- être et d'améliorer le comportement thermique et hygrométrique à l'intérieur des futurs logements vernaculaires contemporains.....	243
Figure 7. 6 : Quelques recommandations suggérées pour assurer la ventilation naturelle à l'intérieur des futurs logements.	246
Figure 7. 7 : Solutions clés envisagées pour l'optimisation de la ventilation naturelle dans les climats arides.....	249
Figure 7. 8 : Une série de recommandations utiles pour atteindre un éclairage naturel performant.	252

Figure 7. 9 : Recommandations en vue d'une performantes en matière d'éclairage naturel.	254
Figure 7. 10 : Processus de développement d'une architecture vernaculaire contemporaine, en Algérie.	258
Figure 7. 11 : Catégories des stratégies environnementales passives qui organisent les mécanismes / les orientations nécessaires pour le développement d'une architecture vernaculaire contemporaine en Algérie.....	259
Figure 7. 12 : Phases de conception d'un bâtiment.	261
Figure 7. 13 : Guide manuel d'aide à la prise de décision sous forme d'un diagramme...	262

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2. 1 : Les principes durables à mettre en application par les spécialistes du bâtiment pour une construction durable.	64
Tableau 3. 1 : Tableau récapitulatif des modèles de stratégies environnementales.	95
Tableau 4. 1 : Description des caractéristiques thermo-physiques des matériaux utilisés dans la construction du logement duplexe étudié.	125
Tableau 4. 2 : Principales caractéristiques des thermo-physiques des matériaux constituant l'enveloppe du logement.	129
Tableau 5. 1 : L'échantillon répertoriant les différentes mesures au sein des logements sélectionnés.	161
Tableau 6. 1 : Résultats de calcul du pourcentage d'erreur de température et d'humidité par temps froid.	194
Tableau 6. 2 : Résultats de calcul du pourcentage d'erreur de température et d'humidité par temps chaud.	194
Tableau 6. 3 : Résultats de calcul du pourcentage d'erreur de la vitesse de l'air, en saison estivale typique.	195
Tableau 6. 4 : Résultats de calcul du pourcentage d'erreur du niveau d'éclairage, en saison hivernale et estivale.	195
Tableau 6. 5 : Synthèse des résultats retenus à travers la méthode du calcul du coefficient d'inégalité (IC), de (Ta) et (HR), en hiver et été.	197
Tableau 6. 6 : Synthèse des résultats retenus à travers la méthode du calcul du coefficient d'inégalité (IC), de la vitesse de l'air, de la période estivale typique.	198
Tableau 6. 7 : Synthèse des résultats retenus à travers la méthode du calcul du coefficient d'inégalité (IC), du niveau d'éclairage, en mois de décembre et juin.	198
Tableau 7. 1 : Synthèse des résultats d'analyse de la sensation du confort thermique dans le cas des logements en question.	240
Tableau 7. 2 : Synthèse des résultats d'évaluation de la qualité de ventilation naturelle, cas logement duplex.	244
Tableau 7. 3 : Synthèse des résultats d'évaluation de la qualité de ventilation naturelle, cas Siddi Abbaz.	247
Tableau 7. 4 : Récapitulatif des résultats d'évaluation de la sensation d'éclairage naturel, « logement duplex ».	250
Tableau 7. 5 : Récapitulatif des résultats d'évaluation de la sensation d'éclairage naturel, « logement Siddi Abbaz ».	253
Tableau 7. 6 : Les mécanismes / orientations suggérés au sein de chaque stratégies environnementales passive.	260

RESUME

Depuis l'indépendance, l'Algérie a cherché à régler le problème de la crise du logement en procédant à l'industrialisation des systèmes constructifs dans la production des logements en série. En considérant le logement comme un produit industriel plutôt qu'un objet architectural, cette démarche s'est accompagnée d'un abandon des techniques de construction vernaculaires en faveur des techniques modernes. Cet état de fait, a conduit à la généralisation d'un seul type de constructions sur l'ensemble du territoire national malgré la diversité des environnements et la multiplicité des zones climatiques. Aussi, ce type de bâtiments est caractérisé par ses impacts négatifs sur l'environnement et par l'absence de confort et du bien-être.

Simultanément à cette tendance industrielle, les frères El Miniawy et André Ravéreau sont intervenus en réalisant des logements dans un style d'architecture néo-vernaculaire. Ces architectes ont adopté une stratégie qui consiste en l'interprétation de l'architecture vernaculaire des régions dans lesquelles ils ont réalisé, mais en procédant dans une perspective novatrice.

Ce travail s'interroge sur l'éventualité d'un nouveau regard sur la construction d'une architecture juste, respectueuse de l'environnement local et moins énergivore. A cet effet, l'objectif est de réinterpréter les œuvres des architectes néo-vernaculistes (El Miniawy et Ravéreau) afin de comprendre la façon avec laquelle ils ont associé les dispositifs passifs de l'architecture vernaculaire aux nouvelles techniques modernes de leur époque, avec une focalisation sur l'aspect environnemental. L'objectif est de mettre l'accent sur les leçons qui pourraient être tirées de cette réinterprétation pour développer une architecture vernaculaire contemporaine.

A cet égard, le choix du cas d'étude s'est porté sur les 19 logements de Sidi Abbaz de Ravéreau à Ghardaïa situés en climat aride et les 50 logements duplex d'El Miniawy à M'Sila, en climat semi-aride. L'outil méthodologique utilisé dans la réinterprétation des cas d'étude est fondé sur la combinaison de trois modèles de stratégies environnementales. L'application de cette méthode repose sur l'approche des méthodes mixtes de Creswell, qui convergent les données qualitatives et quantitatives. Si la première approche est utilisée dans l'analyse des sous-stratégies liées au respect du site, profit des ressources climatiques et à la réduction d'impact environnemental à travers des observations directes, des lectures précises et des entretiens, la seconde évalue la stratégie du bien-être de l'homme par l'enquête sur terrain, la campagne de mesures in situ et la simulation thermodynamique numérique « EnergyPlus V9.1.0 ».

Les résultats obtenus montrent que les logements en question ont fait un usage intelligent des méthodes de constructions vernaculaires comme la bonne connexion au paysage, au site d'implantation et à l'exploitation des ressources naturelles / renouvelables. Aussi, ils ont fait un meilleur exemple de l'association des matériaux locaux (pierre et terre) aux nouvelles techniques modernes et de l'intégration des dispositifs passifs de l'architecture vernaculaire algérienne (cour, chebek et mur masque).

A la lumière des résultats de cette recherche, plusieurs mécanismes / orientations de bâtiments néo-vernaculaires ont été identifiés et classés dans les catégories des stratégies environnementales passives suivantes : sensibilité et connexion aux caractéristiques du paysage et du site, création de la relation entre l'intérieur et l'extérieur, usage des matériaux de construction locaux, innovants, durables et mixtes, transmission et exploitation des

ressources naturelles et qualité de l'environnement intérieur des bâtiments. Finalement, ces mécanismes / orientations ont été utilisés dans l'élaboration d'un guide manuel qui a été présenté sous forme d'un diagramme qui met, en avant, les stratégies environnementales passives à mettre en œuvre, en amont, des phases de la conception des bâtiments. Un guide qui servira d'un outil d'aide à la décision pour les responsables/ décideurs/ planificateurs du secteur du bâtiment, des ingénieurs et des architectes, en vue d'une conception écologique de typologie vernaculaire contemporaine en Algérie, dont les impacts environnementaux seront réduits et le confort / bien-être seront bien préservés.

Mots clés : Néo-vernaculaire, El Maniawy, André Ravéreau, Stratégies Environnementales, Méthodes mixtes, Vernaculaire Contemporaine, Ghardaïa, M'Sila.

ABSTRACT

Since independence, Algeria has attempted to address the housing crisis through the industrialisation of the construction systems in the housing mass production. By considering housing as an industrial product rather than an architectural object, this approach has been associated by an abandonment of vernacular construction techniques in favour of modern techniques. This state of affairs has led to the generalisation of a single type of construction throughout the country, despite the diversity of environments and the multiplicity of climatic zones. In addition, this type of building is characterised by its negative impact on the environment and by the absence of comfort and well-being.

Simultaneously with this industrial trend, the El Miniawy brothers and André Ravéreau intervened by creating housing in a neo-vernacular architectural style. These architects adopted a strategy that consists of interpreting the vernacular architecture of the regions in which they built, but proceeding from an innovative perspective.

This work questions the possibility of a new look at the construction of a just architecture, respectful of the local environment and less energy consuming. To this end, the aim is to reinterpret the works of the neo-vernaculist architects (El Miniawy and Ravéreau) to understand how they combined the passive devices of vernacular architecture with the new modern techniques of their time, with a focus on the environmental aspect. It aims to highlight the lessons that could be learned from this reinterpretation to develop contemporary vernacular architecture.

In this respect, the choice of the case study was the 19 dwellings of Sidi Abbaz de Ravéreau in Ghardaïa located in an arid climate and the 50 duplex dwellings of El Miniawy in M'Sila, in a semi-arid climate. The methodological tool used in the reinterpretation of the case studies is based on the combination of three environmental strategy models. The application of this method is based on Creswell's mixed methods approach, which converges qualitative and quantitative data. While the first approach is used in the analysis of the sub-strategies related to the respect of the site, profit of the climatic resources and the reduction of environmental impact through direct observations, precise readings and interviews, the second one evaluates the strategy of human well-being through the field survey, the in situ measurement campaign and the numerical thermodynamic simulation «EnergyPlus V9.1.0».

The results obtained to show that the dwellings in question have made intelligent use of vernacular building methods such as good connection to the landscape, the site and the exploitation of natural/renewable resources. In addition, they have made a better example of the combination of local materials (stone and earth) with new modern techniques and the integration of the passive devices of Algerian vernacular architecture (courtyard, chebek and mask wall).

In the light of the results of this research, several mechanisms / orientations of neo-vernacular buildings have been identified and classified in the following categories of passive environmental strategies: sensitivity and connection to landscape and site characteristics, creation of the relationship between interior and exterior, use of local, innovative, sustainable and mixed building materials, transmission and exploitation of natural resources and quality of the interior environment of the buildings. Finally, these mechanisms/guidelines were used in the elaboration of a manual guide that was presented in the form of a diagram that highlights the passive environmental strategies to be implemented, upstream, in the design phases of the buildings. A guide that will serve as a decision support tool for building sector managers/ decision makers/ planners, engineers and architects, for

an ecological design of contemporary vernacular typology in Algeria, whose environmental impacts will be reduced and comfort/ well-being will be well preserved.

Key words: Neo-Vernacular, El Maniawy, André Ravéreau, Environmental Strategies, Mixed Methods, Contemporary Vernacular, Ghardaïa, M'Sila.

ملخص

منذ الاستقلال، سعت الجزائر لحل مشكل أزمة السكن من خلال إتباع استراتيجية أنظمة البناء المصنعة وذلك في إنتاج سلسلة من المساكن. معتبرة بذلك المسكن كمنتج صناعي بدلاً من كونه عنصراً معمارياً، ترافق هذا النهج مع التخلي عن تقنيات البناء العامية لصالح التقنيات الحديثة. أدى هذا الوضع إلى تعميم نمط البناء في كافة أنحاء التراب الوطني على الرغم من تنوع البيئات وتعدد المناطق المناخية. كما يعرف هذا الصنف من الأبنية بآثاره السلبية على البيئة وانعدامه لوسائل الراحة والرفاهية.

بالتزامن مع هذا الاتجاه الصناعي، حاول الأخوان المنيوي وأندرية رافيرو تحقيق مبدأ الإسكان بأسلوب العمارة العامية الجديدة. من خلال الاعتماد على استراتيجيتهم الخاصة في تفسير أسس العمارة العامية للمناطق التي عملوا فيها، ومن ثم محاولة تجسيدها بمنظور مبتكر.

يسعى هذا العمل إلى إمكانية إلقاء نظرة جديدة لبناء هندسة معمارية عادلة، أكثر احتراماً للبيئة المحلية وقل استهلاكاً للطاقة. تحقيقاً لهذه الغاية، كان الهدف من هذه الدراسة هو إعادة تفسير أعمال المهندسين المعماريين الجدد (المنيوي ورافيريو) من أجل فهم الطريقة التي مدمجوا بها الأجهزة السلبية للعمارة العامية مع التقنيات الحديثة الجديدة في عصرهم، مع التركيز على الجانب البيئي. أيضاً نشير إلى إن الهدف الآخر من هذا العمل هو التأكيد على الدروس التي يمكن استخلاصها من إعادة التفسير هاته لتطوير العمارة العامية المعاصرة.

في هذا الصدد، وقع اختيار دراسة الحالة على 19 منزلاً في سيدي أباذ لاندرية هرافيرو في غرداية، الواقعة تحت تأثير مناخ جاف و50 منزلاً مزدوجاً للمنيوي في المسيلة، الواقعة تحت تأثير مناخ شبه جاف. تعتمد الأداة المنهجية المستخدمة في إعادة تفسير حالات الدراسة على مزيج من ثلاثة نماذج للاستراتيجيات البيئية. يعتمد تطبيق هذه الطريقة على نهج الطرق المختلطة لكروسول، الذي يقارب البيانات النوعية والكمية. إذا تم استخدام النهج الأول في تحليل الاستراتيجيات الفرعية المتعلقة باحترام الموقع، والاستفادة من الموارد المناخية وتقليل الأثر البيئي من خلال الملاحظات المباشرة والقراءات الدقيقة والمقابلات، إما فيما يخص النهج الثاني فإنه يقوم بتقييم استراتيجية رفاهية الإنسان من خلال المسح الميداني، وحملة القياس في الموقع والمحاكاة الديناميكا الحرارية الرقمية.

تظهر النتائج التي تم الحصول عليها أن المساكن المعنية استخدمت بشكل ذكي أساليب البناء العامية مثل الاتصال الجيد بالمناظر الطبيعية وموقع الاستيطان واستغلال الموارد الطبيعية / المتجددة. كما أنهم قدموا مثلاً أفضل على ارتباط المواد المحلية (الحجر والأرض) بالتقنيات الحديثة ودمج الأدوات السلبية للعمارة المحلية الجزائرية (الفناء، الشبك، والحائط التتكري).

في ضوء نتائج هذا البحث، تم تحديد العديد من الآليات / التوجهات للمباني العامية الجديدة وتصنيفها إلى الفئات التالية من الاستراتيجيات البيئية السلبية: الحساسية والاتصال بخصائص المناظر الطبيعية والموقع، وخلق العلاقة بين الداخل والخارج، استخدام مواد البناء المحلية والمبتكرة والمستدامة والمختلطة، ونقل واستغلال الموارد الطبيعية وجودة البيئة الداخلية للمباني. أخيراً، تم استخدام هذه الآليات / التوجهات في تطوير دليل بدوي تم تقديمه في شكل رسم بياني يسلط الضوء على الاستراتيجيات البيئية السلبية التي سيتم تنفيذها، في المراحل الأولى، من مراحل تصميم المبنى. هذا الدليل سيكون بمثابة أداة لدعم القرار للمديرين / صانعي القرار / المخططين في قطاع البناء والمهندسين المعماريين، بهدف تصميم بيئي للتصنيف العامي المعاصر في الجزائر، بما في ذلك سيتم التقليل من الآثار البيئية وسيتم أيضاً الحفاظ على الراحة / الرفاهية بشكل جيد.

الكلمات المفتاحية: العمارة الجديدة، المنيوي، أندرية رافيرو، الاستراتيجيات البيئية، الأساليب المختلطة، العمارة المعاصرة، غرداية، المسيلة.

INTRODUCTION GENERALE

Depuis plus d'un siècle, l'architecture vernaculaire se trouve, particulièrement, à la croisée des chemins, entre la tradition et l'innovation, suite aux grandes mutations qu'elle a subi, sous l'effet de nombreux facteurs ; tels que la progression des styles et des modes de vie, l'essor des nouvelles techniques et matériaux de construction et l'apparition de nouvelles tendances en architecture. Les architectes ont été certainement influencés par la tendance du mouvement moderne qui a envahi toutes les villes du monde y compris les pays du monde arabo-islamique (Amar, 1999 ; Zhao et al, 2013). Cette période de modernisation a entraîné des changements rapides dans la manière de vivre, de penser, de concevoir et de construire les bâtiments. En parallèle, la révolution industrielle a fourni des matériaux de construction modernes à l'instar de l'acier, le verre, le béton armé et le fer lesquels ont favorisé l'apparition de nouveaux systèmes constructifs massifs et standards. Ces derniers se sont substitués aux anciens systèmes constitués essentiellement de bois et de la pierre, bouleversant ainsi, profondément le monde de l'architecture (Gebregziabhier, 2008 ; Luisa et al, 2012).

1.1 Du constat à la réflexion, vers une problématisation

Autrefois, les gouverneurs cherchaient à construire des bâtiments verticaux afin de loger le maximum de gens, surtout après la guerre mondiale qui a détruit la totalité des villes du monde entier. Cette opération s'est manifestée par l'utilisation excessive des nouvelles techniques de construction, lesquelles sont très répandues sous prétexte de rapidité d'exécution et d'adaptation, tout en faisant abstraction, non seulement des dispositifs passifs de l'architecture vernaculaire (Vellinga et al, 2007), mais encore de l'identité locale et des cultures des peuples. Ainsi, l'emploi des nouveaux matériaux de construction dans le secteur du bâtiment a contribué à leur homogénéisation (Dipasquale et Mecca, 2016), à la négligence des conditions climatiques et environnementales locales. Avec ces matériaux, la notion même du confort était profondément ignorée. N'étant plus passive, comme jadis, la recherche des commodités est devenue active, où le chauffage et la climatisation mécanique et l'électricité sont les moyens utilisés intensivement pour garantir le confort des habitants. Cet état de fait pose, à la fois, la problématique d'abus de consommation des énergies fossiles / non renouvelables et engendre une agression contre l'environnement naturel (des déchets et d'émissions de gaz à effet de serre), tout en générant un malaise chez les usagers (João, 2016 ; Vyas, 2017).

Parallèlement à cette vision moderniste, certains courants régionalistes sont progressivement nés en opposition aux pressions dominantes de la modernisation. Ceux-ci ont cédé la place à certaines philosophies et méthodes constructives, alternatives et efficaces. Dans l'ensemble, les architectes appartenant à ce courant, ont tous prôné au retour à la tradition, aux ressources naturelles renouvelables et à la préservation de l'environnement naturel, et ceci dans le but d'éviter de gaspiller les énergies et de détériorer l'équilibre écologique. Ces architectes ont décidé de consolider leur logique en appuyant leurs idées sur les pièges rencontrés par le mouvement moderne, notamment ceux du domaine environnemental. Il est évident de déclarer que vivre en harmonie avec l'environnement local a toujours constitué l'objet ultime poursuivi par ces architectes, lesquels ont aussi profité des aspects écologiques de l'architecture vernaculaire et des progrès / opportunités modernes afin de développer une architecture néo-vernaculaire. Ce style d'architecture a été très encouragé par les architectes régionalistes en raison de sa contribution, de manière considérable, à la création d'un rapport entre l'environnement local et la promotion du confort thermique et visuel à l'intérieur des bâtiments.

Parmi les nombreux architectes néo-vernaculaires qui ont lutté afin d'encourager l'inspiration des anciennes maisons vernaculaires, nous citerons les architectes méditerranéens comme Roland Simounet, Fernand Pouillon, André Ravéreau ainsi que les frères égyptiens El Miniawy. Dans ce contexte, ils ont décidé de développer leurs théories d'architecture selon une piste, catégoriquement, moderne, tout en étant soucieuse de la tradition locale. Car ils savaient bien que c'est dans la tradition héritée des ancêtres que l'on peut trouver des réponses aux lacunes de l'architecture moderne. En effet, leurs démarches se sont toujours appuyées sur l'observation, l'étude et l'analyse critique des grandes réalisations de l'architecture vernaculaire des villes algériennes au sein desquelles ils construisent. Ils ont examiné ce qui est précieux / compétent (techniques passives) dans ces constructions afin de s'en inspirer pour les intégrer, scrupuleusement, dans les pratiques architecturales modernes, plutôt que de se focaliser sur le mimétisme des formes traditionnelles telles qu'elles existent dans le passé. A cet effet, ils ont tenté de renouer avec les grands aspects de l'architecture vernaculaire méditerranéenne, dans le but de rationaliser leurs travaux, créer un style d'architecture vernaculaire-moderne personnalisé, tout en portant un regard attentif aux caractères des sites et paysages naturels, des climats et au confort des hommes. Cependant, ces architectes voulaient donner une nouvelle vision sur la construction des bâtiments, en remettant en cause les principes des maîtres du mouvement

moderne, surtout ceux de la production massive des logements.

Au cours des dernières années, plusieurs chercheurs, dans le domaine du bâtiment, se soucient de l'environnement et de l'avenir de la planète, ce qui a engendré l'émergence des premiers plans du développement d'une architecture vernaculaire contemporaine et durable. Cela a aussi conduit au déclenchement d'un regain d'intérêt pour la production des bâtiments qui profitent de l'utilisation des ressources naturelles renouvelables (vent et soleil) et des matériaux disponibles localement. Ces matériaux locaux peuvent être, donc, appropriés pour réaliser des bâtiments efficaces, sans altérer l'environnement, ni même affecter le confort des habitants. Clairement, les définitions les plus relatées de ce mouvement vernaculaire contemporain ont tendance à faire revivre l'architecture vernaculaire. Autrement dit, associer les techniques traditionnelles (considérées comme des modèles durables) à l'innovation contemporaine constituent, désormais, le grand défi de notre époque. Ce défi fait partie, actuellement, des agendas des architectes, et semble solliciter de plus en plus pour créer l'interaction entre les nouvelles conceptions et les conditions environnementales locales qui les entourent. En amont, la construction des logements avec ce principe influe considérablement sur les volets, thermiques (confort thermique, ventilation et éclairage naturel), énergétiques de l'enveloppe, et plus globalement, environnementaux. En effet, les objectifs primordiaux d'élaboration des conceptions vernaculaires contemporaines, sont autant de fournir aux utilisateurs des environnements internes confortables, quelle que soit la rudesse des exigences climatiques externes, que de réduire les dépenses vis-à-vis des énergies non renouvelables et de restreindre les soucis environnementaux.

En somme, les motifs de cette recherche découlent d'un intérêt de construire une architecture rationnelle, respectueuse de l'environnement local et moins consommatrice des énergies non renouvelables. C'est pour cette raison que nous insistons sur l'examen et la compréhension de la façon dont les architectes néo-vernaculistes ont combiné les dispositifs passifs de l'architecture vernaculaire aux nouvelles techniques modernes de leur époque, avec une focalisation sur l'aspect environnemental. L'architecture néo-vernaculaire est devenue, actuellement, une source d'investigation et d'inspiration de plusieurs architectes dans le monde, lesquels ont profité de ses avantages et son expérience dans la réalisation des projets vernaculaires contemporains. Ainsi, cette étude met l'accent sur les leçons et les mécanismes / les orientations qui pourraient être retirées de la réinterprétation des œuvres de certaines de ces architectes à travers la méthode des stratégies environnementales, pour les impliquer

dans la prise de décision du développement des bâtiments à caractère vernaculaire contemporain en Algérie.

1.2 Motivation et intérêt du choix du thème de notre projet de recherche

On a beaucoup écrit sur l'architecture vernaculaire traditionnelle (Bernard Rudofsky, Paul Oliver) sous différents aspects, principalement, sur sa réussite à faire face tant aux exigences environnementales, sociales, culturelles et économiques, que sur l'exploitation des matériaux locaux, les ressources naturelles (vent, soleil) et l'utilisation des dispositifs passifs. Parallèlement, le recours aux principes de l'architecture vernaculaire a suscité une multitude de travaux de recherche, qui présentent une variété de réflexions sur le caractère écologique et durable des aspects de cette architecture, tout en accentuant sur leur convivialité et leur pertinence environnementale. Ces études ont montré que les principes et les éco-éléments vernaculaires se corrélaient avec les piliers de l'architecture durable. Par ailleurs, de nombreux architectes et théoriciens en architecture ont publié quelques livres dans le domaine d'architecture vernaculaire, dont nous citerons le livre d'Asquith et Marcel Vellinga « *Vernacular Architecture in the Twenty-First Century : Theory, Education And Practice* », (2006). Celui-ci regroupe des articles dans lesquels des chercheurs affirment que l'architecture vernaculaire est la meilleure alternative pour le développement d'une architecture vernaculaire contemporaine. Ils insistent, par ailleurs, sur la nécessité de réappliquer les aspects vernaculaires dans la construction des bâtiments contemporains, à moindre consommation des énergies non renouvelables et à faible impacts environnementaux.

Les recherches dans le cadre de l'architecture vernaculaire contemporaine prennent de plus en plus d'ampleur, a fortiori, sur la comparaison des bâtiments vernaculaires et contemporains, en se focalisant sur le volet, socio-culturel, économique, et environnemental. Cette dimension environnementale et écologique est liée, à la fois, à la qualité du confort et du bien-être des usagers, à l'utilisation des matériaux locaux et à l'exploitation des ressources naturelles et renouvelables.

A cet égard, nous soulignons la rareté des travaux scientifiques traitant explicitement la thématique, telle qu'elle est abordée dans cette présente recherche dont le contexte général encourage la continuité d'utilisation des techniques, matériaux et dispositifs vernaculaires dans la création des bâtiments à caractère vernaculaire contemporain, au travers de la

réinterprétation des œuvres des architectes néo-vernaculaires. Aussi, ce travail apportera une contribution d'aide à la décision, en permettant aux acteurs du bâtiment de pouvoir choisir les stratégies adéquates en vue de bien agir dans chaque processus de conception.

1.3 Enoncé du problème

Au lendemain de l'indépendance, l'objectif fondamental de l'état algérien était de reconstruire le cadre bâti de villes algériennes et de se débarrasser de bidonvilles qui les envahissaient. Pour se faire, les acteurs politiques ont suggéré une architecture d'urgence pour loger le maximum d'autochtones, qui se trouvaient sans abri ou mal logés (bidonvilles). Selon cette politique, l'industrialisation et la préfabrication des bâtiments étaient les solutions idéales, privilégiées par les pouvoirs publics, comme un raccourci d'accélération du processus de la production des grands ensembles de bâtiments, afin d'atténuer le problème de la crise des logements que connaît le pays. En effet, et jusqu'à nos jours, les acteurs du secteur du bâtiment (décideur, architectes, ingénieurs, investisseur et promoteurs) ne cessent de poursuivre l'application de ce régime des constructions standards pour pouvoir répondre à l'énorme demande de la population pour les logements (générée par la croissance démographique), sans égard aux caractéristiques spécifiques de chaque ville (Mezrag, 2016).

De ce régime d'importation des modèles typiques et des méthodes internationales qui se servent plus souvent de matériaux standards et bons marchés (béton, fer, verre et acier), et en s'éloignant de l'utilisation des matériaux locaux (pierre, terre et bois), l'Algérie se trouve ainsi, confrontée aux effets négatifs d'une telle pratique. Parmi ces effets, on notera, la production des bâtiments énergivores, dans lesquels le confort des habitants est délégué à des systèmes mécaniques (chauffage, climatiseur et lampes) qui consomment démesurément les sources énergétiques conventionnelles épuisables, garantissant ainsi la rupture avec les conditions climatiques et l'environnement local. Aussi, de l'utilisation des matériaux standards découlent d'autres problèmes, ceux du réchauffement de la planète et d'émission des gaz à effet de serre dégagés de leur transportation à partir de contrées lointaines. En conséquence, ces modèles importés, à partir d'autres contextes, ont généré tant l'abandon des dispositifs vernaculaires, que l'uniformisation du cadre bâti des villes algériennes. Les constructions y affichent quasiment le même style d'architecture, et emploient les mêmes matériaux et techniques de construction que l'on soit à l'Est, à l'Ouest, au Nord comme au Sud, sur le littoral comme dans les zones présahariennes ou sahariennes et en plaine comme

en montagne et dans les oasis (Koenig, 1980), et cela malgré la diversité climatique et environnementale et la richesse de l'architecture vernaculaire du pays.

Pourtant, certains architectes de renommée internationale, à l'instar des frères El Miniawy et d'André Ravéreau, qui ont été sollicités par le gouvernement algérien pour participer à l'édification de projets en Algérie ; étaient conscients de l'importance de l'architecture vernaculaire locale. Ceux-ci ont profité de leurs visites et des observations sur l'architecture vernaculaire, particulièrement, de M'Sila et de Ghardaïa pour forger leurs idées et proposer des solutions de logements qui équilibreraient entre, à la fois, la rapidité de réalisation et l'efficacité énergétique et sociale. Leurs interventions encouragent toujours le recours aux sources / origines, à l'utilisation des dispositifs passifs et à l'emploi des matériaux locaux combinés aux techniques modernes de leur époque. Ainsi, parmi les œuvres des frères El Miniawy en Algérie, nous nous intéressons aux 50 logements duplex à M'Sila, qui ont été conçus dans une logique fonctionnaliste, caractérisés par l'intégration de quelques archétypes traditionnels des maisons d'El Hodna avec une touche moderne. Quant aux 19 logements économiques de Sidi Abbaz à Ghardaïa, qui sont réalisés par André Ravéreau, ils représentent une interprétation habile du génie de l'architecture mozabite, puisqu'ils rassemblent plusieurs dispositifs passifs inspirés du M'Zab (Cataldi et al, 1996 ; Bertaud du Chazaud et Ravéreau, 2007). Cependant, les principes de création de ces projets questionnent, avant tout, l'essence d'une architecture contextuelle « néo-vernaculaire », qui satisfaisait, de façon nette et cohérente, les besoins élémentaires des utilisateurs en matière du confort et du bien-être, tout en se souciant de la préservation de l'environnement local.

Aujourd'hui, avec la généralisation de la standardisation du logement collectif, la sonnette d'alarme est, désormais, tirée en Algérie. Pour y remédier, il est, dorénavant, impératif que de nouveaux concepts soient introduits dans notre manière de voir l'architecture de demain qui se doit d'être incontestablement durable, telle que l'architecture « vernaculaire contemporaine ». A cet effet, ce projet de thèse consistera à la réinterprétation des œuvres des architectes néo-vernaculistes d'El Miniawy et d'André Ravéreau, étant donné qu'ils sont, à ce jour, encore fonctionnels et peuvent constituer une considérable source d'inspiration pour le développement d'une architecture vernaculaire contemporaine algérienne. Cette réinterprétation se focalisera surtout sur les aspects environnementaux afin d'envisager toutes les leçons / orientations possibles à retirer pour soutenir les futurs processus de conception de cette nouvelle architecture.

Luttant contre la généralisation d'un style universel, le passage du néo-vernaculaire au vernaculaire contemporain est, à cet effet, une question d'actualité qui permet d'atteindre des niveaux performants de confort tout en limitant les impacts environnementaux négatifs.

1.4 Questionnements

A partir de ce constat et des réflexions avancées, une série de questionnements s'imposent pour élucider la problématique posée, il s'agit de s'interroger principalement sur :

Comment l'architecture néo-vernaculaire, développée par les frères El Miniawy et André Ravéreau, à travers leurs réalisations en Algérie, peut-elle servir comme un « modèle référent » pour l'architecture vernaculaire contemporaine ?

En d'autres termes, **quels sont les mécanismes / orientations qui découlent de ces œuvres néo-vernaculaires afin de soutenir le processus décisionnel du développement d'une architecture vernaculaire contemporaine en Algérie ?**

A cette question principale déclinent d'autres questions secondaires :

- A travers la réinterprétation des projets d'El Miniawy et d'André Ravéreau, il s'agit pour nous de voir en quoi l'architecture vernaculaire algérienne a-t-elle influencé leurs principes modernes ? Et qu'ont-ils apporté au parc des logements de masse en Algérie ?
- Quelles sont les leçons inscrites dans les œuvres de ces architectes ? De quelle manière peut-on les exploiter et les transposer en des solutions vernaculaires contemporaines, qui répondraient aux exigences actuelles ?
- Quels sont les aspects environnementaux sur lesquels est fondée la conception des logements duplex et de Siddi Abbaz ? Et comment peut-on les réintégrer dans les logements futurs ?
- A propos de la combinaison des matériaux locaux et modernes, qualifierait-on de réussie, cette technique qui parvient à une conception moins énergivore et à faible impacts environnementaux ?
- Dans quelle mesure les dispositifs vernaculaires passifs incorporés par El Miniawy et André Ravéreau dans leurs réalisations en Algérie contribuent de manière significative à la qualité du bien-être des habitants ?

- Quelle méthode et quels outils pour réinterpréter les projets des architectes en question ?
- Le développement d'une architecture vernaculaire contemporaine permet-il de favoriser une politique de production des logements, dans le souci d'une meilleure préservation de l'environnement local et des ressources non renouvelables ?
- Quel serait le lien qui établit une logique de continuité entre l'architecture néo-vernaculaire et la notion du vernaculaire contemporaine ?
- Serait-il possible d'édifier, aujourd'hui, des constructions écologiques et durables, comme autrefois, à l'échelle de l'enveloppe et des espaces qu'elles engendrent ?

1.5 Hypothèses de travail

La problématique ainsi posée, nous amène à avancer trois hypothèses ; qui feront l'objet d'une vérification au fil de cette étude :

D'abord, il s'agit de tester l'hypothèse selon laquelle, **la réinterprétation des œuvres d'El Miniawy et d'André Ravéreau exigerait la combinaison de plusieurs méthodes, pour permettre de sélectionner les stratégies environnementales qui répondent le mieux aux objectifs de notre recherche.**

Ceci nous amène à formuler la seconde hypothèse, qui énonce que, **les principes néo-vernaculaires appliqués dans les logements duplex par El Miniawy et dans ceux de Sidi Abbaz par André Ravéreau, pourraient être le résultat, à la fois, d'une bonne connexion au paysage, au site d'implantation et à l'exploitation des ressources naturelles / renouvelables et aussi de la maîtrise de l'association des matériaux locaux et certains dispositifs passifs de notre architecture vernaculaire aux techniques de l'architecture moderne.**

La troisième hypothèse part d'une conviction qu'un **retour à l'architecture vernaculaire, selon la vision des architectes néo-vernaculaires constituerait un moyen incontournable pour régler les problèmes énergétiques et les impacts environnementaux négatifs recensés dans les logements en Algérie. Cette réinterprétation aiderait à identifier les mécanismes / orientations à perpétuer par les décideurs dans le processus de conception des bâtiments à caractère vernaculaire contemporain.**

1.6 Les objectifs de la recherche

Afin de pouvoir vérifier les hypothèses émises, nous nous sommes fixés plusieurs objectifs pour guider ce travail. Ceux-ci s'articulent autour des points suivants :

Les premiers objectifs sont d'ordre scientifique pour lesquels nous établissons une compréhension théorique des concepts d'architecture néo-vernaculaire et vernaculaire contemporaine, tout en mettant l'accent sur l'aspect environnemental qui fait le trait d'union entre les deux concepts. Au-delà, nous étudions les méthodes environnementales en vigueur afin de développer des stratégies environnementales appropriées et applicables dans la réinterprétation des cas d'étude de notre recherche. De même, nous visons par cette recherche de réinterpréter les principes / les techniques appliquées par El Miniawy et Ravéreau pour combiner les matériaux locaux et les dispositifs passifs vernaculaires aux nouvelles procédés issus de l'architecture moderne, tout en respectant les exigences climatiques et environnementales des régions auxquelles ils ont bâti.

Le second est d'ordre pédagogique puisque l'étude en question répond à une préoccupation plus profonde qui est celle de sensibiliser les intervenants dans les métiers de l'architecture (notamment les enseignants et les étudiants) sur l'importance de se référer aux principes néo-vernaculaires d'El Miniawy et de Ravéreau dans le développement d'une architecture vernaculaire contemporaine durable. Cela ne se fera qu'à travers l'introduction dans les programmes éducatifs des nouvelles connaissances en matière d'architecture néo-vernaculaire et vernaculaire contemporaine.

Le troisième objectif, qui est professionnel, s'oriente vers la formulation des mécanismes / des orientations comme guide d'aide à la décision destiné aux acteurs du bâtiment. Ces derniers les appliqueront dans le processus du développement des conceptions à caractère vernaculaire contemporain, confortables, moins énergivores et à faible impacts environnementaux.

1.7 Motivations du choix du corpus d'étude

Le choix de notre cas d'étude a été dicté par plusieurs raisons. En premier lieu, il s'agit de notre séjour à Ghardaïa et à M'Sila, où nous étions fascinés par l'originalité des logements Sidi Abbaz d'André Ravéreau et des logements duplex d'El Miniawy. Les principes de composition des architectes nous ont séduit, par les systèmes constructifs audacieux, les

murs appliqués et les dispositifs passifs de l'architecture locale des deux régions. Ces logements réalisés dans le style d'architecture néo-vernaculaire nous ont interpellé, particulièrement, la façon dont les architectes ont essayé de faire des compromis entre les aspects vernaculaires traditionnels, d'une part, et les techniques modernes de leur époque, d'autre part.

Parallèlement, notre intérêt pour ces architectes et leurs réalisations s'agrandissait de jour en jour. Aussi, les diverses lectures faites sur le sujet, nous ont incité à apprendre davantage de leur expérience, plus particulièrement en Algérie.

Par ailleurs, le choix des logements duplex de M'Sila et ceux de Sidi Abbaz en tant que modèles d'étude, a été effectué suite à plusieurs visites sur les sites, lesquelles sont confortées par les observations empiriques lorsque nous avons entamé cette recherche. Cette étape nous a aidé dans le choix final du corpus d'étude. En outre, la pré-enquête, l'enquête définitive et campagne de mesure ont été réalisées en 2019.

En effet, selon la revue de littérature, nous avons constaté que ces projets restent des exemples particulièrement fertiles pour répondre aux objectifs de notre étude, car ils n'ont fait l'objet d'aucune recherche académique (sujet de doctorat), en comparaison aux projets de Roland Simounet ou bien ceux de Fernand Pouillon qui ont été scrutés par de nombreux chercheurs. Il semblerait que ce choix apportera une originalité, une richesse pertinente et novatrice à la problématique de recherche.

Par ailleurs, nous avons choisi le secteur du logement, en le considérant comme un objet architectural plutôt qu'un produit industriel standard. Les deux types de logements sélectionnés représentent donc, d'intéressants cas dans leurs régions respectives. Aussi, ils ne se différencient pas, non seulement de par leurs enveloppes et leurs typologies, mais également de par leurs contextes climatiques et environnements où celui de M'Sila avec un climat semi-aride, alors que celui de Ghardaïa ayant un climat aride. Cette nuance climatique apporterait, d'ailleurs, des réponses riches à la problématique posée.

Finalement, pour la commodité d'accès aux informations et documents suffisants pour aider à réaliser cette étude dans des conditions favorables et dans les délais.

1.8 Méthodologie de recherche appropriée ; une articulation des approches mixtes qualitatives et quantitatives

Les constructions néo-vernaculaires reflètent de nombreux aspects, à savoir social, culturel, économique et environnemental, de la société et de la région dans lesquelles elles s'y trouvent. Ainsi, cette recherche se concentre particulièrement sur l'aspect environnemental qui influe considérablement sur cette architecture, et cela à travers la réinterprétation des œuvres d'El Miniawy et de Ravéreau dans la ville de Ghardaïa et de M'Sila. A cet effet, la méthodologie de recherche que l'on adoptera sera étalée sur trois niveaux :

Le premier niveau sera de soubassement théorique, il se basera sur une recherche bibliographique des documents relatifs au sujet traité. A cet effet, ce niveau sera consacré à la consultation d'un corpus documentaire à savoir : des livres, des thèses, des articles scientifiques, des actes de séminaires et colloques ; des sites web, des médias, etc. Tous ces documents seront analysés et exploités afin de cerner l'état de l'art de cette recherche en vue de définir son cadre conceptuel.

Le deuxième niveau, visera à l'élaboration d'un cadre méthodologique approprié à notre contexte d'étude. Il s'agit donc d'une étude approfondie de nombreuses recherches menées sur la question de l'aspect environnemental à l'instar du projet de recherche VerSus, le travail de thèse de Day Heidi et de Salman Al-Zubaidi. Cette étude conduira à la sélection des stratégies environnementales appropriées pour la réinterprétation des logements en question, et cela grâce au croisement et à la combinaison de trois modèles cités auparavant. Les stratégies retenues par l'étude seront ensuite classifiées et traitées prospectivement, en se basant sur des études antérieures, pour pouvoir cerner la multiplicité de chaque sous stratégie environnementale.

Le troisième niveau, consistera à la réinterprétation des modèles employés dans les logements duplex et ceux de Sidi Abbaz à l'aide des sous-stratégies environnementales pour vérifier l'hypothèse émise et répondre aux objectifs de notre recherche. Ainsi, cette réinterprétation reposera sur l'intégration de l'approche des méthodes mixtes, à la fois qualitatives et quantitatives. A cet égard, plusieurs outils d'investigation seront utilisés pour la collection et l'analyse des données entre autres ; l'observation directe, l'exploitation de la littérature et des centres d'archives, l'entretien / l'interview, l'enquête, la campagne de mesure et la simulation numérique.

Le premier outil, présenté par l'observation directe, sera devisée en deux étapes, d'un côté, cela concerne une observation des sites et terrains d'intervention dans leur globalité, et de l'autre côté, une observation des détails et éléments architectoniques.

Le deuxième outil, présenté par l'exploitation de la littérature et des centres d'archives ainsi que la collecte de données propres à certaines stratégies environnementales, se basera sur l'analyse du fond documentaire afin d'élaborer une méthode appropriée au modèle d'analyse. Également, les données graphiques (carte, plans, coupes, façades, etc.) utilisés dans cette analyse seront recueillies minutieusement auprès des différentes directions, notamment ; l'APC, la DUC, la SUCH, l'OPGI de M'Sila et de Ghardaïa, l'OPVM (Office de Protection et de Promotion de la Vallée) de Ghardaïa.

Le troisième outil, est arboré par les entretiens et les interviews avec les ingénieries (maître d'ouvrage) ayant participé à la réalisation des logements en question. Dans cette perspective, le manque, ou parfois, l'ambiguïté de quelques informations nécessaires à la réinterprétation ont exigé à organiser des rencontres avec les responsables des différents secteurs en vue de récolter des résultats plus fiables.

Le quatrième outil, consiste en l'enquête qui s'avère un outil incontournable pour récolter un maximum de données par questionnaire. Ce dernier est destiné aux habitants des logements en question afin de déterminer leur seuil de satisfaction sur les sous-stratégies du confort thermique, ventilation et éclairage naturel à l'intérieur des logements. Par ailleurs, les résultats de ce questionnaire seront traités à l'aide du logiciel des statiques « Excel ».

Le cinquième et dernier outil, est présenté par la campagne de mesure et la simulation numérique. Dans ce contexte, l'étude expérimentale sera fondée sur des mesures in situ des paramètres liés aux sous-stratégies de la stratégie du bien-être de l'utilisateur. Cette étude qui sera réalisée à l'aide des appareils de mesure, nous permettra de tester l'efficacité des dispositifs passifs intégrés par les architectes dans les logements cas d'étude. En vue d'atteindre le même objectif et dans le but de valider les résultats de la campagne de mesure, l'étude sera complétée par des simulations numériques, qui seront réalisées avec le logiciel de simulation thermodynamique « EnergyPlus V9.1.0 ». Ces simulations seront précédées par une modélisation des variantes via le logiciel « Google Sketch-Up Pro 2018 ».

En définitive, chaque outil présente des points forts et des points faibles, donc l'exploitation de la simulation complète le manque ou les inconvénients de la campagne de mesure et

l'enquête. En conséquence, le choix de ces différentes méthodes, approches et outils a pour objectif de mieux réinterpréter les logements en question et tirer les mécanismes / les orientations nécessaires pour le développement d'une architecture vernaculaire contemporaine.

1.9 Structure et démarche de la recherche

A travers ce modeste travail, nous essayerons de répondre à notre problématique, aux questions posées et aux hypothèses émises précédemment, en nous focalisant sur l'identification et l'analyse des méthodes des stratégies environnementales, afin de pouvoir réinterpréter les logements en question et déterminer les mécanismes / les orientations, qui aideront les responsables du secteur du bâtiment à développer de nouvelles conceptions de logements à caractère vernaculaire contemporain. Ainsi, le manuscrit sera scindé en sept chapitres, suivis par une conclusion générale.

Le premier chapitre visera à fournir un cadre conceptuel, en abordant plus particulièrement les fondements théoriques relatifs à la notion du vernaculisme conservateur et néo-vernaculaire comme des nouvelles tendances qui sont apparues après la remise en cause du mouvement moderne en architecture. Ces deux termes seront expliqués isolément afin de construire une compréhension globale de leurs significations dans le champ architectural. Également, nous étudierons dans ce chapitre les modèles des architectes néo-vernaculistes à travers le monde. Pour terminer, il examinera la genèse du style néo vernaculaire en Algérie par les concepteurs modernes, en prenant en compte leurs techniques et leurs méthodes appliquées dans le processus de production de leurs œuvres exceptionnelles à travers notre territoire.

Le second chapitre sera dédié aux particularités de l'architecture vernaculaire contemporaine à partir d'un aperçu bibliographique des ouvrages interdisciplinaires de certains nombres de théoriciens abordant cette notion d'une manière non spécifique. Puis on s'interrogera, de manière spécifique, sur les interactions étroites des bâtiments vernaculaires avec les alternatives de la durabilité qui ont donné du sens à l'architecture vernaculaire durable. Ensuite, on insistera sur l'indication des stratégies environnementales jugées plus efficaces et à moindre effet néfaste sur l'environnement local. En dernier, on traitera le sujet de la réinterprétation de l'architecture néo-vernaculaire dans le développement d'une

architecture vernaculaire contemporaine. En fait, on mettra l'accent sur la relation entre l'architecture néo-vernaculaire et la vernaculaire contemporaine.

Le troisième chapitre quant à lui, sera considéré comme un point d'articulation et de passage entre la partie théorique et la partie analytique. Il sera consacré à la formulation d'un modèle / d'une méthode pour l'étude de cas. A cet effet, il exposera d'abord les différentes méthodes employées récemment dans l'analyse de l'aspect environnemental. Ensuite, il engagera le développement de notre propre méthode d'analyse, en centrant sur une approche combinatoire des modèles utilisés, comme fondement de cette méthode, pour retenir les sous-stratégies environnementales appropriées aux objectifs de notre recherche. Ces sous-stratégies seront traitées et détaillées de manière à mettre en exergue leur intérêt et leur importance dans cette recherche. Aussi, on se penchera sur la description des outils nécessaires choisis pour servir le bon déroulement et l'application de cette méthode.

Le quatrième chapitre consiste à analyser et à mettre en lumière les cas d'étude. Il s'agira, dans un premier temps, de présenter et d'étudier les deux logements choisis, en apportant une attention particulière, à leurs contextes et leurs environnements climatiques, à leur organisation spatiale et aux propriétés thermo-physiques des matériaux constituant leur enveloppe, dans le but d'obtenir les informations nécessaires à l'application de notre méthode. Dans un second temps, nous présenterons les résultats de l'étude qualitative menée spécifiquement sur l'ensemble des sous-stratégies liées au site, à l'exploitation des sources renouvelables et à la réduction des impacts environnementaux négatifs. De même, ce chapitre sera consacré à la description de l'échantillon et le protocole de déroulement de l'enquête par questionnaire ainsi au traitement de ses données.

Le cinquième chapitre consistera à l'explication de la technique de la prise de mesures (appareils) de la stratégie du bien-être de l'homme. Aussi, il présentera les résultats de l'investigation in situ concernant l'influence de la combinaison des matériaux locaux et modernes et l'intégration des dispositifs passifs sur la qualité du confort thermique, la ventilation et l'éclairage naturel à l'intérieur des logements en question. Cependant, la température ambiante de l'air, l'humidité relative de l'air, la vitesse de l'air et le niveau d'éclairage seront les paramètres constitutifs de la campagne de mesures.

Le sixième chapitre précisera, au début, les différents mécanismes, les fichiers et les logiciels utilisés comme support dans la réalisation de la simulation thermodynamique

numérique. Ensuite, nous exprimerons les procédures établies dans la calibration des données mesurées et simulées, par l'indice de pourcentage d'erreur, l'MBE, le CV (RMSE) et l'IC. Nous terminerons la rédaction de ce chapitre par l'exposition des résultats des simulations numériques. Ceux-ci vont être entrepris pour valider les résultats de la prise de mesures.

Le septième et dernier chapitre matérialise la discussion des résultats auxquels on a abouti dans les chapitres précédents (5 et 6). Il se veut une réponse aux différents questionnements posés dans la problématique, et une vérification des hypothèses émises en amont. Il propose, finalement, une mise en place des mécanismes / des orientations selon lesquels les responsables du secteur du bâtiment s'appuieront dans la prise des décisions en vue d'un développement d'une architecture vernaculaire contemporaine, à consommation énergétique rationnelle et aux faibles impacts environnementaux négatifs.

Nous achèverons cette thèse par une conclusion générale qui retracera et synthétisera les principales idées développées au cours de cette recherche. Au-delà des limites de ce travail, nous tenterons de proposer quelques pistes de réflexions supplémentaires en guise de perspectives dans le futur.

CHAPITRE I : DE L'ARCHITECTURE MODERNE A L'ARCHITECTURE NEO-VERNACULAIRE, POUR UNE MISE EN VALEUR DE LA TRADITION LOCALE

Introduction

Après la diffusion du mouvement moderne en architecture dans plusieurs pays, un phénomène de convergence culturelle s'est produit, dont les bâtiments du monde entier tendent à devenir de plus en plus standard. Ils se ressemblent de plus en plus dans les simples détails architectoniques. En effet, les gens ont l'impression de perdre une partie de leur identité, car ces constructions modernes sont loin de la tradition et ne s'adaptent plus à l'environnement local. Dans cette perspective, le sujet de la remise en cause de l'architecture moderne suscite l'attention des chercheurs qui s'intéressent au développement d'une architecture néo-vernaculaire en combinant la tradition locale et l'innovation mondiale.

La première section de ce chapitre émet une réflexion sur la notion du vernaculisme conservateur et néo-vernaculaire. Ces deux tendances qui se développent juste dans les conflits entre l'internationalisation et la régionalisation, dont la première refuse l'utilisation des techniques de construction modernes et favorise l'utilisation pure des techniques traditionnelles. Par contre, la deuxième tendance encourage l'implication de la tradition locale tout en acceptant en même temps l'utilisation des progrès technologiques modernes. Alors que, la section suivante explore les modèles des architectes néo-vernaculistes à travers le monde. Ces bâtisseurs sont sélectionnés pour illustrer un éventail de démarches de conceptions distinctes qui se basent sur l'inclusion des méthodes de construction traditionnelles à des degrés divers et avec un accent particulier sur des aspects spécifiques tels que le contexte naturel, le climat, le paysage et les matériaux locaux. La dernière section quant à elle examine la naissance de l'architecture néo vernaculaire en Algérie par certains concepteurs modernes. Elle discute profondément les principes appliqués par ces derniers dans leurs œuvres exceptionnelles à travers notre territoire.

1.1 La remise en cause de la modernité internationale et le retour aux traditions ancestrales.

A la fin du 19ème siècle, la révolution industrielle a fourni des matériaux modernes, tels que l'acier, le ciment, le béton armé et le verre, qui ont ouvert la voie à de nouveaux systèmes constructifs comme les planchers et les couvertures en acier, les dalles et les parois en béton armé préfabriquées dans les usines et les poutres et les fenêtres en verre. Rapidement, ces

matériaux ont poussé les architectes impressionnés par les résultats atteints par ceux-ci à investir dans la production des logements de grandes masses et modernes dotés de grandes façades en verre, à l'instar de Walter Gropius, Voisin, Henri Sauvage, Jean Prouvé, le Corbusier et Marcel Lods. Evidemment, ces derniers ont contribué à la manifestation de nouvelles formes d'expression constructives et architectoniques standards et monotones qui l'ont aperçu partout dans le monde et dans des contextes différents, en tournant le dos aux techniques et matériaux de construction traditionnels (Hui et Xiaomin,2012).

Malgré sa diffusion dans le monde, cette architecture internationale fut violemment critiquée pour son incapacité à remplir son mandat autoproclamé et cela pour des raisons diverses, environnementales, socio-culturelles et économiques. Étant donné que celle-ci a été considérée comme la première responsable de tous les maux dont souffre l'environnement et la génératrice du scénario d'homogénéisation du cadre bâti. On s'est plaint que les architectes à cette époque cherchent à adapter les mêmes projets aux différents contextes, sans prendre en considération les spécificités de ces derniers. Ils manquaient aussi de sensibilité à l'utilisation des matériaux locaux et ne tenaient pas compte des caractéristiques topographiques et climatiques locales (Hagan, 1998 ; Steele, 1992 ; Niki, 2016). Elle était aussi accusée d'être « insignifiante » vu qu'elle propose des projets qui prônent des valeurs universelles et ne tiennent plus en compte les signes socioculturels locaux. En outre, cette architecture est critiquée pour la matérialisation des conceptions purement techniques, esthétiques et qui préfèrent inclure des systèmes de refroidissement et de chauffage artificiels afin d'assurer le confort des occupants plutôt que l'exploitation des anciennes méthodes passives qui ne consomment pas beaucoup d'énergies (Vissilia, 2009).

A cet égard, le déclin de l'architecture moderne a généré l'élargissement de la pensée des chercheurs vers d'autres solutions alternatives plus pertinentes afin de mobiliser ses handicaps. A partir de là, on accepta le fait que les principes et les éléments de base des typologies vernaculaires ancestrales comme le climat, la technologie, la culture et l'expression symbolique auront influencé le design et la production moderne. Ces éléments ont évolué pendant tous les siècles durant lesquels l'homme s'est affronté directement à son environnement construit (Abdel Aziz et Shawket, 2011 ; Coullenot, 2015).

De cet effet, il est important de mentionner que les architectes Hassan Fathy en Egypte (Fathy, 1970) et Frank Lloyd Wright aux États-Unis étaient les premiers à affirmer la laideur de l'architecture moderne en revendiquant la nécessité de construire en harmonie avec le

contexte ambiant et en correspondance avec les contraintes locales. Ces architectes ont adopté des approches différentes dans la composition de leurs projets, mais ils ont utilisé des matériaux nobles et des artisanats locaux dans le but de produire une architecture moderne s'inspirant des traditions de construction régionales. Sur le plan pratique, il semble que l'architecte égyptien Hassan Fathy soit le premier à remettre en cause les principes du mouvement moderne par son expérience dans le village du nouveau Gournah dans les années 1945, dans lequel il revisite les éléments de l'architecture traditionnelle nubienne. Alors que Wright pousse les architectes à s'intéresser à la nécessité de faire une observation générale et une lecture critique du contexte d'implantation avant de commencer à projeter l'idée architecturale car celle-ci va leur imposer l'idée et non pas l'envers. Par ailleurs, Alvar Alto a développé un langage dont l'esprit est parfaitement adapté à celui du discours moderniste mais la forme a été une inspiration de la tradition et l'héritage architectural finlandais, afin de donner la possibilité à chaque personne de vivre dans une conception en harmonie avec la nature. A cet effet, on constate que le travail de ces architectes montre qu'ils ne pouvaient pas accepter que l'architecture néglige de se référer à la culture et l'identité d'une région.

Aussi, les bâtiments vernaculaires modelés par les indigènes sont souvent considérés comme les prédécesseurs du design moderne, car ils affichent des années d'expérience incarnée sur la façon de construire en cohérence avec un lieu géographique. Elle porte donc une attention particulière aux caractéristiques physiques d'un site, climat, topographie, en impliquant une analyse logique de la prise en compte de principes appropriés et une utilisation rationnelle des ressources disponibles sur place, mais également aux caractéristiques culturelles, techniques, constructives locales et rapports sociaux et les systèmes économiques. Les matériaux employés dans la réalisation de ces projets sont souvent ceux disponibles gratuitement dans l'environnement naturel local ou bien manufacturés directement par les constructeurs (Caimi, 2014). Ainsi, les qualités spatiales et physiques différentes, les techniques et les éléments constructifs traditionnels de celle-ci peuvent offrir des concepts potentiels à être appliqués et intégrés pour améliorer la conception moderne (El-Wakil, 2013 ; Mamun et Dilshad, 2014).

Dans ce sens, le Corbusier a souligné que la tradition est le guide qui conduit l'avenir de toute innovation qui cherche à transmettre les véritables significations du passé sans le reproduire tel qu'il existait (Day, 2013). Bernard Rudofsky, lors de son exposition «

Architecture sans architecte » qui a eu lieu au musée de l'art moderne à New York en 1964, a fait des études approfondies sur l'histoire et la culture des peuples, afin de renforcer les connaissances, les attitudes et les intérêts des ingénieurs et architectes vis-à-vis de l'importance de faire un retour aux traditions ancestrales, à l'interprétation de quelques éléments traditionnels dans la réalisation des projets modernes (Rudofsky, 1977 ; Hitchcock et Johnson, 2001).

Paradoxalement, la tension entre les forces d'architecture traditionnelle locale et moderne universelle existent depuis longtemps dans le discours professionnel, tenu par les théoriciens de l'architecture avec deux approches opposées, d'un point de vue historique, l'une est dérivative et l'autre est transformative. La première est plus passive envers l'héritage du passé, elle se fonde sur un grand respect pour ce qui existe déjà et le désir de le perpétuer et le reproduire de la même façon sans utiliser aucune technique issue de l'architecture moderne, en cherchant à sauvegarder et à promulguer les mêmes formes traditionnelles, les mêmes motifs décoratifs et les mêmes matériaux et techniques de construction, nous l'appellerons le vernaculaire de type conservateur. Quant à la deuxième, elle tend à incorporer le changement de manière plus active, elle favorise l'invention et la diffusion de nouvelles formes à l'aide de nouvelles techniques et de nouveaux matériaux, en réponse à l'évolution des besoins fonctionnels et des sensibilités. Aussi, cette force préconise la continuité historique, la diversité culturelle et la préservation de l'identité, en symbolisant le tout par un vocabulaire architectural qui adopte les particularités d'une région ; nous employons le terme de néo-vernaculaire pour la désigner (Galal et Ibrahim, 2016). Nous tentons dans ce qui suit à aborder les deux approches d'une manière détaillée.

1.1.1 Le vernaculisme conservateur, un intérêt pour le vernaculaire ancestral

Après le rejet des principes d'architecture moderne, un certain nombre d'architectes et théoriciens ont élaboré un discours architectural centré sur des réalités régionales. Le développement de ce discours dans le monde gagne continuellement un intérêt du fait que les spécialistes en domaine d'architecture ont fait une brève tentative pour poser les bases d'une architecture vernaculisme conservatrice (Ozkan, 1992). A cet effet, il n'existe pas des doctrines pour cette architecture, mais elle vient par l'objet faire opposition à ceux du mouvement moderne et crée une atmosphère différente et meilleure que celle de la période moderne.

Il s'agit d'une catégorie d'approche qui prend ses distances par rapport aux approches formelles qui recherchent en priorité renforcé la relation visuelle entre le projet et son contexte. Aussi, ce genre d'approche se fonde sur une expression régionale en copiant certains motifs et éléments, fragments ou bâtiments trouvés dans le pays en question pour maintenir une continuité historique ou exprimer une identité locale ; nous citons à titre d'exemple : les mashrabiya, les arcs, les dômes, les portiques, les cours, les patios, les coupoles, les voûtes, les malqafs et les terrasses. Cependant, le retour à l'architecture vernaculaire régionale a conduit parfois à une reproduction absolue de ces éléments traditionnels et qui dépend de leur réutilisation dans les façades et les détails de construction, pour être parfois une réplique de ce qui est présent ou une référence symbolique à celui-ci. Simultanément, il est clair que ce genre de construction défend l'héritage et la diffusion de la technologie traditionnelle, des matériaux de construction locaux pour refléter l'environnement, la culture, la technologie et l'histoire de contexte dans lequel il existe (Turkušić, 2011). Il est judicieux de rappeler les architectes qui ont contribué à la manifestation de cette approche :

- **Hassan Fathy (1900-1989) : la tradition dans l'œuvre de « Gournia »**

Le contributeur le plus important au vernacularisme conservateur était l'Égyptien, Hassan Fathy qui a consacré plus d'un demi-siècle de sa vie professionnelle à encourager de nombreux architectes arabes à suivre cette tendance, en montrant au monde entier que l'architecture vernaculaire est l'une des manifestations les plus concrètes de l'interaction entre l'homme et son environnement. Également, il est important de noter que Fathy a adopté cette approche pour exprimer la communauté plutôt que de créer une tendance pour elle-même, tout en évitant de lui transmettre ni une fausse tradition ni une fausse modernité (Fathy, 1973).

En 1945 l'architecte est chargé par l'état égyptien de construire un important village : « *Gournia* », à proximité du site archéologique de Louxor. Après des études approfondies des prototypes domestiques de la société paysanne et la compréhension des raisons de leur efficacité climatique en l'absence des systèmes mécaniques, Fathy proposait des maisons de compagnes en brique de boue, tout en faisant une amélioration par rapport aux anciennes maisons. Par ailleurs, Fathy a voulu revitaliser une tradition ancestrale et tentait de la saisir au moment même où elle avait presque disparu. Cela, à travers, l'emploi des voûtes nubiennes, des capteurs d'air, des coupoles, des arcades, de la forme cubique de certaines maisons coiffées d'un dôme, des moucharabiehs, et des escaliers. Tous ses nouveaux

procédés constructifs ont été réalisés par les paysans maçons formés sur le chantier par l'architecte lui-même (Lescrive, 2011 ; Ahmed, 2014) (Fig.1.1).

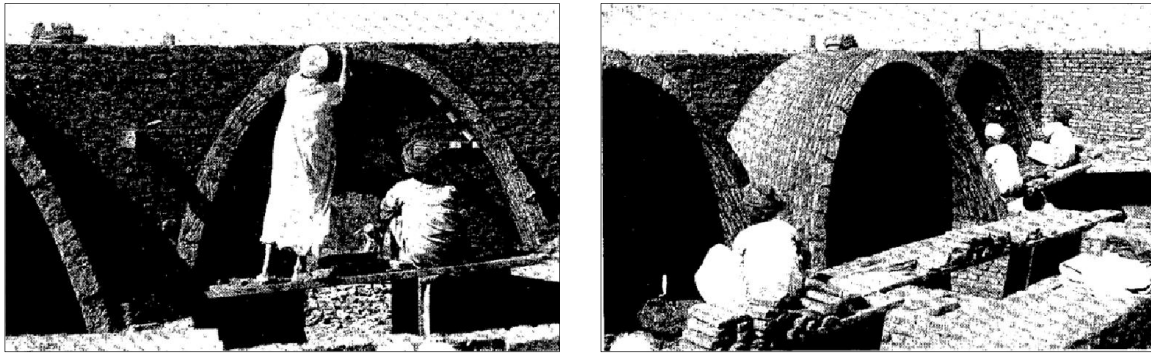


Figure 1. 1 : La réalisation des voûtes par les paysans maçons nubiens.

Source : Fathy, 1970.

- **Abdelwahed Alwakeel : l'amour naturel des traditions pharaoniques**

L'architecte égyptien Abdelwahed Alwakeel est l'un des étudiants les plus éminents d'Hassan Fathy. Les œuvres de cet architecte reflètent également l'approche de vernacularisme conservateur (Abdelsalam et Mohamed Rihan, 2013). Alwakeel a appelé souvent à construire en harmonie avec la nature en utilisant les ressources naturelles correspondantes à l'environnement ambiant. Les principes adoptés par cet architecte ouvrent la voie à une approche plus orientée vers l'action, qui considère l'architecture vernaculaire comme une source riche en expériences techniques, écologiques et économiques établies par nos ancêtres, afin de répondre aux besoins de la société et dans des situations appropriées.

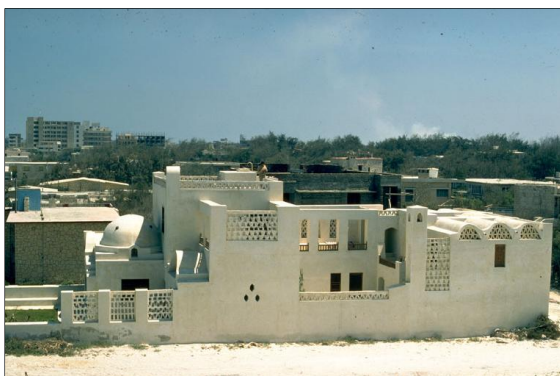


Figure 1. 2 : Quelques constructions d'Abdelwahed Alwakeel.

Source : <http://www.archidatum.com>.

En outre, Alwakeel a eu l'opportunité de concevoir et de construire plusieurs bâtiments publics, des résidences privées et des maisons en Égypte, en appliquant les matériaux locaux tels que le calcaire abondant dans la région, la pierre et la terre. De plus, l'architecte a fait un usage intensif des principaux éléments des conceptions arabes traditionnelles et de

l'artisanat local (Fig.1.2). En Arabie saoudite Alwakeel a entrepris la conception d'un certain nombre de grandes demeures en développant une approche de conception d'espaces intérieurs d'atriums, de patios et de cours, ce qui semblait familier à la tendance dominante des maisons du type vernaculaire.

1.1.2 Le néo-vernaculaire : pour une architecture de résistance « moderne et contextuelle »

La seconde approche considère la tradition vernaculaire comme une source historique et se permet de l'interpréter par rapport à des situations modernes au lieu de reproduire concrètement les mêmes techniques de construction antérieures. Cette tendance se développe juste dans les conflits entre la modernisation et le retour aux racines héritées des traditions vernaculaires, culturelles et régionales. Simultanément, on accepte l'esprit moderne, les progrès et les innovations technologiques émanées de la révolution industrielle dans le but d'apporter à la société moderne un nouveau style d'architecture qui peut répondre à leurs demandes pour mener une vie moderne et d'obtenir une satisfaction émotionnelle (Ghanbari Chahanjiri et al, 2014).

Par ailleurs, la démarche que nous avons appelée néo-vernaculaire a émergé pour sauver l'identité locale des peuples, en conférant une nouvelle vie et des nouvelles fonctions au patrimoine vernaculaire ancestral. Autrement dit, l'architecture néo-vernaculaire est celle qui s'intéresse à étudier les aspects des anciens bâtiments vernaculaires conçus, probablement, par leurs occupants (Zhao et Greenop, 2019). Autrefois, les indigènes ont érigé des demeures et des abris avec des caractéristiques, des composants et des symboles exceptionnels. Lesquels ont été orientés vers l'environnement et basés sur les techniques et les moyennes de l'époque pour répondre à un large éventail des coutumes et des modes de vie d'une communauté. Cependant, des normes et des leçons plus strictes en matière de planification de performance des techniques et des matériaux de construction, doivent être requises de ces constructions vernaculaires pour les associer aux bâtiments modernes.

Cette architecture à plusieurs facettes, certains la considèrent comme l'architecture qui désigne une série de nouveaux bâtiments conçus par des concepteurs modernes, dont l'inspiration créatrice provient principalement de la culture ancestrale et dont les éléments de création sont en grande partie extraits des aspects vernaculaires originaux (Vyas, 2017).

Un autre courant de chercheurs considère l'architecture néo-vernaculaire comme une mode d'amélioration à la fois des procédés, des méthodes et des techniques de construction par une vague des architectes modernes. Chacun de ces architectes a une grande appréciation pour les aspects écologiques de l'architecture vernaculaire, qui les inspire à chercher une méthode novatrice qui s'appuie, d'abord sur la lecture historico-analytique et interprétative des éléments architectoniques vernaculaires pour tirer et exploiter les meilleures stratégies. Ensuite, les fusionner aux nouvelles techniques de constructions modernes, tout en profitant de leurs avantages environnementaux, sociaux et écologiques. De cette manière on sauvera notre planète des problèmes mentionnés auparavant avant qu'il soit trop tard (Masrouf et Karbaschi, 2015) (Fig.1.3).

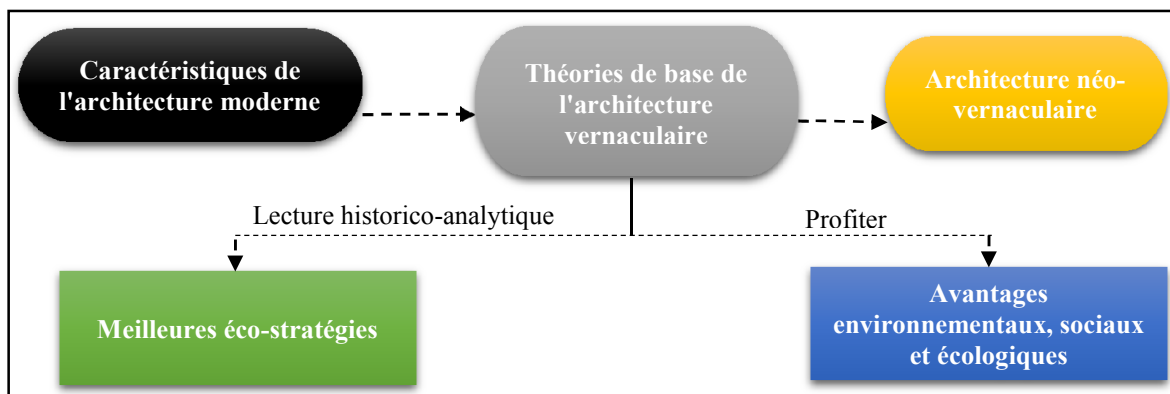


Figure 1. 3 : Schéma descriptif des processus de l'architecture néo-vernaculaire.

Source : Auteur, 2019.

En outre, Olfat Hamuda et Canizaro ont défini la tendance néo-vernaculaire comme étant la tentative de certains architectes modernistes qui recherchaient à faire pénétrer les valeurs architecturales durables du passé dans la culture moderne (Hamuda, 1987 ; Vincent, 2007).

Partant de ce constat, nous retiendrons que l'architecture néo-vernaculaire est une architecture qui n'imité pas les réalités physiques et les édifices locaux de manière superficielle, ne copie pas rigoureusement le symbole de l'architecture de sa structure originale, ne s'exécute pas de façon farfelue, mais elle cherche à comprendre vraiment l'essence des éléments et des éco-technologies passifs développés par nos ancêtres et insuffle, ainsi, les saveurs locales et les émotions traditionnelles dans les bâtiments modernes (Zhao et Gao, 2013 ; Wanga et al, 2016).

Les principes de conception basiques de cette architecture reposent principalement sur l'interprétation des stratégies traditionnelles et passives comme l'utilisation des matériaux locaux, la masse et le vide, le sens de l'espace, l'exploitation de la lumière et la ventilation

naturelle (cour et Mashrabiya), ainsi que des principes structurels, au lieu de simplement copier des portes, des fenêtres, des toits et des décorations ayant existé. A cet égard, l'utilisation des caractéristiques de l'architecture néo-vernaculaire permet de créer une harmonisation entre l'homme et sa nature. Ainsi, participer à réduire les impacts environnementaux négatifs et atteindre les objectifs fixés par la durabilité sociale et économique.

De ce point de vue, on peut dire qu'avec le temps le style néo-vernaculaire est devenu un mouvement très important en architecture. Donc il est nécessaire d'élargir le concept d'architecture néo-vernaculaire et de le prendre comme référence. Nous donnons ci-dessous quelques exemples d'architectes qui ont réussi à travailler de cette manière.

1.2 Regard sur les modèles d'architectes néo-vernaculistes à travers le monde

Dans cette section, nous explorons les modèles des architectes néo-vernaculistes à travers le monde. Ces architectes sont sélectionnés pour illustrer une gamme d'approches de conceptions différentes qui s'appuient sur l'incorporation des techniques traditionnelles à des degrés divers et avec un accent particulier sur des aspects spécifiques tels que le contexte naturel, le climat, le paysage et les matériaux locaux.

1.2.1 Franck Llyod Wright : l'influence de la tradition sur ses œuvres

À partir des années 1960, on pouvait déjà constater un détachement des principes du mouvement moderniste. Cela, à travers les œuvres pragmatiques de Franck Llyod Wright, force pionnière qui a ouvert la voie au concept d'architecture néo-vernaculaire et organique, en se basant sur l'harmonie entre l'intérieur et l'extérieur (Wines, 2000). Dans cette philosophie, les réalisations de Wright sont une manifestation claire de cette approche, elles sont incontestablement modernes. Elles émergeaient pourtant du sol avec l'évidence d'un élément issu du lieu, dont l'enveloppe est souvent construite en matériaux locaux comme la pierre et le bois dans leur état naturel, plutôt que de les transformer en quelque chose de nouveau (Gauzin-Müller, 2006).

À un autre niveau de réflexion, ce maître de l'architecture moderne est très ancré dans la culture américaine qui l'a encouragé à considérer, tout au long de sa vie, l'architecture vernaculaire des cultures bâtissant les États-Unis comme une source d'inspiration et d'un renouveau de l'architecture savante. Toutefois, la nature intervient dans ses choix comme un

fait normal, et elle conditionne si bien le résultat architectural que les réalisations de ce concepteur suggèrent comme un véritable culte de la nature.

En ce qui concerne les projets les plus remarquables construits par Wright, on citera la maison sur la cascade qui est assurément le projet le plus connu au monde. Celle-ci se fonde parfaitement dans son environnement naturel, dans laquelle l'architecte s'est bien amusé avec les éléments naturels du paysage : les reliefs, la végétation, les plans d'eau. La structure est construite à partir de la roche locale liée avec le sable du désert, agrémentée de projections et de poutres en bois rouge à l'aide de la technique de construction locale de la région. L'autre projet est le musée Guggenheim de New York (1943), dont la conception s'articule autour d'un immense puits de lumière sur toute la hauteur de l'immeuble et d'une rampe en spirale laissant place à un toit en dôme aéré illuminant l'espace de lumière naturelle (Fig.1.4).

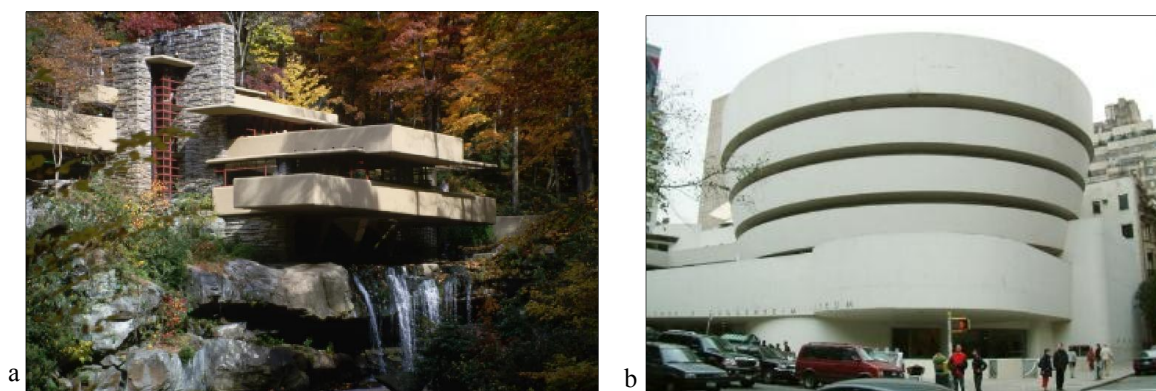


Figure 1. 4 : a-La maison sur la cascade en Pennsylvanie, b-Le musée Guggenheim à New York
Source : <http://www.contact.ulaval.ca/>, 2020.

1.2.2 Renzo Piano : une tradition ouverte sur le reste du monde

Parmi les autres architectes qui ont souvent pris en compte ce style dans leurs travaux, figure l'architecte italien Renzo Piano. Un architecte ayant une sensibilité particulière pour la nature de sa terre d'origine et ayant souvent choisi pour ses bâtiments un design qui s'insère dans l'environnement local. Piano a réalisé plusieurs projets parmi les plus célèbres, le centre culturel Jean-Marie Tjibaou, qui se situe près de Nouméa, la Nouvelle-Calédonie. C'est un complexe de dix bâtiments en forme de huttes célébrant la culture tribale de Kanak. Entre modernité et tradition, le centre Tjibaou est marqué par un profond souci d'intégration dans le contexte. Cela a conduit l'architecte à adapter les formes de son bâtiment à l'environnement dans lequel il prend place (Mamun et Dilshad, 2014).

En partant d'un lien profond avec la nature, typique de cette civilisation, le projet a suivi deux grandes lignes directrices principales : d'une part, il rend hommage à la culture kanake bien définie en considérant ses traditions et en ne suggérant pas une rénovation historique insignifiante ou un modèle complètement étranger (Feizabadi et al, 2016). L'autre, crée un lien, apparemment impossible à l'époque, entre la haute technologie et la langue vernaculaire grâce à l'utilisation, parallèlement, aux matériaux traditionnels tels que le bois et la pierre, des matériaux et compétences en construction moderne comme le verre, l'aluminium, l'acier et des technologies légères d'avant-garde (Fig.1.5).

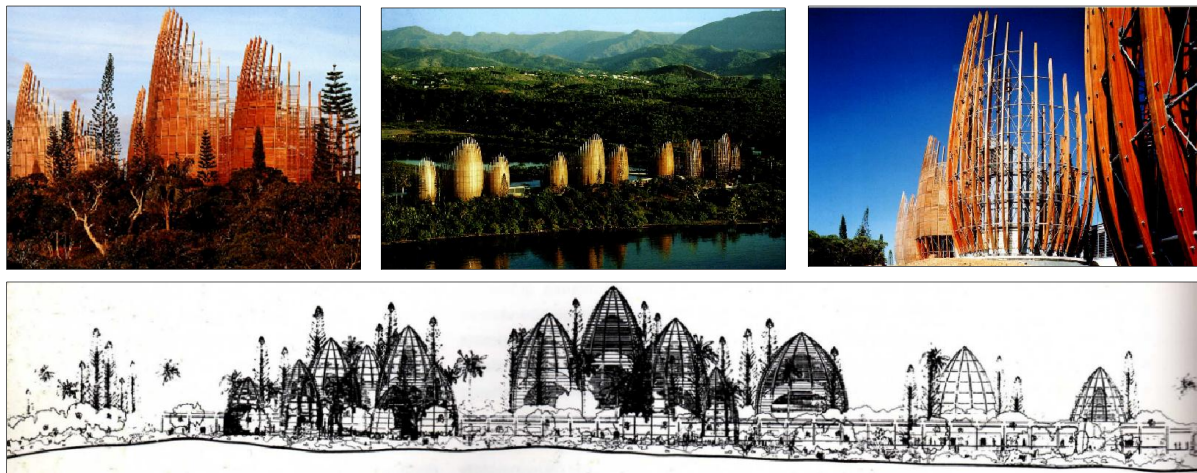


Figure 1. 5 : Les bâtiments du Centre Culturel Jean-Marie Tjibaou, Nouvelle-Calédonie : l'harmonie avec l'environnement de la tribu Kanak.

Source : Renzo, 1999.

En outre, l'architecture du Centre Culturel démontre particulièrement le principe de transparence entre la nature et le bâtiment. L'architecte a donc su concevoir ce projet en parfaite communion avec la nature. C'est à travers des éléments conceptuels forts mais discrets, et des solutions techniques, elles aussi discrètes, qu'il a pu aboutir à un résultat exprimant aussi efficacement le substrat de son approche.

1.2.3 Kenzo Tange et Tadao Andô : quand le topo du modernisme rencontre la sagesse de la culture japonaise

Jusqu'aux années 60, à la même époque où s'exerce une forte influence des doctrines du mouvement moderne, Kenzo Tange et Tadao Andô comme la majorité des architectes modernistes consacrent une partie de leur réflexion à la façon d'amener l'architecture moderne à prendre racine des traditions japonaises. Cette tradition à double tendance exerce une influence sur leurs projets, notamment ceux de Kenzo Tange. Dans ses œuvres, Kenzo Tange, est profondément passionné par l'architecture japonaise traditionnelle et classique,

surtout la structure traditionnelle en bois et pierre japonaise (Tchoudi, 1992). Cette caractéristique qui a largement contribué à lui forger une réputation internationale. Son style porte sur l'inspiration de l'esthétique et élégances des éléments et aspects traditionnels de deux villes japonaises ; Jomon et Yayoi (Kenzo et al 1960 ; Kenzo et al, 1965). Donc, il s'agit plus d'une architecture locale, supportée par la technologie, qu'une architecture internationale où les conditions du climat et du site ne comptent pas beaucoup (s'est pensée en localisme ouvert sur le reste du monde).

Cette attitude localiste à l'égard du progrès technologique, Tange l'adapte dans la réalisation d'une maison située dans la ville Tokyo (Japon). Cette maison s'avère une fusion de l'architecture japonaise traditionnelle et des nouvelles technologies de la conception moderne afin de s'adapter à l'évolution des rôles des utilisateurs. Egalement, la maison est parfaitement intégrée dans le paysage pour adopter un symbolisme formel, aspects clés de la composition de maisons traditionnelles japonaises. C'est généralement surélevé sur des piliers qui aident à créer un espace sous la maison qui l'isole de l'humidité d'été et offre une intimité, une caractéristique de la culture japonaise (Fig.1.6).

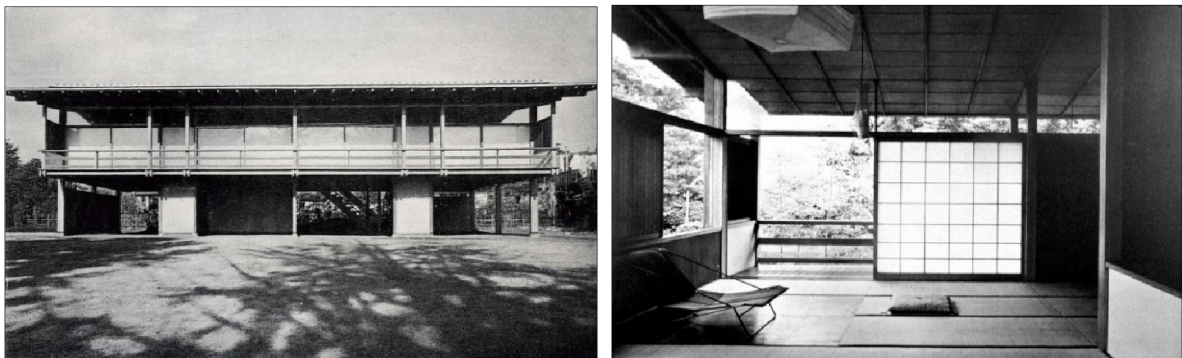


Figure 1. 6 : La maison Tokyo au Japon conçue par Kenzo Tange en 1953.

Source : <https://fr.wikiarquitectura.com>.

Quant à la figure de Tadao Andô qui paraît pouvoir apporter des nouvelles informations sur ce type d'architecture néo-vernaculaire, il a établi ses idées et les principes architectoniques à partir de la volonté de s'inscrire facilement au cœur de la culture japonaise. Les idées de cet architecte sont issues de sa volonté à concrétiser dans ses constructions, le dialogue avec les éléments naturels (vent, pluie, soleil et lumière naturelle), cela à travers l'observation, la lecture et l'interprétation des formes et des espaces traditionnels de sukiya et de la ville chaotique (Tadao, 2000). Guéné a signalé que les œuvres d'Andô illustrent une architecture qui revendique non seulement une référence à la tradition japonaise nostalgique, mais aussi à un refus de certains principes modernistes (Guené, 2009).

Par ailleurs, l'architecte ne cherche pas à répéter la rencontre visuelle et nostalgique de l'architecture japonaise, mais au contraire, il tente de s'appuyer pleinement sur l'esprit de ce que peut être la tradition, de façon à la traduire au plus juste dans une vision moderne de la société, et donc de l'architecture (Tadao, 2000). A cet égard, le projet de la maison Azuma appelée aussi maison de ville à Sumiyoshi, Osaka constitue le modèle idéal traduisant certainement les principes de cet architecte. C'est justement dans un contexte urbain particulièrement difficile que Tadao a réalisé cette maison en 1976. Il s'agit d'une boîte entièrement en béton qui occupe la totalité du site. Andô se joue de l'étroitesse du terrain en imaginant une maison à la façade aveugle. A l'intérieur, la maison dispose d'une cour ouverte sur le ciel et des éléments naturels, qui permettent à ses occupants d'échapper à la folie urbaine. Cet espace central constitue la seule source de lumière naturelle tout au long de l'année. Passer d'un lieu à l'autre engendre une relation permanente à la nature, Ando reste fidèle non seulement à la forme mais à la mise en abstraction suscitée par la tradition japonaise (Fig.1.7).

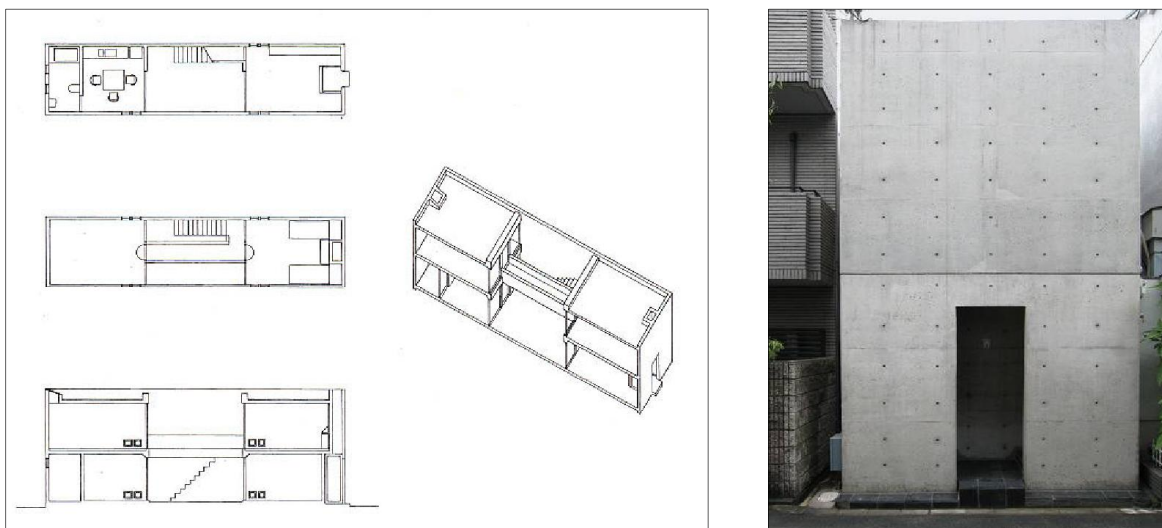


Figure 1. 7 : Les plans, coupe et façade principale de la maison Azuma, Osaka, Japon.

Source : <https://fr.wikiarquitectura.com>.

1.2.4 Farhad Ahmadi : l'architecture, le lieu et l'intérêt pour l'habitat iranien

Le respect de l'environnement est particulièrement présent chez le grand ingénieur iranien Farhad Ahmadi. Son intérêt pour l'habitat populaire iranien (Farhad, 2020), lui permet de concevoir le centre culturel de Dezful en 1987. Ce projet est l'un des chefs-d'œuvre d'architecturaux modernes inspirés par l'architecture traditionnelle dézful avec une perception universelle. La structure du complexe est basée sur un chemin en spirale commencé avec de l'eau en mouvement d'une cour carrée et atteignant une verge octogonale

dans la profondeur de la terre par une rotation à l'intérieur d'un cône inversé transparent, afin de représenter le mouvement humain du sol au ciel. Le plan du bâtiment a été obtenu à partir du traitement d'une arabesque en trois dimensions et quatre tours à vent volantes autour de cette cour amplifient la sorte de regard vers le ciel. Le centre se compose d'un bazar, d'un salon de thé, d'une mosquée, d'une bibliothèque, d'une école d'arts plastiques et d'artisanats, deux salles de cinéma et d'une cour paysagée, un restaurant, un café et quelques galeries sont les autres parties de ce centre culturel (Feizabadi et al, 2016) (Fig.1.8).

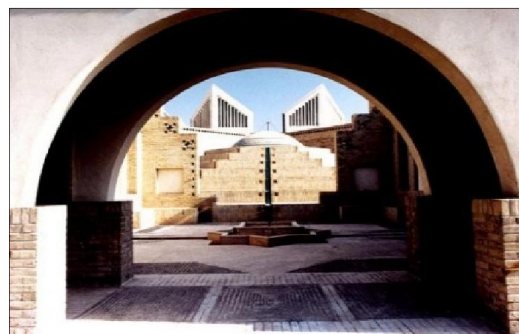


Figure 1. 8 : Le centre culturel de Dezful, 1987.

Source : <http://www.caoi.ir/>

1.3 Naissance de l'intérêt pour l'architecture néo-vernaculaire en Algérie par les concepteurs modernes

Les deux périodes d'avant-indépendance et postindépendance, ont été caractérisées par une production architecturale, témoin du travail fructueux, trop peu connu, d'architectes modernes étrangers ayant choisi de s'installer et d'exercer en Algérie tels : le Corbusier, Pierre André- Emery, Marcel Mauri, Michel Luyckx, Robert Dupin, Jean Geiser, Roland Simounet, E.Donato, C.Marti, E.Garces, A.Soldevila, J.Rosell, J.Pla. A.Nonis, C.Screti, V.Franchitti-Pardo, J.M.Fleury et André Ravéreau, la liste n'était pas exhaustive. D'autres, de renommée internationale ont été invités par les pouvoirs publics pour édifier des architectures monumentales, on citera Fernand Pouillon qui a couvert le pays des complexes touristiques (Kersenna et Chaouche,2018), les frères El Miniawy et Oscar Niemeyer, qui a doté Constantine de son université. Aussi, Kenzo Tange a fait autant à Oran (complexe de 10000 étudiants), et enfin Ricardo Boffill qui s'est attaqué à de grandes masses de logements. De plus, Jean Bossu, Luis Miquel, Pierre Bourlier et J. Ferrer-Laloe, Pierre Dalloz, Robert, Hanning Hansberger, Jean Bossu qui ont choisi de vivre et de travailler en Algérie.

Cependant, il faut signaler qu'à leur époque, l'aspect le plus critiqué de l'architecture moderne reste sa standardisation, internationalisation et sa négligence du contexte local. Cela

n'a pas empêché certains d'entre eux d'en donner des œuvres contextualisées à l'instar de ; Fernand Pouillon ; Roland Simounet, André Ravéreau et les frères El Miniawy. Les œuvres construites par ces architectes ont allié à la fois un cachet localisme et moderniste, participant d'une volonté de doter le pays d'une architecture qui s'inspire de notre vraie architecture vernaculaire locale, tout en s'opposant à l'invasion des formes, des styles d'architecture étrangers et des nouveaux matériaux et techniques de construction, avec tout ce qu'ils apportent comme conceptions architecturales en contradiction totale avec la réalité locale et le mode de vie algérien (Vincent et du Chazaud,2015). Selon Hadj Abderrahman Bouchama « *pour être précis, il faut aller la chercher dans les reliques du passé, les constructions surprenantes de certaines montagnes, les villages de « toub » du désert, voire même, les tombes du M'Zab, sinon dans les tentatives* » (Koenig, 1980).

Tous ces modèles architecturaux qui parsèment sur le territoire algérien possèdent un dénominateur commun ; ils sont l'expression d'une architecture « néo-vernaculaire » locale réalisée en répondant parfaitement aux besoins fondamentaux des populations modernes tout en tenant compte des données environnementales, socio-culturelles locales et économiques. L'utilisation des matériaux locaux combinés aux nouvelles techniques de construction modernes, d'une part pour arriver à satisfaire les besoins en confort des usagers, pour faire face au coût très élevé et à la commercialisation des matériaux étrangers qui accompagnent l'agression architecturale. Également, ces derniers reflètent un contenu culturel algérien très riche, dont quelques principes de l'architecture vernaculaire locale algérienne ont été interprétés avec une touche moderne, tout en assurant un mode de vie local et moderne à la fois. Parallèlement à cette liste des architectes étrangers on trouve aussi que certains architectes locaux ont tenté de réaliser des projets en faisant référence à l'architecture classique islamique, à savoir : Hadj Abderrahman Bouchama à Alger et Mered .M à Tlemcene, C.Petitdemange, S.Benchekmoumou.

1.4 Roland Simounet : une pensée innovante alimentée par l'adoption des techniques traditionnelles

Roland Simounet est l'une des grandes figures de l'architecture française, né en 1927 à Guyot, ville Ain Benian près d'Alger. L'architecte fait partie de la famille des architectes autodidactes qui n'ont pas eu de diplôme, et pourtant ils ont fortement marqué leur temps par leurs œuvres et leur personnalité (Kumiko,2011). Après des études approfondies dans des ateliers d'architecture, en Algérie puis en France, l'architecte a réussi finalement à avoir son

diplôme de métier en 1951. En dehors de la France, la carrière de l'architecte s'est étendue aussi en Europe, en Asie, en Afrique et principalement en Algérie où il a été fasciné par l'architecture traditionnelle maghrébine.

En 1953, Simounet est placé comme un membre étudiant du groupe CIAM Alger « *l'habitat pour le plus grand nombre* » animé par Pierre André Emery, Jean de Maisonseul, Louis Miquel et Jean-Pierre Faure (Tesoriere, 2004). A cette époque, le travail de ce groupe a été orienté sur le thème lié aux problèmes vécus dans les bidonvilles, l'habitat précaire et illégal, en proposant d'étudier la cité Mahieddine située au cœur d'Alger. Dans ce contexte, le jeune architecte a contribué dans la réalisation des relevés des bidonvilles algérois de Mahieddine. L'analyse très détaillée des maisons et les enquêtes effectuées auprès des habitants de bidonvilles, ont permis à Simounet d'approfondir ses connaissances et de se familiariser avec les principes de l'habitat maghrébin et des modes de vie qui président ces espaces (voir Annexe A).

A cet effet, il propose une première description de cette architecture ; je découvrais une architecture impulsive, où les maisons sont construites d'une façon judicieuse, intégrées parfaitement dans le contexte local, des espaces organisés et aménagés selon les exigences socio-culturelles et climatiques de la région. D'une manière générale, Simounet considère que les leçons acquises de l'étude et l'analyse des bidonvilles d'Alger sont très importantes et demeureront inspirantes et déterminantes pour les futurs projets (Kumiko, 2005). Par ailleurs, cette expérience a donné l'occasion à l'architecte de bien comprendre le sens, ainsi le secret qui réside derrière la réussite et l'apparition de ces habitations traditionnelles. Par conséquent, Simounet revendique une architecture plus locale « *sociale* », en relation étroite avec le contexte géographique, environnemental et culturel dans lequel elle se situe, une architecture que nous qualifions aujourd'hui de « *située* ». En d'autres termes, une architecture qui met en relation directe le cadre plus ancien avec les nouveaux protagonistes, sans contempler du principe des tables rases que faisaient certains architectes de son époque (Ronald, 1997).

En Algérie, l'architecte a édifié une série de projets comme témoin sur son passage à Alger, Cherchell, Djemila, Timgad. Ses principes ont été souvent inspirés de l'architecture traditionnelle de la Casbah d'Alger et celle du M'Zab, tout en essayant de les interpréter à sa façon moderne (Ronald, 2017), en citant comme titre d'exemple la cité de Djenan-El-Hasan à Alger de 1958-1961, la cité de Timgad de 1962-1972. Lors d'un entretien entre lui

et Virginie Picon-Lefebvre, il a exprimé l'architecture comme étant la notion liée à la constructibilité de l'objet architectural, où la technique appliquée doit être maîtrisée avant de la transformer ou bien la transmettre aux d'autres générations, par exemple la technique universelle du mur-rideau ne peut être une meilleure solution pour construire des maisons à Ghardaïa, car elle ne répond ni aux valeurs structurelles de la société mozabite ni aux contraintes du contexte local (Ronald, 1997).

Enfin, l'architecture de Ronald Simounet est considérée comme une pointe de transition dans l'histoire de l'architecture algérienne, son engouement pour l'architecture traditionnelle vernaculaire ancestrale ainsi que son désir de la promotion et le développement des principes de l'architecture moderne de son époque a fait en sorte que ses œuvres soient un témoignage de sa réussite aujourd'hui.

1.4.1 De l'habitat au logement : les leçons du bidonville Mahieddine

En 1958, Roland Simounet s'occupe du projet de la cité de transit de Djenan El Hassan, en périphérie d'Alger (Richard, 2000). L'architecte tente d'élaborer ce projet en alliant plusieurs critères à savoir : susciter des formes sociales et architecturales expressives pour les habitants proches des traditions rurales, trouver une méthode propre afin de transposer les problèmes d'organisation et d'acculturation à une trame urbaine moderne.

L'idée de ce projet a été générée à la suite de l'étude des bidonvilles de Mahieddine, où l'architecte est chargé de réaliser une nouvelle cité afin de reloger les habitants de l'ancienne cité de Mahieddine. Basée sur les leçons tirées des relevés des maisons arabes, les logements de Djenan El Hassan sont inspirés des modes de vie des anciens bidonvilles, économes en moyens de mise en œuvre en concrétisant le « *luxe de la simplicité* ». Aussi, les logements sont intégrés dans le site naturel par une combinaison harmonieuse des courbes de niveau et des plateformes du projet. Par ailleurs, l'expérience de Simounet au cœur des bidonvilles de Mahieddine a eu un impact positif sur sa personnalité, car elle lui a appris beaucoup de leçons sur l'habitat spontané, ingénieux, économe de moyens et des espaces maîtrisés (Roland, 1997). Cependant, les principes constructifs appliqués par l'architecte dans la réalisation des logements de cette cité sont aussi inspirés des maisons arabes de la Casbah d'Alger ainsi que du M'Zab ; comme : l'utilisation des voûtes, des loggias, des terrasses, des portiques et des patios (Picard, 1994) (Fig.1.9).

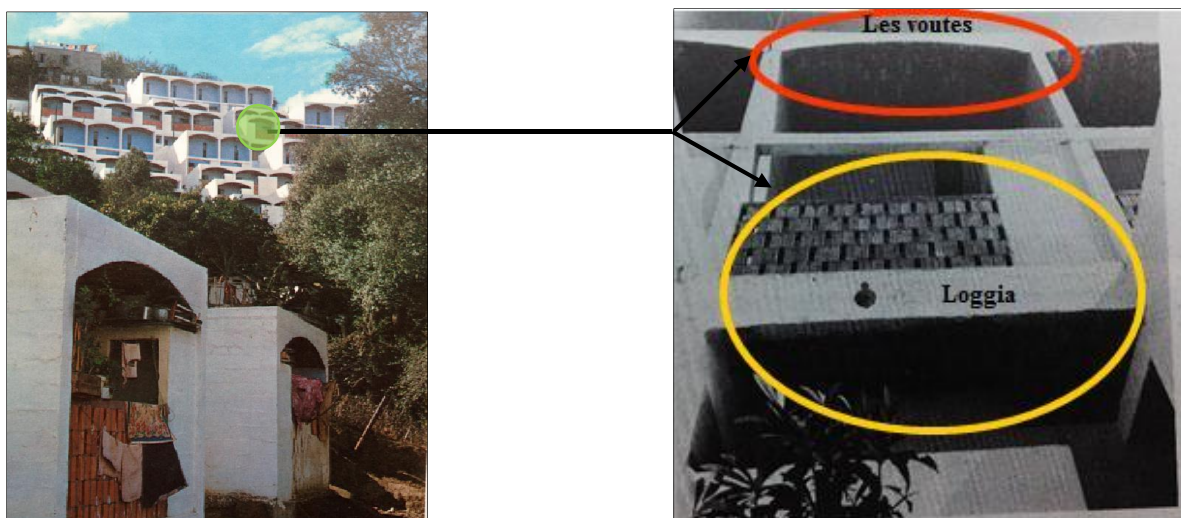


Figure 1. 9 : Les loggias voutées.

Source : Auteur d'après Koenig, 1980.

En outre, Roland a intégré les mêmes principes dans la conception des logements de la nouvelle agglomération de Timgad. Grâce à l'esprit plein de ressources de l'architecte, la construction de cette agglomération a pu être menée à bien, dont l'inspiration principale provient des vestiges romains (Fig.1.10).

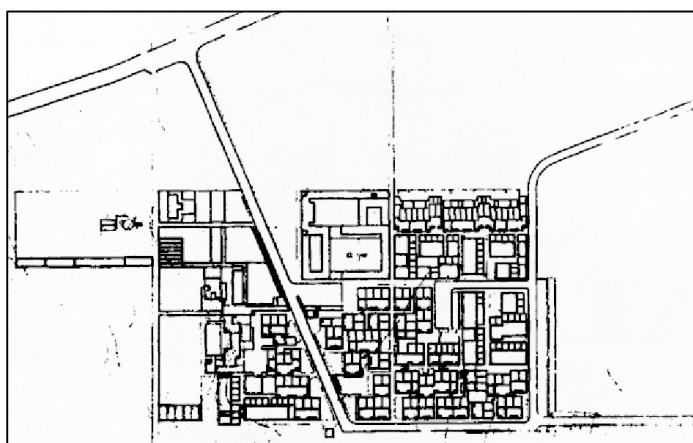


Figure 1. 10 : Roland Simounet, nouvelle agglomération de Timgad 1958, plan masse.

Source : Kumiko, 2005.

1.4.2 L'intégration au site et l'approvisionnement des matériaux locaux

Le paysage présente souvent la 4ème façade dans la majorité des projets de Ronald Simounet donc c'est quelqu'un qui s'intéresse beaucoup à la notion d'intégration au site et à la nature local et au dialogue mutuel entre le projet et les signes (lignes droites et courbées, matériaux locaux et textures) et le langage du paysage qui l'entoure (Ronald, 1997).

Dans un pays en pleine crise économique, Roland Simounet a essayé de régler le problème de logement et du site par l'intégration d'un jeu de lumière tout en considérant les hommes. Ainsi, que les logements de Djenan el-Hasan ont associé en bandes horizontales parallèles aux courbes de niveau (Fig.1.11).



Figure 1. 11 : Le musée de Préhistoire d’Il-de-France, situé à Nemours, en Seine-et-Marne
 Source : <http://www.sosbrutalism.org>.

Egalement, le musée de Préhistoire d’Ile-de-France que Roland Simounet a exhumé d’une colline de Nemours, est installé dans un sous-bois aux essences variées et en dialogue direct avec son environnement immédiat. L’un des éléments qui donnent la force à ce projet est le bon choix des textures et des couleurs des matériaux. L’insertion de ce projet dans la forêt était l’obsession permanente de Simounet, dès qu’il découvre le site (Fig.1.12).



Figure 1. 12 : a-Plan masse du projet Djenan el-Hasan ; b- Vue d’ensemble de la cité de Djenan El-Hasan, inséré dans le paysage de Frais Vallon.

Source : Auteur d’après Simounet, 1997.

Durant la carrière de Simounet, la simplicité est une caractéristique commune dans toutes ses œuvres architecturales. Tandis que l’utilisation de matériaux locaux avait pour effet de prévoir un bon vieillissement aux bâtiments, car il a appris et surtout en Algérie que les habitants n’ont pas le droit de réparer et d’entretenir eux-mêmes leurs constructions (Ronald, 1997).

1.5 Fernand Pouillon : un esprit méditerranéen nourri par la découverte du local

L’architecte et l’urbaniste français Fernand Pouillon (1912-1986) est héritier d’une double ascendance Flamande et Provençale. Il était le fils d’un ingénieur de travaux publics et

entrepreneur de maçonnerie à Marseille. Le métier de son père a joué un rôle important dans sa formation et le début de sa carrière. A l'âge de 22 ans, Pouillon a entamé son premier chantier qui consistait en la construction d'un immeuble « de sept étages à Aix-en-Provence », sans même avoir le diplôme d'architecte (Bernard, 2010 ; Tehami, 2018). Pouillon est apparu à une époque très mouvementée, où l'architecture passa par une période de transition, entre traditionalisme et aspiration moderne (Pouillon et al,1988; Fares,2012). Après de longues années, l'architecte a acquis une expérience solide et réussit à construire en Europe, en Asie et en Afrique, l'équivalent d'une dizaine de villes de quinze mille habitants.

Par ailleurs, Pouillon s'est inscrit dans la pratique millénaire de composition architecturale, puisqu'il était très attaché à l'architecture authentique des grands bâtisseurs de la Renaissance (Sayen, 2014). En plus, il considère que les plus belles architectures sont celles qui remontent au premier temps de l'art de bâtir. De même, le nom Fernand Pouillon est inévitablement associé à un style d'architecture qui se matérialise par l'utilisation des matériaux locaux (pierre et terre) et par l'application d'une composition classique avec une dimension qui appelle à la monumentalité de l'objet construit (Bonillo, 2001).

Contrairement aux adhérents du mouvement moderne, Pouillon a été connu par ses attitudes négatives envers l'architecture moderne de son époque. Pour lui cette architecture est une architecture plastique, autonome qui n'a aucun sens et aucune place dans le dictionnaire de l'architecture des cultures constructives. En Algérie, l'architecte a vécu durant les deux périodes d'avant et d'après l'indépendance. Dans un pays en plein déracinement de son identité locale, Pouillon a réfléchi de puiser son inspiration dans la tradition en faisant le retour aux principes et origines de l'architecture vernaculaire algérienne. Fernand a compris que, pour régler ce problème, il faut créer le premier pont qui permettra de transposer dans le présent des procédés anciens complètement atrophiés (Voldman, 2006).

En effet, il a réalisé plusieurs projets sur l'ensemble du territoire algérien avec néanmoins une grande concentration autour de la capitale à savoir : quarante hôtels, dix ensembles résidentiels, des cités universitaires, des usines, des bibliothèques, des écoles, des gares, des aéroports, des villas, des stades. Dans les logements de trois cités d'Alger ; Diar-es-Saada, Diar-el-Mahçoul et Climat de France, il a opté pour la composition suivant l'ordre fermé avec une interprétation pittoresque (Fig.1.13 et 1.14). Toutes ses œuvres sont le témoin d'une tradition millénaire actualisée au cœur du siècle moderne, une architecture singulière et

originale qui place le respect de la nature et de la société au premier plan. Une architecture que l'on appelle aujourd'hui « l'architecture néo-vernaculaire ».

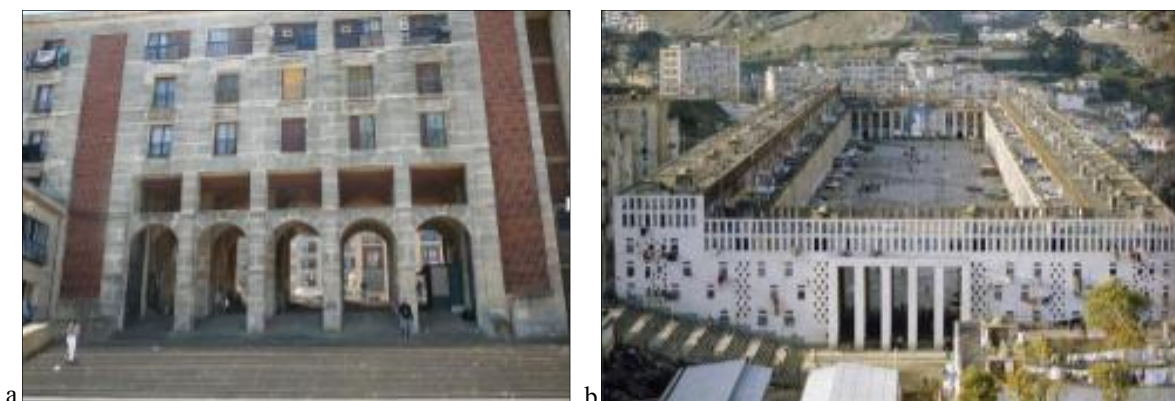


Figure 1. 13 : a-La porte de la mer (Cité de Diar El Mahçoul), b-La place des 200 colonnes à Climat de France (Alger).

Source : www.cmaville.org, 2017.



Figure 1. 14 : Logements Diar-es-Saada : Eléments architectoniques traditionnels dans des façades modernes.
Source : Auteur, 2020.

1.5.1 L'architecture hôtelière de Pouillon dans l'Algérie indépendante

Après l'indépendance, Fernand Pouillon fut invité par le pouvoir Algérien pour lui confier la conception et la construction de toute l'infrastructure touristique. Pouillon à qui on attribue l'aménagement de plus de deux millions de mètres carrés, a fait des travaux profondément différents de ceux de la période coloniale (Bédarida, 2012). En effet, l'architecte a investi tous ses efforts dans la conception des complexes touristiques et des hôtels sur tout le territoire algérien. Ceux-ci sont diversifiés, pittoresques, dépouillés, sobres. Ils s'adaptent ainsi à des contextes variés en puisant dans un répertoire vaste et intégrant des archétypes traditionnels sans fioritures faisant la part intéressante de l'intervention des formes nouvelles et de l'interprétation d'anciennes. Dans la composition des hôtels, Pouillon a travaillé davantage en sculpteur qu'en architecture, en remplaçant la trame linéaire par l'utilisation des courbes continues qui allaient de l'extérieur à l'intérieur, qui passent sur les toitures et

qui allaient dans les sols et dans les jardins (Delorme, 2001 ; Maachi Maïza, 2008). Aussi, il a tenté de faire un équilibre entre le bâti et le non-bâti, à travers l'adaptation d'un vocabulaire architectural vernaculaire ; à l'exemple des cours, des patios et des terrasses privées, des arcs, des voûtes, des piscines et des jardins (Agnès, 2003). Cependant, les hôtels de Pouillon ont permis aux visiteurs de dépayser et découvrir la richesse et la diversité de notre architecture vernaculaire algérienne.

Ses équipements touristiques à l'instar : du fameux complexe de Sidi Fredj, l'hôtel El Mountazah Seraidi à Annaba, l'hôtel Gourara à Timimout, l'hôtel M'Zab à Ghardaïa, l'hôtel les Ziyanides à Tlemcen, l'hôtel El Marhaba, Laghouat et l'hôtel de Salam à Skikda, sont immenses et restent d'actualité au regard de la production architecturale actuelle et surtout celle qui empreinte du souci identitaire et qualitatif (Zineddine, 2019) (Fig.1.15 et 1.16).



Figure 1. 15 : a-Le complexe touristique Sidi Fredj (1968) ; b-Vue sur d'hôtel M'Zab, Ghardaïa.
Source : Auteur, 2014 ; 2017.



Figure 1. 16 : a- La terrasse et la piscine de l'hôtel El-Montazeh à Seraidi, Annaba, 1967 ; b- Hôtel les Ziyanides à Tlemcen, 1970.

Source : Auteur , 2015,2017.

1.5.2 L'aspect conceptuel dans la démarche architecturale de Pouillon

La démarche architecturale Pouillonienne est basée sur une variation de principes et concepts, sans chercher à être exhaustifs, on va discuter toutefois en détail quelques points importants dans ce qui suit :

- Le retour à la nature et l'intégration au site

Pouillon est fortement influencé par les gestes du passé en combattant pour créer son propre style d'architecture. Une architecture qui est assez souvent liée à son contexte local aussi bien physique, géographique que topographique (Richeux, 2017 ; Barazzetta, 2017). Cela se voit nettement dans la plupart de ses œuvres, que l'on trouve souvent en dialogue avec leur environnement immédiat. De ce fait, ce qui caractérise vraiment les attitudes de Pouillon est l'inscription du projet dans son contexte d'une manière qui semble instinctive (Sayen, 2014). Avant la conception de chaque projet, l'architecte visitait le terrain afin de prendre connaissance de la nature de sa morphologie, topographie et les données météorologiques du site qui sont aussi très importantes pour lui. En effet, il suffit de regarder le profil du complexe hôtelier de la Corne d'or à Tipaza ou celui de l'hôtel El Mountazah à Annaba pour comprendre comment le site détermine les solutions architecturales chez Pouillon.

- La répétition savante des traditions vernaculaires et le refus du style international

Pouillon mentionna que ses rapports avec l'architecture sont liés à la tradition vernaculaire des anciens peuples, dont il trouvera l'authenticité susceptible de ressources permettant de fonder les bonnes démarches dans la majorité de ses projets (Huet, 1996). Aussi, ces traditions sont capables de l'aider pour résoudre les problèmes de logements et trouver les meilleurs remèdes pour sortir de la crise de l'architecture moderne. De plus, Pouillon est profondément convaincu que l'architecture est une longue chaîne dont il ne doit perdre aucun anneau (Gruet et al, 2013).

En Algérie par exemple, l'architecte a été très fasciné par la beauté et l'harmonie de l'architecture traditionnelle algérienne de la Casbah d'Alger, où se mêlent l'architecture Ottomane et Andalouse avec le site, la société et le climat, en créant un tableau artistique dans le paysage de la ville d'Alger. Pendant les années 50 ans, il a décidé de donner un libre court à son imagination en apportant à ce pays de nouvelles réponses aux questions liées à

l'aménagement des villes et la construction des logements de masse, tout en concevant la spécificité de chaque région. Ainsi, des quartiers entiers ont été conçus par cet architecte comme : la cité de Diar-es-Saada, de Diar-el-Mahçoul et de Climat de France, où le respect du style architectural mix a été sa priorité. La composition des trois cités allie et associe à la fois le modernisme des modèles standards (la tour, la cloche) à la touche arabo-musulmane et aux aspects traditionnels de la Casbah d'Alger (le portique, le moucharabieh, le patio, les encorbellements, les ruelles, placettes, escaliers) (Pouillon, 1968). Est-il utile en conclusion de dire que les trois raisons essentielles qui ont donné une grande réussite aux principes architecturaux de Fernand Pouillon sont les suivants :

- la première, est son contrepied aux principes de l'architecture moderne, universelle monotone, projet-type, orthodoxe et antithèse (Tehmi et Anouche, 2017) ;
- la seconde, est son grand amour de se référer aux architectures du moyen âge, à l'islam, à des rives espagnoles, aux empires abbassides (Dubor, 1986) ;
- et finalement, l'esprit néo-vernaculaire intelligent et très vaste de l'architecte qui l'a poussé à réunir les deux raisons mentionnées précédemment.

- **La durabilité dans l'architecture de Fernand Pouillon**

Pouillon se préoccupait de l'impact de ses projets sur l'environnement bâti et local ainsi que sur ses occupants, même si on ne parlait pas encore de durabilité à l'époque (Cruet, 2018). De ce fait, les trois piliers de la durabilité sont présents dans son architecture : le respect et la préservation de l'environnement s'expriment par la bonne orientation des pièces de chaque construction en prenant en considération l'ensoleillement et le vent et l'utilisation des matériaux nobles et durables (la pierre de taille et la brique de terre cuite). Aussi, l'interprétation des stratégies socio-culturelles traditionnelles et durables, par amour du peuple pour lequel il construit, Pouillon voulut être toujours un architecte social. Enfin l'économie dans la construction, généralement l'architecte se soucie toujours de construire vite, bien et à moindre coût (Pouillon, 1964), sans omettre le confort et l'esthétique pour les habitants et sans contrainte sur le développement économique.

- **Le recours aux matériaux et techniques constructives locales**

L'architecture de Pouillon est une combinaison des systèmes constructifs simples et ingénieux. L'architecte opte plus pour l'emploi des matériaux de construction anciens,

locaux et avantageux, tels que la pierre, la terre cuite, la brique de terre cuite, les tuiles, le bois et le grès qui ont fait leurs preuves au cours des siècles passés.

La construction du Palais de terre cuite à Marseille était pour Pouillon l'occasion pour démontrer les probabilités et l'infinie variété d'utilisation de ce produit, tout en approuvant sa grande capacité à résister, tant à la traction qu'à la compression. Aussi, ce matériau permet d'éviter les coûts supplémentaires d'enduit et d'entretien que présentent les constructions en béton armé. Dans ce projet, Pouillon a essayé également d'expérimenter des nouveaux systèmes et techniques constructives, à savoir, les nouveaux systèmes de plancher à base de terre cuite, les cloisons en briques porteuses et des voûtes-charpente.

A l'hôtel d'El-Montazeh à Annaba, l'architecte a développé un système constructif plus particulier dont le béton armé a été utilisé sauf dans la réalisation des voiles et quelques espaces et poteaux. Par contre les murs extérieurs sont en pierre, et à l'intérieur, il a choisi de décorer l'édifice par le bois afin d'assurer l'ambiance qui reflète l'image de la maison mozabite mais dans un contexte beaucoup plus modernisé. Quant à la construction de l'hôtel de Laghouat Pouillon a combiné entre plusieurs matériaux à savoir la pierre jaune chaude, la terre cuite et le béton. Parfois, il fait appel à l'enduit à la chaux quand il a besoin d'enchaîner les grandes parties ou bien réaliser des grandes structures.

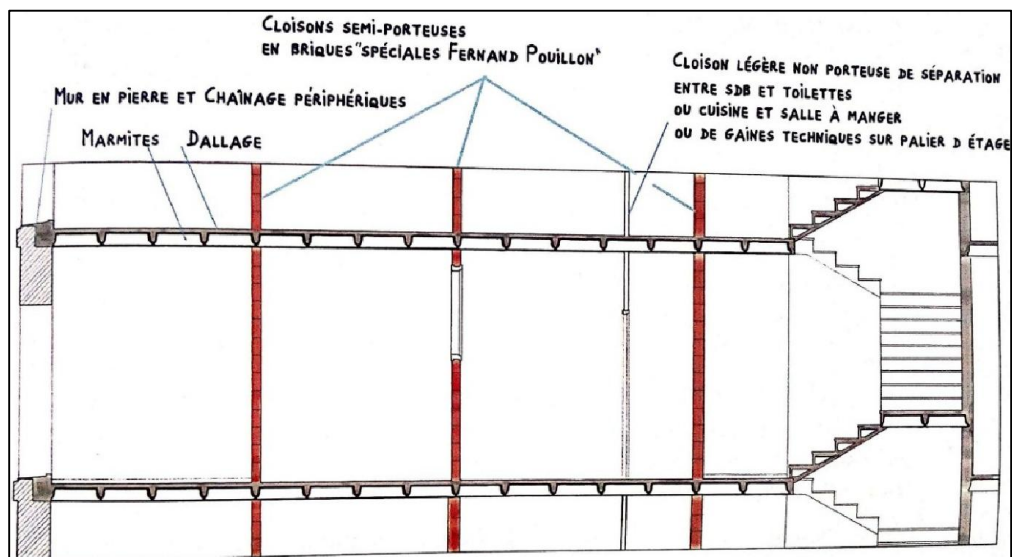


Figure 1. 17 : Coupe qui montre le système constructif de Pouillon

Source : Sayen, 2014.

Par ailleurs, dans la construction des murs de trois logements à Alger, Pouillon a mis au point un système constructif original très économique, qui favorise la stabilité grâce à l'entrecroisement des pierres et des briques pour former les murs et les cloisons. A cet effet,

les murs des façades externes de ces bâtiments sont considérés comme des murs porteurs construits en pierre de taille, tout en utilisant la technique de pierre à joint sec dans sa liaison. Ce matériau a été utilisé par l'architecte vu sa densité, durabilité et sa capacité à abaisser les grandes fluctuations de la chaleur à l'intérieur des espaces. De plus, Pouillon a pensé à ajouter un autre mur en brique de terre cuite dans la face interne des logements, tout en laissant un vide de lame d'air entre les deux murs (Tehmi et Anouche, 2017). Egalement, il a opté pour la brique creuse pour la réalisation des cloisons de distribution (Fig.1.17).

1.6 André Ravéreau : une démarche néo-vernaculaire associant la tradition et la modernité

A l'âge de 15 ans André Ravéreau a choisi de quitter le collège pour rejoindre l'école des beaux-arts de Rouen dans la branche d'architecture. Après deux ans, il a entamé ces études d'architecture à l'atelier d'Auguste Perret à Paris, car à l'époque il n'existe pas d'écoles d'architecture en France. En 1949, Ravéreau est parti en Algérie pour chercher un travail, en accompagnant son ami à Ghardaïa. Le voyage de Ghardaïa constitue un point de transition dans sa vie professionnelle, en le conduisant à un changement global dans sa vision envers son métier. En fait, l'architecte était très séduit par la beauté de l'architecture mozabite avant même d'en faire l'analyser. Dès le premier contact avec le site de Ghardaïa, il a eu l'intuition que les constructions possèdent un équilibre et une esthétique extraordinaire qui n'a jamais vu dans les autres villes du monde (Ravéreau, 1981, 2003).

Après des études approfondies dans le domaine de l'architecture vernaculaire traditionnelle à Rouen, Ravéreau a choisi de porter son sujet de diplôme sur l'habitat vernaculaire de la Normandie. Une fois que l'architecte ait obtenu son diplôme d'architecture, il a été engagé dans une activité professionnelle qui le mènera autour de la Méditerranée. En Grèce d'abord où il a réalisé son premier projet (Fig.1.18), des logements, puis en Algérie où il a passé la majeure partie de sa carrière, et enfin au Mali, où il réalisera un bâtiment qui lui vaudra le prix de l'Agha Khan, il s'agit d'un centre de santé à Mopti construit entre 1970-1974 (Fig.1.19).

En effet, le travail de Ravéreau est l'un des plus remarquables dans la perspective d'une « *architecture située* ». Egalement, c'est un véritable travail de créateur engagé dans les conditions techniques, socio-culturelles et économiques de son époque, une œuvre « *néo-vernaculaire* ».



Figure 1. 18 : Projet de logement dans un village en Grèce.

Source : Baudouï et Potié, 2003.

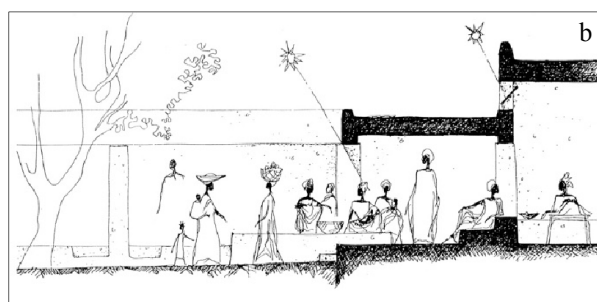
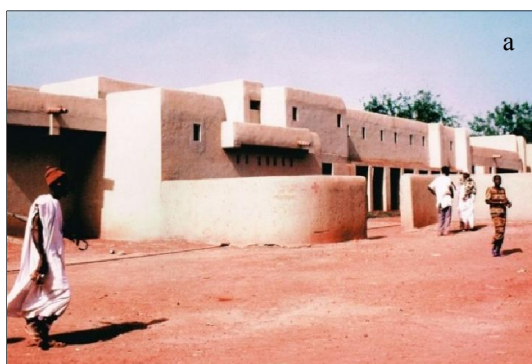


Figure 1. 19 : a-Centre de santé de Mopti, b-coupe sur les portiques et la cour.

Source : <https://2.bp.blogspot.com/>

1.6.1 L'atelier du désert : une contribution pour la promotion de la vallée du M'Zab

Durant, l'an 1965, Ravéreau a été sollicité par le ministère de l'Information et de la Culture d'Algérie pour devenir l'architecte en chef des monuments historiques. Aussitôt nommé, il a réfléchi à créer à Ghardaïa un premier atelier du ministère en 1970. Cet atelier a été spécialement implanté pour le classement de la vallée du M'Zab et la mosquée de Sidi Okba. Cependant, l'atelier a été chargé de la collecte des informations nécessaires sur tous les monuments historiques et les maisons réparties sur la vallée du M'Zab, dont le but est d'en constituer un fond documentaire graphique et photographique qui constituera une base pour toutes les opérations effectuées sur ces derniers.

Entre 1974-1976, Ravéreau a décidé de créer un deuxième atelier sous le nom de l'établissement saharien d'architecture, d'urbanisme et d'environnement dont le but de permettre aux jeunes architectes ou étudiants en architecture d'acquérir une rapide et profonde connaissance pratique et matérielle des maisons traditionnelles et d'assister aux chantiers de restauration de ces dernières, à divers stades d'avancement des travaux (El-

Wakil,2016). Par la suite l'atelier fut chargé d'accueillir des jeunes architectes récemment diplômés de l'Italie, de la France, de Belgique et de Suisse, afin de les initier au système constructif du M'Zab (Caue, 2006). Ceux-ci ont aussi participé à la réalisation de tous les projets de Ravéreau à Ghardaïa. Actuellement, l'atelier reconvertit en l'Office de Protection et de Promotion de la Vallée du M'Zab (OPVM) tente, sans relâche, tant bien que mal, de poursuivre la mission de l'atelier d'André Ravéreau. Aussi, l'OPVM se charge d'étudier et de superviser les dossiers d'architecture et d'urbanisme qui sont obligatoirement soumis à son appréciation.

1.6.2 De l'architecture internationale à l'habitat vernaculaire mozabite

Ravéreau a voyagé partout dans le monde et il a édifié dans plusieurs pays, mais sa mémoire est restée toujours attachée et fidèle à la terre mozabite, car il était très fasciné et envouté par la beauté et la splendeur de cette architecture vernaculaire de M'Zab et surtout par les surfaces dépouillées, les courbes, les arcs et les voûtes avec le peu de géométrie qu'ils contiennent (Ravéreau, 2004 ; Bertaud du Chazaud et Ravéreau, 2007).

Selon l'architecte, les maisons mozabites ont répondu à tous les besoins de la société, car ils ont réussi à trouver les meilleures solutions qui leur permettent de s'adapter aux perturbations du site et du climat. Leur architecture n'est pas du tout géométrique, mais au contraire elle a obéi aux exigences du relief et à l'environnement local. En effet, les mozabites ont réfléchi à intégrer une architecture fluide organique qui se mélange avec la beauté du site pour créer un tableau artistique très fascinant (Baudouï et Potié, 2003).

Par ailleurs, le potentiel expressif et technique de l'architecture du M'Zab a largement inspiré Ravéreau dans son travail, où il a essayé d'interpréter quelques origines, principes et éléments de celle-ci dans ses réalisations modernes (Henriett et al, 1986 ; Giancarlo et al, 1996), à savoir : l'hôtel des postes, la villa d'un ami mozabite le docteur M, une autre villa traditionnelle est sophistiquée dans la palmeraie de Beni Izguen et les logements de Sidi Abbaz (Fig.1.20, 1.21). Ces projets démontrent le talent de Ravéreau à conserver généralement la forme, non pas par le choix formel, mais plutôt par la prise en compte de l'ensemble des contraintes liées au site, aux traditions, au climat pour inscrire le projet d'architecture dans l'épaisseur d'une culture, qui régissent l'organisation de la construction.

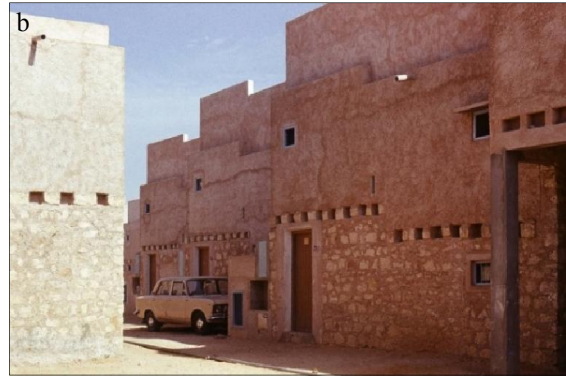


Figure 1. 20 : a-La maison d'André Ravéreau dans la palmeraie de Beni Izguen ; b-Les habitations de Sidi Abbaz.

Source : L'auteur,2017.<http://www.aladar-assoc.f>, 2020.



Figure 1. 21 : a-L'hôtel de poste ; b-Vue d'ensemble de la villa de Docteur M.

Source : Auteur, 2020,2017.

1.6.3 Une architecture durable ancrée dans la tradition, guidée par l'utilisation des systèmes constructifs passifs

Les projets de Ravéreau questionnent l'essence d'une architecture néo-vernaculaire, écologique et durable. Ces principes précurseurs intègrent les notions de souci de l'environnement, de respect du site et climat, de l'humain et la culture et d'économie de la mise en œuvre, répondraient aujourd'hui au terme de durabilité. A cet égard, Bertaud du Chazaud et Maya Rarvéreau ont affirmé que les principes réfléchis par Ravéreau sont certainement en avance sur son temps, ils engouent institutionnellement un exemple concret pour le développement durable (Bertaud du Chazaud et Rarvéreau, 2007).

Par ailleurs, André Ravéreau a opté toujours à une démarche soucieuse d'exploiter les ressources locales. A cet effet, il redécouvre l'emploi des matériaux traditionnels et bon marché (pierre et terre) (Baudouï et Potié, 2003), car il est convaincu qu'il n'y a pas d'autres issues mieux que ceux-ci, économiquement et durablement parlant, pour construire de belles architectures néo-vernaculaires. Egalement, l'architecte a toujours essayé d'adopter ces matériaux traditionnels et les rendre compatibles avec les exigences de son époque, en les

combinant avec les nouveaux matériaux de construction (parpaing, ciment et béton). Et parfois même, il invente des nouveaux systèmes constructifs tels que le *mur masque* qu'il a utilisé pour la première fois dans la construction de l'hôtel des postes à Ghardaïa.

1.7 Les frères Hani Hassan et Abdel Rahman El-Miniawy : du vernaculaire au néo-vernaculaire

Hani Hassan et Abdel Rahman El Miniawy, sont deux architectes égyptiens ambitieux et brillants dans le domaine de l'architecture néo-vernaculaire. Abdel Rahman étant un diplômé de l'E.P.A.U d'Alger, alors que, Hani a eu l'occasion de décrocher une bourse en Allemagne pour aller continuer ses études supérieures et cela après l'obtention de son diplôme d'ingénieur en architecture de la faculté des beaux-Arts de l'université du Caire. En 1969, l'architecte a décidé rapidement de quitter ses études supérieures pour rejoindre le champ d'application en Algérie et en Egypte, avec son frère Abdel Rahman et son père spirituel Hamdi Diab (Salama, 2001a).

Il est significatif de noter que les concepteurs faisaient partie d'une grande équipe d'architectes étrangers qui ont choisi de vivre et de travailler en terre algérienne. Les frères El-Miniawy y ont donc réalisé beaucoup de projets et plus particulièrement dans le sud algérien. Il faut mentionner que ces architectes devaient régler les problèmes architecturaux impliquant la production du logement de masse, et d'aller au-delà des simples interventions dans le processus de conceptions pour loger une large population. Pour se faire, leur approche de conception a été essentiellement influencée par les considérations qu'ils avaient choisies, dès le début, pour résoudre ces problèmes ; entre autres :

- S'impliquer dans le processus sophistiqué de revivre l'identité en faisant un recours à des typologies architecturales authentiques et transgresser la démarche folklorique faussement culturelle d'ornement des façades (Bekkouche, 2011) ;
- Créer un rapport entre la société algérienne et les espaces architecturaux et urbains en s'appuyant sur des pratiques de construction vernaculaires.

Cela signifie qu'ils interprètent consciemment les éléments et les motifs architectoniques sahariens, puis ils tentent de les mélanger avec des types et des techniques nouvelles, dont le but majeur est de trouver des solutions satisfaisantes pour la société moderne et rechercher l'image de la conception néo-vernaculaire (Bellal, 2010).

En 1989, les frères El Miniawy sont rentrés définitivement en Égypte, en important avec eux leur expérience accumulée de deux décennies dans le désert algérien. A cet effet, les architectes ont commencé à appliquer les mêmes principes dans la recherche d'une identité arabo-égyptienne. Il faut souligner que les architectes ont librement pratiqué leur métier d'architecture à leur propre façon, étant donné qu'à cette époque il n'y avait pas beaucoup d'architectes qui s'intéressent au développement d'une nouvelle vision régionale et locale. Pour cela, les architectes ont pensé à mettre en place des éco-stratégies vernaculaires dans l'implantation et l'emplacement d'une architecture communautaire (Alary et al, 2012 ; El Miniawy et al, 1990). La vision de ces architectes humanistes porte sur la construction des bâtiments au plus bas coût en se basant tant sur l'utilisation des matériaux locaux, légers et extraits sur place, en raison du manque de mécanismes de transport modernes dans les régions dans lesquelles ils construisent, que sur la mobilisation des ressources humaines locales dans les chantiers de construction. Ces principes sont presque proches à ceux appliqués par Hassan Fathy. Cette vision a été concrétisée dans plusieurs projets pour ne citer que quelques uns : le projet d'agrandissement urbain d'Assouan et d'Obour, le développement du quartier Manshey et Nasser au Caire et la construction du musée Danshaway pour commémorer la mémoire des martyrs, les tombés dans l'incident de Dinshaway, et peut-être le plus important, a été le projet Nasiriyah.

1.7.1 Philosophie et concepts d'El Miniawy au sud de l'Algérie et en Egypte

Les architectes El Miniawy ont souvent sanctifié la trilogie du lieu, temps et homme surtout dans le Sahara où ils construisaient le plus. Ces trois piliers faisaient la philosophie, la logique et les concepts appropriés par les architectes dans leurs œuvres que ce soit en Algérie ou bien en Egypte. Cette philosophie a été utilisée par ces architectes pour lancer des dynamiques sociales positives dans les quartiers défavorisés et redonner confiance à des populations déracinées et démunies et lutter contre la pauvreté (Boumedién, 2019).

Cependant, les concepteurs ont simplement su gagné la confiance des gens et de l'Etat pour lequel ils travaillent, et cela par leur style de conception qui consiste en la restitution de l'esprit de la construction arabo-musulmane, comme une sorte de citation et d'employer des fondements et du vocabulaire architectural et urbain local dans un langage renouvelé et non nouveau qui porte avec lui le passé rénové. Egalement, ils ont bien préservé les anciennes habitudes de la population soufie en respectant leur culture et leur coutume afin de leur faire ressentir à l'aise et chez eux à travers cette nouvelle conception.

Enfin les architectes étaient très conscients que la rupture avec les techniques de construction traditionnelles est une erreur fatale qui peut entraîner des tragédies environnementales, sociales et économiques catastrophiques. En ce sens, ils ont tenté d'humaniser l'architecture et de faire participer les habitants de chaque région dans les travaux comme ouvriers employés par les entreprises de réalisation, en convainquant les administrations de travailler avec les entrepreneurs locaux au lieu d'appeler les grandes entreprises de réalisations qui imposent des styles et des coûts exorbitants. L'implication de la main d'œuvre locale permet, selon les architectes, de construire des projets d'une manière compatible avec le milieu naturel et les ressources locales et à moindre coût. Ainsi, une compatibilité complète entre l'homme, le temps et le lieu est réalisée.

1.7.2 Le passage de l'habitat individuel au logement collectif

Pour commencer, les architectes El Miniawy sont partis des fondements de Hassan Fathy qui consistent à procéder au préalable à des recherches, des observations et analyser les principes relatifs à l'organisation des maisons traditionnelles arabes et mener des enquêtes sociales et économiques approfondies et complètes dans le contexte auquel on construit. Aussi, ceux-ci sont basés sur des rencontres avec les habitants pour étudier leurs traditions culturelles, leurs modes de vie et leurs besoins spatiaux et évaluer ainsi leurs attentes en fonction des disponibilités budgétaires. En effet, ce principe se considère comme une solution viable pour se confronter aux défis du passage de l'habitat individuel au logement collectif, et afin que la nouvelle conception soit à la mesure et en harmonie avec l'environnement local et les exigences des réalités socio-économiques.

Les logements du village expérimental de Madher sont les premières constructions réalisées par les architectes en 1975 à M'Sila, dans le cadre de l'opération des 100 villages agricoles de la révolution agraire qui avait pour but de stopper l'exode rural des habitants vers les grandes zones urbaines (Snelder, 1983 ; Kebaili, 2006 ; Abbou, 2014 ; Ghaffour, 2014). Les architectes ont proposé des conceptions réellement adaptées et respectant les spécificités locales de différents ordres ; écologique, socio-économique et culturelle de cette population d'origine nomade. Ils ont aussi opté pour l'utilisation de quelques techniques traditionnelles de la région comme : l'utilisation des blocs de terre stabilisée fabriquées sur place des maisons surmontées de voûtes cylindriques et enduites au plâtre et le regroupement des maisons en unités de quatre autour d'une cour ouverte pour permettre aux femmes de communiquer en totale intimité (Fig.1.22). Cependant, toutes ces stratégies ont été les plus

économiques trouvées dans cette région. Lesquelles ont adopté le but d'adapter les logements aux conditions climatiques arides rigoureuses de l'environnement local de M'Sila, tout en répondant aux besoins des habitants.

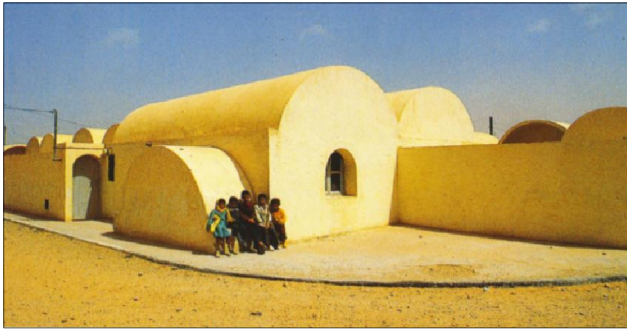


Figure 1. 22 : Les logements du village de Madher en construction, avec leurs voûtes appropriées pour les toits ; Vue d'une cour.

Source : Noweir, 1983.

Par ailleurs, les frères El Miniawy ont été aussi chargés par la conception des 400 logements sociaux à Oued Souf en 1981. Dans ce projet, les architectes ont tenté de concevoir des habitations verticales et conformes aux normes imposées par la société soufie, en se basant ainsi sur des enquêtes sociales et des analyses approfondies des qualités architecturales spécifique des anciennes maisons soufies (Salama, 2001b). Conformément à la tradition locale, les espaces de chaque logement ont été placés autour d'un patio central, ce qui a abouti à un environnement résidentiel visuellement attrayant et efficace. Egalement, le toit de chaque unité a été couvert par des coupoles pour assurer des meilleures conditions de ventilation naturelle à l'intérieur de ces derniers (Fig1.23).



Figure 1. 23 : Vue générale de 400 logements à El Oued.

Source : Auteur, 2019.

Quant aux 200 logements d'Ouled Djellal, Biskra construit en 1988, ceux-ci ont été destinés à une population démunie, provenant de petites colonies du désert (Fig.1.24). Cependant, cette population, comme n'importe quelle région de l'Algérie, a des coutumes, des pratiques et des modes de vie en adéquation avec les conditions environnementales locales (Berghout,

2019). Pour cette raison, les architectes ont réfléchi d'impliquer certaines stratégies observées dans les anciens villages dispersés dans les régions désertiques à titre d'exemple :

- Les logements sont entièrement construites à partir de matériaux locaux (la pierre de gypse pour la structure porteuse), les pièces de chaque unité sont agencées autour d'une cour et couvertes par des dômes et des voûtes pour assurer la ventilation et l'éclairage naturel.
- Les hauteurs des bâtiments sont limitées à deux niveaux seulement car les habitants, ne sont pas habitués à vivre dans des immeubles de grande hauteur et pour assurer une intégration parfaite dans l'environnement existant.

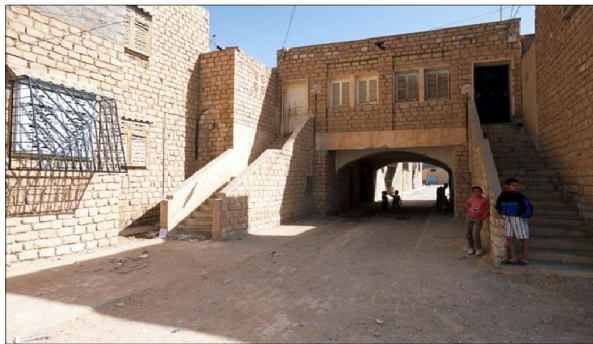


Figure 1. 24 : 200 logements d'Ouled Djellal, les unités sont conçues comme une transition entre l'habitat rural et l'habitat urbain.

Source : Auteur, 2019.

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons abordé, en premier lieu, la question de la remise en cause de l'architecture moderne internationale et le retour à la tradition locale. De nombreux architectes avancent l'idée selon laquelle les aspects locaux de l'architecture vernaculaire peuvent rejoindre les nouvelles techniques de l'architecture moderne afin de développer des constructions confortables et respectueuses de l'environnement.

Au sein de ces débats, deux tendances sont apparues comme réponse à l'échec des principes d'architecture moderne. La première est vernaculiste conservatrice développée par Hassan Fathy et Abdelwahed Alwakeel. Laquelle a été fondée sur une expression régionaliste qui consiste à imiter absolument certaines formes et motifs traditionnels, puis les réintégrer dans la production des nouveaux bâtiments modernes, dans le but de maintenir une continuité historique et exprimer une identité locale. En revanche, la deuxième tendance, néo-vernaculaire est celle qui met l'accent sur la conciliation de la tradition et l'innovation.

L'objectif de cette architecture est de faire émerger des constructions à partir de leur contexte, en utilisant principalement des matériaux et des techniques locales. Egalement, l'architecture néo-vernaculaire participe à la mobilisation des dynamiques très localisées et recycle certains nombres de symboles qui ne sont jamais déconnectés de l'environnement local.

Dans le deuxième volet de ce chapitre, nous avons constaté que nombreux architectes se sont concentrés sur l'interprétation des aspects spécifiques de la tradition des pays pour lesquels ils construisaient, chacun à sa manière. Ces architectes ont tenté d'impliquer les meilleures techniques, matériaux, méthodes et symboles vernaculaires dans la reproduction des constructions modernes qui s'adaptent au paysage et à l'environnement local. Ainsi, ils assurent aux communautés locales de bonnes conditions de vie pour surmonter les problèmes des bâtiments standards mis en évidence par la crise de l'architecture moderne.

Par conséquent, le troisième volet de ce chapitre, nous a permis de porter un regard sur la naissance et le développement de l'architecture néo-vernaculaire en Algérie. Autrement dit, les conclusions tirées de ces expériences démontrent que certains concepteurs modernes tels que : Roland Simounet, Fernand Pouillon, André Ravéreau et les frères Hani Hassan et Abdel Rahman El-Miniawy ont tenté de proposer des alternatives aux problèmes de logement de masse. Ces concepteurs ont interrogé les principes proposés par l'architecture moderne qui leur semblent mal appropriés à notre pays en proposant l'interprétation des éléments et principes de l'architecture vernaculaire algérienne de manière innovante dans la pratique moderne. Le but principal de ces architectes est d'implanter des projets qui s'adaptent parfaitement à leur contexte local tout en fournissant des constructions confortables et abordables à la majorité des gens.

En somme, les forces de la mondialisation, ces dernières années, continuent d'avoir un impact sur la tradition et l'environnement local et une transition vers une approche vernaculaire contemporaine et durable est aperçue plus que nécessaire par les chercheurs. Pour cela, le chapitre suivant explorera en détail la relation entre l'architecture néo-vernaculaire et vernaculaire contemporaine.

CHAPITRE II : VERS UNE REINTERPRETATION DE L'ARCHITECTURE NEO-VERNACULAIRE AU VERNACULAIRE CONTEMPORAINE : UNE ALTERNATIVE POUR UNE CONSTRUCTION EN HARMONIE AVEC L'ENVIRONNEMENT LOCAL

Introduction

Les dernières décennies ont été témoins d'une prolifération de manifestations contre une variété d'événements mondiaux et locaux, telles que la mondialisation, la crise énergétique et la dégradation massive de l'environnement bâti et extérieur. Celles-ci ont été engendrées par l'émergence d'une série de nouveaux matériaux de construction standards. À cet égard, toutes ces questions relèvent des débats sur l'avenir de l'architecture en commençant à s'intéresser davantage à la notion de la réinterprétation de l'architecture néo-vernaculaire pour développer une architecture vernaculaire contemporaine et durable, comme réponse aux enjeux environnementaux. Dans cette perspective, ce chapitre abordera quatre axes principaux : De prime abord, nous entamerons par une réflexion relative à la notion et aux spécificités de l'architecture vernaculaire contemporaine à partir d'une étude bibliographique des ouvrages interdisciplinaires de certains théoriciens abordant cette notion d'une manière significative. Aussi, cet axe affiche une matrice de conceptions qui mêlent les stratégies passives extraites de l'architecture vernaculaire aux innovations technologiques lancées par l'architecture contemporaine. Dans un second temps, nous verrons que pencher sur la corrélation de l'environnement local à l'architecture contemporaine est nécessaire en tant que préoccupation mondiale au cours des dernières années. Pour cela nous avons décrit le besoin d'intégrer la durabilité dans la façon dont nous vivons, agissons et construisons à travers une discussion détaillée du concept et des philosophies, des piliers, des principes et des objectifs de celle-ci. Dans cette continuité, nous tâcherons de déceler de la manière la plus spécifique les interactions étroites des bâtiments vernaculaires avec les alternatives de la durabilité qui ont donné du sens à l'architecture vernaculaire durable. Dans un troisième temps, les deux axes seront suivis par l'évocation des stratégies environnementales jugées plus efficaces et moins dégradantes de l'environnement local, et comment les architectes contemporains l'ont impliqué dans les différentes substances de l'espace contemporain afin de favoriser la naissance des conceptions vernaculaires contemporaines confortables. Enfin, nous aborderons la question de la réinterprétation de l'architecture néo-vernaculaire dans le développement d'une architecture vernaculaire contemporaine.

2.1 L'architecture vernaculaire contemporaine : entre savoir-faire et nouvelles technologies

Au début du XXI^{ème} siècle la population mondiale a dépassé les 7,7 milliards d'habitants, dont la majorité entre eux habite dans des constructions standards qui exigent l'utilisation des moyens mécaniques de climatisation, de chauffage et d'électricité afin d'améliorer les conditions de vie (Vellinga et al, 2007). Désormais, les pays du monde entier se sont retrouvés face à plusieurs perturbations entraînées par l'introduction de ces services industriels qui ont poussé à une surconsommation des ressources non renouvelables (pétrole et gaz), qui arrivent presque à l'épuisement.

Néanmoins, il semblait à certains architectes qu'il existe des alternatives permettant de sur dépasser ce problème, juste à travers un équilibre entre l'architecture vernaculaire locale et la nouvelle architecture contemporaine. C'est par le biais d'un dialogue international que les architectes arrivent à une ouverture d'esprit sur les constructions mondiales et qu'ils peuvent faire revivre les anciennes techniques vernaculaires tout en intégrant les nouveaux systèmes performants de l'architecture contemporaine. Par conséquent, le développement des traditions vernaculaires locales soient essentielles pour une bonne gestion des ressources non renouvelables, améliorer le confort de l'utilisateur, réduire les impacts négatifs que l'architecture a eu sur l'environnement, mais aussi relever le défi des futures constructions à travers le monde (Hui et Xiaomin, 2012).

Dans cette optique, Richards explore comment les principes vernaculaires ont été transmis comme antidote aux préjugés perçus du modernisme. L'enjeu est de créer une nouvelle architecture vernaculaire contemporaine qui se concentre sur l'application des méthodes de construction traditionnelles ; telles que : l'utilisation des matériaux locaux, l'enracinement au sol et l'insertion dans le paysage. (Al Haroun, 2015). Paradoxalement, l'association des nouvelles technologies de l'architecture contemporaine aux meilleures stratégies passives de l'architecture vernaculaire peut indiquer des recommandations de conception qui peuvent être reproduites non seulement comme un geste de respect envers la tradition ancestrale. Mais aussi pour sa valeur essentielle consistant à fournir à chaque région des bâtiments sensibles au climat, respectueux de l'environnement, de la société, des bâtiments confortables et économes en énergie, qui sont des aspects essentiels de l'architecture vernaculaire contemporaine (Vissilia, 2009 ; Al-Jokhadar et Jabi, 2016) (Fig.2.1).

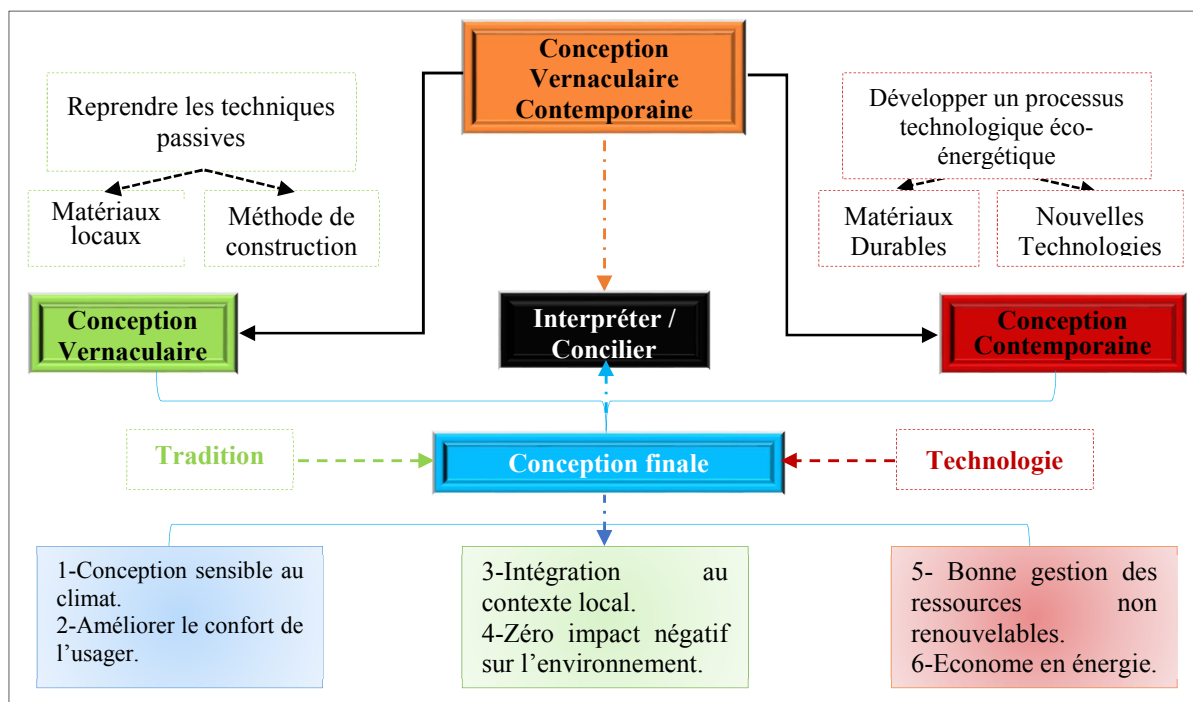


Figure 2. 1 : Schéma explicatif du processus suggéré pour la réalisation d'une conception vernaculaire contemporaine à travers le monde.

Source : Auteur, 2017.

Fréquemment, la notion d'architecture vernaculaire contemporaine est une approche cruciale qui a interpellé plusieurs chercheurs, qui tentent de comprendre comment la tradition peut fusionner avec la technologie pour créer de nouvelles formes hybridées et adéquates à l'environnement local, dont nous avons besoin aujourd'hui (Punpairoj, 2013). Cette idée a été soutenue par Lim et Beng qui ont présumé que la langue vernaculaire contemporaine est un développement dynamique de la direction architecturale qui a pour but de relever les défis de la mondialisation dans une vision différente des tendances et des changements (Lim et Beng, 1998). Ils soulignent aussi que cette architecture se développe consciemment grâce aux efforts des architectes contemporains qui tentent souvent à découvrir les réponses uniques d'une tradition particulière au climat et à l'environnement local, et ensuite de choisir les meilleurs techniques à impliquer dans la création des nouvelles formes (Hosseini et al, 2014). Gissen ajoute qu'il est très nécessaire de tourner vers les anciennes constructions pour chercher les meilleures méthodes sur la façon de construire durablement notre avenir (Gissen, 2003).

Le célèbre architecte Jorn Utzon affirme que l'architecture vernaculaire offre des enseignements présupposant dont l'architecture contemporaine a besoin de retirer et d'appliquer dans la construction des projets efficaces. L'architecture vernaculaire qui a été toujours, le produit de son époque et de son lieu, pourrait être aussi aujourd'hui la source

d'inspiration de nombreuses architectes modernistes. À ce propos, il souligne que l'analyse des architectures réalisées dans le passé nous laisse spontanément apprécier l'intelligence des solutions proposées par les indigènes pour dépendre aux conditions où elles étaient créées (Salman Al-Zubaidi, 2007).

Par ailleurs, l'architecture vernaculaire contemporaine recherchée actuellement ne consiste pas à recopier nostalgiquement les formes du passé, mais plutôt, encourager la transportation des aspects physiques et techniques pertinents fournis par l'architecture vernaculaire, et qui expriment une sensibilité contemporaine envers l'environnement local (Creangă et al, 2010). Dans ce contexte, Amílcar Herrera met en évidence ce point en insistant sur la nécessité d'analyser les bâtiments vernaculaires avant de penser à extraire les solutions originales qui peuvent s'appliquer aux ressources disponibles actuellement (Ferreira, 2014). Cette nouvelle architecture devient donc nécessaire pour couvrir les manques de l'architecture contemporaine, tout en favorisant l'aspiration durable des architectes à fournir des formes adaptatives au contexte régional.

Sur les pas de la technologie écologique, et au-delà de la nécessaire harmonisation visuelle du bâti avec son environnement, l'emploi des savoir-faire et des techniques de construction traditionnelle ou de la technologie contemporaine n'est pas aussi important que la compatibilité physique, fonctionnelle et conceptuelle entre les deux styles. Si l'architecture vernaculaire contemporaine est capable de s'inspirer et d'interpréter les techniques vernaculaires, alors cette compatibilité est garantie dans la plupart des constructions.

Soheir Mohamed Hegazy a mené une étude sur la continuité et le changement de Muscat House en déterminant les facteurs d'influence et de réponses. L'étude a été complétée par un questionnaire afin de mesurer le niveau de satisfaction des habitants envers les constructions qui adoptent certains principes de l'architecture locale. La plupart des enquêtés ont exprimé leur amour pour cette architecture et ont été aussi d'accord pour l'idée de développer une architecture vernaculaire contemporaine qui mêle le passé au présent (Hegazy, 2015). Donc, si, nous ne pouvons pas actuellement reproduire la spontanéité ni la naturalité de l'architecture vernaculaire dans une construction neuve, étant donné que les bases de départ ont changé ; le manque de la main d'œuvre qualifiée et le coût très cher de la mise en œuvre. En revanche, la meilleure chose à effectuer est d'attester l'affirmation d'un modèle d'architecture vernaculaire contemporaine dans laquelle les architectes futuristes peuvent contribuer par des nouvelles idées, en respectant les caractères de l'architecture locale.

2.1.1 La vision des théoriciens sur l'intégration du vernaculaire dans le contemporain

Les impressions de l'architecture contemporaine vernaculaire varient considérablement à travers le monde. Dans cette étape, on présentera les positions de certains théoriciens du domaine interdisciplinaire des études vernaculaires qui ont été les pionniers à déclarer l'importance de revivre la tradition et de la mettre au service de la technologie.

- Amos Rapoport : le vernaculaire comme modèle de conception contemporaine

Rapoport considère l'héritage traditionnel du monde entier comme répertoires très riches en connaissances architecturales, non seulement dans le domaine de conception, d'innovation ou des techniques de construction écologique, mais aussi les solutions locales qui sont évidemment affinées par la culture et la logique sociale. En outre, il estime que tous ces facteurs captés de l'architecture vernaculaire peuvent s'impliquer dans le développement des bâtiments contemporains d'aujourd'hui (Mamun et Dilshad, 2014).

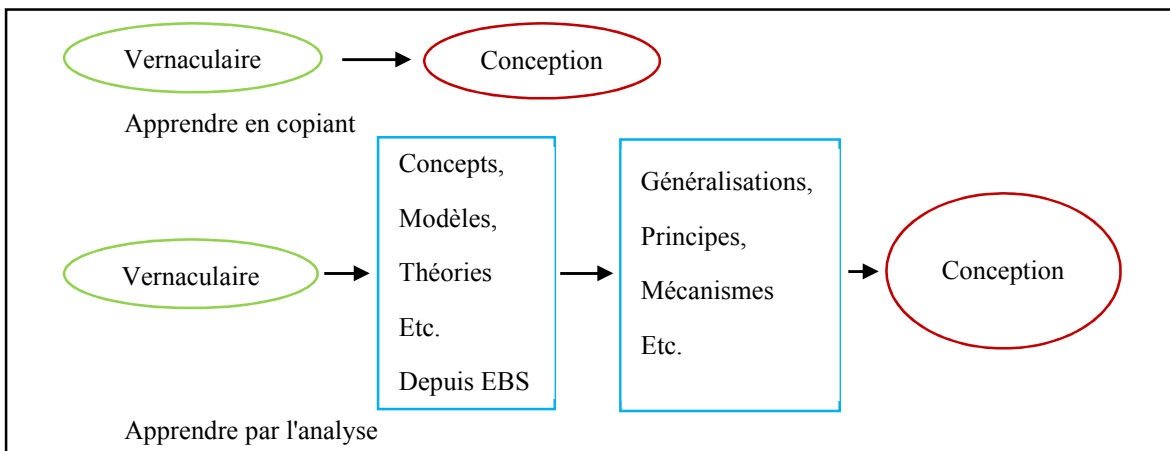


Figure 2. 2 : Le modèle d'Amos Rapoport « Apprendre de l'architecture vernaculaire » par l'analyse.

Source : Auteur d'après Day, 2013.

Dans l'architecture vernaculaire du XXIème siècle, Amos Rapoport propose un design vernaculaire comme un système-modèle pour l'architecture contemporaine. Le modèle indique les points essentiels à détailler dans une évaluation d'un modèle vernaculaire en vue d'une bénéfique collection des informations nécessaires pouvant aider à améliorer la conception des futurs bâtiments contemporains (Asquith et Vellinga ,2006). Les leçons incluent des réponses au climat, à la consommation d'énergie, à la durabilité, à la nature et aux caractéristiques uniques des environnements bâtis et à la manière dont ils forment et renforcent divers moyens d'identité. On peut également tirer parti de l'importance de la

sélection et le choix des matériaux de construction à façonner des processus constructifs durables (Fig.2.2).

- **Paul Oliver : exploiter le concept écologique de l'architecture vernaculaire**

L'architecte anthropologue Paul Oliver nous rappelle toujours que l'architecture vernaculaire est une architecture écologique, puisqu'elle utilise des ressources renouvelables, des compétences et des méthodes de construction indigènes, qui peuvent encore fournir des remèdes appropriés et judicieusement gérés, climatiquement efficaces et environnementalement adoptées aux besoins de la société contemporaine (Oliver, 1997).

Néanmoins, le défi consiste à découvrir comment ces connaissances, et expériences accumulées par les constructeurs vernaculaires du monde entier peuvent être utilement appliquées dans les pratiques contemporaines (Oliver, 2006). Donc, la vocation est de faire avancer l'interprétation des aspects écologiques de l'architecture vernaculaire par les futures architectes et de contribuer à l'émergence des constructions vernaculaires contemporaines mieux équipées pour faire face aux nombreuses contraintes climatiques et environnementales d'un lieu donné.

- **Marcel Vellinga : incorporer la tradition et l'innovation dans la pratique contemporaine**

Pour soutenir la langue vernaculaire contemporaine au XXIème siècle, Vellinga a suggéré explicitement de mettre l'accent sur la manière dont laquelle les traditions vernaculaires peuvent fusionner avec les innovations contemporaines pour donner naissance à de nouvelles manifestations de formes hybridées, localisées et mieux adaptées aux circonstances et aux exigences actuelles. Cela exige les architectes de faire une étude critique et une compréhension systématique et scientifique détaillée, notamment en ce qui concerne le recours à l'utilisation des matériaux de construction locaux (Asquith et Vellinga, 2006). De cette manière, ils peuvent vraiment garder les aspects qu'ils ont vraiment de la valeur dans l'architecture vernaculaire et qui sont capables de participer activement à la mise en place d'une architecture durable pour l'avenir. Par ailleurs, l'intégration de certaines éco-stratégies vernaculaires aux systèmes technologiques contemporains va contribuer au cycle de vie du bâtiment, améliorer le confort de l'usage, réduire les difficultés économiques, la

consommation énergétique et l'impact négatif que l'architecture a eu sur l'environnement (Molinar-Ruiz, 2017).

2.1.2 Pertinence des stratégies vernaculaire dans le développement d'une architecture vernaculaire contemporaine

Plusieurs architectes ont pris conscience à la notion de l'architecture vernaculaire contemporaine et ont engagé dans la réinterprétation de quelques stratégies vernaculaires passives d'une façon de répondre mieux aux besoins d'actualité, afin de donner un cachet régional pour différencier les édifices de chaque région à une autre (voir Annexe B).

Ces projets partagent le même esprit de la langue vernaculaire : apprendre du passé, pour développer des projets plus efficaces et durables, améliorer le confort de l'utilisateur, minimiser l'utilisation de l'énergie et freiner l'impact négatif qu'a eu le bâtiment sur l'environnement. Donc, les concepteurs de ces projets ont fait un usage large, méthodique et créatif, n'hésitant pas à innover, à hybrider ou à incorporer des techniques traditionnelles observées ailleurs. Cela révèle à quel point l'architecture vernaculaire est une source illimitée d'idées, solutions techniques et des stratégies technologiques desquelles l'architecture contemporaine peut se nourrir.

2.1.3 Le localisme : une solution efficiente pour l'environnement

À l'ère de la mondialisation, l'architecture est devenue une roue dans le mécanisme de la domination mondiale du consommateur. De nouveaux matériaux et systèmes constructifs ont été commercialisés par les entreprises transcontinentales afin d'augmenter leur rentabilité. Ces derniers ont conduit à la standardisation et l'homogénéisation des méthodes de construction (Mazouz, 2015). La mondialisation, tout en étant un progrès de l'humanité, constitue en même temps une sorte de destruction subtile, non seulement pour les cultures traditionnelles, mais aussi pour l'environnement local, car elle est soumise à une tendance d'utilisation de solutions de projet standard, qui nécessitent souvent une consommation importante de ressources énergétiques non renouvelables (Dipasquale, Mecca, 2016). Toutefois, les crises environnementales, énergétiques, économiques et sociales déclenchées par cette tendance dans les dernières décennies, ont réveillé la conscience des chercheurs dans le domaine de bâtiments envers la préservation de l'environnement. Ces derniers ont commencé à réfléchir sur des solutions optimales qu'ils doivent proposer pour aider les concepteurs à gérer les problèmes posés par l'utilisation des matériaux standards, et d'où

naissait le concept du localisme dans les bâtiments contemporains par opposition aux pressions dominantes de la mondialisation. Le philosophe Paul Ricoeur a souligné dans son essai *Universal Civilization and National Culture* que les deux orientations mondialistes et localistes sont complémentaires, car la modernisation universelle semble compromettre de plus en plus les caractéristiques des cultures traditionnelles (Day, 2013).

Aujourd'hui, le conflit entre le localisme et la mondialisation a suscité un regain d'intérêt pour trouver un équilibre entre les principes des deux mouvements qui doivent se concilier pour produire des projets enracinés dans leur environnement local, tout en favorisant la création vernaculaire contemporaine (Utaberta et al, 2014) (Fig.2.3).

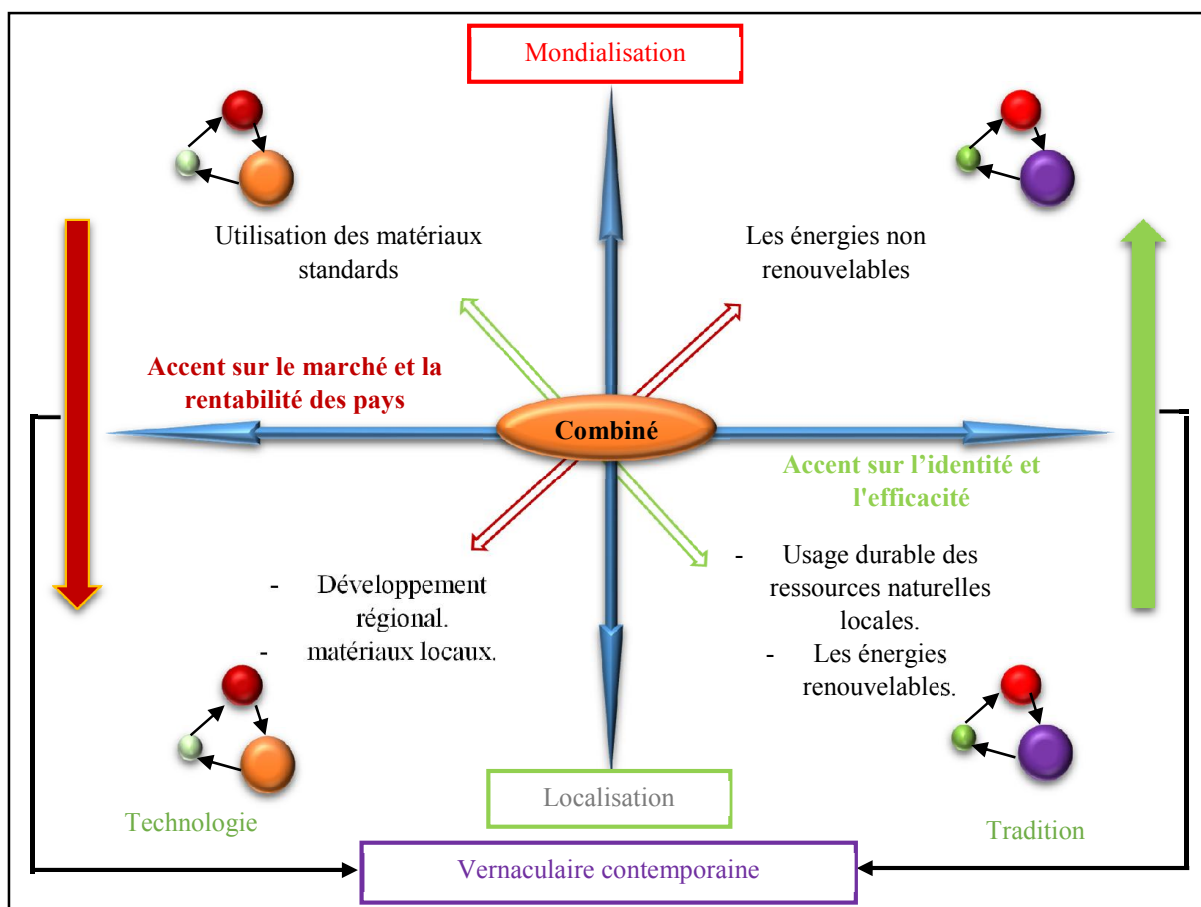


Figure 2. 3 : Schéma éclairant la logique de scénario de la relation entre la mondialisation et le localisme.
Source : Auteur d'après de Vries et Petersen, 2009.

Aussi, certains travaux ont développé une relation productive entre le local et l'universel en s'appuyant sur les expériences accumulées de leurs observations et analyses au fil du temps des démonstrations de construction vernaculaire à travers le monde.

2.2 Enjeux et opportunités d'une architecture vernaculaire durable

2.2.1 Au-delà de la notion de durabilité, la création des projets connectés avec l'environnement local

Le taux très élevé de la consommation des sources énergétiques non renouvelables qui dépasse le taux de leur régénération par la nature a entraîné une crise pétrolière et énergétique mondiale. Le début des années 90 s'est démarqué par l'intérêt des gens à construire des logements durables. Dans ce cadre, les préoccupants de l'approche environnementale ont multiplié leurs tentatives pour trouver des alternatives, dont le résultat est le découlement du concept « développement durable » (Mokhtar El-Wassimy, 2011). De ce fait, les enjeux du développement durable ont ouvert la voie à une architecture dite durable qui a permis de répondre à une offre de qualité tout en intégrant les normes de soutenabilité (Joo-Hwa et Boon-Lay, 2006).

La norme ISO 15686-1 (2000) a défini la notion de durabilité comme étant la capacité d'une construction ou bien de ses parties à satisfaire toutes ses fonctionnalités au long de son cycle de vie et sous l'influence des facteurs envisageables lors de son exploitation par les usagers (Zurbrügg, 2010). Plus précisément, la durabilité est un concept large et complexe, qui a été utilisé pour désigner certaines caractéristiques en relation avec les objectifs de développement durable (Subhi Alshamrani et al, 2015). La définition de la durabilité ne se limite pas uniquement à un comportement ou une utilisation, mais elle peut englober la capacité des communautés à répondre aux besoins d'actualité afin d'assurer la durabilité économique ainsi que la responsabilité sociale et environnementale de chaque projet, sans compromettre la part des futures générations à répondre à leurs propres besoins (Bruntland, 1987). Cette définition est devenue la plus échangée, la plus acceptable et aussi la plus utilisable pour identifier le concept de la durabilité.

Néanmoins, le concept de la durabilité a été largement interprété par de nombreux chercheurs dans des domaines différents. En 1987, la commission mondiale sur l'environnement et le développement (WCED), connu sous le nom de Rapport Brundtland, a examiné la durabilité comme la nation qui encourage l'exploitation des ressources naturelles pour donner à la construction la possibilité de maintenir au long terme, tout en assurant la bonne qualité de vie de ses occupants. (Barton, 1999 ; Abbasi et al, 2014). En parallèle, Strange et Bailey ont expliqué très clairement le concept 'durabilité' en abordant l'effet de

celle-ci sur la dimension sociale, environnementale et économique. En insistant ainsi sur l'impact potentiel de ce concept sur ces dimensions et que les actions durables doivent se développer dans la mesure d'avoir des impacts à la fois sur le présent et le futur (Strange et Bayley, 2008). En fait, conceptuellement, la durabilité est un style et un mode de vie et une identité culturelle des sociétés contemporaines.

Dans un cadre général, l'architecture durable est quelque chose de global dont le principal problème est lié à l'environnement. Pour se faire, nous devons prêter attention à une compréhension approfondie de ses objectifs, ses conseils et au mécanisme de formulation d'une telle approche dans l'architecture pour obtenir des projets efficaces. Scientifiquement, nous interprétons l'architecture durable comme un nouveau paradigme du développement humain appartenant au temps présent, qui se base sur la coordination entre l'homme et la nature.

En outre, nous considérons durable, toute architecture qui se fonde dans l'idée d'élaborer une activité de conception en continuité avec la topographie, qui retient attention à l'intégration dans le contexte local et une conception qui soutient l'environnement et tout ce qui doit être durable. En effet, l'architecture durable a fait une grande progression vers la constance environnementale par l'implication des matériaux locaux, dont le but est de concevoir des bâtiments sains et avec des meilleures conditions de vie, ainsi préserver les ressources énergétiques naturelles et réduire les méfaits négatifs que la construction a eu sur l'environnement.

- **Les piliers d'une architecture durable**

Connelly a identifié les différents piliers de l'architecture durable en considérant ses trois aspects environnementaux, économiques et socioculturels (Connelly, 2007). Par la suite, l'Organisation des Nations Unies (ONU) a déclaré qu'il est nécessaire de s'attaquer d'abord aux problèmes environnementaux, à la préservation des ressources naturelles et humaines car une dégradation de ces dernières influence directement sur le développement social et économique du bâtiment (Fig.2.4). Par ailleurs, Berger et Steurer (2009) ont aussi confirmé que les questions sociales et économiques n'étaient prises en compte que si elles étaient pertinentes pour les préoccupations environnementales (Roberts et al ,2014).

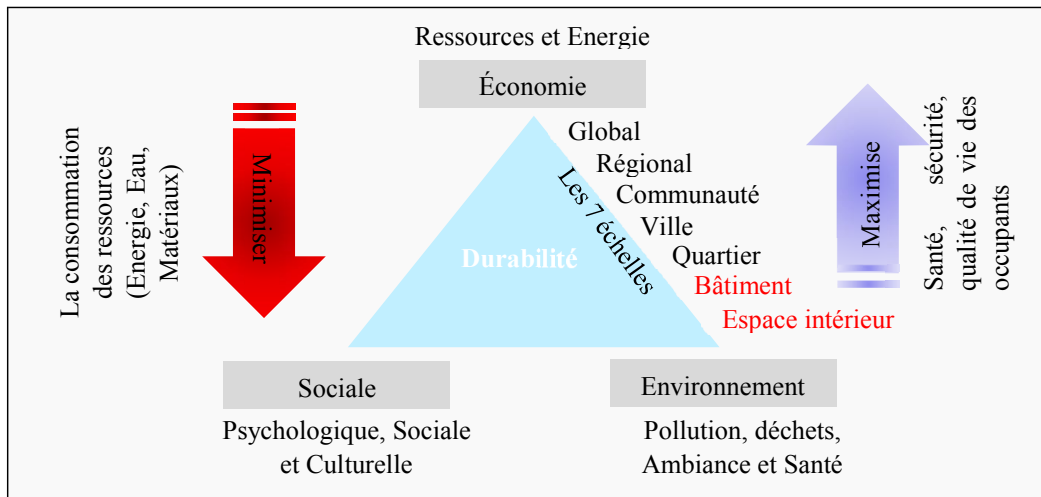


Figure 2. 4 : Le concept d'architecture durable à l'échelle du bâtiment.

Source : Haj Hussein, 2012.

Pour cela, il est favorable d'interconnecter ces trois piliers de la durabilité, excluant la priorisation des questions environnementales et bien sûr sans oublier les facteurs locaux qui présentent le pilier de la culture des régions, qui a été embrasé dernièrement par l'architecture durable (Ghaffarianhoseini et ,2014). Donc, l'équilibre des quatre piliers constitue la base d'une architecture efficace et durable (Figure.2.5) et (voir Annexe C).

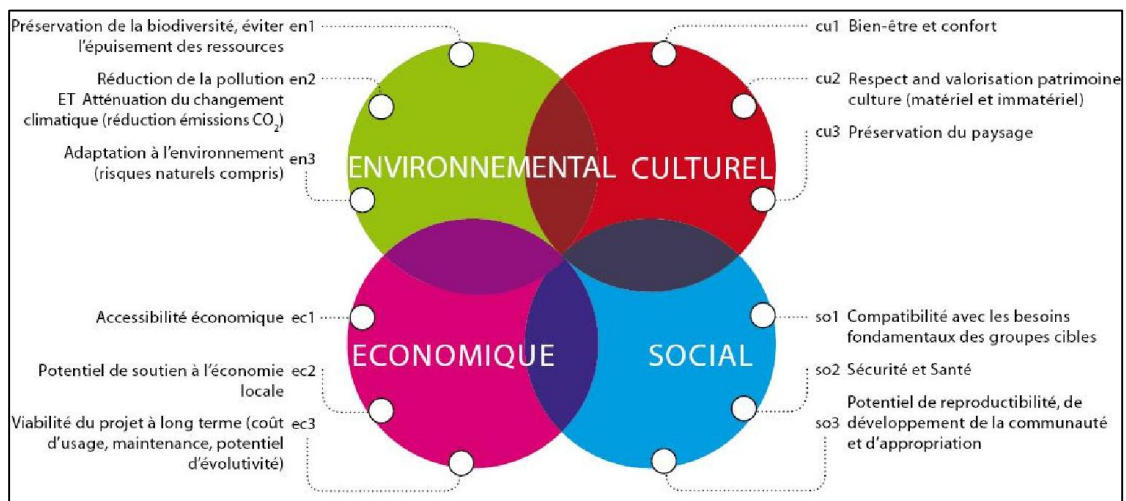


Figure 2. 5 : Piliers de la durabilité et leur interaction.

Source : Lalaina et al, 2015.

- La mise en œuvre de la durabilité dans le secteur du bâtiment

À l'échelle mondiale, le secteur du bâtiment est sans aucun doute l'une des industries les plus exploiteuses des ressources en combustibles fossiles pour alimenter les systèmes mécaniques de chauffage, de ventilation, d'éclairage et d'électricité par l'énergie nécessaire (Ilha et al, 2009). De par sa taille, le bâtiment est déjà considéré comme un contributeur majeur à la

pollution de l'environnement, à l'appauvrissement de la couche d'ozone à cause des émissions de dioxyde de carbone dégagées par celui-ci et au réchauffement planétaire.

En réponse à ces problèmes, les praticiens du bâtiment ont commencé à s'intéresser au contrôle et à la correction des dommages environnementaux dus à leurs mauvaises pratiques (Zabihi et al, 2012). Les architectes, concepteurs, ingénieurs et autres personnes impliquées dans le processus de construction à travers le monde ont une occasion unique de réduire l'impact environnemental grâce au respect des étapes du processus d'architecture appropriées à chaque région afin de rendre les activités de construction plus efficaces. (Fig.2.6).

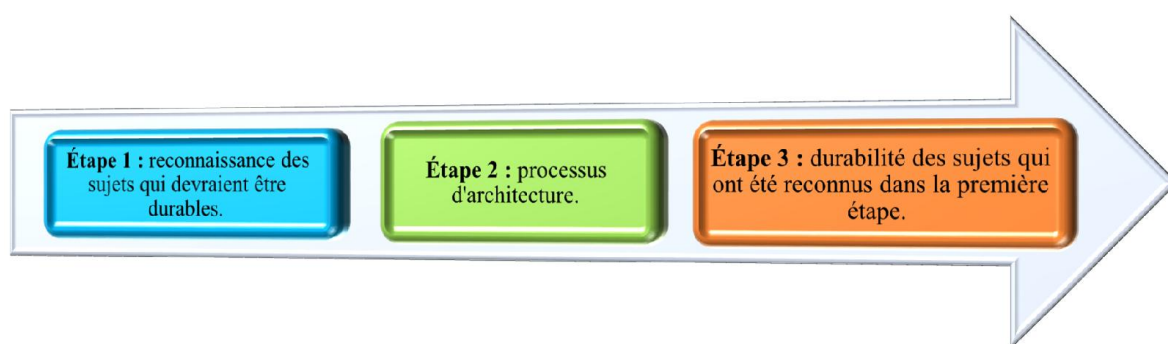


Figure 2. 6 : Schéma démonstratif des étapes du processus d'architecture durable.

Source : Damirchi et Mahdavinejad, 2017.

Partant de ce constat, la construction durable ne consiste pas seulement à prévenir la dégradation de l'environnement extérieur et sauver les ressources naturelles, mais aussi à maintenir un environnement intérieur sain et agréable pour l'humanité (Grace, 2004). Par conséquent, nous devons être des architectes performants si nous travaillons ensemble à mettre en application les principes efficaces de la durabilité en particulier l'exploitation des énergies renouvelables (soleil et vent), pour pouvoir améliorer la qualité environ-spatial, géo-climatique, socioculturelle et écoénergétique des constructions durables. Sans oublier à réduire les émissions de CO2 et limiter les effets néfastes qu'ont eu les bâtiments sur l'environnement, tout au long de leur cycle de vie, depuis la conception jusqu'à la démolition en passant par les différentes phases de constructions, fabrication sur chantier et utilisation par les habitants (Ortiz et al, 2010). Donc, toutes les forces et les faiblesses d'un bâtiment ont un impact direct sur les écosystèmes du monde. Actuellement, l'évolution technologies et les aspects durables ont été considérés comme un enjeu fondamental dans la croissance et le développement d'une architecture vernaculaire durable et contemporaine.

- **Les objectifs conduisant les procédures d'une conception durable**

Globalement, les chercheurs préoccupés par la notion de la durabilité ont développé certains objectifs et stratégies comme des solutions pertinentes, qui peuvent garantir la prospérité et la coexistence des conceptions durables, à travers le monde.

D'autre part, ces objectifs doivent être respectés et appliqués par les concepteurs, les exécuteurs et les bénéficiaires dans toutes les démarches du projet (de la conception jusqu'à l'usage), afin d'aboutir à des bâtiments durables au sens propre, tout en donnant une vision des villes que les gens aiment (Fig.2.7).

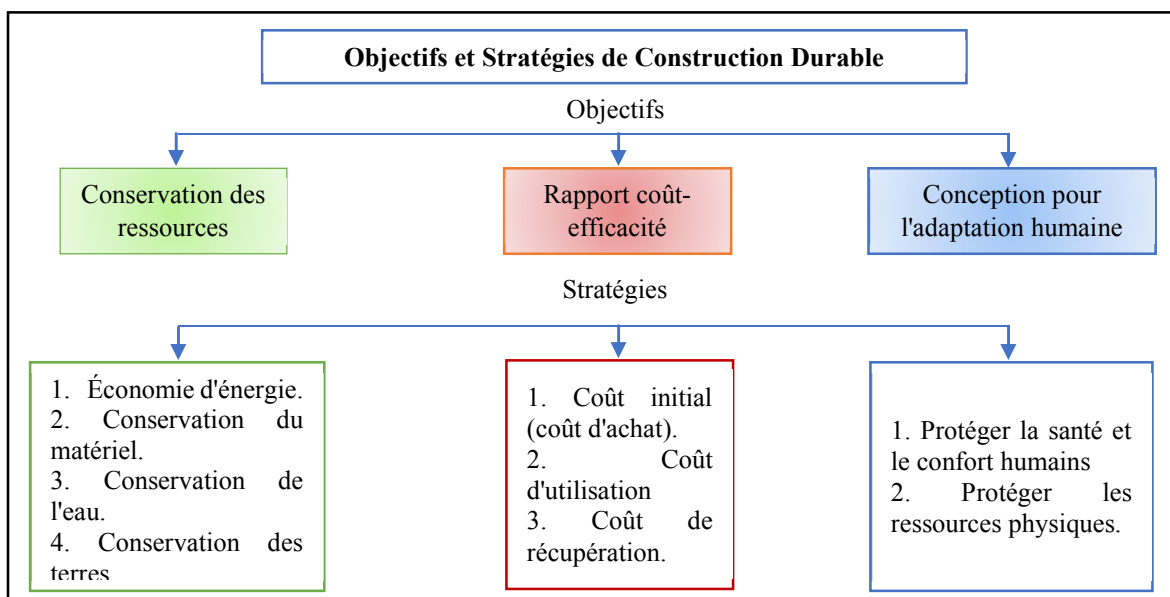


Figure 2. 7 : Cadre de mise en œuvre de la durabilité dans la construction de bâtiments.

Source : Akadiri et al, 2012.

- **Les principes perfectionnistes de la conception durable**

Comment concevoir nos maisons et sélectionner les matériaux performants, est l'un des problèmes les plus importants qui affectent l'avenir de nos bâtiments. En général, la conception durable repose sur les six principes suivant : préserver l'énergie, Conformité au climat, Diminution de l'utilisation de nouvelles ressources matérielles, Satisfaire les besoins des résidents, Conforme au site, Holisticisme. Ces principes sont des sous-catégories de piliers structurels efficaces dans l'architecture durable, qui ont été discutés précisément en détail : environnemental, social, économique, culture (Damirchi et Mahdavinejad, 2017).

Pour résumer le tableau 2.1 présente les principes sélectionnés à respecter pour qu'une composition soit considérée comme une architecture durable (Tab.2.1) :

Tableau 2. 1 : Les principes durables à mettre en application par les spécialistes du bâtiment pour une construction durable.

Principes	considérations
Préserver l'énergie	Une structure doit être construite de telle manière que le besoin construire au minimum aux énergies fossiles....
Conformité au climat	Les structures doivent être conçues de manière à respecter le climat et les ressources énergétiques existant sur le chantier et fonctionner avec lui.
Diminution de l'utilisation de nouvelles ressources matérielles	Les bâtiments doivent être conçus de manière à réduire le plus possible le taux d'utilisation de nouvelles ressources et à la fin de la durée de vie du bâtiment, il peut être utilisé comme nouvelle ressource pour construire une nouvelle structure.
Satisfaire les besoins des résidents	Dans l'architecture durable, la satisfaction des besoins physiques et mentaux des résidents est d'une importance considérable.
Conforme au site	La structure doit être correctement placée dans son emplacement et elle doit être conforme à la zone environnante.
Holisticisme	Tous les principes de l'architecture durable doivent être actualisés dans un processus complet qui aboutit à la création d'un environnement sain. Le but de l'architecture durable est de créer un équilibre durable et organisé entre la nature, les créatures vivantes et l'environnement bâti et, ce faisant, tout le processus d'architecture, c'est-à-dire penser et étudier, concevoir et construire, utiliser et détruire le bâtiment est pris en compte.

Source : Azadi et Haghghatbin, 2016.

Principalement, la conception durable est une interaction à trois voies entre le bâtiment, l'utilisateur et la nature. Donc, discuter en détail les principes durables nous servira à se lever et résister à la nature non seulement pour la préserver, mais aussi pour profiter de ses dons et atouts au profit de notre architecture.

2.2.2 L'architecture vernaculaire, levier du développement d'une architecture durable

Dans les sections précédentes, nous avons constaté que, sous l'effet de la mondialisation, un certain nombre de crises économiques et écologiques dans les années 1960 et 1970 ont conduit à un réexamen de l'utilisation des énergies non renouvelables dans le secteur du bâtiment et surtout les logements en masse qui occupent de plus en plus la surface de la terre (Dayaratne, 2018). Un certain nombre de concepteurs ont progressivement signalé l'importance de créer une nouvelle architecture écologique qui s'adapte absolument à l'environnement local (Fajer et al, 2019). Selon plusieurs chercheurs, parvenir à des idées durables ne nécessite pas de voyager loin, la solution est juste sous nos yeux, elle se manifeste dans l'intelligence de notre architecture vernaculaire. Cependant, les études récentes sont toutes en faveur d'une architecture « *vernaculaire durable* » (Holst, 2003) qui découle des différents aspects vernaculaires ancestraux.

Auparavant, l'architecture vernaculaire a fait plusieurs facettes, certains la considèrent comme une architecture qui fait référence aux constructions surgies du paysage où elles naissent, fondées sur des efforts collectifs des communautés en réponse aux exigences environnementales, sociaux et économiques régionales. D'autres architectes signalent qu'il est polémique de qualifier de « vernaculaire » ces demeures maîtrisées par des architectes non scolarisés, en expérimentant les méthodes et les techniques, dont ils disposaient à l'époque, afin de produire de beaux bâtiments (Sudha et Nishanth, 2016).

Dans le passé, l'enveloppe du bâtiment était l'élément fondamental utilisé par les indigènes pour se protéger des conditions climatiques rigoureuses (Willi et Simos, 2014). En effet, nos ancêtres ne connaissant pas la durabilité, mais ont néanmoins impliqué de nombreuses stratégies passives dépendant des ressources naturelles (vent, soleil) de chaque contexte, afin d'assurer le confort à l'intérieur de leurs foyers avec peu de moyens. Dans ce cadre, plusieurs techniques peuvent être tracées comme la tour à vent au Moyen-Orient et dans le golfe Persique. Cet élément qui fonctionne toujours comme un capteur à vent, permet de renouveler l'air et régler la température à l'intérieur de la maison. D'autres éléments performants comme le dôme et la voûte sont intégrée au niveau du toit afin de rafraîchir l'air à l'intérieur des pièces (Fig.2.8). Le moucharabieh aussi contrôle à la fois le débit d'air et le contact visuel (Fig.2.9). En outre, des murs massifs construisaient en pierre proviennent de l'environnement local, ces derniers absorbent la chaleur pendant la journée et restitué durant la nuit (Fig.2.10). La centralisation de la maison autour d'une cour interne pour augmenter l'efficacité fonctionnelle et potentielle de celle-ci (Fig.2.11).

Par ailleurs, plusieurs chercheurs signalent que le concept d'architecture durable existe depuis des siècles dans les bâtiments vernaculaires, lesquels apportent des solutions actives qui, à leur époque, correspondaient au profil des solutions que l'architecture durable essaye de dresser actuellement à savoir : l'intégration au site, l'exploitation des ressources locales, la protection des occupants des conditions climatiques dures.



Figure 2. 8 : a-Vue des tours à vent, Dubaï, b- Dômes et voûtes, Bait Halawa à Elagamy, Alexandrie, Egypte.
Source : Sahar, 2014.

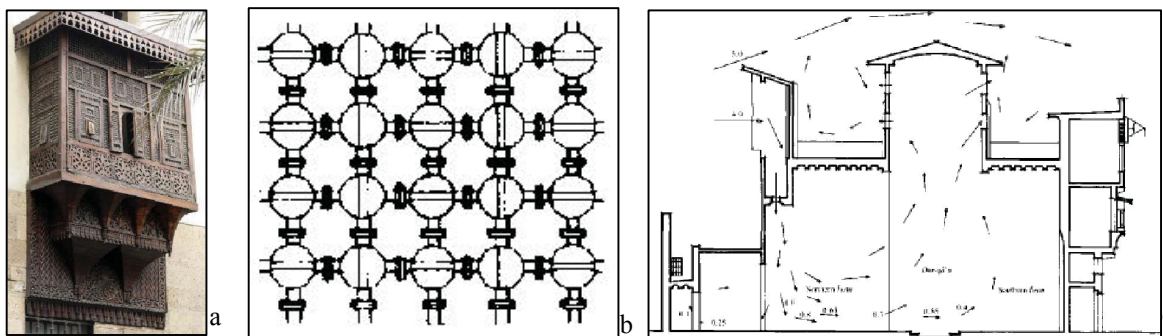


Figure 2. 9 : a-Moucharabieh, b-Détail d'un Moucharabieh, c-Coupe transversale montrant le modèle d'écoulement d'air.

Source : Yousuf, 2011.



Figure 2. 10 : Façade de maison vernaculaire en pierre.

Source : Salgin et al, 2017.

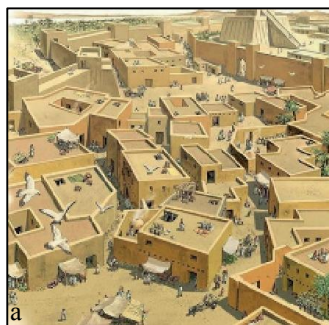
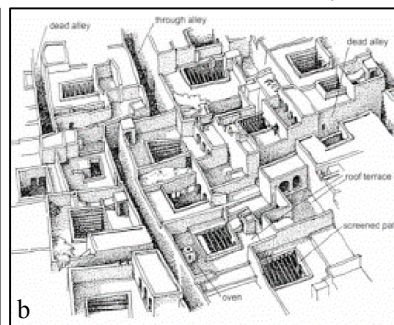


Figure 2. 11 : a- Maison à cour en Iraq, b- Maison à cour à Ghardaïa,



Source : Trombadore et Visone, 2019.

Les travaux les plus pertinents portant sur la question de l'avenir de l'architecture durable remontent aux années 1990. Dans cette perspective, Pearson a noté que la nouvelle importance de l'héritage vernaculaire réside dans le fait qu'il nous apprend des leçons écologiques jusqu'à ce jour (Pearson, 1994). De même, Pierre Fery a souligné que le champ des procédés vernaculaires ancestraux offre un inventaire extraordinaire des dispositifs passifs qui certifient leur réussite à façonner des techniques extrêmement économes en matière de matériaux et énergie non fossile (Gueliane, 2017).

En Sri-Lanka, la plupart des architectes à l'instar ; des pionniers Geoffrey Bawa et Minnette de Silva sont revenues aux traditions locales en essayant de réinventer l'essence de l'architecture vernaculaire locale et proposer des stratégies visant à créer un environnement bâti et durable (Dayaratne, 2018). En Australie, les concepteurs se réfèrent aux anciennes maisons dans la construction des toits doubles comme mécanique de refroidissement, en recréant ainsi la façon dont la lumière passe à travers les feuilles d'eucalyptus dans leurs conceptions. En Grande-Bretagne, les citoyens apprécient de vivre dans les maisons construites en pierre que dans les nouveaux bâtiments standards, car ils trouvent que les habitations traditionnelles sont les plus adaptées à leur climat et à leur culture (Clare, 2016).

Suite à ces éclaircissements, nous retenons quatre paramètres pour qu'un bâtiment soit performant. Il doit garantir le maintien de la santé des occupants, il doit être largement approuvable sur les deux plans social et culturel, il doit également être raisonnablement économique pour que le plus grand nombre puisse le permettre. Donc, nous distinguons que les piliers de l'architecture durable sont présents dans l'architecture vernaculaire spontanément (Fig.2.12).

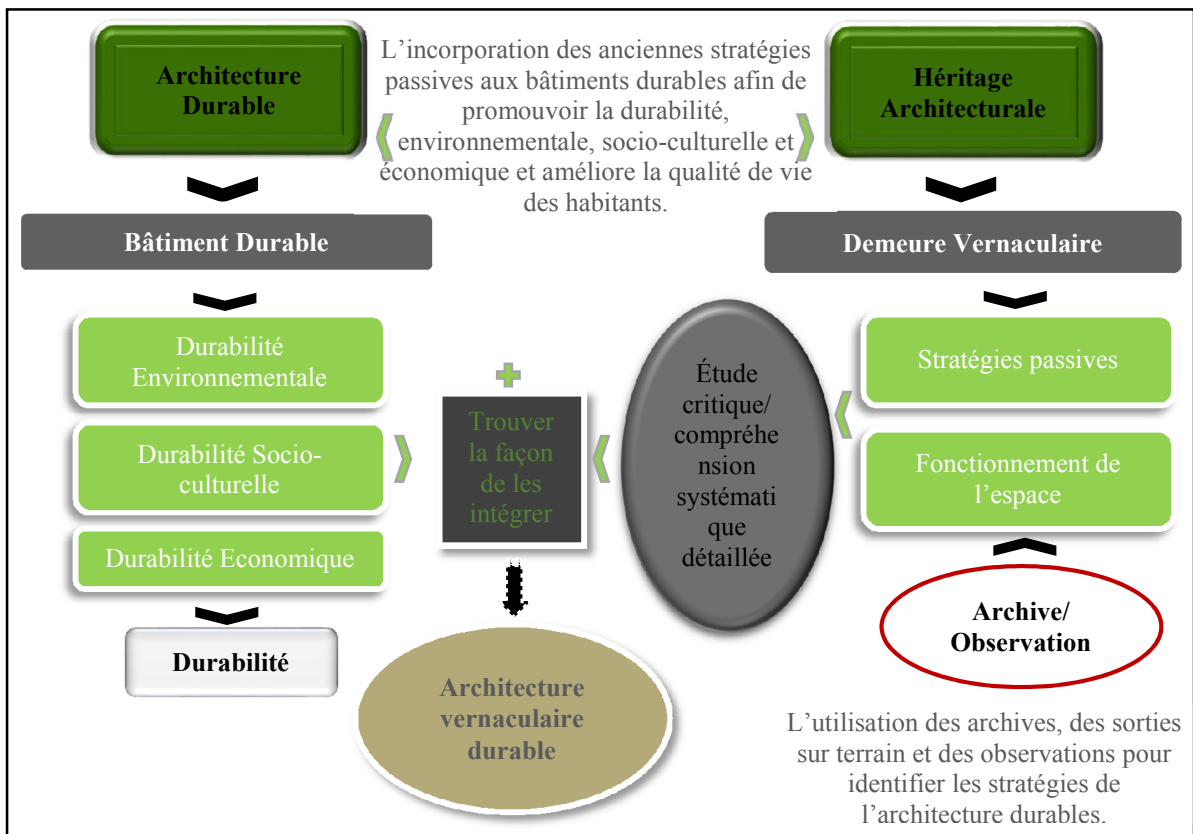


Figure 2. 12 : Schéma qui démontre la relation de l'architecture vernaculaire à la durabilité.

Source : Auteur, 2018.

De cette manière, nous déduisons que l'héritage vernaculaire à travers le monde reste toujours vivant et peut jouer un rôle actif dans l'inspiration de l'architecture durable, en vue de sauver notre planète des problèmes mentionnés dans les sections précédentes avant qu'il soit trop tard.

2.3 Les stratégies environnementales des nouvelles portes incorporables à l'architecture vernaculaire contemporaine

Comme nous l'avons vu précédemment, concrétiser une conception vernaculaire contemporaine est une affaire de collaboration des différents spécialistes du bâtiment. Aussi penser à la nature et se préoccuper de la préservation de l'environnement est devenu un sujet

important. Pour les architectes et les ingénieurs l'environnement n'est pas lié seulement à ce qu'ils construisaient, il inclut ainsi les pratiques de conservation et de préservation des ressources naturelles de la part des futures générations.

Par ailleurs, le défi majeur ne consiste pas à ériger des édifices de high-tech en adaptant les technologies de construction de tendance contemporaine, dont la conception n'est pas pensée dans un sens environnemental, mais plutôt engager une réflexion sur les stratégies architecturales et constructives relatives à la conception vernaculaire initiale qui ont témoigné de la capacité d'intégration de la construction dans son environnement et leur profond respect à la nature. Quelles que soient les caractéristiques spécifiques du contexte local, elles apportent beaucoup de solutions qui correspondent au profil des stratégies environnementales que l'architecture vernaculaire contemporaine essaie de dresser actuellement (Mileto et al, 2007). Dans ce cas, les technologies nouvelles viennent en second lieu comme appoint pour soutenir les manques que les anciens dispositifs n'ont pas pu couvrir (Fig.2.13).

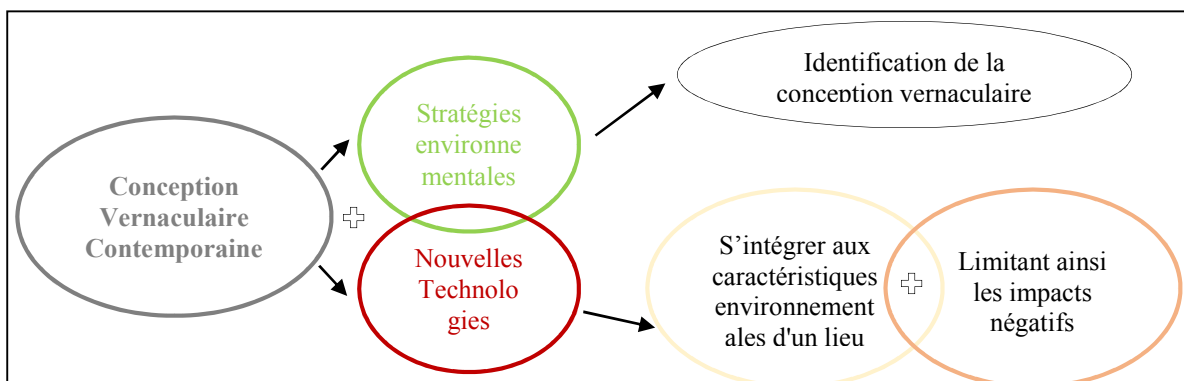


Figure 2. 13 : Schéma synthétique de la conception vernaculaire contemporaine accordée aux stratégies environnementales.

Source : Auteur, 2018.

Sur le plan académique, le domaine interdisciplinaire des études des stratégies environnementales liées à la conception vernaculaire contemporaine est considérablement développé au cours du XXIe siècle, avec des travaux importants, et parfois pionniers, réalisés par des architectes, des anthropologues et des géographes. Pourtant, il y a peu d'informations et de documentations disponibles sur la manière dont ils peuvent profiter de ces stratégies dans la création des édifices écologiques et efficaces. Pour cela, cette section explore successivement chacune de ces stratégies environnementales suivies par les concepteurs et les décideurs lors du processus de conception vernaculaire contemporaine.

2.3.1 La recherche d'une conception adaptable au paysage, contexte et climat local

Cette stratégie a reçu une attention très particulière de la part des représentants de l'architecture vernaculaire contemporaine, compte tenu de l'effet de serre, de la dégradation de l'environnement et la crise énergétique (Hoare, 2006). Dans ce sens, les scientifiques de l'environnement ont mis l'accent sur le développement d'une approche de conception des bâtiments sensibles au contexte local. La sensibilisation aux problèmes environnementaux et climatiques est généralement abordée par des stratégies de conception passives, qui ont été expliquées par la capacité de l'intervention humaine à s'intégrer aux caractéristiques spécifiques d'un lieu donné, en tentant de réduire les impacts négatifs relatifs à l'environnement créés par le bâtiment et en réagissant ainsi à tout changement de l'environnement, y compris l'ensemble des conditions de vie favorables.

A l'instar des autres chercheurs, Oliver a affirmé que la conception harmonieuse est celle qui s'interconnecte avec le climat local et exploite les ressources naturelles disponibles sur le site qui constituent le point de départ à partir duquel se concevoir l'organisme architectural (Oliver, 1997). Cela montre qu'avant de lancer n'importe quelle opération de conception, il faut d'abord comprendre en profondeur la totalité des fonctionnalités du contexte en les analysants d'une manière critique. Ensuite on réfléchira sur les meilleurs mécanismes à utiliser pour s'adapter aux caractéristiques physiques induites de cette analyse, en particulier la morphologie, topographie et le microclimat local journalier et saisonnier, des aléas du site d'occupation. Ce processus a été adopté par l'architecte australien Glenn Murcutt qui a réussi à marier l'architecture contemporaine au lieu et au paysage local australien, la Meagher House, Bowral, Nouvelle-Galles du Sud répond à de nombreuses conditions climatiques et produisant sa propre ombre (Fromonot, 1995) (Fig.2.14).

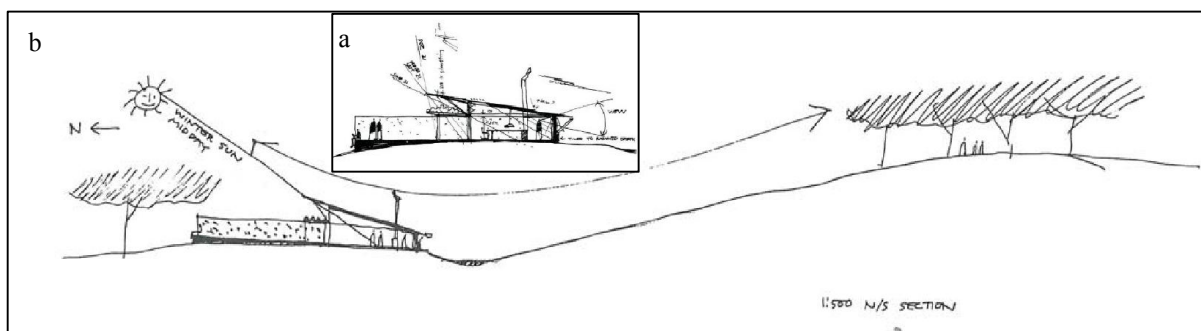


Figure 2. 14 : a- Croquis de Meagher House, Bowral, Nouvelle-Galles du Sud par Glenn Murcutt montrant les effets du vent et de la lumière du soleil, b- Croquis montrant le vitrage de la façade nord, qui tient compte des variations saisonnières de l'angle des rayons du soleil.

Source : Day, 2013.

L'harmonie et la compatibilité du bâtiment au paysage local sont intimement liées à la fonctionnalité des espaces du bâtiment, l'esthétique et la qualité de vie (Xi et al, 2012). En d'autres termes, l'idée d'un emplacement approprié et une orientation adéquate sont deux indicateurs communs à toute architecture depuis les temps anciens, car ils encouragent l'exploitation des ressources naturelles disponibles localement et permettent de profiter des caractéristiques bioclimatiques du site (rayonnement solaire, les courants d'air, présence de l'eau (Correia et al, 2014).

Selon cette philosophie écologique, un certain nombre d'architectes ont continué à suivre la tradition établie de construire avec sensibilité dans le paysage en essayant de réinterpréter la manière dont les habitations vernaculaires, se positionnent dans leur contexte d'implantation. À l'instar des architectes SeARCH et Christian Müller qui ont réalisé la villa Vals en Suisse en totale



Figure 2. 15 : Villa Vals en Suisse une réinterprétation de la notion de l'habitat Troglodyte.
Source : Broome, 2010.

intégration à la pente du terrain accidenté, tout en faisant ainsi de celle-ci une partie intégrante du paysage local (Broome, 2010) (Fig.2.15). Aussi, Dominic Stevens, qui a dévoilé, à travers la conception de sa propre maison, comment nous pouvons apprendre de la relation des bâtiments vernaculaires avec leur contexte au-delà de la limite physique du site, en tenant compte de ses facteurs superfisiques, notamment la topographie, la lumière et le climat. Selon l'architecte si on réussit d'associé les techniques traditionnelles à celles contemporaines nous allons aboutir à des maisons qui font une partie équilibrée du paysage dans lequel elles sont situées au lieu d'être hébergées par le paysage (Dominic, 2007).

En outre, le respect du contexte et l'adaptation aux conditions climatiques locales sont particulièrement présents chez les architectes spécialisés en architecture de paysage, tel que, Alfred Caldwell qui a été considéré par Jens Jensen comme étant un génie dans le domaine d'architecture paysagiste car ses principes correspondent parfaitement avec ceux de Frank Lloyd Wright (Domer, 1997). Entre autres, le premier architecte paysagiste Shlomo Aronson, un concepteur de renommée internationale reconnu par ses réalisations dans la mer Morte à Césarée, qui inclue des stratégies de préservation de l'environnement local (Lissofsky, 1996). Par conséquent, concevoir dans l'esprit du design vernaculaire

contemporain pour atteindre une conception qui n'entraîne pas des effets négatifs ni sur le site d'occupation ni sur les autres bâtiments voisins, nous sommes convaincus que l'environnement physique et politique qui a pu soutenir le processus de conception traditionnelle pourrait également constituer un appui principal pour résoudre les problèmes massifs de logement prochainement.

2.3.2 Usage des matériaux et techniques constructives locales, pour un bâtiment à faible impact environnemental

En raison de la précarité énergétique, de l'ambition gouvernementale d'attendre une conception à zéro carbone et du mouvement écologique, conjointement, de nombreux architectes, à travers le monde, ont fait un véritable recours à l'utilisation des matériaux et techniques de construction locaux, en ouvrant la porte à l'émergence des bâtiments énergétiquement efficaces (Mohammad Arif., 2014). Par ailleurs, ces architectes considèrent les matériaux locaux comme une qualité unique et s'efforcent de les exploiter dans leurs créations, par opposition aux matériaux industriels, tels que l'acier, le verre, le béton qui ont beaucoup d'impact négatif sur l'environnement (Carabaño et al, 2017).

En outre, l'exploitation des matériaux locaux est possible dans différents endroits, car ils sont très accessibles sur le site, donc les constructeurs n'ont pas besoin de les préparer dans une usine et puis les expédier sur le chantier. De plus, ces matériaux ont un minimal dommage sur l'économie et l'environnement et certains d'entre eux peuvent être recyclés ou bien convertis en une nouvelle ressource pour les réutiliser à nouveau dans l'exécution d'autres projets (Mohebbi et Kazemi, 2014). Selon ce principe, des projets contemporains ont émergés. Il suffit de rappeler à titre d'exemple le Pool House I (2001) et le Pool House II (2009) conçus par Kathryn Findlay dans le sud de l'Angleterre en se basant sur des recherches mondiales sur le matériau local ; chaume. Le toit en crêtes de chaume de Normandie



Figure 2. 16 : a- Aile de piscine et de loisirs du Pool House 1, b- Pool House 2 associe le savoir-faire traditionnel à la conception contemporaine.

Source : <https://www.architectural-review.com/>, consulté en 2019.

qui, traditionnellement, est coiffée d'argile et plantée d'iris qui lient la crête à travers les racines s'étendant de leurs rhizomes (Fig.2.16).

Dans son utilisation courante des matériaux locaux et des traditions constructives, Kengo Kuma dans l'hôtel Yusuhara Marche de Yushihar-Cho, Japon (2010), a essayé d'adopter le chaume et la bûche qui sont les deux matériaux profondément liés à l'histoire de la région de Cha Do, afin de leur permettre de fonctionner comme un moyen de relier le passé au présent. Des modules de paille ont été placés sur la façade serrant de brise-soleil, et en même temps, agissent comme un isolant thermique. L'intérieur est hébergé par une structure sous forme d'un arboricole en bois (Namias, 2011), (Fig.2.17). La maison de campagne à Bijača, Bosnie (2011) de DVA Arhitekta est construite dans la logique de combiner la touche vernaculaire à la contemporaine, dont un large éventail de ressources naturelles, basiques et économique, a été utilisé avec sensibilité, y compris la pierre et le bois (Correia et al ,2014), (Fig.2.18).



Figure 2. 17 : La façade principale et la structure interne de l'hôtel Yusuhara Marche.

Source : <https://retaildesignblog.net/>, consulté en 2019.



Figure 2. 18 : Vu sur la maison de la campagne.

Source : <https://www.construire-tendance.com/>, consulté en 2019.

Sur la base des recherches d'analyse de cycle

de vie des matériaux de construction menées par (de Lassio et ,2016 ; Bhochhibhoya et al ,2017) les projets qui intègrent les matériaux extraits sur place ou bien apportés de courtes distances ont des impacts environnementaux très limités tout au long du leur cycle de vie car ces matériaux avaient un profil naturel à faible traitement et à faible énergie intrinsèque. En revanche, les bâtiments contemporains utilisent des technologies avancées qui consomment beaucoup d'énergie depuis l'extraction jusqu'à la démolition, et sans parler du taux des déchets jetés dans l'environnement. Par conséquent, pour parvenir à l'efficacité énergétique, l'architecture d'aujourd'hui doit chercher l'intégration équilibrée entre la tradition ancestrale et la contemporanéité, en utilisant les meilleurs matériaux et systèmes constructifs des deux courants. Tandis que, l'utilisation de ces matériaux de construction comme une alternative pour des constructions vernaculaires contemporaines et durables a des potentiels environnementaux et socio-économiques très importants qu'il faut souligner.

- **Les potentiels environnementaux et écologiques**

Les préoccupations actuelles liées à la protection de l'environnement ont bouleversé de façon significative les principes de construction. Dans ce contexte, répliquer les matériaux et les techniques de construction traditionnelles est principalement jugé comme étant le bon chemin à emprunter afin d'assurer la préservation des ressources naturelles non renouvelables (Almusaed et Almssad, 2015 ; Abdel Aziz et Shawket, 2011). D'autre part, l'adobe, la terre, le bois et la pierre remplissent une panoplie d'avantages écologiques durant leurs différentes phases de vie notamment celle de leur exploitation, dont on citera :

- La possibilité de diminuer la quantité de CO₂ dégagée lors de leur production sur le chantier et donc on limite leurs effets négatifs sur l'environnement et on réduit ainsi la consommation énergétique (Kaoula et Bouchair, 2016 ; Kaoula, 2017).
- Eviter l'utilisation du transport vu qu'on les extrait sur place ou bien à proximité.
- Accroître la durée de vie des constructions.
- Les propriétés spécifiques des matériaux locaux garantissant une meilleure température et une bonne qualité d'air à l'intérieur du bâtiment.

- **Les potentiels socio-économiques**

L'utilisation à grande échelle des matériaux de construction locaux est devenue une option nécessaire, particulièrement dans les régions où l'accessibilité économique et les principes socio-économiques faisaient l'objet de recherches scientifiques. À ce propos, les scientifiques (Wignacourt, 2009, Correia et al, 2014) ont fait valoir que les coûts de la mise en œuvre, de l'entretien et de la transportation de ces matériaux en fin de vie sont souvent inférieurs à ceux des nouveaux matériaux, ce qui pourrait avoir un impact significatif sur le développement économique local.

Par ailleurs, l'incorporation des matériaux et des techniques constructives traditionnelles dans la concrétisation des projets futuristes contribue à préserver un patrimoine culturel de savoir-faire très riche en construction inhérent aux différentes régions, d'autant que ces matériaux proviennent des mêmes conditions sociales.

2.3.3 Les éco-éléments vernaculaires, des nouveaux paradigmes d'un bâtiment fonctionnel et efficace

À l'heure actuelle, les praticiens de la conception vernaculaire contemporaine insistent sur l'intégration d'un éventail d'éco-éléments vernaculaires. Selon eux, un bâtiment utile a pour souci principal d'investir dans le choix d'un fonctionnement adéquat qui s'adapte le mieux aux aspirations de la société contemporaine. Dans ce but, il doit être construit en pensant toujours à trouver les solutions efficaces pour éviter le recours aux énergies non renouvelables (l'électricité et le gaz) utilisées généralement pour chauffer, rafraîchir et éclairer les espaces de vie des usagers. Il s'agit des solutions efficaces portant sur l'intégration des énergies gratuites : l'éclairage naturel du soleil et la ventilation naturelle du vent, afin de lutter contre la surconsommation et le réchauffement climatique.

A cet effet, la création d'une architecture lumineuse, ventilée, saine et habitable a été l'un des moteurs fondamentaux qui alimentent les aspirations des architectes contemporains. Ces derniers s'appuient sur une méthode de réinterprétation de quelques éco-éléments vernaculaires sensibles au climat afin d'offrir aux usagers la possibilité de vivre dans des espaces confortables. Cependant, la ventilation naturelle étant assurée par la création des systèmes de ventilation (cour, patio, coupole, voûte et Malqaf, terrasse) (Fig.2.19, 2.20, 2.21, 2.22), l'incorporation d'éléments de contrôle d'éclairage garantissent l'éclairage naturel (Moucharabieh, vérandas, loggias). En outre, le confort thermique dépend principalement des caractéristiques thermo-physiques des matériaux de construction et d'isolation, de la taille des ouvertures, de l'utilisation des brises solaires et des capteurs de chaleur (Fathy, 1986). Par ailleurs, l'application des nouvelles technologies vient en seconde étape pour répondre aux besoins spatiaux des exigences actuelles que les anciennes méthodes de construction ne pouvaient pas permettre.



Figure 2. 19 : Maisons contemporaines avec cour revisitée : a- Maison des patios, AR Arquitetos, São Paulo, Brésil , b- Casa Luz, Arquitectura-G, Cilleros, Estrémadura, Espagne, c- Maison 1014, H Arquitectes, Granollers, Espagne.

Source : Correia et al, 2014.



Figure 2. 21 : L'intégration de la cour en tant qu'élément principal offrant des zones ombragées et semi-ombragées à l'intérieur du Centre de formation Sainte-Catherine en Égypte.
Source : Ibrahim, 2010.



Figure 2. 20 : Cour revisitée en Égypte
Source : Bianco, 2016.



Figure 2. 22 : Maison expérimentale à Hrubý Šúr (Senec, Slovaquie), d'un toit jardin voûté et couvert par des balles de paille.

Source : <https://habitat-bulles.com>, consulté en 2019.



Kengo Kuma est l'un des plus importants architectes japonais contemporains qui ait souvent réinterprété les sensibilités esthétiques japonaises de longue date et les combine avec les dernières technologies suscitées par la vie contemporaine (Stang et Hawthorne, 2005 ; Kuma, 2008). Egalement, l'architecte a tenté d'atteindre un sens d'immatérialité spatiale en introduisant les meilleurs éléments de l'architecture japonaise, de l'interaction de la lumière et de l'ombre, de l'ouverture et de la masse, de la nature et de l'homme à ses créations avec sobriété et spontanéité. Ses projets incarnent divers éco-éléments traditionnels japonais, à titre d'exemple, les panneaux coulissants du shoji appliqués d'une manière contemporaine au Musée d'histoire de Nasu, Japon (Fig.2.23). L'utilisation des lattes rappelle les treillis en bois, le kooshi, et les mailles et rideaux en bambou, sudare, qui sont des dispositifs japonais traditionnels communs qui servent d'intermédiaires entre l'intérieur et l'extérieur tout en assurant un confort visuel et olfactif agréable (Day, 2013).

Pareillement, les travaux de l'architecte australien Glenn Murcutt attirent une grande attention internationale sans précédent ces dernières années, car ils ont façonné d'une manière remarquablement cohérente, en créant des espaces protégés reliant l'intérieur à l'extérieur par la mise en disposition des systèmes efficaces qui garantissent l'éclairage et la

ventilation naturelle tout en éliminant les besoins de chauffage ou de climatisation (Fromonot, 2005). Finalement, les travaux de ces architectes ont principalement un mélange harmonieux de sensibilité contemporaine, des éco-énergies locales, de structures indigènes et de respect de la nature.



Figure 2. 23 : Les panneaux coulissants du Musée d'histoire de la région Nasu, Japon.

Source : <https://inspiration.detail.de>, Consulté en 2019.

2.4 La réinterprétation, une solution efficace pour réactualiser l'approche néo-vernaculaire dans la vernaculaire contemporaine

Aujourd'hui, nous vivons dans un environnement en dégradation continue qui a été affecté par certaines pratiques architecturales, considérées comme injustes. Les formes héritées des autres contextes sont les premiers contributeurs à la dégradation de l'environnement local car elles ne s'adaptent pas aux exigences climatiques et environnementales de la région dans laquelle le projet se réalise. Il est à noter cependant que, si la génération future des architectes poursuit l'imitation de mêmes formes actuelles, la dégradation de l'environnement va évoquer des temps très sombres pour les humains (Zographaki, 1986). C'est pourquoi des solutions élaborées devraient être prises par cette génération d'architectes et concepteurs pour y remédier.

Depuis quelques années, nous assistons à des discours, de plus en plus grandissants, sur l'importance de la réinterprétation de l'architecture néo-vernaculaire dans le développement d'une architecture vernaculaire contemporaine. De nombreux chercheurs affirment que le style néo-vernaculaire issu des pratiques vernaculaires traditionnelles et des qualités technologiques de l'époque moderne, pourrait être considéré comme une référence idéale pour donner une impulsion supplémentaire au développement des nouvelles constructions de style vernaculaire contemporain (Vyas, 2017). Cette architecture néo-vernaculaire qui a interprété, autrefois, les éléments et les techniques traditionnelles ancestrales dans

l'intégration des projets modernes et adaptables aux conditions environnementales, sociales, économiques et culturelles de chaque région aujourd'hui, elle est capable de donner un exemple sur la réinterprétation de la tradition dans la réalisation d'une série de construction vernaculaire contemporaine (Zhao et Gao, 2013).

Dans le même esprit, les éco-stratégies environnementales observées dans les anciennes demeures et réadaptées autrement par les concepteurs modernes peuvent aussi rejoindre avantagement les avancées des technologies durables pour produire une technologie de construction vernaculaire contemporaine et alternative. Dans cette perspective, les architectes contemporains croient qu'avec la création des bâtiments vernaculaires contemporains, on augmentera les fonctionnalités qui peuvent être mises à jour à partir de la technique constructive vernaculaire, et qui sont également tirées de la réinterprétation de l'architecture néo-vernaculaire.

En principe, la conception néo-vernaculaire est devenue de plus en plus populaire auprès des architectes. Cette architecture qui est une application des principes conceptuels vernaculaires, à la fois physiques et non physiques, dans le but de produire une conception vernaculaire qui se renouvelle en une autre moderne ou un peu plus avancé, sans ignorer, cependant, les valeurs de la tradition locale (Zographaki, 1986 ; Gede et al, 2018 ; Elvina et Vinky, 2019 ; Rudy et Fermanto, 2020). Egalement, la conception contemporaine vise à reproduire les éléments et les techniques constructives écologiques formées localement par la tradition empirique, tout en favorisant l'importation des solutions technologiques efficaces et durables vues ailleurs. A la lumière des deux explications, nous déduisons que la signification néo-vernaculaire et vernaculaire contemporaine se complètent totalement, car la propriété des deux architectures est d'évoquer un sentiment d'identité similaire à celui qui abritait, autrefois, des modes de vie qui sont maintenant considérés comme souhaitables (Erdiono, 2011). L'apparence des deux créations est de traiter le contenu environnemental, socio-culturel, et économique de l'architecture vernaculaire comme étant quelque chose de vivable et de transformable.

Donc, le focus des chercheurs et architectes qui encouragent le développement des deux styles est de réinterpréter le premier pour faire avancer le deuxième puisque c'est le meilleur moyen qu'on peut considérer comme un pont vers certaines qualités du passé aujourd'hui perdues, et la seule référence pour la continuité des valeurs traditionnelles. Cela pourrait se faire par l'utilisation de certaines méthodes scientifiques pertinentes (Fig.2. 24).

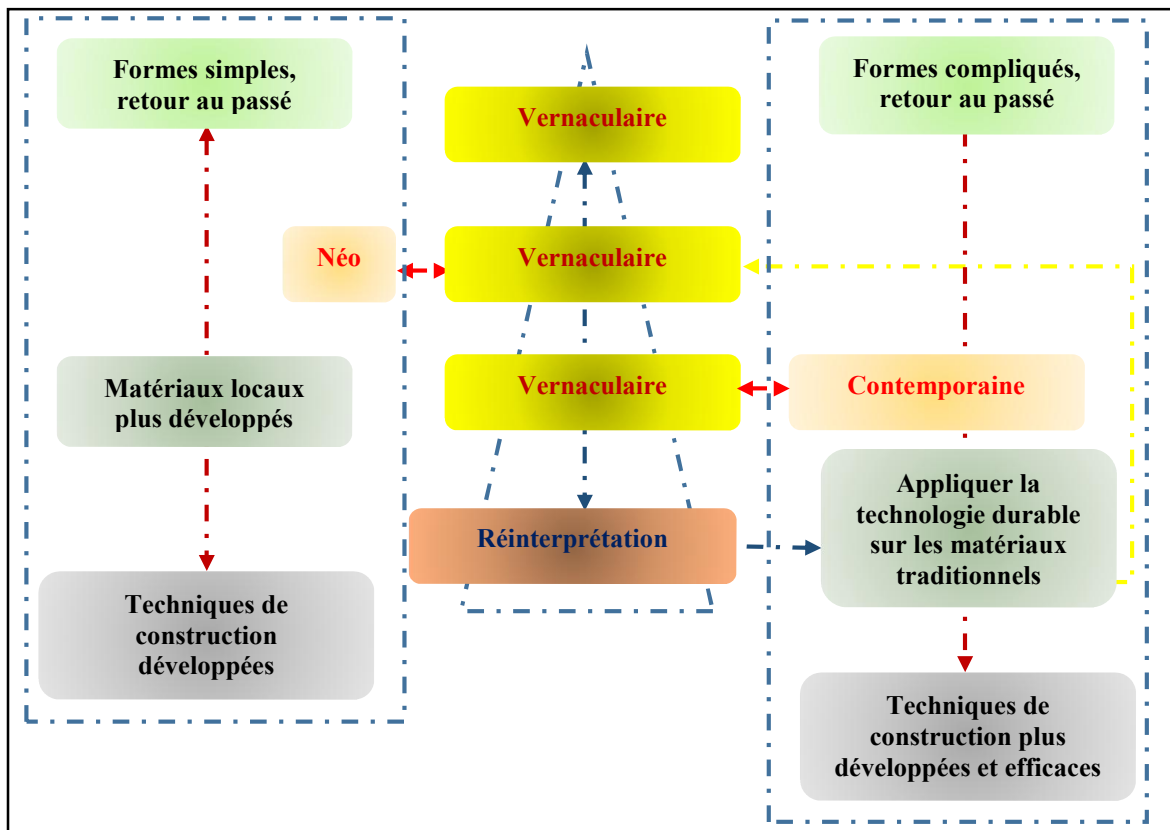


Figure 2. 24 : Le passage de l'architecture néo-vernaculaire à l'architecture vernaculaire contemporaine à travers la réinterprétation de la première pour développer la deuxième.

Source : Auteur, 2019.

Dans ce qui suit, on présentera quelques initiatives des architectes pour soutenir et encourager la réinterprétation de l'architecture néo-vernaculaire dans le développement des nouvelles conceptions de style vernaculaire contemporain.

2.4.1 Application des principes néo-vernaculaires dans la revitalisation des équipements touristiques

Le projet du village touristique de Tongging est conçu dans le cadre d'un développement d'agrotourisme dans la région du lac Toba située dans le district de Merek, Karo Regency afin d'attirer plus de touristes, tout en développant le potentiel local de cette région. La majorité des bâtiments de ce projet sont réalisés selon l'approche de l'architecture vernaculaire contemporaine. Le concept de base de la conception est de trouver des meilleures solutions pour s'adapter aux conditions environnementales et répondre aux besoins de la communauté locale et des touristes. Pour se faire, les architectes ont réfléchi à explorer certains aspects écologiques de la maison Kora. Ceux-ci ont été retirés de la réinterprétation des projets néo-vernaculaires existant dans la région de Tongging ; à savoir : la création d'une relation entre les espaces intérieurs et extérieurs, la réadaptation du principe

des pilotis aux bâtiments, l'utilisation du système des matériaux mixtes, dont les murs sont en bois et en brique tandis que la structure est en acier et béton armé (Lindarto et Pasaribu, 2019) (Fig.2.25).



Figure 2. 25 : L'intégration des aspects de la maison traditionnelle de Kora dans le développement des bâtiments du village touristique de Tongging.

Source : Lindarto et Pasaribu, 2019.

Quant à l'hôtel de villégiature à Tuktuk, le projet a été implanté sur la côte du lac Toba. Le concepteur a essayé de connecter le thème de l'architecture vernaculaire contemporaine avec la beauté du paysage, la montagne et la plage de la région du Toba, pour assurer un séjour agréable aux touristes. Ces derniers préfèrent toujours visiter les immeubles impliquant dans leur construction certains aspects de l'architecture locale de cette région. Ce style a été précisément appliqué par l'architecte afin de pouvoir s'adapter au contexte, préserver l'environnement local et maintenir l'indenté du lieu. Ainsi, développer les principes écologiques de l'architecture de Batak Toba à travers la réinterprétation des éléments observés dans certains projets d'architecture néo-vernaculaire existant dans la même région. En outre, la conception de l'hôtel utilise la forme triangulaire comme couverture de toit, tandis que les piliers de la maison traditionnelle de Batak Toba sont intégrés dans la façade principale du bâtiment (Elvina et Vinky, 2019) (Fig.2.26).

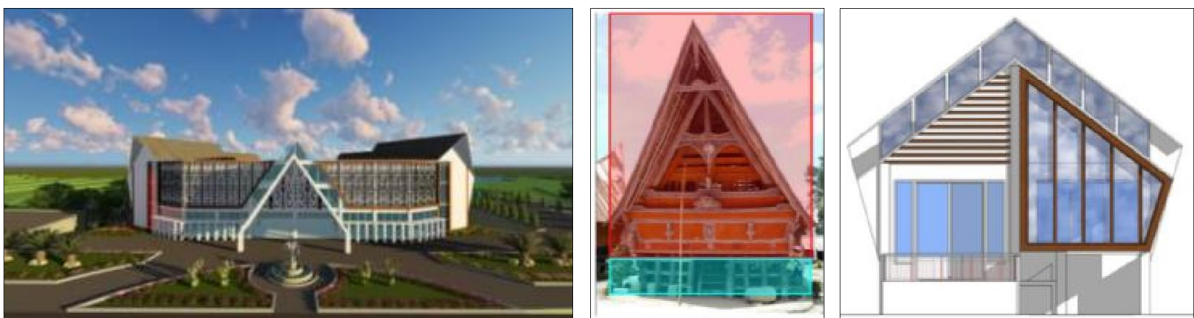


Figure 2. 26 : L'hôtel de villégiature à Tuktuk, couverture en forme de triangulation.

Source : Elvina et Vinky, 2019.

Deux autres projets d'hôtels villégiateurs, à Karo ont été conçus avec les mêmes directives de l'architecture néo-vernaculaire. Les bâtiments sont une véritable réadaptation des techniques traditionnelles indonésiennes où tous les éléments sont construits selon la méthode combinatoire des matériaux locaux aux nouvelles technologies de construction durable (Firman et Yuni An Sari, 2018). Pour montrer en avantage le concept néo-vernaculaire, les plans des hôtels sont faits d'une manière à faire ressembler leurs organisations au schéma personnalisé de la maison de Karo. Les toits des hôtels ont également adoptés le même toit de la maison traditionnelle de la tribu Karo (Sebayang et Siagian, 2019) (Fig.2.27).



Figure 2. 27 : La façade principale des deux bâtiments représente la culture locale.

Source : Firman et Yuni An Sari, 2018.

2.4.2 Le néo-vernaculaire au sein des équipements éducatifs, culturels et sportifs

L'école maternelle bioclimatique d'Ouled Merzoug au Maroc conçue par le BC architectes allie les techniques de construction locales (adobe, pierre, terre et bois) aux nouvelles technologies de passivité thermique et efficacité énergétique (orientation optimale, ventilation naturelle).

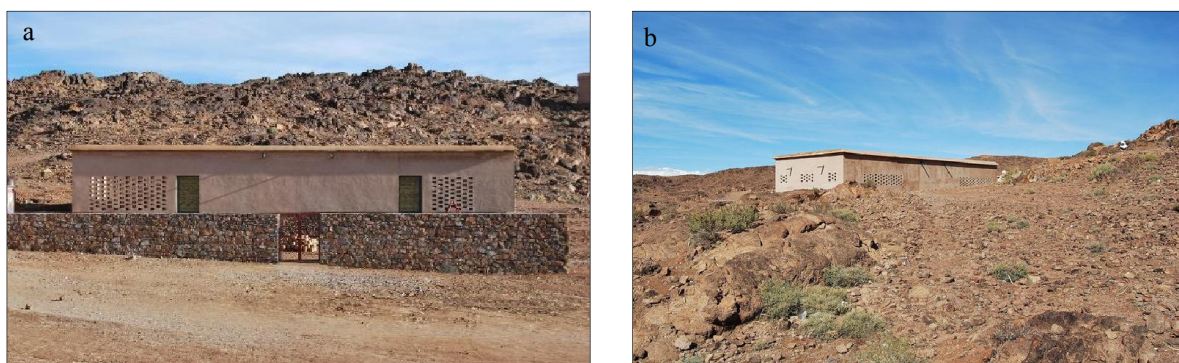


Figure 2. 28 : a-Ecole maternelle bioclimatique au Maroc, b-une réinterprétation du néo-vernaculaire dans un nouveau langage vernaculaire contemporain.

Source : Cantika.C et al, 2020, <https://www.floornature.eu>.

L'équipe de travail s'est basée sur le concept de la réinterprétation des principes d'architecture néo-vernaculaire et les réadapte avec un nouveau langage vernaculaire contemporain. Les murs de cette école sont construits en adobe et crépies avec la terre pour renforcer le système d'isolation thermique tout en rendant le bâtiment frais pendant la journée et plus chaud pendant la nuit (Cantika et al, 2020) (Fig.2.28).

Le musée mont Sinabung est implanté pour informer et éduquer les habitants locaux sur les aspects et les catastrophes géologiques du volcan. Le style d'architecture choisi est le vernaculaire contemporain qui a été inspiré de la tradition du Karo mais avec des formes modernes. A travers la réinterprétation de quelques éléments des constructions néo-vernaculaires, la structure du musée est réalisée avec les mêmes techniques et matériaux traditionnels et naturels. Un système d'isolation en caoutchouc est intégré à la structure pour réduire l'impact des secousses sismiques sur le bâtiment (Wahyuni et Ade Syahputra, 2019) (Fig.2.29).



Figure 2. 29 : Le musée mont Sinabung inspiré de la tradition du Karo.

Source : Wahyuni et Ade Syahputra, 2019.

Le centre de la jeunesse, se situe stratégiquement à la périphérie de la ville de Medan, il est conçu selon les principes et les stratégies de l'architecture néo-vernaculaire de la région de Medan afin de répondre à ses exigences climatiques et environnementales. Pour se faire, la planification du bâtiment met l'accent sur le concept d'architecture vernaculaire contemporaine pour présenter, d'une part la beauté de l'architecture et la culture malaisienne et d'une autre part fournir aux utilisateurs des espaces confortables et sains pour effectuer leurs activités à l'aise. Le visible dans ce bâtiment est l'utilisation d'un toit étendu en bois comme réponse au climat tropical de la région de Medan, ce toit a permis d'améliorer la qualité de l'air à l'intérieur de la construction surtout pendant les journées les plus chaudes de l'année. Ainsi, l'utilisation d'une couche de la pierre naturelle sur les murs extérieurs du

centre permet de régler l'opération du transfert de la chaleur (Imam Faisal et Hilda Masito, 2018) (Fig.2.30).



Figure 2. 30 : Le centre de la jeunesse intègre un système de toit qui permet de renouveler l'air à l'intérieur du bâtiment.

Source : Imam Faisal et Hilda Masito, 2018.

2.4.3 La réutilisation adaptative des éléments néo-vernaculaires dans les équipements commerciaux et sanitaires

Le centre commercial et de marché sont réalisés avec l'approche de l'architecture vernaculaire contemporaine. Préservant ainsi la tradition locale du Medan Tembung. Tous les éléments et les techniques utilisées dans la construction de ce centre découlent de la réinterprétation et l'analyse des conceptions néo-vernaculaires existant dans la région à travers la typologie de maisons traditionnelles. La position et la taille des ouvertures prennent en considération les conditions climatologiques autour du site tel que la course apparente du soleil et la circulation de l'air.

De plus, le choix des matériaux traditionnels comme le bois et la brique donnent un ancrage du bâtiment qui sort de son contexte. Quant au toit, il a été élevé d'une manière variée par rapport au bâtiment pour assurer une bonne circulation de l'air durant l'année, ainsi offrir des bonnes conditions d'éclairage naturel à l'intérieur des boutiques (Lindarto et Solihin, 2020) (Fig.2.31).



Figure 2. 31 : L'hôpital provincial de Bamyan, Afghanistan.

Source : <https://worldarchitecture.org/>

A travers, le projet d'hôpital provincial de Bamyan en Afghanistan construit par le cabinet d'architecture canadien Arcop, les architectes ont tenté de réinterpréter quelques solutions

de construction traditionnelles vues dans les bâtiments néo-vernaculaires et qui répondent le mieux aux exigences de l'environnement local. Dans l'ensemble, Acrop a recherché d'adopter une approche d'architecture vernaculaire contemporaine et durable, dont la composition massive est tirée de l'analogie des tribunaux traditionnels. Pour participer à la guérison et au bien-être des malades, une orientation Nord-Sud est privilégiée pour maximiser les gains solaires en hiver et optimiser l'éclairage naturel. Grâce à cette stratégie, la lumière se diffuse uniformément dans les couloirs et les salles (Cantika et al, 2020). Cette orientation assure également la ventilation naturelle et participe à renouveler l'air dans la majorité des espaces de l'hôpital. Par ailleurs, le projet est réalisé en s'appuyant sur des techniques et des matériaux locaux à l'instar de la terre battue stabilisée qui a été incorporée dans la construction des murs extérieurs, en plus, la pierre qui est utilisée comme support de la structure du bâtiment (Fig.2.32).

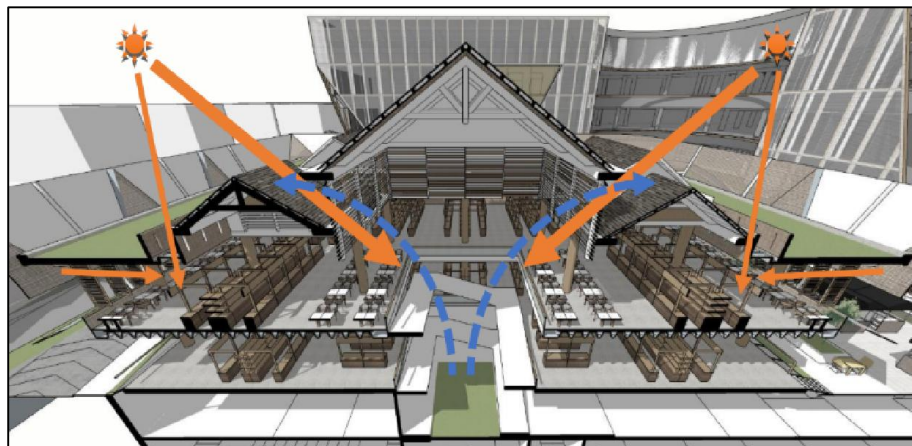


Figure 2. 32 : Le centre commercial, région du Medan Tembung.

Source : Lindarto et Solihin, 2020.

Conclusion

Nous avons constaté dans ce chapitre, que le monde se heurte à un grand problème lié à la mondialisation est la création des bâtiments standards qui ne s'adaptent pas à leurs contextes d'implantation. Ceux-ci ont généré des impacts sur différentes échelles comportementales de l'environnement dont les effets peuvent être non seulement nuisibles, mais désastreux pour tous les êtres vivants. Face à cela, plusieurs opérations ont été menées par plusieurs acteurs du bâtiment, afin de minimiser ces impacts négatifs et améliorer les conditions de vie des gens. Nous avons étudié objectivement ces opérations qui ont été focalisées sur la compréhension de l'interrelation entre l'architecture néo-vernaculaire, l'architecture vernaculaire contemporaine et l'environnement.

En premier, nous avons abordé la notion de l'architecture vernaculaire contemporaine comme un terme général, dans un vaste contexte de recherche. Selon la vision d'Amos Rapoport, l'idée de l'architecture vernaculaire contemporaine ne consiste pas à recréer le passé nostalgiquement, mais de transporter les principes pertinents qui sous-tendent de l'identité des peuples qui expriment une sensibilité contemporaine envers la culture et l'environnement local. Alors que, Paul Oliver considère que l'architecture vernaculaire est très riche en leçons écologiques qui peuvent inspirer les aspirations des futures architectes afin de les réinterpréter dans la création des conceptions mieux équipées pour faire face aux nombreuses contraintes climatiques et environnementales d'un lieu donné. Par contre, Marcel Vellinga a simplement défini l'architecture vernaculaire contemporaine comme l'interconnexion entre l'architecture vernaculaire et la contemporanéité, car elle encourage l'utilisation de la technologie et l'innovation contemporaine parallèlement à la poursuite des aspects vernaculaires, afin de répondre aux besoins du présent en aspirant à créer des formes construites pour un avenir plus efficace.

Par ailleurs, la matrice de projet de conception dégage des manières de conceptions diverses mais pertinentes montrant toutes un lien et une réponse au site et au climat local. Autrement dit, les architectes se sont concentrés spécifiquement sur l'inspiration d'un large éventail des aspects vernaculaire impliquant le paysage, les matériaux locaux, les éco-éléments vernaculaires avec une touche contemporaine.

Aussi, nous avons constaté que l'architecture durable est devenue le terme le plus couramment utilisé dans le monde. Celui-ci reflète les perspectives des architectes concernant la planification des projets efficaces qui tiennent compte des objectifs environnementaux, sociaux et économiques. En outre, cet axe, nous a permis de connaître le rôle crucial joué par l'architecture vernaculaire ancestrale dans le développement des approches durables. Cette architecture vernaculaire traditionnelle a, autrefois, atteint indirectement la durabilité environnementale grâce à une bonne intégration au site, une orientation adéquate, une utilisation des matériaux locaux, une intégration des stratégies passives qui exploitent les énergies renouvelables afin d'assurer un refroidissement et un chauffage naturel.

Enfin, on a indiqué les stratégies environnementales importantes et nécessaires à incorporer dans le développement des futurs projets, en particulier dans les conceptions vernaculaires contemporaines. Ces stratégies pourraient être résumées comme suit (Fig.2.33).

- Il convient donc de poursuivre la pratique traditionnelle consistant à créer des conceptions harmonieuses à l'environnement local grâce à leur intégration au paysage, au contexte et leur adaptation aux conditions climatiques locales.
- Dans la même perspective, la sélection des matériaux appropriés à l'environnement local est une étape indispensable à la conception à faible impact environnemental. Il s'agit d'utiliser des matériaux accessibles sur le site tout en faisant appel aux applications innovantes de l'architecture contemporaine.
- La réappropriation de quelques éco-éléments vernaculaires d'une manière nouvelle constitue un pas en avant pour surmonter les problèmes d'inconfort et garantir le choix d'un fonctionnement performant.

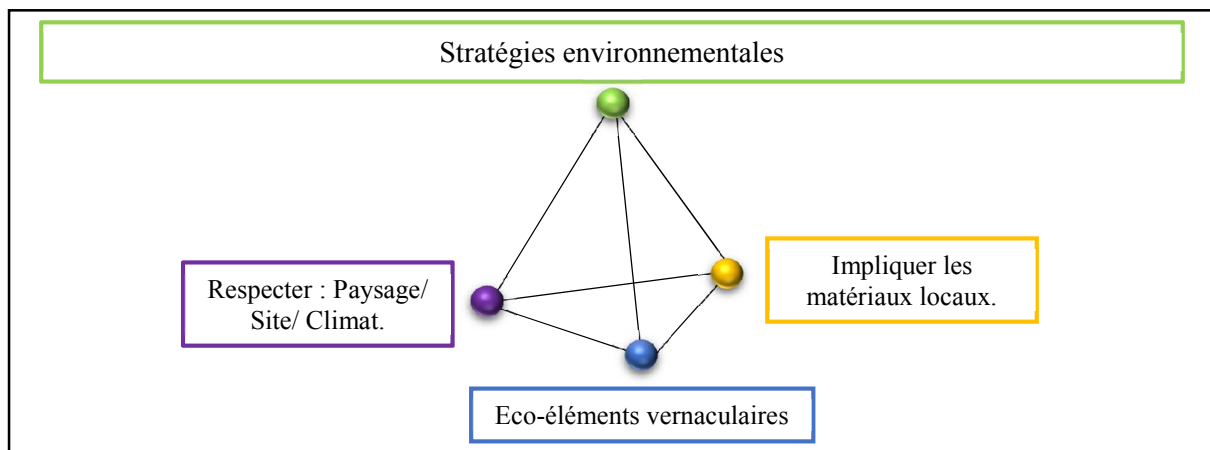


Figure 2. 33 : Schéma récapitulatif des stratégies environnementales incorporées à la conception vernaculaire contemporaine.

Source : Auteur, 2019.

Ce chapitre déduit donc que la signification néo-vernaculaire et vernaculaire contemporaine se complètent totalement, car l'objectif des deux architectures est de réactualiser les stratégies environnementales traditionnelles avec une touche moderne et contemporaine afin de réduire les impacts environnementaux. Ainsi, pour ériger des projets vernaculaires contemporains, on doit se focaliser sur la réinterprétation des œuvres néo-vernaculaires puisque c'est la meilleure solution que l'on puisse considérer comme un pont vers certaines qualités du passé, aujourd'hui perdues, et la seule référence pour la continuité des valeurs traditionnelles. Cela ne pourrait se faire que par l'utilisation de certaines méthodes scientifiques pertinentes.

Finalement, les conclusions de ce premier chapitre, nous permettrons de cerner objectivement la problématique posée et de dégager les axes à mener dans les chapitres suivants.

CHAPITRE III : PANORAMA DES METHODES SCIENTIFIQUES : POUR UNE REINTERPRETATION DES CONCEPTIONS NEO-VERNACULAIRES A TRAVERS LES STRATEGIES ENVIRONNEMENTALES EFFICIENTES

Introduction

Après avoir clarifié dans les chapitres précédents les concepts principaux liés à notre problématique, il s'avère que le besoin d'une méthode de réinterprétation de l'architecture néo-vernaculaire est fortement nécessaire. Pour se faire, le but de ce chapitre est de répondre à la première hypothèse de ce travail en essayant d'élaborer une méthode de réinterprétation des conceptions néo-vernaculaires propre à notre approche. Depuis quelques années, nous assistons à des discours, de plus en plus grandissants, sur la thématique de la réinterprétation de l'architecture néo-vernaculaire. Ceux-ci touchent l'aspect environnemental afin de dégager des enseignements pertinents qui pourraient contribuer au développement d'une architecture vernaculaire contemporaine et durable. Aussi, cette thématique a interpellé les chercheurs pour mettre en lumière des méthodes efficaces en se basant sur des approches scientifiques. Le présent chapitre dresse un panorama des méthodes scientifiques mises en œuvre par les chercheurs dans l'étude de la thématique mentionnée ci-dessus, pour arriver à nous positionner et développer une approche méthodologique qui tient en compte les objectifs de la problématique et les spécificités du contexte de notre étude. Ensuite, on examinera les différentes stratégies et sous-stratégies environnementales selon notre méthode combinatoire que l'on utiliserait pour vérifier la première hypothèse. Afin de faciliter l'analyse, nous nous focalisons sur l'identification des outils qui nous aideront à appliquer cette méthode, laquelle est dirigée par la conception / pratique que nous mettrons en œuvre dans cette recherche.

3.1. Les méthodes scientifiques au cœur de la réinterprétation des conceptions néo-vernaculaires

La problématique de la réinterprétation de l'architecture néo-vernaculaire pour tirer des leçons pertinentes qui peuvent participer dans le développement d'une architecture vernaculaire contemporaine met l'accent sur l'aspect environnemental. Pour se faire, les chercheurs en mis en exergue des méthodes et des stratégies environnementales appropriées pour réinterpréter et analyser les projets néo-vernaculaires par le biais des approches scientifiques.

3.1.1 VerSus : une approche opérationnelle de la réinterprétation de l'architecture néo-vernaculaire par l'usage des stratégies environnementales

Le projet de recherche VerSus “Héritage de demain : Connaissances vernaculaires pour une architecture durable” est élaboré en collaboration avec les chercheurs de plusieurs laboratoires d'écoles d'architecture en Europe à savoir : CRAterre-Ecole d'Architecture de Grenoble, l'Université degli Studi di Cagliari et l'Université degli Studi di Firenze en Italie et L'Université Politècnica de València en Espagne. Egalement, ce projet a été soutenu par la Commission européenne et de l'égide de la Chaire UNESCO Architecture de terre, cultures constructives et développement durable, le Comité international d'architecture vernaculaire (ICOMOS-CIAV) et le Comité scientifique international sur le patrimoine architectural en terre (ICOMOS ISCEAH). Par ailleurs, l'approche opératoire de VerSus est actuellement utilisée par plusieurs chercheurs en tant qu'outil méthodologique sur lequel ils basent leur réinterprétation.

- Idée et concept du projet VerSus : une réinterprétation structurelle et corporelle

Le projet de recherche scientifique VerSus présente les résultats complets des recherches menées par cinq groupes de recherche des universités mentionnées ci-dessus. Ceux-ci sont dotés d'une vaste expérience dans le domaine de la mémorisation, la valorisation et la réintégration du patrimoine architectural vernaculaire traditionnel et culturel universel. Le projet visait principalement à codifier les principes et les enseignements relatifs à l'architecture vernaculaire contemporaine envisagés par l'architecture vernaculaire et néo-vernaculaire des exemples analysés. Grâce à ce projet l'équipe de recherche a pu établir une liste des stratégies environnementales issues de l'architecture vernaculaire et néo-vernaculaire susceptible de contribuer au développement d'une architecture vernaculaire contemporaine et durable, appropriée et capable de répondre aux exigences de la vie contemporaine.

En somme, l'approche opérationnelle retenue par le projet VerSus a permis de réinterpréter et d'analyser l'efficacité des projets d'architecture néo-vernaculaire dans différents contextes.

- **Les étapes clés de l'évolution du projet VerSus, émergence et affirmation de différentes approches**

Les cinq équipes de recherche mettent en œuvre une approche systématique et multidisciplinaire basée sur l'analyse du fond documentaire de plus de 1 000 références de littérature tirés des ouvrages techniques, des articles scientifiques, des comptes rendus des conférences, des entretiens avec des experts, des lois sur la construction et de programmes d'évaluation (Sánchez-Montañés Macías, 2007 ; Correia, 2009 ; Correia et al, 2014). Ces documents traitent la relation entre l'architecture vernaculaire et la durabilité selon les aspects environnementaux (l'utilisation de l'énergie, l'impact environnemental des matériaux locaux). Après plusieurs tentatives, les chercheurs de cinq équipes ont décidé d'adopter une structure conceptuelle développée en trois étapes (Fig.3.1).

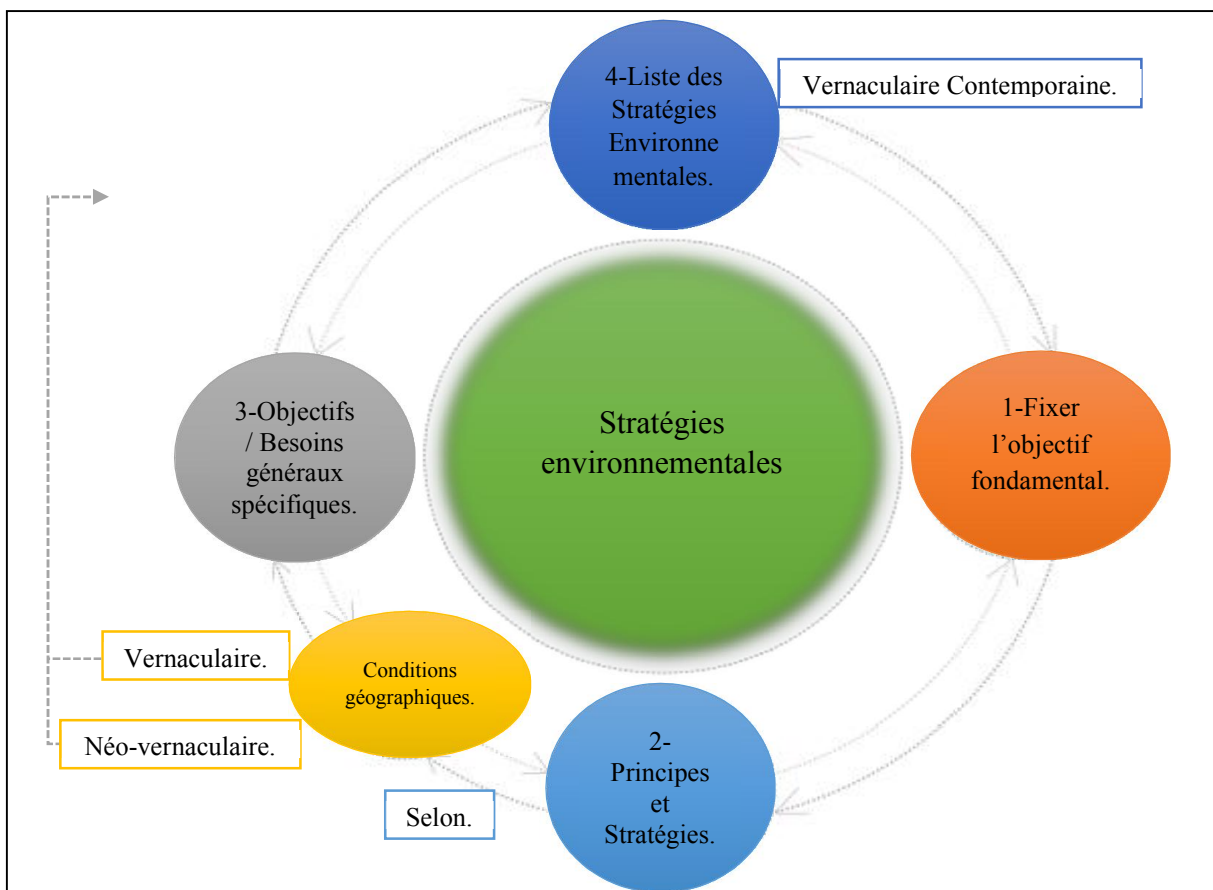


Figure 3. 1 : Le cadre conceptuel adopté par les cinq équipes de projet de recherche VerSus.
Source : Auteur, d'après Correia et al, 2014.

Celle-ci a constitué la structure d'inventaire sur laquelle les étudiants et les doctorants de quatre ateliers organisés au Portugal, en Italie et en France ont basé leurs observations, leurs enquêtes sur terrain, leurs analyses comparatives interprétatives de données collectées sur l'étude de cas d'architecture vernaculaire et néo-vernaculaire.

Ces études ont permis, en première phase, de codifier les principes locaux de l'architecture vernaculaire de chaque contexte, et en seconde phase, de fournir une liste des stratégies environnementales qui semblaient capables d'enrichir le développement d'une architecture vernaculaire contemporaine. Celles-ci sont classées comme suit : respecter le contexte environnemental et le paysage, profiter des ressources naturelles et climatiques, réduire la pollution et les déchets, contribuer à la santé et au bien-être de l'homme et réduire les effets des dangers naturels. Cependant, ces stratégies environnementales ont été aussi appliquées dans la réinterprétation des projets d'architecture néo vernaculaire afin de les valider définitivement. Ce que nous verrons en détail dans ledit projet de recherche.

- **L'adoption des stratégies environnementales, une démarche efficace en faveur d'une construction à faible impact environnemental**

Le projet de recherche VerSus définit la stratégie environnementale comme étant la capacité de l'intervention humaine de s'intégrer aux caractéristiques environnementales locales d'un lieu donné (Neila, 2004). L'objectif de la réalisation de ces stratégies environnementales est de réduire les impacts négatifs relatifs à l'environnement, créés par les maux pratiques, tout en réagissant à tous les changements de l'environnement, y compris l'ensemble des conditions de vie favorables. En outre, ces stratégies étaient largement interconnectées avec le climat local et l'exploitation des ressources naturelles disponibles sur le site. Ces derniers constituent le point de départ à partir duquel se conçoit l'organisme architectural (Oliver, 1999). Afin de répondre aux exigences environnementales, cinq stratégies environnementales principales ont été identifiées à partir de cette recherche (voir Annexe D):

• **Respecter le contexte environnemental et le paysage**

Cette stratégie a fait l'objet d'une attention très particulière de la part des concepteurs qui s'intéressent à la protection de l'environnement et le paysage naturel (Martin, 2011). Cela veut dire qu'avant de lancer n'importe quelle opération de construction il faut d'abord comprendre la nature et les fonctionnalités du site. Aussi, nous devons trouver les meilleures solutions et techniques pour s'adapter à la morphologie et aux caractéristiques physiques du terrain d'implantation.

- **Profiter des ressources naturelles et climatiques**

Le choix d'un emplacement approprié et une orientation adéquate, sont deux stratégies très importantes qui encouragent l'exploitation des ressources naturelles disponibles localement. Celles-ci permettent ainsi de profiter des caractéristiques bioclimatiques du site (rayonnement solaire, les courants d'air, présence de l'eau), tout en assurant une harmonisation entre la bâtisse et son environnement (El, 2005 ; Coch, 1998).

- **Réduire la pollution et les déchets**

Actuellement, l'utilisation des matériaux locaux et renouvelables est une technique très importante qui a été reprise de la logique vernaculaire et transmise à l'architecture néo-vernaculaire. La réalisation des projets avec les matériaux existant dans le site permet de limiter l'impact négatif sur l'environnement (Fernandes et al, 2014). Les autres avantages de l'utilisation des matériaux locaux résident dans leur capacité à réduire l'impact environnemental lié au transport vu qu'ils sont extraits sur place ou bien apportés de courtes distances. Aussi, ces matériaux sont recyclables, ce qui permet leur réutilisation à nouveau.

- **Contribuer à la santé et au bien-être de l'homme**

Cette stratégie encourage la réinterprétation de quelques éléments et dispositifs écologiques et durables de l'architecture vernaculaire afin d'offrir aux usagers la possibilité de vivre dans des espaces sains et confortables. En particulier, l'architecture vernaculaire inclut plusieurs solutions et techniques qui s'adaptent aux différents changements climatiques saisonniers, à savoir : la création des systèmes de ventilation naturelle (Moucharabieh, Malqaf) et d'autres espaces garantissant l'éclairage naturel (cours, patios, vérandas, loggias), (Lloyd Jones, 2002). En outre, le confort thermique dépend principalement des caractéristiques thermo-physiques des matériaux de construction, de la taille des ouvertures, de l'utilisation des brises solaires et des capteurs de chaleur (Fromonot, 2005).

- **Réduire les effets des dangers naturels**

Dans les contextes particulièrement exposés aux risques naturels, tels que les tremblements de terre, les inondations, les tornades et les terrains instables, etc., les bâtisseurs devraient mettre en œuvre des stratégies et fournir des solutions techniques permettant d'améliorer la résilience et l'élasticité de la construction au-delà de la catastrophe. Ces solutions techniques

changent en fonction du facteur de risque et des ressources et matériaux disponibles localement (Caimi et Hofmann, 2014 ; Correia et al, 2011).

3.1.2 Day Heidi : une démarche pertinente de réinterprétation pour une conception vernaculaire contemporaine

Le modèle de recherche : *the vernacular as a model for design* conçu par Day Heidi dans sa thèse de doctorat à l'université de Cardiff, UK développe une méthode d'analyse permettant de réinterpréter et analyser une série de maisons vernaculaires et néo-vernaculaires sélectionnées dans certains pays de Galles. L'objectif de cette étude est d'affiner un modèle type incluant des stratégies environnementales qui servent comme référence aux chercheurs et concepteurs intéressés à renouer avec les grands principes traditionnels.

- **De la recopiassions à la réinterprétation : un changement de regard envers l'utilisation des stratégies environnementales locales**

Day a fourni une méthode de recherche par conception en s'appuyant sur la théorie fondamentale suggérée par l'architecte théoricien Amos Rapoport « *le vernaculaire comme un système modèle pour la conception contemporaine* » (Asquith et Vellinga, 2006). Cette théorie a été choisie puisqu'elle encourage l'implication des stratégies environnementales vernaculaires et néo-vernaculaires dans la construction des maisons contemporaines par la réinterprétation, l'analyse et l'observation de ces dernières, au lieu de recopier l'esthétique formelle architecturale telle qu'elle est reproduit dans le passé par nos prédécesseurs (Fig.3.2).

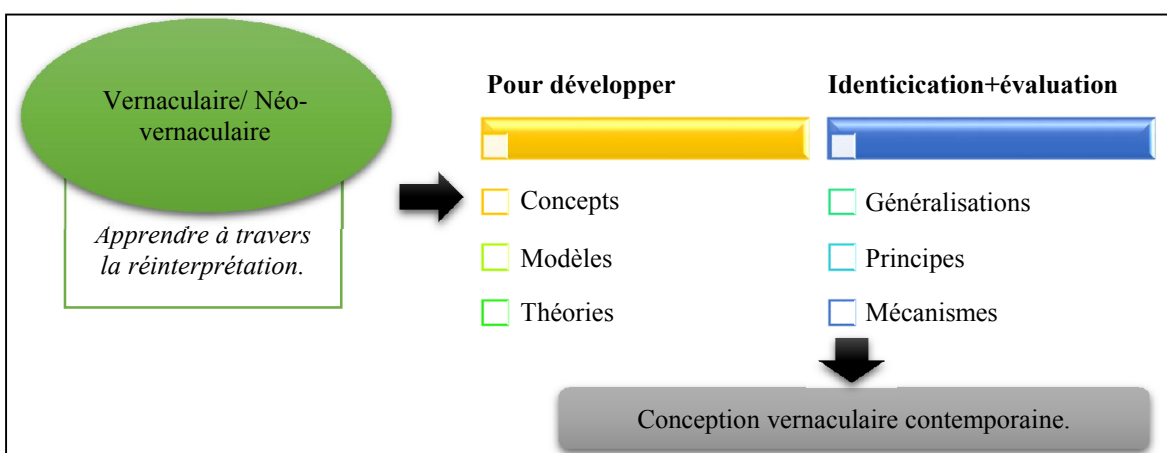


Figure 3. 2 : Schéma du système-modèle d'Amos Rapoport : Apprendre de l'architecture vernaculaire et néo-vernaculaire à travers la réinterprétation.

Source : Auteur, d'après Day.H, 2013.

Dans ce contexte, le modèle évoque la nécessité de s'éloigner de la méthode d'analyse historique qui a été utilisée au tout début par les chercheurs dans l'identification, la

classification et la documentation de l'architecture vernaculaire à travers le monde. En outre, celui-ci démontre l'importance d'adopter de nouvelles méthodes de réinterprétation plus conceptuelles et plus axées sur la lecture et la réinterprétation de l'architecture vernaculaire et néo-vernaculaire. Ceux-ci exagèrent actuellement un certain niveau d'abstraction afin de pouvoir en retirer les meilleures leçons à intégrer dans la conception des nouveaux bâtiments vernaculaires contemporains (Day, 2013).

- **Identification des facteurs physico-environnementaux à travers l'étude des exemples d'architecture néo-vernaculaire au Royaume-Uni**

L'étude de littérature des architectures néo-vernaculaires de différents contextes au Royaume-Uni approuve que la majorité des cas analysés se limitent à la réinterprétation des aspects liés aux facteurs physico-environnementaux ; à la forme, aux matériaux et systèmes de construction et aux détails architectoniques. Cependant, plusieurs stratégies environnementales ont été identifiées, raffinées et classées selon leur importance en se basant sur la méthode d'hierarchisation des besoins de Maslow (Abraham, 1968 ; Yates, 2010). Ces stratégies qui sont présentées dans la figure suivante (Fig.3.3) :

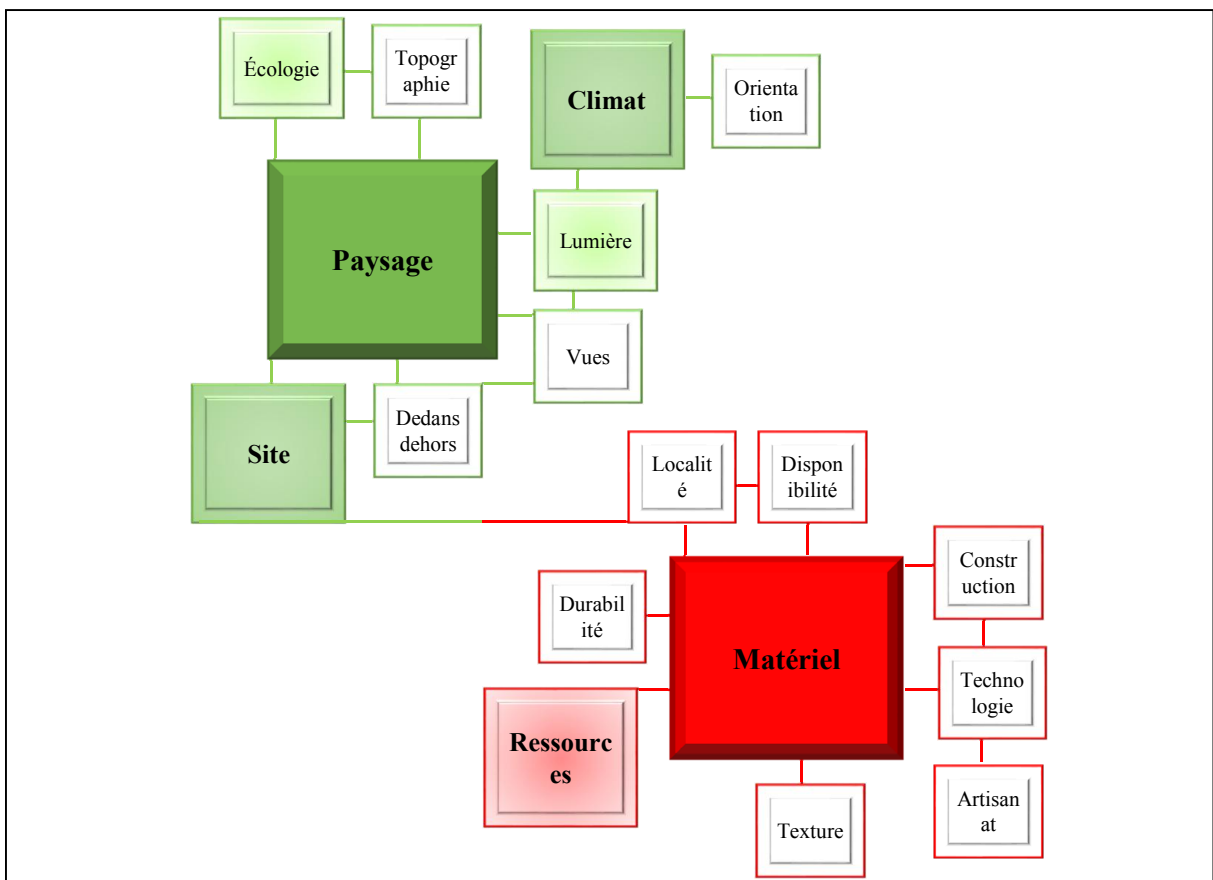


Figure 3. 3 : Les stratégies sont toutes interconnectées et liées les unes aux autres, certaines stratégies prévalant sur d'autres et influant davantage sur la réinterprétation.

Sources : Auteur d'après Day, 2013.

3.1.3 Salman Al-Zubaidi : le potentiel de la réinterprétation de l'architecture néo-vernaculaire dans le monde Arabe

Cette recherche est axée potentiellement sur la réinterprétation de l'architecture néo vernaculaire dans le monde arabe en référence particulière aux bâtiments domestiques dans les Emirats Arabes Unis. Al-Zubaidi a développé une méthode d'analyse environnementale appropriée à l'environnement naturel et locale de la région des EAU ainsi qu'au monde Arabe.

En effet, le développement de cette méthode nécessite de suivre plusieurs démarches. Dans cet objectif, les sections suivantes présentent en détail la méthode d'analyse environnementale élaborée dans le cadre de cette recherche de doctorat.

- **Appréhender de méthodes environnementales comme de nouvelles approches scientifiques**

Le développement d'une méthode d'analyse environnementale a nécessité la sélection de plusieurs méthodes pour en sélectionnant certaines : d'Eco-Homes, BREEAM et LEED. Par la suite, celles-ci ont été bien étudiées, modifiées et personnalisées, afin de proposer une méthode d'analyse appropriée à l'environnement local de la région des Emirats Arabes Unis qui sera adéquate aussi aux autres environnements du monde arabe. Vers la fin la méthode fournie a été servait à analyser l'efficacité des cas d'études choisies en matière de durabilité environnementale (Salman Al-Zubaidi, 2007).

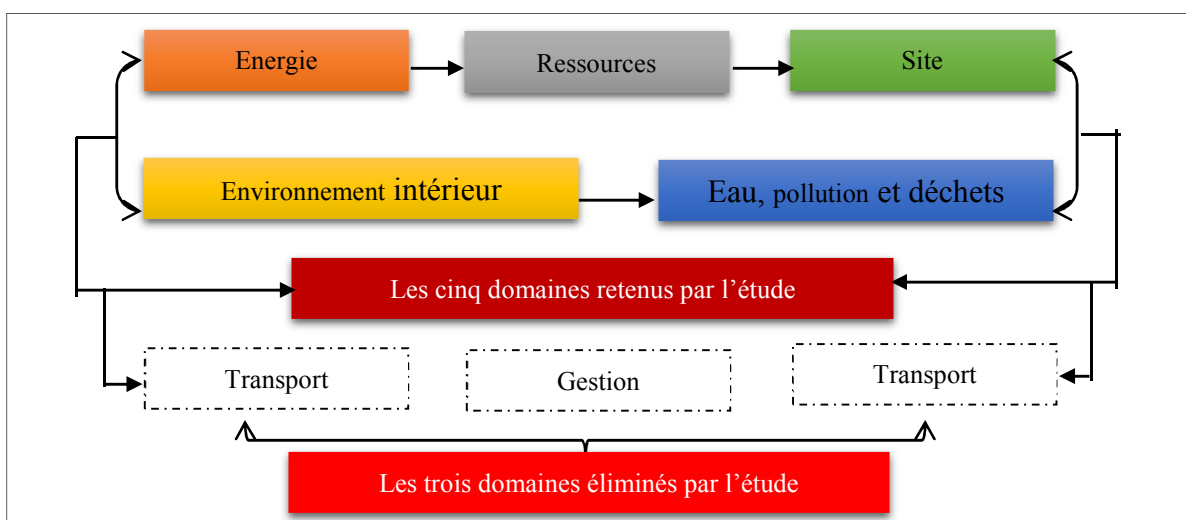


Figure 3. 4 : Les stratégies environnementales retenues et éliminées par l'étude.

Source : Auteur, d'après Salman Al-Zubaidi, 2007.

Il faut souligner que les stratégies environnementales de la réinterprétation retenues par la chercheuse dans cette thèse sont celles apparues dans les trois méthodes analysées au début de la recherche à savoir : l'énergie, les ressources, le site, l'environnement intérieur et eau, pollution et déchets. En revanche, les autres domaines observés dans l'une des méthodes ont été éliminés tels que : Le transport dans l'Eco-Homes, la gestion dans BREEAM et l'innovation dans le LEED (Fig.3.4).

- **Une méthodologie combinant les méthodes environnementales est-elle possible ?**

Le schéma suivant illustre l'ensemble de stratégies environnementales, les sous stratégies et les caractéristiques architecturales développées à travers cette recherche (voir Annexe E).

3.2 Combinaison de trois modèles : vers une approche des stratégies environnementales appropriées à notre recherche

L'analyse des trois modèles précédents démontre qu'il existe des méthodes environnementales de réinterprétation des conceptions néo-vernaculaires. Cependant, aucune de ces méthodes ne peut être utilisée dans notre recherche sous sa forme actuelle. En conséquence, développer une approche de stratégies environnementales pour réinterpréter les œuvres de concepteurs modernes renvoie vers l'idée de combiner et corréliser entre les stratégies environnementales de trois modèles discutés auparavant par un codage de couleurs afin de personnaliser les stratégies environnementales propres à notre objectif de recherche. D'autre part, nous signalons enfin que les stratégies environnementales qui sont retenues par la recherche sont celles appartenant aux trois modèles à savoir : le respect du site et le profit des ressources climatiques, la réduction d'impact environnemental et la contribution au bien-être de l'homme. En revanche, les stratégies apparues séparément dans l'une des méthodes étudiées ont été exclues de cette recherche (Réduction des effets dus aux dangers naturels, Eau et Déchets), (Kersenna et al, 2021) (Tab.3.1).

Rappelons que, les stratégies environnementales sélectionnées par cette recherche sont intéressantes quant au contexte de notre travail, étant donné qu'elles sont toutes liées aux pratiques de conception, de construction et d'exploitation des bâtiments qui affectent directement ou indirectement l'utilisation des ressources naturelles et des techniques de construction vernaculaires et écologiques. Par contre, celles non adaptables à ces critères sont écartées.

Tableau 3. 1 : Tableau récapitulatif des modèles de stratégies environnementales.

Modèle 1 : Projet VerSus	Modèle 2 : Day Heidi	Modèle 3 : Salman Al-Zubaidi	Modèle de notre recherche
1-Respecter le contexte environnemental et le paysage.	1- Paysage.	1-Site.	1- Respecter le site et profiter des ressources climatiques.
<ul style="list-style-type: none"> - Assurer un choix de site approprié. - Minimiser l'impact des interventions. - Assurer les conditions pour la régénération du site. - Intégration à la morphologie environnementale. - Comprendre les fonctionnalités du site. 	<ul style="list-style-type: none"> - Site. - Climat. - Orientation. - Écologie. - Lumière. - Vues. - Dedans/ dehors. - Durabilité. 	<ul style="list-style-type: none"> - Planification architecturale. - Orientation. - Accès à la parcelle. - Taille de parcelle. - Organisation du site. -Relation extérieure-intérieure. - Masse du bâtiment. - Forme de construction. - Champ brun. 	<ul style="list-style-type: none"> a- Choix et intégration au site. b- Organisation du site (extérieur/ intérieur). c- Masse du bâtiment. L'orientation appropriée du bâtiment.
2-Profiter des ressources naturelles et climatiques.	2- Matériel.	2-Energie.	2- Réduire l'impact environnemental.
<ul style="list-style-type: none"> - Choisir l'orientation appropriée du bâtiment. - Considérer l'hydrographie du lieu et gérer les ressources en eau. - Localisation des bâtiments pour tirer parti des reliefs naturels. - Inclure l'énergie solaire dans la conception globale. - Profitant de l'inertie thermique du sol. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ressources. - Localité. - Construction. - Technologie. - Artisanat. - Texture. 	<ul style="list-style-type: none"> - Consommation d'énergie. - Source d'énergie - Matériaux de construction. - Système de construction. 	<ul style="list-style-type: none"> a- Concilier les matériaux locaux aux nouvelles technologies de construction. b- Sources d'énergies renouvelables.
3-Réduire la pollution et les déchets.		3- Ressources.	3- Contribué au bien-être de l'homme.
<ul style="list-style-type: none"> -Consommer des matériaux disponibles localement. -Utilisation de matériaux recyclables et recyclés. -Réduction les pertes d'énergie thermique. -Utiliser les ressources énergétiques disponibles. -Planification de la maintenance et prolongation de la durabilité des bâtiments. 		<ul style="list-style-type: none"> - Caractéristiques de la durabilité des matériaux. - Cycle de vie du bâtiment. - Flexibilité du bâtiment. - Durabilité des matériaux. - Consommation de matériaux. - Matériaux respectueux de l'environnement. 	<ul style="list-style-type: none"> a- Confort thermique. b- Ventilation naturelle. c- Eclairage naturel.
4-Contribuer à la santé et au bien-être de l'homme.		4- Environnement intérieur.	
<ul style="list-style-type: none"> - Améliorer les niveaux de températures et d'humidité intérieure dans les limites des valeurs acceptables. - Assurer une ventilation naturelle adéquate. - Garantir un éclairage naturel adéquat et le rayonnement solaire. - Améliorer le chauffage naturel et passif. - Eviter les matières toxiques. 		<ul style="list-style-type: none"> - Système de ventilation. - Propriétés des matériaux de construction. - L'enveloppe du bâtiment. - La flexibilité des espaces. 	
5-Réduire les effets des dangers naturels.		5-Eau.	
<ul style="list-style-type: none"> - Fournir des conseils pratiques pour anticiper et atténuer les risques. - Développer des systèmes de construction solides et flexibles. - Prise en compte des spécificités des risques locaux. - Intégration de mesures techniques et comportementales visant à réduire la vulnérabilité. - Incorporer des stratégies de récupération après le désastre. 		<ul style="list-style-type: none"> - Taux de consommation d'eau. - Installations de recyclage de l'eau. 	
		6-Déchets.	
		<ul style="list-style-type: none"> - Production de déchets. -Installations de recyclage des déchets. 	

Source : Auteur, 2019.

D'autres critères nous ont également guidés dans notre choix, à savoir :

- La pertinence vis-à-vis des stratégies environnementales et les cas d'études analysés ;
- La représentativité du cas le plus proche d'une réalité complexe ;
- L'objectivité et la précision de chaque stratégie environnementale qui nous permet de mieux cerner le problème et concrétiser l'objectif de recherche ;
- La variabilité qui permet de considérer à la fois les aspects quantitatifs et qualitatifs.

3.2.1 La pyramide de Maslow : une démarche efficace pour la classification des stratégies environnementales retenues

Une méthode de hiérarchisation des besoins est établie en se référant à la pyramide d'hiérarchisation des besoins de Maslow (Abraham, 1968). Celle-ci a été utilisée dans le classement des stratégies environnementales selon leur importance, dont les stratégies les plus importantes et les plus affectantes de la conception néo-vernaculaire ont été classées à la base de la pyramide à savoir : choix et intégration au site, organisation du site, masse et orientation appropriée du bâtiment. Tandis que les autres stratégies associées aux matériaux et sources d'énergies renouvelables ont été placées dans le niveau supérieur de la pyramide jusqu'au niveau plus haut où on a placé les stratégies liées au confort et au bien-être (Fig.3.5).

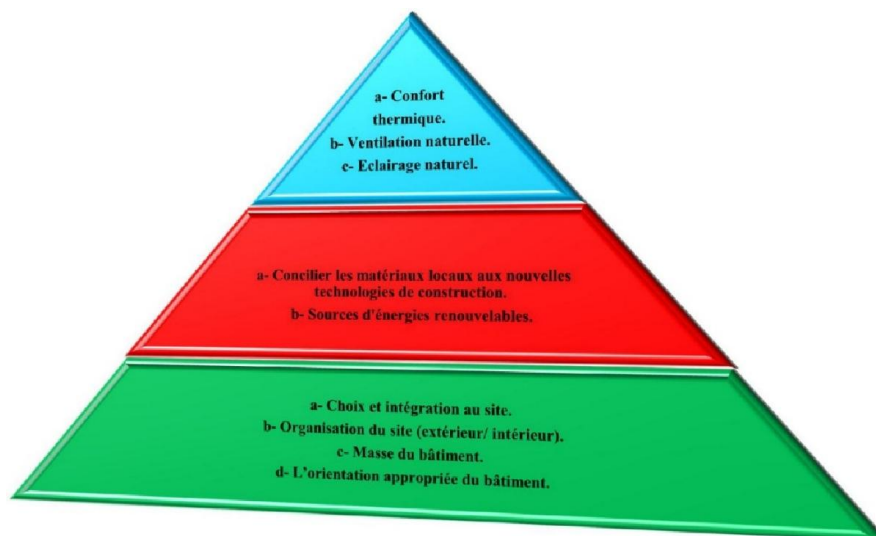


Figure 3. 5 : Pyramide de hiérarchisation des stratégies environnementales.

Source : Auteur, 2019.

Donc, la réinterprétation des conceptions néo-vernaculaires commence d'abord par la vérification des stratégies de respect du site et ressources climatiques qui nous dirigent automatiquement vers la concrétisation des autres stratégies liées à la réduction des impacts environnementaux et à la contribution au bien-être de l'homme.

3.2.2 Traitement et explication des stratégies environnementales retenues

Après avoir déterminé et classé les stratégies environnementales de notre étude, nous nous focalisons dans cette section sur le traitement des différentes sous stratégies que nous avons choisies au préalable, il s'agit, nous le rappelons, des sous-stratégies environnementales affiliées aux stratégies environnementales que nous présentons dans le schéma suivant (Fig.3.6).

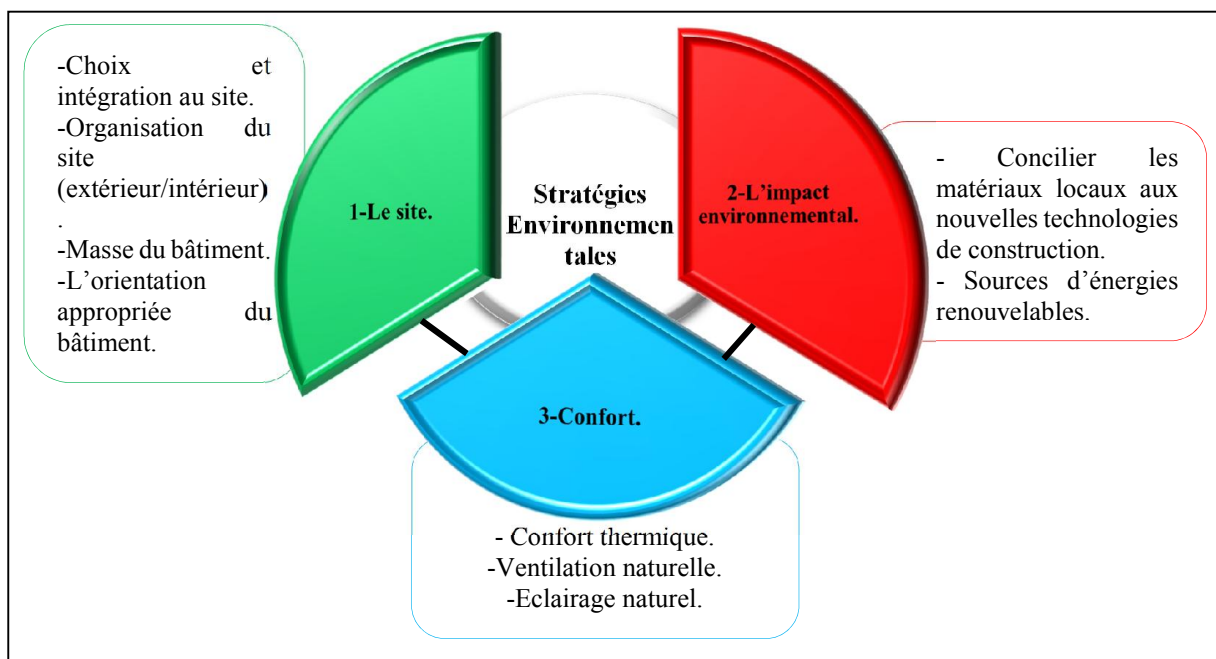


Figure 3. 6 : Schéma récapitulatif des stratégies et sous-stratégies environnementales retenues de la combinaison des modèles de recherche.

Source : Auteur, 2019.

- Respecter le site et profiter des ressources climatiques

Selon Oliver, chaque bâtiment existe dans un contexte environnemental spécifique (Oliver, 1999). Dans ce sens, la sensibilité et la connexion avec le site doivent être prises en compte à plusieurs niveaux. Cela va du choix du site et de l'intégration par rapport au paysage existant, en matière de morphologie et topographie, à l'organisation et la création d'une relation entre l'environnement interne et externe, jusqu'à la réactivité en fonction des exigences bioclimatiques locales du lieu d'implantation. Cependant, cette première stratégie concerne différentes sous stratégies liées au site. Dans cette situation, l'étude utilisera quatre circonstances : choix et intégration au site, organisation du site (extérieur/ intérieur), masse du bâtiment, l'orientation appropriée du bâtiment.

- **Choix et l'intégration au site**

Généralement, le choix et l'intégration du bâtiment dans un site (naturel, urbain ou historique) est une étape indispensable dans le processus de conception qui permet d'aboutir à une construction efficace et respectueuse de l'environnement local. Cette étape fondamentale nécessite une analyse approfondie sur la nature du site (géographique et topographique) ainsi la détermination des potentielles (la disponibilité des ressources naturelles en particulier les matériaux de construction) et des problèmes (les avantages et les inconvénients) afin de répondre aux besoins des occupants (Chensé et al,2012 ; Khadraoui,2019) (Fig.3.7). Par conséquent, les particularités du site dictent la forme et l'enveloppe du bâtiment, et les meilleurs exemples sur l'intégration judicieuse au site sont les villes souterraines, comme : Ghoufi et la vallée de M'zab (Algérie), Matmata (Tunisie), Cappadoce (Turquie) et la vallée de Tajuña (Espagne).

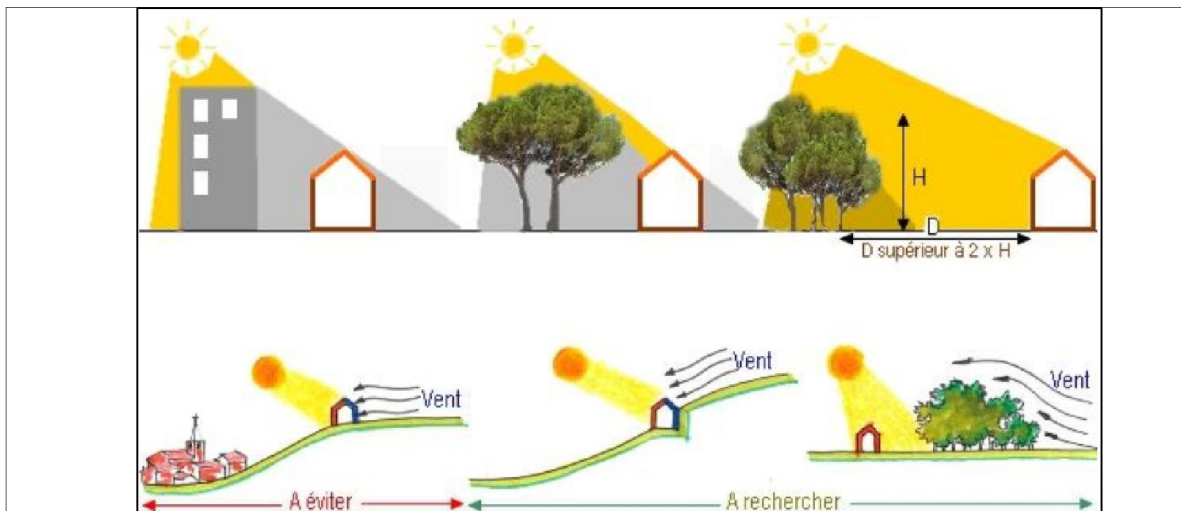


Figure 3. 7 : L'influence des caractéristiques et spécificités du site sur la nature de la construction.

Source : Miquey, 2010.

- **Organisation du site (extérieur/ intérieur)**

L'organisation du site dépend de l'emplacement du bâtiment (terrain plat, vallée, pente, emplacement côtier, forêt, montagne, campagne, site urbain, etc..). Cependant, l'aménagement de n'importe quel plan de masse se fait selon le principe d'hiérarchisation de besoins des habitants, en commençant par le développement des espaces publics puis en s'intéressant à l'installation des espaces privés. De plus, la création d'une relation entre l'environnement intérieur et extérieur constitue le plus important critère pour assurer l'harmonisation avec l'environnement local. A partir de cette brève explication nous

pouvons conclure que le choix et l'emplacement des solutions architecturales passives (cour, terrasse, chebek, ouast-eddar, moucharabié) sont variés d'un contexte à un autre.

- **Masse du bâtiment**

L'un des moyens utiles pour minimiser les apports du soleil et du vent et d'assurer le confort des occupants est de construire des bâtiments solides et durables en utilisant des matériaux de construction disponibles localement. En outre, la taille, le nombre et l'emplacement des ouvertures jouent un rôle très important dans la protection du bâtiment aux climats rigoureux.

- **L'orientation appropriée du bâtiment**

Habituellement, l'orientation judicieuse d'une construction détermine le niveau d'éclairage, les apports solaires, mais aussi la possibilité d'aération (Liébard et De Herde, 2005). En effet, l'orientation optimale des pièces de n'importe quel bâtiment dépend d'autant de paramètres climatiques, pour ne citer que quelques-uns : la course apparente du soleil pour toutes les heures en saisons estivales et hivernales, la direction des vents dominants, en particulière pendant la saison chaude et le mouvement de l'air (Fernandez et Lavigne, 2009) (Fig.3.8). De plus, la connaissance de ces paramètres constitue le point de départ qui aide les concepteurs à proposer des solutions de construction efficaces et de trouver les moyennes les plus appropriées pour contrôler les conditions climatiques d'un environnement local donné, tout en assurant des conditions de vie favorables aux habitants et en minimisant la consommation des énergies.

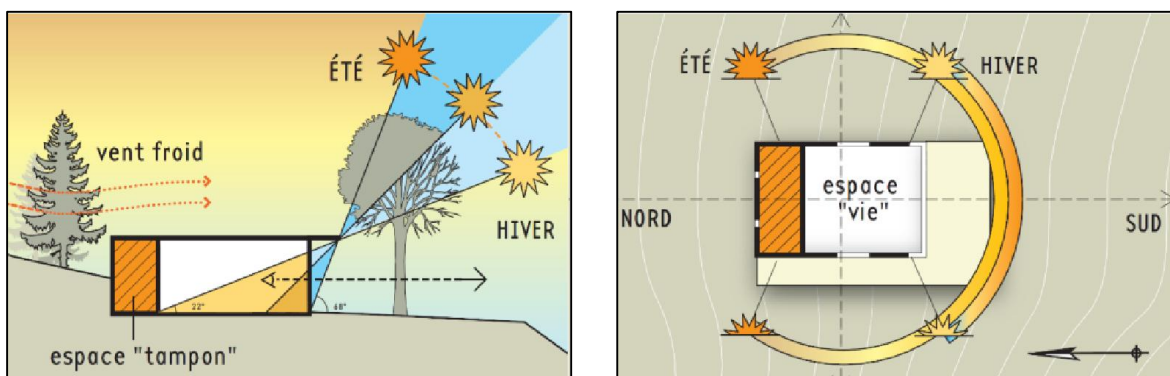


Figure 3. 8 : Illustre les principaux paramètres climatiques à prendre en compte dans le choix de l'orientation optimale d'un bâtiment.

Source : Misse, 2011.

La figure 9 récapitule les règles de base qui régissent l'orientation des pièces et l'éclairage efficace. Les orientations nord, nord-est et nord-ouest donnent, bien entendu, les

températures les plus basses, pour cela, elles sont les plus privilégiées pour les espaces de la maison dites de services, tel que : chambre noire, chaufferie, réserve, garage, buanderies, entrée, hall escaliers, et débarras. Bien que, l'est et le sud-est présentent les orientations idéales pour les chambres et la cuisine car elles permettent le meilleur contrôle passif de l'ensoleillement (les rayons solaire y sont présents le matin est disparaissant l'après-midi, donc elles restent fraîches l'après-midi et le soir). Par contre, la double orientation sud et sud-ouest est principalement préféré pour placer le séjour, salle à manger, loggia, véranda et chambre en permettant à ces pièces de bénéficier des rayons solaires maximaux en hiver et minimaux en été et d'une lumière du jour plus facile à contrôler. Concernant la direction ouest, celle-ci encourage la disposition des terrasses pour qu'elles puissent profiter du soleil l'après-midi ainsi qu'en début de soirée (Fig.3.9).

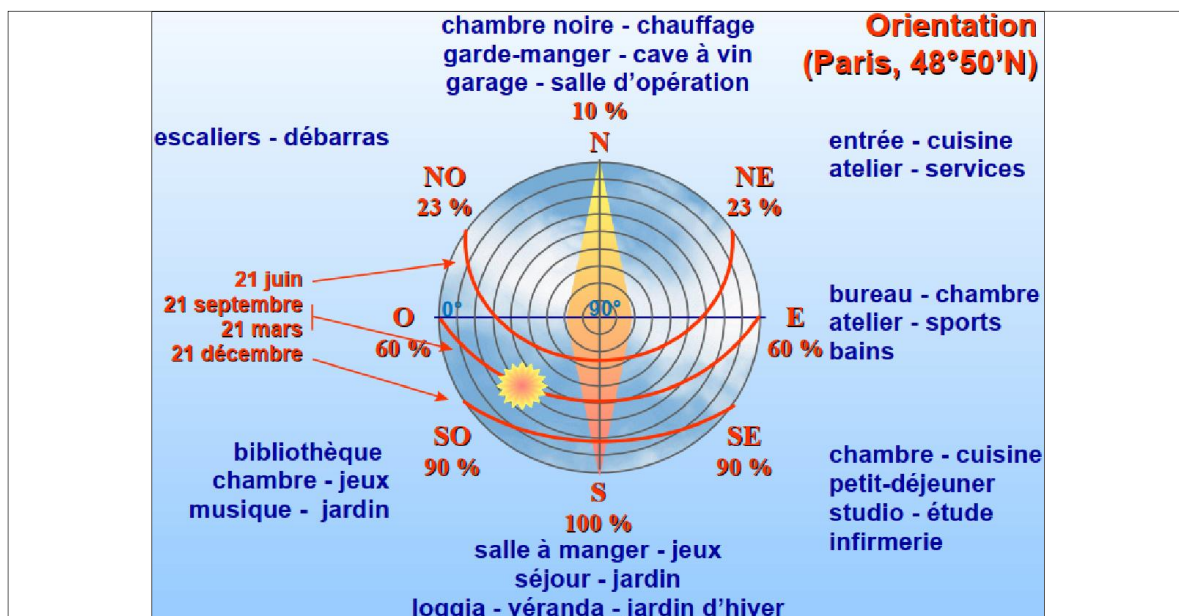


Figure 3. 9 : Une idée globale sur l'orientation de chaque pièce par rapport à la direction du vent et du soleil.
Source : Liébard et De Herde, 2005.

- Réduire l'impact environnemental

Cette stratégie environnementale encourage l'exploitation des ressources naturelles (matériaux locaux) et des énergies renouvelables (vent et soleil) dans la construction des bâtiments efficaces en matière de consommation d'énergie non renouvelable. Aussi, l'adaptation des sous stratégies liées à celle-ci permet de limiter les impacts environnementaux négatifs durant le long cycle de vie du bâtiment (Da Cunha et al ,2005). Nous signalons, par ailleurs, que les sous-stratégies associées à cette stratégie se répartissent en deux catégories : concilier les matériaux locaux aux nouvelles technologies de construction et les sources d'énergie renouvelable.

- **Concilier les matériaux locaux aux nouvelles technologies de construction**

En règle générale, le choix des matériaux de construction est une étape clé dans le processus de conception d'un bâtiment énergiquement efficace (Trachte, 2012). Cette étape déterminante est née de l'idée de tirer parti des ressources naturelles d'une région et de leur exploitation notamment les matériaux disponibles localement dans la réalisation des conceptions écologiques et durables. Par connaissance, l'avantage environnemental le plus important en ce qui concerne l'utilisation des matériaux disponibles sur le site est la préservation des énergies non renouvelables et l'élimination des émissions de gaz de CO₂, dégagé pendant la phase de la production des matériaux, et de leur transportation. Egalement, ces matériaux disposent d'autres avantages comme la facilité des opérations d'extraction et de fabrication et la possibilité du recyclage et de la réutilisation de ceux-ci après la démolition de la bâtisse.

La construction en matériaux naturels comme, la pierre, le bois et la terre fournit des bâtiments à enveloppe écoénergétique, car ces matériaux sont basés sur une utilisation réduite de l'énergie et ne génèrent aucun dommage et effet néfaste sur l'environnement en comparaison aux matériaux industrialisés (Kim et Rigdon, 1998 ; Kottas, 2016) (Fig.3.10).

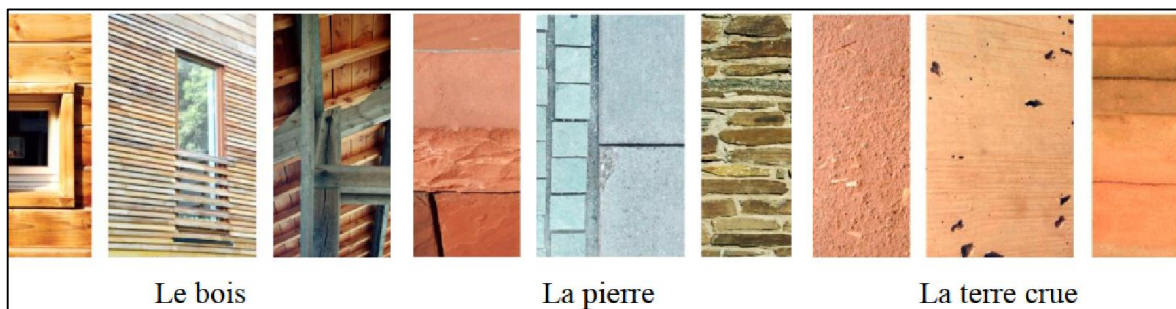


Figure 3. 10 : Types de matériaux traditionnels et écologiques.

Source : Khadraoui, 2019.

Récemment, la recherche en matériaux à moins impact environnemental pousse sûrement les concepteurs à concilier les matériaux locaux aux nouvelles technologies de construction afin d'aboutir à des conceptions performantes. Sachant que chaque matériau possède ses propres propriétés physiques, l'assemblage de deux matériaux, un local et un autre industriel, permet de renforcer l'enveloppe du bâtiment. Donc cela modifie l'environnement interne en fonction du climat extérieur et minimise la consommation de l'énergie et réduit ainsi les impacts environnementaux négatifs.

- **Sources d'énergie renouvelable**

En architecture, l'enveloppe du bâtiment est l'élément principal qui participe dans la protection des occupants contre les conditions climatiques rigoureuses. De ce fait, l'adaptation de l'enveloppe aux conditions climatiques se réalise grâce à l'intégration de certains dispositifs et systèmes passifs de chauffage et de refroidissement, en faisant appel à une utilisation rationnelle et durable des sources d'énergie renouvelables (mouvement du vent et rayon solaire), afin de fournir des espaces intérieurs sains et confortables, sans nuire à la nature, ni affecter l'environnement local, tout au long de la durée de vie du bâtiment (Dalel, 2017).

- **Contribuer au bien-être de l'homme**

En pratique, aboutir au bien-être, est fondamental pour toute architecture, si nous voulons vraiment parvenir à une bonne conception du bâtiment qui remplit diverses fonctions et qui offre aux habitants l'occasion de vivre dans des espaces sains et confortables (Oliver, 2003 ; Utzon, 2004). Par ailleurs, ce n'est rien de dire qu'aujourd'hui 50% de la population mondiale passe près de 90% de son temps à l'intérieur du bâtiment qui est un environnement contrôlé (Tellier et al, 2011 ; Batier, 2016). Cela suggère que la qualité de l'environnement intérieur peut avoir un effet significatif sur le confort, la santé et le sentiment général de bien-être (De Dear, Brager, 1998). A cet effet, les concepteurs doivent proposer des solutions techniques efficaces (des matériaux locaux à forte inertie thermique) et incorporer des dispositifs traditionnels (cour, mashrabiya, terrasse, vérandas, loggias, ouverture, etc...) dont l'objectif est de maintenir des conditions climatiques favorables au bien-être des occupants. Lesquels réagissent, de leur part, en permanence à l'environnement interne de manière consciente et inconsciente. C'est grâce à l'application de certains systèmes de construction passifs que l'on peut réchauffer, refroidir et éclairer naturellement les espaces intérieurs. En ce sens, cette dernière stratégie s'intéressera particulièrement au confort thermique, à la ventilation naturelle et à l'éclairage naturel, afin de préserver le bien-être des usagers.

- **Confort thermique**

Si, le confort thermique participe au bien-être de l'être humain, c'est parce qu'il est lié directement aux sentiments, à l'humeur et à la perception de celui-ci. Sa définition fait appel à deux approches opposées ; la première décrit les effets négatifs de climat sur l'homme, qui

s'expriment par la sensation d'inconfort en générant le stress, les douleurs, des maladies et parfois en conduisant à la mort. Alors que, la deuxième est positive, elle définit directement les conditions du confort dans lesquelles la productivité, la santé et l'énergie mentale et physique de l'homme sont à leur plus haute efficacité (Moser, 2009). En effet, il est difficile de donner une définition précise du confort thermique vu le grand nombre des paramètres qui l'influent, mais d'une manière générale, on peut dire que cette sous-stratégie signifie l'existence d'un état de satisfaction du corps humain vis-à-vis de l'environnement thermique immédiat sans la nécessité de consommer d'énergie supplémentaire (Jedidi et Benjeddou, 2016).

A ce propos, de multiples recherches ont tenté de donner des éclaircissements sur la notion du confort thermique. Givoni le définit comme étant les conditions sous lesquelles les mécanismes autorégulateurs du corps humain sont dans un état d'activité minimum (Givoni, 1978). D'une manière plus simplifiée, Sassine déclare que le confort thermique se caractérise par un aspect subjectif qui se diffère d'un individu et d'un paramètre à un autre (Sassine, 2013). D'après, Liébard et De Herde cette notion du confort thermique est considérée comme une condition d'esprit, qui se mesure par l'évaluation de la satisfaction des occupants de l'espace à l'égard de leur environnement thermique (Liébard et De Herde, 2005 ; ANSI/ASHRAE, 2001 ; Aydin Gezer, 2003). Encore une fois, selon la norme EN ISO 7730: 2005, la sensation thermique de l'utilisateur de l'espace est relativement liée à l'équilibre dynamique établi à travers l'opération de transfert de chaleur entre son corps et l'environnement qui l'entoure (BS EN ISO 7730, 2005).

Par ailleurs, lors d'une étude sur le confort thermique, six paramètres sont à prendre en considération, parmi lesquels quatre paramètres sont environnementaux : la température ambiante de l'air, la température des parois, l'humidité relative de l'air et la vitesse de l'air (Djongyang et al, 2010 ; Kimouche, 2018 ; Lamrhari, 2018), et deux paramètres personnels qui sont l'isolation des vêtements et le métabolisme ou le niveau d'activité physique (Djongyang et.al, 2010). Par conséquent, dans notre recherche nous nous intéressons à deux paramètres principaux et nécessaires qui opèrent ensemble et qui ont été présents aussi dans la plupart des études mesurant le confort thermique optimal à savoir :

- La température ambiante de l'air (T_a) : c'est le premier paramètre qui influe sur la température du bilan thermique de l'individu (Fig.3.11). Ce paramètre indique la température de l'air mesurée dans un abri à une hauteur d'environ 1,5 m du sol (Mazzari,

2012 ; Khadraoui, 2019). Cependant, la norme ASHRAE 55-2010 a développé une équation afin de calculer la température de confort à l'intérieur des bâtiments. Celle-ci est considérée comme, universellement, applicable aux types de bâtiments naturellement ventilés (cas des logements choisis dans notre étude), (Medjelekh, 2015). De plus, une plage de température (de 5 °C), au voisinage de la température de confort T_c , correspond à l'acceptabilité de 90%, dont les zones de confort sont prolongées de $\pm 2.5K$.

$$T_c = 0,31 \times T_m + 17,8.$$

Avec : T_c désigne la température de confort et T_m la température moyenne mensuelle.

- L'humidité relative de l'air (HR) : pèse beaucoup sur la sensation de confort thermique. Elle évoque le rapport entre la quantité d'eau contenue dans l'air à la température (T_a) et la quantité maximale d'eau contenue à la même température (Khadraoui, 2019). Pour avoir des conditions du confort optimal et hygiène, la norme ASHRAE 55-2004 recommande une plage du taux d'humidité relative de 30 à 60 % pour une température entre 20 et 26 °C (ASHRAE, 2010) (Fig.3.11).

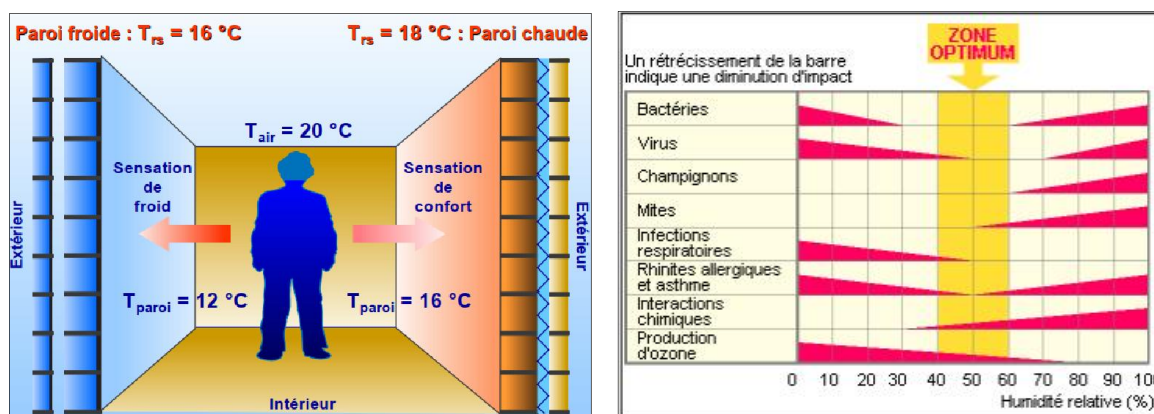


Figure 3. 11 : Illustre la température confortable de l'air ambiant, ainsi la gamme de taux d'humidité relative et ses différents impacts.

Source : Liébard et De Herde, 2005 ; Khadraoui, 2019.

En revanche, le paramètre de la vitesse de l'air, sera développé dans la stratégie de la ventilation naturelle.

Nous soulignons, en outre, qu'il existe deux approches (modèles) différentes d'évaluation du confort thermique, à savoir :

- Une première analytique (ou statique) qui se focalise principalement sur les aspects physiques et physiologiques du confort thermique, en calculant le bilan thermique du corps humain et ses échanges avec l'environnement ambiant (Moujalled, 2007 ; Richieri, 2008). Pour plus de détails de multiples modèles ont été établis et développés pour

connaître les limites du confort thermique sous forme d'indices. Ceux-ci étaient généralement menés à travers des tests empiriques et des enquêtes par questionnaires des opinions purement subjectives, pour ne citer que quelques-uns : le modèle de Fanger PMV et PPD (Hall, 2010 ; Robillart, 2015), le modèle de Gagge (Cantin et al, 2005) et finalement le modèle de Stolwijk et Hardy (Parsons, 2014).

- Une deuxième adaptative : traite la notion du confort thermique par les réflexes comportementaux et adaptatifs des occupants dans leur lieu de vie habituel (Huebner et al, 2016). Ce modèle est basé sur la méthode d'enquête sur terrain tout en considérant les aspects physiques, physiologiques et psychologiques (Khadraoui, 2019 ; Hernandez, 2014).

De nombreux travaux se sont intéressés à l'analyse du confort thermique dans les bâtiments à ventilation naturelle en utilisant une approche à la fois analytique et adaptative. Lesquels ont conclu que l'approche adaptative est la plus faible et la plus répandue dans le cas des espaces naturellement conditionnés. Car elle est la seule à fournir des températures intérieures de confort relatives au climat extérieur (By-Anju, 2013). Par conséquent, les modèles analytiques ne sont pas appropriés pour ce genre de construction vu leur incapacité à représenter la réalité du confort thermique dans les bâtiments.

C'est dans ce cadre, que nous employons l'approche adaptative, définie dans la norme ASHRAE 55-2010 dans l'analyse de cette sous-stratégie environnementale, sachant que les cas d'études choisis dans notre recherche sont ventilés naturellement.

- **Ventilation naturelle**

La ventilation naturelle est l'une des stratégies de refroidissement passives recommandées pour les régions chaudes et arides (Al-Hemiddi et Megren Al-Saud, 2001). Dans les zones désertiques, cette stratégie est utilisée pour conserver l'énergie en se basant sur des sources naturelles fiables, gratuites et disponibles en abondance (vent, différence de température) (Abdulbasit et al, 2015 ; Calautit et al, 2012). Egalement, elle vise à assurer une meilleure sensation de l'air frais à l'intérieur d'un bâtiment, tout en améliorant le confort thermique des habitants sans l'influence ou l'effet des dispositifs mécaniques. L'objectif principal de la ventilation naturelle est d'attendre des vitesses d'air élevées qui peuvent faire circuler l'air chaud stagné à l'intérieur et le remplacer par l'air frais entrant de l'extérieur. La stratégie de ventilation naturelle consiste, cependant, à l'intégration de quelques éco-techniques

traditionnelles comme des puits d'air (la cour, la terrasse et la véranda et des ouvertures, etc...), (Radha et al, 2016 ; Paul Wakawa et Halil Zafer, 2018). Il faut veiller sur l'emplacement de celles-ci dans des endroits stratégiques en fonction des conditions climatiques.

Plusieurs chercheurs ont réfléchi à analyser la stratégie de ventilation naturelle dans les bâtiments néo-vernaculaires qui intègrent la technique de la cour utilisée précédemment par nos ancêtres dans la ventilation des pièces de la maison. Parmi eux nous citons Wanga et Gan, dont les résultats ont révélé l'importance de l'utilisation d'une cour avec corniche de grande portée dans la conception des constructions efficaces. Cette technique donne de bonnes températures de confort à l'intérieur des espaces et surtout ceux qui sont ouverts directement sur la cour (Wanga et, 2016). Par la suite, le travail de Xiaodong dont le but principal vise à tester l'effet de l'application des techniques traditionnelles aux maisons contemporaines dans la réduction de la consommation d'énergie et la fourniture d'une haute qualité de ventilation naturelle aux maisons contemporaines. Les résultats de cette étude ont montré qu'un bon emplacement de la disposition de la cour peut améliorer l'utilisation de la ventilation naturelle en augmentant l'air frais pendant les étés chauds et en réduisant le vent froid en hiver (Xiaodong et al, 2018). Nous citons également la thèse de doctorat de Shaofu sur des maisons construites avec la combinaison des méthodes de construction traditionnelles aux nouvelles technologies de construction durables afin de prédire l'influence de cette technique sur la ventilation naturelle à l'intérieur des espaces.

A travers cette étude, le chercheur a pu constater le grand rôle joué par la cour dans la régularisation du microclimat durant la période la plus chaude de l'année (Shaofu, 2018). La plupart de ces études ont touché le paramètre caractérisant (visualisant) la ventilation naturelle qui est la vitesse de l'air, c'est dans ce cadre qu'on analysera cette stratégie de ventilation naturelle dans notre thèse.

Néanmoins, la vitesse de l'air est un paramètre de mesure de la ventilation naturelle d'un bâtiment qui influe directement sur les échanges de convection

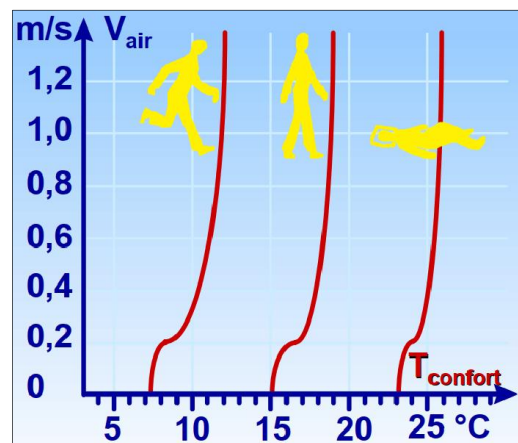


Figure 3. 12 : Diagramme des températures de confort variées en fonction des vitesses relatives de l'air.

Source : Liébard et De Herde, 2005.

et augmente l'évaporation à la surface de la peau. Généralement, les vitesses de l'air ne doivent pas dépasser les 0,2 m/s, sinon les habitats commencent à ressentir une gêne ou l'inconfort généré par les courants d'air (Liébard et De Herde, 2005) (Fig.3.12).

- **L'éclairage naturel**

Un bon éclairage doit garantir aux occupants du bâtiment des bonnes conditions pour qu'ils puissent nettement exercer leurs activités journalières le plus ordinairement possibles, en jouant un rôle important dans le bien-être, la santé et l'humeur de ceux-ci. Pour se faire, la stratégie environnementale de la contribution au bien-être de l'homme inclut aussi la sous-stratégie de l'éclairage naturel. Pour y parvenir efficacement, les concepteurs doivent réfléchir à l'intégration de certains dispositifs architecturaux (cour, moucharabieh, Machbak, etc...), (El Deeb et al, 2014 ; Bantanur et Bharathish , 2016 ; Mahlabani et Boushehri, 2017) et systèmes de contrôle mobiles (store, volet, etc...) de la lumière naturelle du jour. Ces systèmes ont pour but de capter les rayonnements solaires et assurer la pénétration suffisante de la lumière naturelle durant la journée puis la répartir d'une façon homogène sur les autres pièces de la construction, tout en évitant l'inconfort visuel. La fonction intelligente d'éclairage naturel est d'offrir aux usagers des espaces utilisables avec la possibilité de réduire les dépenses énergétiques consommées par l'éclairage artificiel (Belkacem, 2017).

Par ailleurs, la pénétration des rayonnements solaire à l'intérieur des espaces d'un bâtiment participe à la production des effets de lumière variée, non seulement, suivant les exigences extérieures (type de ciel, trouble atmosphérique, saison, heure du jour et dégagement du site) mais aussi en fonction de l'emplacement, l'orientation, l'inclinaison, la taille et le type des ouvertures (Liébard et De Herde, 2005 ; Xuan et al, 2014 ; Michael et al, 2017). Cependant, la taille d'ouverture détermine la quantité de lumière reçue, tandis que la position et la forme de celle-ci influencent immédiatement sur la diffusion et la répartition uniforme de la lumière dans les espaces situés à proximité de l'ouverture. La nature du revêtement des murs de pièces intervient également sur la réflexion de la lumière, dont les couleurs mates et claires sont les plus, efficacement réflecteurs. D'après Costanzo et al, la mesure de la stratégie d'éclairage naturel dépend des paramètres suivants (Costanzo et al, 2017) :

- ✓ L'éclairement : souvent correspond au rapport produit par le flux lumineux tombant sur une surface donnée et provenant directement ou indirectement d'une source lumineuse naturelle (rayon solaire) ou artificielle (lampes). Celui-ci est mesuré en lux, sur plusieurs

étapes et en plusieurs points pour obtenir une image claire de la manière dont la lumière du jour est exploitée dans un espace intérieur (Costanzo et al, 2017).

- ✓ Le facteur de lumière du jour (FLJ) exprimé en % : est une autre mesure populaire qui se définit comme le rapport de l'éclairement intérieur en un point donné d'une pièce à l'éclairement extérieur mesuré au même moment sur un plan horizontal non obstrué.

Dans notre travail, on optera pour la mesure du niveau d'éclairement qui est un simple et immédiat moyen déterminant de l'efficacité de la stratégie d'éclairage naturel.

3.3 Outils et méthodes d'aide à l'analyse des stratégies environnementales

Au cours du traitement des stratégies environnementales retenues, nous nous sommes aperçus que les outils d'analyse varient en fonction des paramètres de chaque sous-stratégie. Dans cette logique, on a décidé d'appliquer l'approche des méthodes mixte déterminée par Creswell (Creswell, 2009). Celle-ci donne la possibilité aux chercheurs de faire converger les données qualitatives à la fois et quantitatives afin de fournir une analyse complète du problème de recherche (Johnson et Onwuegbuzie, 2004 ; Takhar Lai et Ghorbani, 2015). Cependant, certaines sous-stratégies pourraient être examinées directement à travers des observations et des sorties sur terrain afin de décrire le phénomène architectural, comme le cas pour les sous-stratégies liées à la première stratégie environnementale. D'autres sous-stratégies de la première ainsi la deuxième stratégie exigeaient des lectures précises et des entretiens (interviews) auprès des ingénieries (maître d'ouvrage) ayant participé à la réalisation des cas d'études choisis dans notre recherche. Bien que l'analyse des paramètres du confort thermique, de la ventilation et de l'éclairage naturel nécessitent des enquêtes par questionnaire, des mesures in situ par différents appareils de mesure et des simulations numériques à l'aide du logiciel EnergyPlus (V9.1.0) (Fig.3.13).

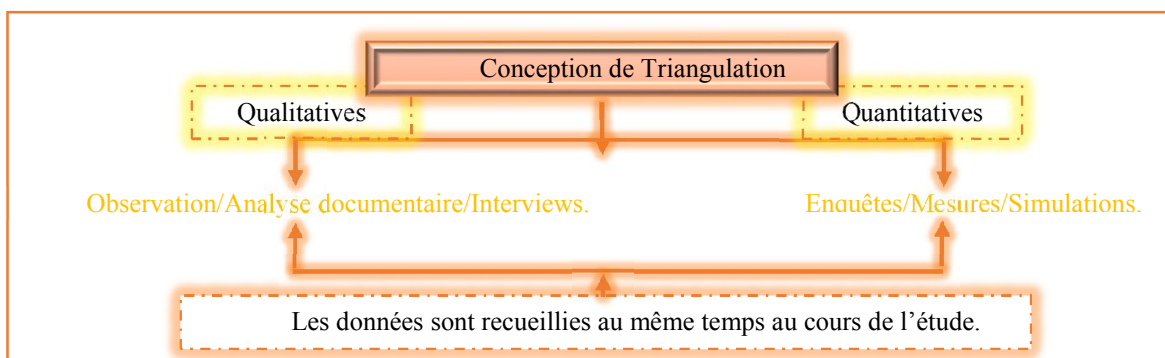


Figure 3. 13 : L'analyse des sous-stratégies environnementales par le biais des approches quantitatives et qualitatives.

Source : Auteur, 2019.

3.3.1 L'observation directe, une technique de collecte de données relatives aux processus architecturaux

La technique d'observation directe est considérée comme un outil efficace de capture intensive et systématique des données correspondant aux conditions d'apparition d'un phénomène ou un processus architectural aperçu. A cet égard, cette technique permet de générer et de saisir des informations rapides et utiles sur le contexte géographique, morphologique, topographique et même physique, ceci sur la base d'un suivi attentif du phénomène étudié ou bien analysé, sans volonté de le modifier (Annalisa, 2014 ; Chicaro Jimenez, 2017).

Dans le domaine de la pratique architecturale, l'observation directive sollicite un observateur bien formé dans la spécialité d'étude. Cependant, l'observateur ne peut pas simplement suivre son regard, étant donné que tout observateur peut être submergé par la complexité de la situation au point que l'approche devient aléatoire et perd sa représentativité (Groat et Wang, 2013). Un ensemble d'instructions très précises doivent aussi entreprendre sur les détails qui pourraient être observés, le temps suffisant pour observer le phénomène et les procédés utilisés dans l'enregistrement (notations, photos, audio, vidéos, textes, croquis) (Sriti, 2013) des données retirées sur le dispositif, la technique et l'élément architectonique observé.

Par conséquent, pour valider la fiabilité et l'exactitude des informations collectées sur terrain, il est préférable d'accompagner ces informations par d'autres données découlant de la mise en place d'autres outils tels que la lecture et la consultation des documents et ouvrages scientifiques ainsi des entretiens avec les experts et la communauté locale (Bouchon, 2009).

3.3.2 L'entretien / interview : du recueil de l'information à la conceptualisation de l'idée

L'entretien ou bien l'interview est l'autre technique la plus fréquemment utilisée en apparence simple pour le recueil de données qualitatives en explorant les points de vue, les opinions et les sens attribués par des gens interviewés sur un phénomène spécifique (Gauthier, 2009). L'application de cet outil nécessite notamment de maîtriser les cadres épistémologiques auxquels se réfèrent les entretiens qu'ils soient directifs, semi-directifs ou non directifs. Dans une analyse d'un projet d'architecture, l'emploi de la technique

d'entretien semi- directif est très utile pour comprendre de façon détaillée les différentes parties du projet. En effet, la spécificité de cette technique est la construction de questions ouvertes (Lefevre, 2010) en facilitant la discussion et en exhortant l'interlocuteur à donner des réponses claires, riches et profondes.

Dans le cas de notre recherche, les questions guident l'entretien semi-directif se faisant avec les professionnels de la conception et de la construction (architectes, ingénieries et maçons) qui ont participé dans l'opération de la construction du projet et qui connaissent bien les différentes options constructives existantes et mise en œuvre par l'entreprise de réalisation. Ces questions ont pour objectif de récolter le maximum d'informations sur les matériaux utilisés dans l'accomplissement de ce projet, incluant aussi bien les techniques que les processus de construction de ceux-ci.

3.3.3 L'enquête par questionnaire, un moyen efficace associé à la recherche participative et quantitative

La méthode d'enquête associée à la recherche quantitative est la plus omniprésente et la plus établie depuis longtemps par les chercheurs dans des domaines différents que la méthode de sondage. Dans cette méthode les chercheurs se basent sur la tactique de questionnaire structuré (Babbie, 1990). A cet égard, Ils l'adaptent couramment pour poser des questions variées en couvrant un éventail de variables de recherche, dont le rôle se réduit essentiellement à obtenir le maximum de réponses traduisibles en données quantifiables permettant la clarification du problème et des objectifs de recherche.

Mukherjee révèle que les données récoltées par la méthode d'enquête dépendante, d'un côté, de la capacité des chercheurs à formuler des questions directes et précises et d'un autre côté, de la présélection des variables à tester (Mukherjee, 1993 ; Annalisa, 2014). Cependant, l'acquisition des informations s'effectue par la distribution d'une série de questions à réponse fermée ou semi-fermée à partir d'un échantillon déterminant le nombre exact ainsi que le type des personnes contribuant à celui-ci (Tremblay, 1968). Egalement, il est simplement recommandé d'inclure plusieurs participants afin d'éviter des erreurs relevant de la subjectivité des réponses.

En conséquence, l'échantillon de notre enquête a été testé plusieurs fois avec les habitants des logements choisis (les 50 logements duplex à M'Sila, les 19 logements de Siddi Abbaz à Ghardaïa) afin de comprendre le processus que nous souhaitons suivre pour collecter les

informations nécessaires et qui répondent le mieux aux objectifs définis dans la problématique.

3.3.4 L'importance des logiciels de statistiques et de représentation graphiques dans le traitement des données

Les logiciels numériques de traitement des informations (statique et graphique) sont puissants, nombreux et les plus accessibles à toute recherche à caractère quantitatif (empirique), où les données traitées sont des chiffres. Ces logiciels figurent généralement les points clés à partir desquels n'importe quelle recherche peut évoluer et développer les variables méthodologiques. En effet, les logiciels d'analyse de données statiques ont démontré leur efficacité et rapidité dans l'identification des corrélations entre les différentes variables de la méthodologie de recherche. L'analyse inférentielle répond aux questions et conclue les décisions à partir des données (Bendjemila, 2018), en permettant ainsi aux chercheurs de mener des tests statistiques (Freund et al, 2012). En outre, les autres outils de représentation graphique jouent un rôle important dans la clarification de la lecture des résultats d'étude. Cependant, seuls les logiciels utilisés dans notre recherche sont abordés. Pour mener à bien notre recherche nous avons choisi des logiciels disponibles et accessibles pour le traitement et la représentation de nos résultats, à savoir : le logiciel EXCEL et le logiciel OriginPro 8.

- EXCEL (VBA) : un logiciel d'analyse et d'agrégation des statistiques

L'Excel est un outil de calcul et de traitement des variables quantifiables développé par l'éditeur Microsoft. Le logiciel Excel utilise souvent le langage VBA (Visual Basic for Applications). Cette application est très utile pour les chercheurs qui ont besoin de traiter beaucoup de données sous forme des graphes (exemple : histogrammes 2D et 3D, Barres 2D et 3D et Secteurs 2D et 3D, etc..) tout en facilitant ainsi l'exportation de la feuille de calcul et de représentation graphique vers un fichier Word.

Dans notre recherche, nous avons fait recours à cet outil d'analyse et d'agrégation statique numérique car il permet de faire le tri et gérer les données et d'intégrer et de croiser des variables qualitatives et quantitatives dans la même figure.

- **OriginPro 8 : un logiciel de traçage graphique des résultats quantitatifs menés par d'autres logiciels**

Origin est l'un des nombreux logiciels puissants qui ont été conçus spécifiquement pour répondre aux besoins des scientifiques et des ingénieurs en matière de représentation de données quantitatives et des résultats d'analyse. Ce logiciel a deux fonctionnalités capitales, à savoir les capacités de combiner des données, des notes et de tracer et d'ajuster des courbes dans un document structuré de manière flexible.

Par ailleurs, ce qui distingue Origin des autres outils, c'est la production des figures de qualité, la facilité de personnaliser et automatiser les tâches d'importation, d'analyse, de création de graphiques et de rapports de données. Selon le guide d'utilisateur Origin les personnalisations dans ce logiciel peuvent aller de simple modification jusqu'à un dessin de courbe avec la possibilité de les enregistrer en tant que « *modèle d'analyse graphique* » afin de les réutiliser ultérieurement dans l'analyse des autres données personnalisées (Origin, 2018). En outre, ce logiciel permet d'illustrer les applications d'Origin en conjonction avec des tableurs tels que Microsoft EXCEL (Tutorials, 2010) (Fig.3.14).

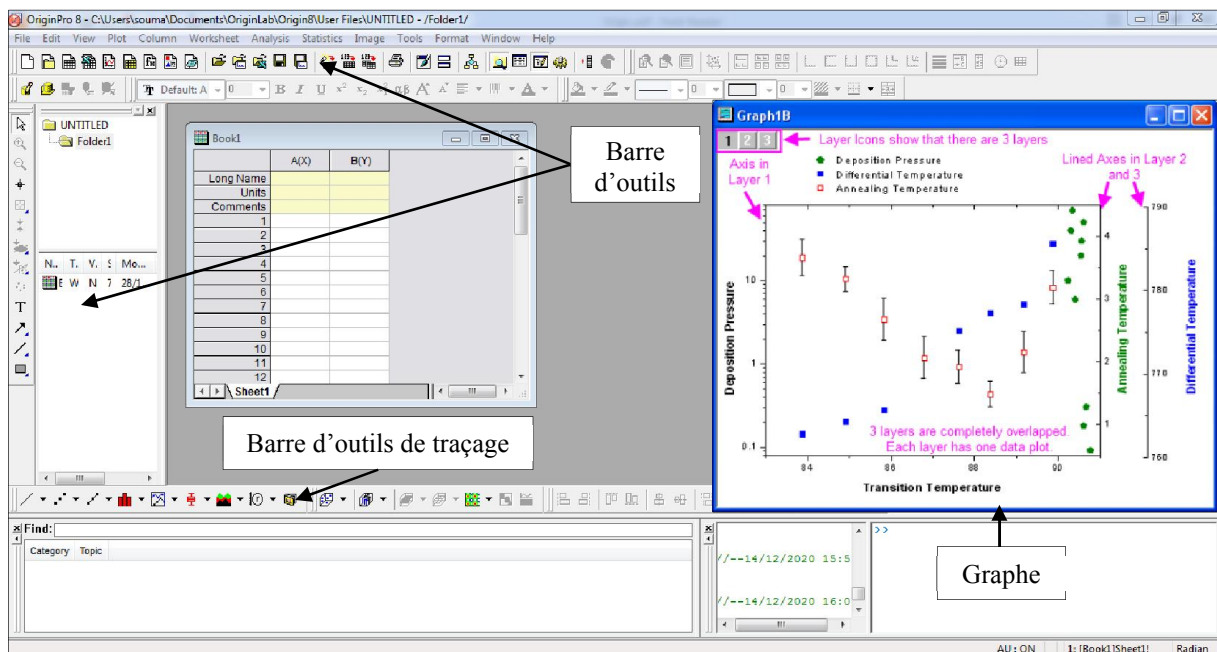


Figure 3. 14 : L'interface d'utilisateur du logiciel de traçage graphique "OriginPro 8" avec un simple exemple de représentation graphique.

Source: Auteur, d'après Getting Started Booklet, 2009.

3.3.5 Fonctionnalités et performances du logiciel de simulation thermodynamique « EnergyPlus V9.1.0 »

De nombreux outils de simulation ont été proposés aux acteurs du bâtiment afin de leur donner l'opportunité d'étudier le comportement thermodynamique des différentes zones dans une construction en régime dynamique. Parmi les plus répandus, nous avons « EnergyPlus », objet de simulation (Marc, 2010). Ce logiciel est disponible librement sur le site « EnergyPlus™ », développé et financé par le département de l'énergie des États-Unis en se basant sur les avantages de deux logiciels classiques (BLAST et DOE-2). Par ailleurs, le logiciel EnergyPlus est utilisé par de multiples chercheurs dans l'évaluation des configurations de conception requise dans leurs études (Ellis et al, 2016 ; Gorji Mahlabani et Mofrad Boushehri, 2017 ; Shaofu, 2018 ; Semahi et al, 2019 ; Rincón et al, 2019).

Dans notre travail, nous avons fait recours à ce logiciel puisqu'il s'avère plus adapté conformément aux objectifs de notre étude, étant donné qu'il a démontré sa performance et sa précision dans l'évaluation des paramètres thermiques à travers de nombreuses validations possibles. Il s'agit ainsi d'un outil de simulation thermique dynamique très pertinent avec un large éventail d'analyses de performances couvrant le confort thermique, le traitement de multizone, la gestion de la ventilation et le calcul d'éclairage naturel (Gorji Mahlabani et Mofrad Boushehri, 2017). Donc, il est capable d'aborder les paramètres quantitatifs de quelques sous-stratégies développées par notre méthodologie de recherche.

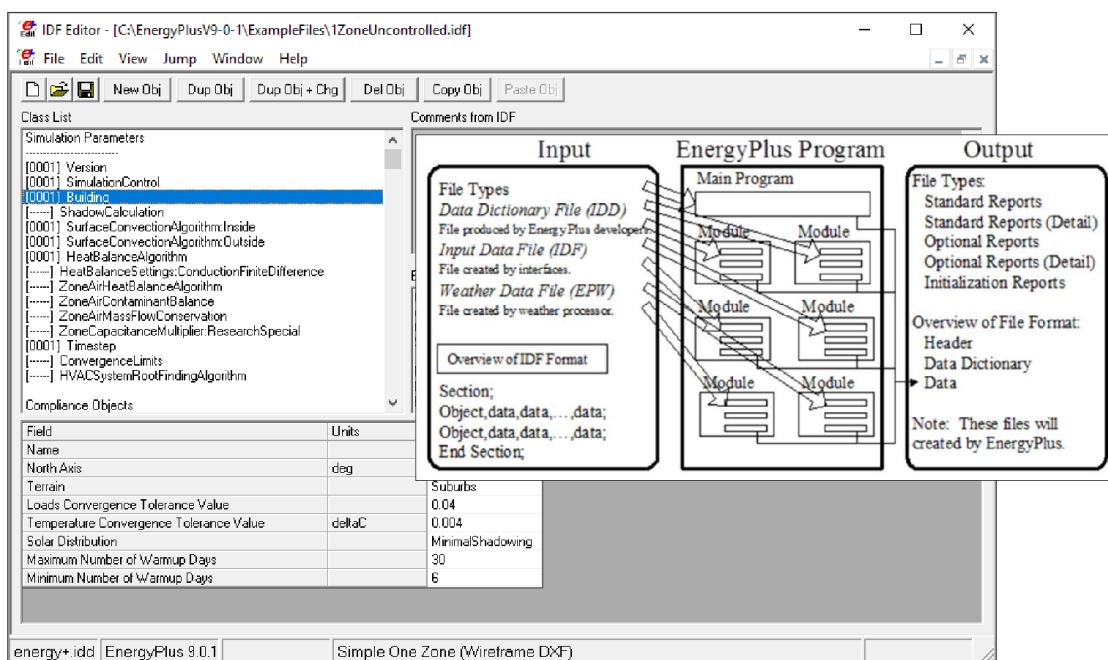


Figure 3. 15 : L'interface du logiciel EnergyPlus avec les différentes des entrées / sorties.

Source : EnergyPlus™ Version 9.1.0 Documentation, 2019.

La bibliothèque intégrée dans ce logiciel est uniquement adaptable pour les projets existants aux États-Unis. En revanche, la simulation numérique des projets existants dans d'autres pays avec ce logiciel exige la modélisation de ces derniers en 3D, en saisissant les différentes coordonnées géométriques de chaque zone et de chaque élément et système constructif. Ceci se fait à l'aide des interfaces de logiciels de CAO simplifié tel que Sketch-Up et AutoCAD, (Spitz, 2012) (Fig.3.15).

En effet, la simulation par ce logiciel prend en compte la plupart des paramètres affectant le bilan thermique, en particulier les propriétés thermo-physiques des matériaux de construction, comme : la densité, la conductivité thermique, la chaleur spécifique, absorbance thermique, absorbance solaire et absorbance visible (Fig.3.16). De plus, l'avantage de ce logiciel est qu'il nous permet d'intégrer les résultats produits dans les deux logiciels discutés ci-dessus (EXCEL/ OriginPro 8). Par conséquent, la version EnergyPlus que nous voulons utiliser dans notre étude est EnergyPlus V9.1.0.

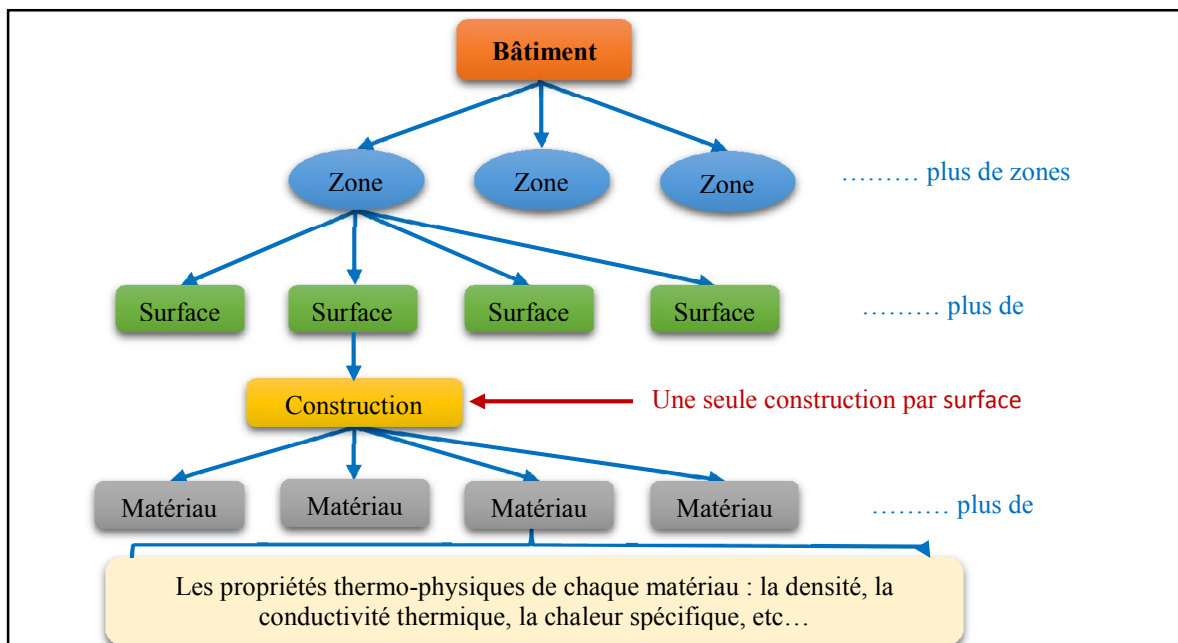


Figure 3. 16 : Les étapes de modélisations dans le logiciel.

Source : Auteur, 2019.

3.3.6 L'intégration des appareils de mesure in situ, un préalable pour des données fiables

Dans toute recherche ayant pour but l'étude de phénomènes physiques, le travail de terrain est le meilleur procédé à suivre pour avoir des données réelles et objectives du sujet traité. Dans cette optique, les études empiriques (sur terrain) s'effectuent généralement à travers des prises de mesures in situ sur des études de cas réels.

L'intégration des appareils de mesure in situ est la méthode la plus appliquée par les chercheurs dans des domaines différents du fait de son exactitude dans l'obtention des résultats fiables sur le phénomène étudié (Mazari, 2012 ; Buratti et al, 2013 ; Jindong, 2015 ; Labbouz, 2015 ; El-Darwish et Gomaa, 2017). Sauf que cette méthode présente un seul inconvénient résidant dans la difficulté d'isoler les paramètres pour établir des causalités.

Afin d'appliquer la méthode déterminée par notre recherche, nous faisons recours à ce type d'appareils pour mesurer certains paramètres relatifs aux sous-stratégies suivantes, le confort thermique, la ventilation et l'éclairage naturel. Pour se faire, l'analyse s'effectue en deux campagnes de mesure ; une première campagne concerne le niveau de satisfaction des habitants sur la température de l'air et l'humidité à l'intérieur des espaces des logements sélectionnés. Dans la seconde campagne, nous nous intéressons à l'interaction entre la cour / chebek et l'exploitation des ressources naturelles (vent, rayon solaire, lumière du jour), ceci en mesurant la vitesse de l'air et le niveau d'éclairement à l'intérieur des pièces situées proches de la cour / chebek.

3.4 La recherche par conception / pratique : une nouvelle approche de réinterprétation

La méthode de *recherche par conception* ou bien la *recherche par pratique* a été débütée la première fois en Australie par *Graeme Harper*¹ (Hockey, 2003). Ce type de recherche a été largement discuté et utilisé par plusieurs chercheurs dans des domaines différents. Candy a défini cette méthode, comme étant une enquête pratique et créative procédée dans le souci d'obtenir de nouvelles connaissances, en partie grâce au moyen de la pratique et aux résultats de cette pratique (Candy, 2006). Daniel souligne également que les résultats finaux, les recommandations et les connaissances acquises à travers le processus et l'analyse des conceptions peuvent être considérées comme des concepts principaux aidant les architectes, les ingénieurs et tous les spécialistes dans le domaine du bâtiment à trouver des solutions efficaces en cherchant à résoudre toutes les erreurs et les lacunes remarquées dans les constructions standards (Fallman, 2007).

Par ailleurs, il existe deux types de recherche liée à la conception / pratique, celle axée sur la conception / pratique et celle dirigée par la conception / pratique.

¹ Enseignant à l'université de Plymouth en Angleterre et très actif dans la promotion de la recherche par pratique.

3.4.1. Recherche axée sur la conception / pratique

Les recherches axées sur la pratique ou fondées sur la pratique sont utilisées généralement par des praticiens, des enseignants et des chercheurs en architecture, et dans le cadre du programme de recherche de doctorat (Scrivener, 2002). Les thèses de doctorat en architecture fondées sur la conception participent souvent dans la génération de nouvelles idées qui vont être intégrées dans la création des nouvelles conceptions plus améliorées. A cet effet, les revendications d'originalités et de contribution à la connaissance dans ce type de recherche se démontrent au moyen des résultats créatifs (plans, coupes, façades, 3ds max). Tandis que, les significations et les contextes des revendications sont décrits avec des textes afin d'obtenir une compréhension complète de ces résultats (Day, 2013).

3.4.2. La recherche dirigée par la conception / pratique

La recherche dirigée par la conception / la pratique met l'accent sur la nature de la pratique et fait progresser de nouvelles idées et perceptions ayant une importance opérationnelle pour cette pratique. Dans une thèse de doctorat en architecture, où la nature de la pratique est un sujet de recherche majeur et souvent menée par des architectes chercheurs plutôt que par des architectes professionnelles, les résultats peuvent être entièrement décrits sous forme de textes / recommandations sans l'inclusion des œuvres créatives (Candy, 2006).

C'est dans cette perspective que porte notre recherche dans laquelle nous sélectionnons deux cas d'étude de typologies et de contextes différents pour les réinterpréter avec les stratégies établies selon notre modèle de recherche, tout en exploitant l'approche de méthode mixte (qualitative / quantitative). En outre, la méthode de recherche par conception / pratique nous permettra de tirer des leçons sous forme de recommandations (mécanismes / orientation) pertinentes pour encourager les futurs concepteurs à développer de nouvelles constructions alliant à la fois le style vernaculaire algérien et contemporain et répondre aux besoins actuels en matière de logements (Fig.3.17).

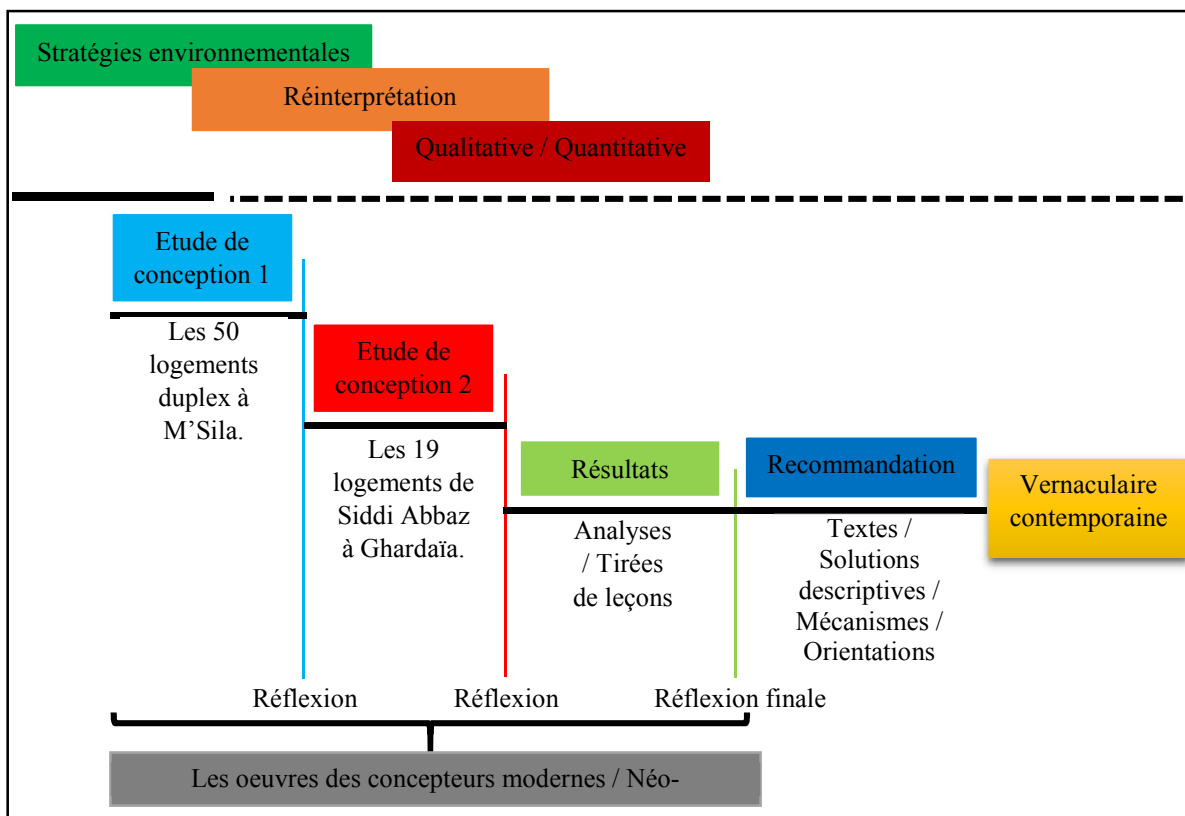


Figure 3. 17 : Schéma récapitulatif de la méthode de recherche dirigée par la conception / la pratique appliquée dans notre recherche.

Source : Auteur, 2019.

Conclusion

Les méthodes de réinterprétation utilisées par les chercheurs dans le domaine de l'architecture néo-vernaculaire et particulièrement celle qui touchent l'aspect environnemental sont multiples et diverses. Dans ce chapitre, nous évoquons les modèles exprimant les expériences scientifiques des chercheurs dans l'analyse des constructions néo-vernaculaires. Ces modèles s'illustrent à travers des stratégies environnementales efficaces, tout en levant le voile sur les points forts et faibles de ces derniers.

Par ailleurs, les résultats de l'étude des modèles ont été conclus par le développement d'une méthode fondée sur la combinaison entre les stratégies environnementales des modèles analysés, et donc répondre à notre première hypothèse. Egalement, le choix et la détermination de ces stratégies est lié tant à leur appartenance dans les trois méthodes analysées, qu'à leur importance dans la concrétisation des objectifs posés dans notre problématique.

Ainsi, notre méthode combinatoire est basée sur trois stratégies principales: i) respecter le site et profiter des ressources climatiques : dans cette situation, l'étude utilisera quatre sous-

stratégies (choix et l'intégration au site, organisation du site (extérieur/ intérieur), masse du bâtiment et l'orientation appropriée du bâtiment, ii) réduire l'impact environnemental : qui montre ce qui peut arriver si un bâtiment exploite les ressources renouvelables disponibles localement. Par connaissance, les matériaux extraits du site font partie du processus des ressources renouvelables, donc ils peuvent contribuer à protéger l'environnement immédiat. Les sous-stratégies associées à cette stratégie sont (concilier les matériaux locaux aux nouvelles technologies de construction, sources d'énergie renouvelable), iii) contribué au bien-être de l'homme : ces sous-stratégies sont variantes et traitent des questions de (confort thermique, ventilation naturelle, l'éclairage naturel).

Nous signalons que lors du traitement de ces sous-stratégies environnementales, nous avons constaté que leur application sur les cas d'études choisis nécessite un recours à l'approche des méthodes mixtes qui convergent les données ; qualitatives (l'observation, des lectures précises et des entretiens) quantitatives (au moyen des enquêtes par questionnaire des logiciels de statistiques et de simulation thermodynamique « EnergyPlus V9.1.0 » et instruments de mesure in situ). Par ailleurs, ce chapitre, nous a permis de mettre en œuvre une méthode de recherche dirigée par la conception / la pratique qui nous aidera à mener cette analyse qui sera consacrée à une présentation plus détaillée des cas d'études choisis pour la réinterprétation que l'on développera dans le chapitre suivant.

CHAPITRE IV : LE PARADIGME DE LA CONCEPTION NEO-VERNACULAIRE A TRAVERS LE CAS DES 50 LOGEMENTS DUPLEX D'EL MINIAWY A M'SILA ET DES 19 LOGEMENTS SIDI ABBAZ DE RAVEREAU A GHARDAÏA

Introduction

Si dans les chapitres I et II, nous avons distingué la relation entre le concept néo-vernaculaire et le vernaculaire contemporain, dans le chapitre III, nous avons développé un modèle d'analyse qui consiste en la combinaison des stratégies environnementales à travers les cas étudiés. Ainsi, à partir des informations et des données recueillies, le présent chapitre propose de tester et d'appliquer les différentes techniques discutées dans le chapitre consacré à la méthodologie de recherche en vue de vérifier les hypothèses émises. A cet effet, nous avons choisi comme terrain d'investigation deux logements de contextes différents ; celui des 50 logements duplex d'El Miniawy sous un climat semi-aride, qui se trouvent au plein centre de M'Sila, et celui des 19 logements de Sidi Abbaz d'André Ravéreau sous un climat aride, qui se situent à la périphérie de Ghardaïa. Etant faciles d'accès, les deux cas d'étude offrent la disponibilité des informations et documents graphiques, de même qu'ils n'ont jamais subi de modifications, que ce soit à l'intérieur ou bien au niveau des façades externes. Par ailleurs, nous précisons que ces logements présentent, effectivement, les plus importants projets réalisés par les architectes El Miniawy et André Ravéreau dans les villes en question. Aussi, nous subdivisons ce chapitre en trois sections. Dans la première section, il sera question des motivations qui ont conduit au choix arrêté des cas d'étude retenus qui seront suivis de leur localisation et de leurs contextes environnementaux dans lesquels ils s'insèrent. Par ailleurs, on traitera l'organisation spatiale, les conditions météorologiques des deux régions et les caractéristiques thermo-physiques des matériaux de construction constituant l'enveloppe des logements en question. La deuxième section, mènera une étude qualitative spécifique des stratégies liées au site, à l'exploitation des sources renouvelables et à la réduction des impacts environnementaux négatifs, cela en relation avec les objectifs de la recherche. Cette étude sera élaborée en se basant essentiellement sur des visites et observations directes, sur l'analyse de la revue de littérature et sur des interviews menées avec les architectes et les ingénieurs ayant participé dans la construction de ces logements. Quant à la troisième section, celle-ci sera focalisée sur l'étude quantitative du terrain d'investigation en recourant à des enquêtes sous forme d'un questionnaire distribué aux usagers afin de recueillir les informations nécessaires sur les attitudes et la satisfaction des

habitants des logements en question vis-à-vis du confort thermique et de la ventilation et l'éclairage naturel. Au début, nous expliquerons le protocole et le déroulement de l'enquête auprès des habitants, puis nous traiterons les données obtenues dans le but d'apporter des réponses susceptibles d'élucider notre problématique et confirmer ou infirmer nos hypothèses de recherche.

4.1 Deux contextes différents pour une réinterprétation des conceptions néo-vernaculaires par l'approche des méthodes mixtes

Afin de concrétiser l'objectif attendu de cette partie et appliquer notre méthode en grandeur, nous orientons notre recherche sur deux architectes distinctes par leurs grandeurs et leurs œuvres pragmatiques. Un cas d'étude (logement) pour chacun de ces deux architectes a été choisi. Il s'agit des 50 logements duplex d'El Maniawy se trouvant à M'Sila, et les 19 logements de Siddi Abbaz d'André Ravéreau se situant à Ghardaïa. Par ailleurs, ces deux logements n'ont pas été choisis hasardement, mais, de multiples critères et un ensemble de réflexions ont guidé notre choix pour ces typologies de bâtiments, à savoir :

- Dans un premier temps, et pour rendre notre travail original, nous avons choisi de réinterpréter les œuvres d'El Maniawy et d'André Ravéreau parce qu'on a constaté, à travers l'étude de littérature, que les œuvres de ceux-ci n'ont fait l'objet d'aucune recherche de doctorat, à l'opposé de projets de Roland Simounet et de Fernand Pouillon qui ont été analysés par plusieurs chercheurs. Aussi, ces deux architectes ont une importance historique particulière à l'échelle tant nationale qu'internationale et ils sont parmi les pionniers dans le domaine de l'architecture néo-vernaculaire.
- Dans un deuxième temps, nous avons choisi le secteur du logement en considérant celui-ci comme un objet architectural plutôt qu'un produit industriel standard. De plus le but de ce travail est de tirer les meilleures leçons qui peuvent améliorer l'architecture du logement en Algérie vue que les deux logements sélectionnés représentent les principaux projets des architectes dans ces régions.
- Dans un troisième temps, les deux logements en question ne se diffèrent pas tant par leurs enveloppes et leurs typologies, que par leurs contextes climatiques et environnements où celui de M'Sila ayant un climat semi-aride, alors que celui de Ghardaïa ayant un climat aride, ce qui nous permettra, d'ailleurs, d'apporter des réponses riches et appropriées à notre problématique.

- Dans un quatrième temps, l'accès facile aux informations et documents nécessaires grâce aux contacts directs avec l'architecte Hani El Maniawy et la fille d'André Ravéreau ainsi les architectes et les ingénieurs de M'Sila et de l'office de protection et de promotion de la vallée (OPVM) à Ghardaïa.

Cette première section vise à présenter et étudier les deux logements que nous avons choisis. Nous analysons profondément leurs contextes et environnements climatiques afin d'obtenir les informations nécessaires à l'application de notre méthode.

4.2 Les 50 logements duplex : présentation du logement choisi et du contexte climatique

Les 50 logements duplex des frères El Miniawy, ont été exécutés en 1979 dans le cadre d'un programme régional saharien d'architecture, d'urbanisme et de la recherche sur l'environnement, créé, financé et soutenu par le ministère d'intérieur (Koenig, 1980). Par ailleurs, ces logements se situent principalement au Nord-Est de la ville de M'Sila, réputés par leurs architectures très exceptionnelles, surtout en termes d'expression architecturale et de solutions technologiques (Fig.4.1).

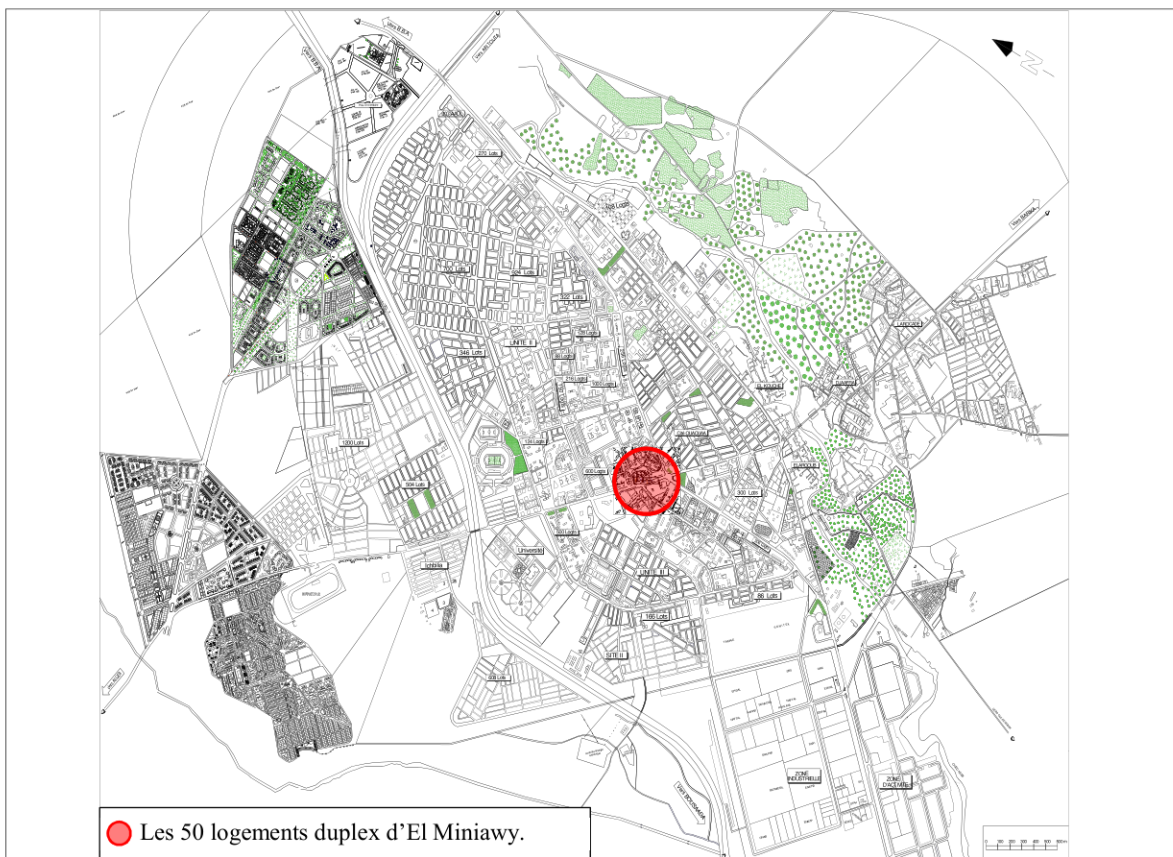


Figure 4. 1 : Situation des 50 logements duplex d'El Miniawy sur la commune de M'Sila.
Source : OPGI M'Sila, interprétation de l'auteur, 2019.

D'une typologie néo-vernaculaire, ces logements sont les premiers développés à M'Sila en donnant l'occasion aux habitants locaux de vivre dans des maisons modernes, tout en leur préservant l'aspect de la vie traditionnelle. Dans cette logique, la construction de l'enveloppe combine les matériaux de construction traditionnelle aux nouvelles techniques modernes à travers le BTS « *Béton de terre stabilisé* » (Koenig, 1980).

Cependant, l'idée fondamentale de la conception de ces bâtiments était d'adapter des solutions de construction permettant d'avoir des modèles de construction qui s'intègrent parfaitement à l'environnement local de M'Sila, tout en s'opposant à l'invasion des modèles étrangères et standards importés de contexte et des environnements différents au nôtre. Les créateurs ont également prêté attention à l'exploitation de certaines solutions constructives « la cour » observées dans les anciennes maisons de la région de M'Sila. Par conséquent, l'application extensive de toutes ces solutions et technologies constructives dans la réalisation de ces logements, les rendent intéressants pour le cas de cette étude.

A cet effet, un logement typique a été choisi pour l'étude, il s'agit d'un F 5 aménagé sur un plan de forme carrée et d'un volume cubique (Kersenna et al, 2021) (Fig.4.2).



Figure 4. 2 : Localisation du logement cas d'étude dans le plan de masse.

Source : Kersenna et al, interprétation de l'auteur, 2021.

4.2.1 Une organisation spatiale à l'image de la maison traditionnelle de M'Sila

Le logement duplex retenu se constitue de trois niveaux : i) un rez-de-chaussée étant exploité comme un espace d'activité journalière couvrant une cuisine annexée par une loggia, avec deux espaces polyvalents, un séjour et une salle à manger, ii) le 1^{er} étage rassemble plusieurs chambres de surface diversifiées, ainsi qu'une salle de bain et d'autres annexes, iii) un autre niveau intermédiaire qui a été ajouté pour placer la chambre d'amis, avec un accès direct depuis la porte d'entrée d'étage (Kersenna et al, 2021). Ces trois niveaux s'articulent autour d'une petite cour semi-ouverte reliée à la porte d'entrée principale et au séjour, en constituant également l'extension organique de ce dernier (Koenig, 1980) (Fig.4.3 et 4.4).

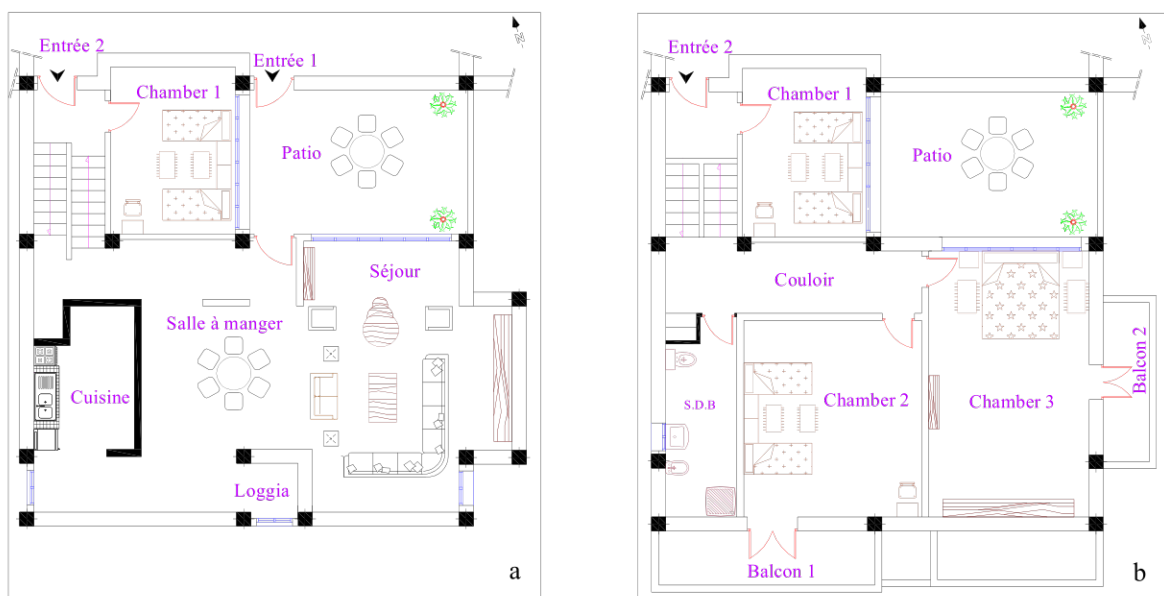


Figure 4. 3 : a-Plan du rez-de-chaussée du logement duplex sélectionné b-Plan du 1er étage du logement duplex sélectionné.

Source : Kersenna et al, interprétation de l'auteur, 2021.



Figure 4. 4 : Les façades du logement duplex sélectionné.

Source : Kersenna et al, interprétation de l'auteur, 2021.

4.2.2 Conditions climatologiques régnant sur la ville de M'Sila

La compréhension des variables et exigences climatiques et leurs diverses associations, représentent une source nécessaire pour la vérification de quelques stratégies de notre méthode. Dans ce contexte, le logement retenu pour l'étude de cas se trouve dans la région de M'Sila, qui se situe entre 35.67 de latitude nord et 4.50 de la longitude, la classant ainsi dans une zone semi-aride « *présaharienne* » (Kasbadji , 1999). Ce type de climat se caractérise généralement par des conditions climatiques très chaudes et sèches en période d'été (un faible pourcentage d'humidité relative 25% en mois de juillet et 65 en mois de décembre), tandis que l'hiver est très froid. En outre, les vents dominants soufflent dans la région de M'Sila sont : les vents du Nord fréquents pendant l'hiver (froid et sec), par contre ceux du Nord-Est sont bien répartis sur toute l'année. Ceux du Sud-Ouest ne soufflent qu'en été avec des rafles brûlantes.

La figure 4.5 montre le mois le plus froid (janvier) de la saison hivernale avec une température minimale de 6° C et avec des températures nocturnes allant jusqu'à 5° C. Alors que, le mois le plus chaud (juillet) de la saison estivale donne une température maximale de 40°C, avec des températures nocturnes allant de 20 à 24°C (Fig.4.5). Habituellement, la saison pluviométrique de grandes précipitations s'étale du mois de novembre au mois d'avril, et la saison sèche commence à partir du mois de mai jusqu'au mois d'aout (Fig.4.6).

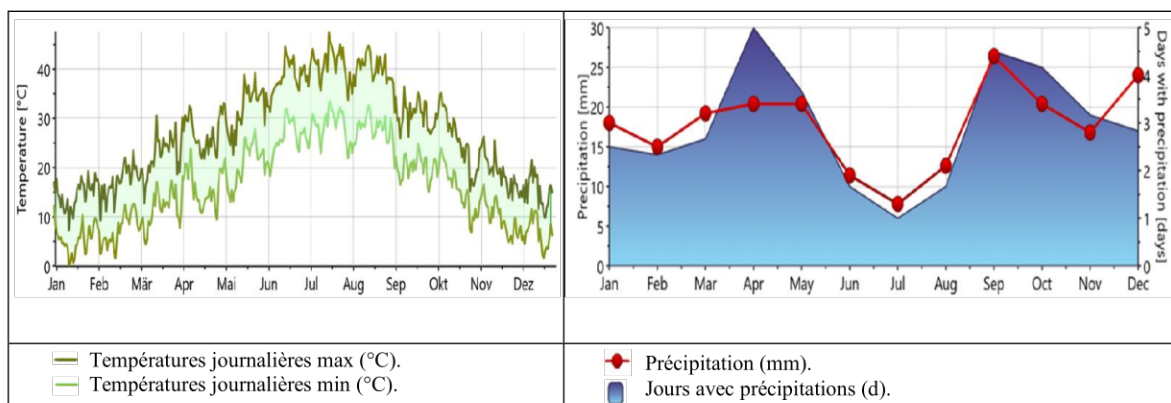


Figure 4. 5 : Graphe représente les températures maximales et minimales de la ville de M'Sila.
Source : Kersenna et al, <https://go.meteotest.ch/meteonorm-license>, 2021.

Figure 4. 6 : Graphe présente les quantités de précipitation par mois dans la ville de M'Sila.
Source : Kersenna et al, <https://go.meteotest.ch/meteonorm-license>, 2021.

Cependant, d'autres données climatiques nécessaires pour l'analyse ont été affichées dans l'annexe F ; telles que : la température de l'air, la température du point de rosée, la pression

de l'air, la direction et la vitesse du vent et la luminance globale (Kersenna et al, 2021). (selon les données de la station météorologique de la ville de M'Sila) (voir Annexe F).

4.2.3 Synthèse des caractéristiques thermo-physiques des matériaux de construction

Les matériaux de construction constituant l'enveloppe du logement duplex ont leurs importances pour la simulation des différents paramètres physiques des sous-stratégies incluant dans la stratégie du bien-être de l'homme. Selon les archives consultées au sein de l'APC de M'Sila ainsi que les interviews effectuées auprès des ingénieurs ayant participé aux travaux de réalisation de ce logement, de multiples matériaux ont été utilisés dans la construction de celui-ci dont, l'enduit ciment et granulat, enduit plâtre gâché serrée, béton de terre stabilisé, bois, béton et autres. Par conséquent, chacun de ces matériaux possède ses propres propriétés thermo-physiques, ceux-ci ont été décrits dans le tableau 4.1 sur la base de D.T.R algérien (Tab.4.1).

Tableau 4. 1 : Description des caractéristiques thermo-physiques des matériaux utilisés dans la construction du logement duplex étudié.

Matériaux	Epaisseurs [cm]	Masse Volumique [kg/m ³]	Conductivité Thermique [w/m.°C]	Chaleur Spécifique [J / kg.°C]
Enduit ciment et granulat.	3	2200	1,4	1080
Béton de terre stabilisé.	40-15	1892	0,762	936
Enduit plâtre gâché serrée.	2	1300	0.50	936
Béton.	15-4-10	2500	1,75	1080
Carrelage en granito.	1	2200	2,1	936
Bois.	5	500	0,14	1800
Vitrage.	1	2700	1,10	792

Source : Kersenna et al, Bounekraf, 1997.

4.3 Les 19 logements de Siddi Abbaz : présentation du logement choisi et du contexte climatique

Les 19 logements économiques de Siddi Abbaz ont été réalisés en 1976 dans le cadre d'un programme vaste de 260 habitations² conçues par André Ravéreau à la suite d'un long processus de synthèse et d'évaluation des anciennes maisons de la vallée du M'Zab³ (Alam Al Bena'a). De même, ce programme est soutenu par l'établissement régional saharien

2 Les dix-neuf logements économiques de Siddi Abbaz font partie d'un groupe plus important de 260 unités prévu dans le plan général établi pour la vallée, dont les 241 logements restés étaient construits après le départ d'André Rvéreau de « ERASAUREE ».

3 Les anciennes maisons ont été analysées et étudiées au moment de la production du plan directeur de la vallée du M'Zab en 1964 par André Ravéreau.

d'architecture, d'urbanisme et de la recherche sur l'environnement « ERASAUREE », et par le ministère de l'intérieur.

Toutefois, les logements de Siddi Abbaz sont les premiers logements collectifs d'une typologie néo-vernaculaire à faible revenus fondés en dehors des ksour en prenant en compte quelques aspects égologiques de l'architecture mozabite, dont l'objet est d'établir un certain équilibre et une harmonie entre les habitations, l'environnement local et les anciens ksour (El-Wakil, 2013).

Aussi, ces dix-neuf constructions s'implantent sur une colline rocheuse à l'Est de Ghardaïa, au cœur de la vallée de M'Zab en profitant d'un meilleur panorama sur les anciens ksour (Baudouï, Potié, 2003). A l'est du site, il y a la ville de Ghardaïa, à l'ouest les palmeraies et le ksar de Bounoura et au sud se trouve le ksar de Béni-Isguen et de Tafilalte (Fig.4.7).

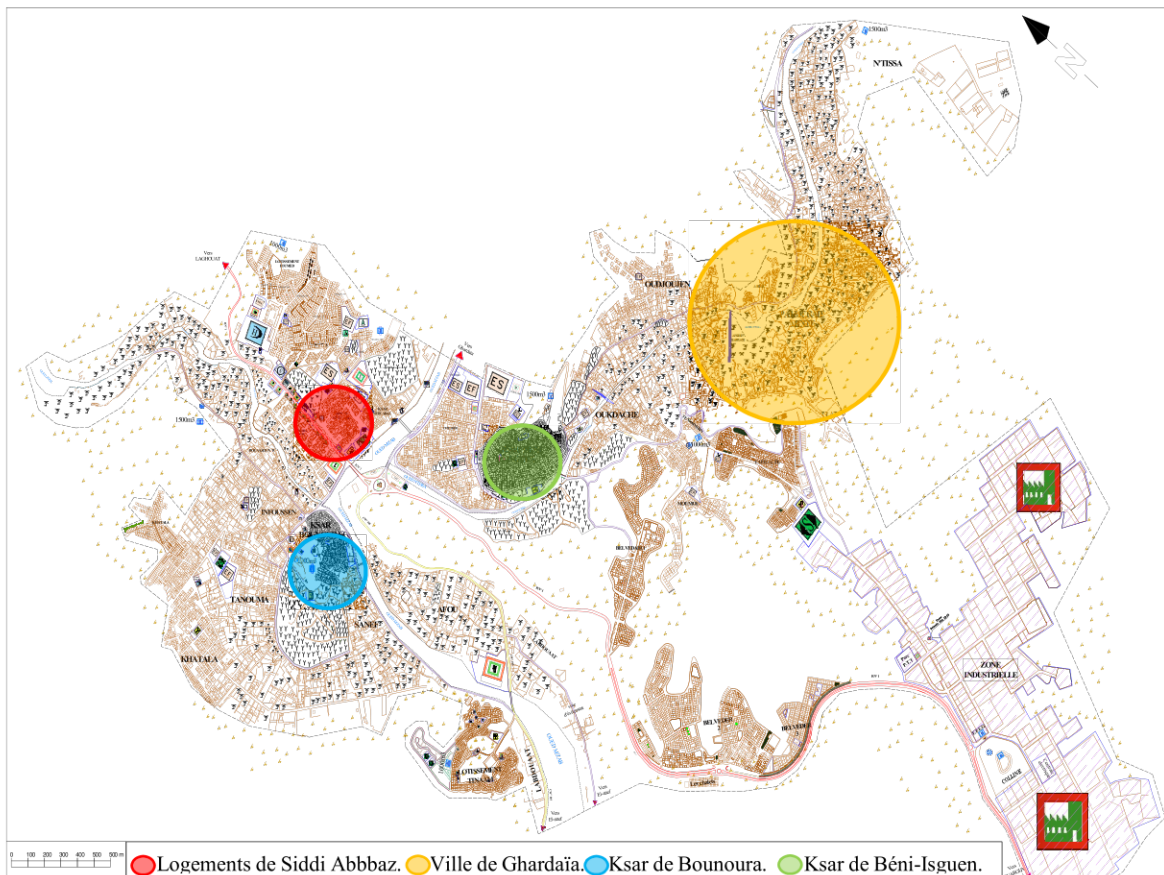


Figure 4. 7 : Situation des 19 logements sur la commune de Ghardaïa.

Source : OPGI Ghardaïa, interprétation de l'auteur, 2020.

4.3.1 Concevoir l'habitat comme une grande maison mozabite

Un logement a été choisi au hasard pour tester notre méthode, celui-ci est du type F3 et étalé sur deux niveaux : i) le rez-de-chaussée est facilement accessible à partir de la porte d'entrée principale, il est conçu de façon à fournir un espace de vie agréable durant la journée. On y trouve le séjour avec une ouverture dans le plafond pour la ventilation naturelle et un petit salon adjacent et une chambre des parents, ii) le niveau supérieur regroupe la chambre d'enfant, une salle de bain et une terrasse. Tandis que, la cuisine est placée à mi-niveau entre le salon et la terrasse avec une petite ouverture qui permet à la femme de servir à manger aux hommes et leurs invités. La cour se situe à l'extérieur à proximité de la porte d'entrée (Fig.4.8 ; 4.9 ; 4.10).



Figure 4. 8 : Localisation du logement envisagé sur le plan de 19 logements Sidi Abbaz.
Source : André Ravéreau© ADAGP, Paris. Association ALADAR, Les Amis D'André Ravéreau / <http://www.aladar-assoc.fr>.

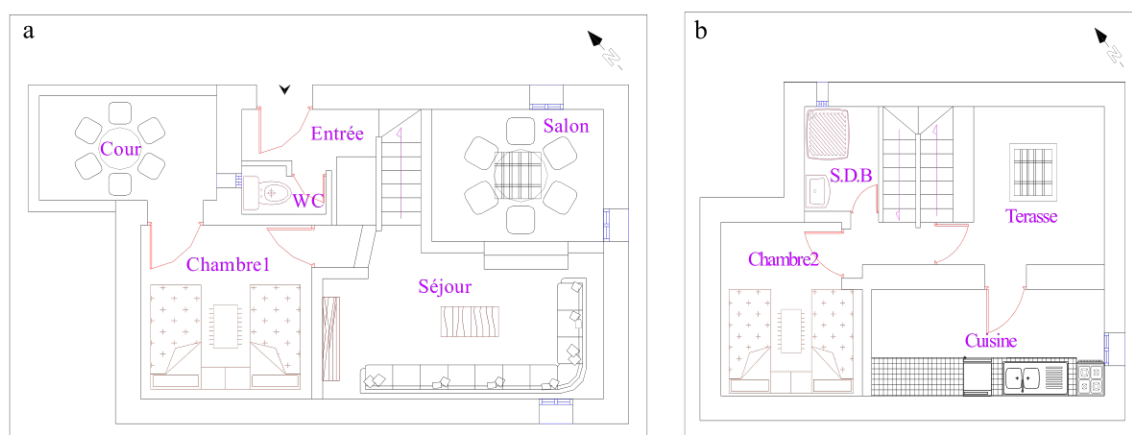


Figure 4. 9 : a-Plan du rez-de-chaussée, b- Plan du 1er étage, du logement d'étude de cas.
Source : Auteur, 2020.



Figure 4. 10 : a-Façade principale, b- Façade latérale gauche, du logement d'étude de cas.

Source : Auteur,2020.

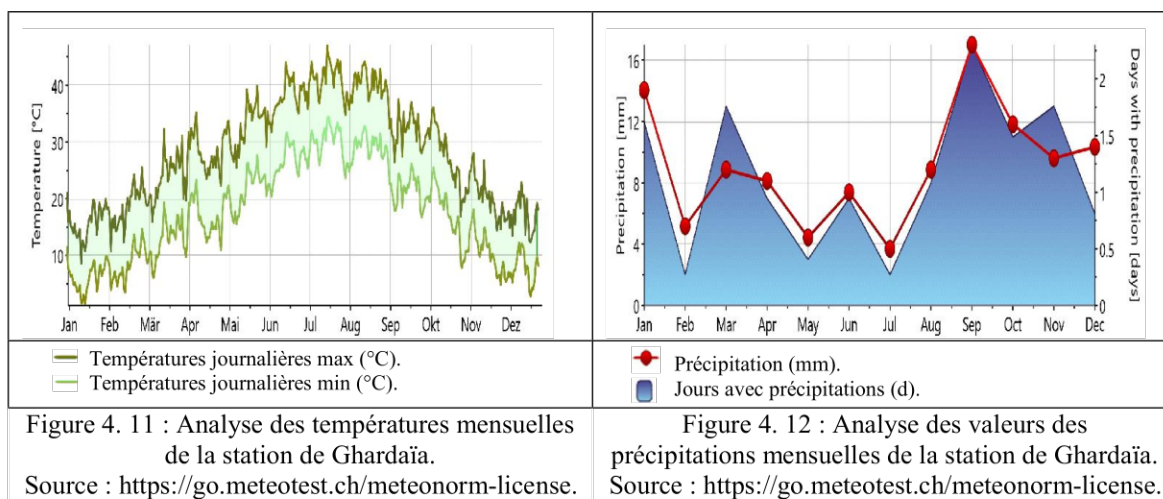
4.3.2 Climat, Vents et température, contexte bioclimatique de la ville de Ghardaïa

En raison de son emplacement, la ville de Ghardaïa⁴ est sous l'influence d'un climat chaud et aride « *désertique* », lequel est caractérisé essentiellement par un été extrêmement chaud et un hiver modérément froid ainsi qu'un automne et un printemps agréables. Ces conditions climatiques rudes de la région de Ghardaïa se manifestant comme une source d'inconfort pour la population locale.

Le graphe suivant résume la distribution des températures journalières de cette ville sur toute l'année. Nous constatons que l'été est la saison caniculaire, celle-ci débute le mois de mai et dure jusqu'au mois de septembre, dont la température maximale diurne peut atteindre 46.2 °C au mois de juillet. Tandis que la température minimum peut atteindre 1.5 °C le mois de décembre (Fig.4.11). Couramment, l'humidité relative se situe entre 20% en mois de juillet et 53 % en mois de décembre.

Par ailleurs, la saison pluviométrique est caractérisée par la sécheresse conjuguée par des pluies faibles comprises entre le mois de septembre et le mois de janvier avec des valeurs moyennes sont de 50 mm à 70 mm (Mohammed, 2009) (Fig.4.12). Quant aux vents dominants sur Ghardaïa, ils ont deux directions différentes : ceux d'été viennent du Nord-est et sont secs et chauds. Alor que, ceux d'hiver soufflent du Nord-ouest et sont froids et humides (voir Annexe G).

⁴ La ville de Ghardaïa se situe entre 32.40 de latitude nord et 3.80 de la longitude est.



4.3.3 Synthèse des caractéristiques thermo-physiques des matériaux de construction

Dans cette section on décrira les caractéristiques thermo-physiques des matériaux de construction constituant l'enveloppe du logement retenu (Tab.4.2).

Tableau 4.2 : Principales caractéristiques des thermo-physiques des matériaux constituant l'enveloppe du logement.

Matériaux	Epaisseurs [cm]	Masse Volumique [kg/m ³]	Conductivité Thermique [w/m.°C]	Chaleur Spécifique [J / kg.°C]
Terre cuite	5	2000	1,15	936
Enduit ciment et granulat.	3	2200	1,4	1080
Parpaing de ciment	20-10	900	0,95	1080
La pierre	40-20	2580	2,4	936
Mortier de chaux	2	1800	0,87	1080
Fer	4	7870	72	468
Dalle de compression	20	2500	1,75	1080
Liège	3	500	0,1	1512
Bois.	5	500	0,14	1800
Vitrage.	1	2700	1,10	792
Carrelage en granito.	1	2200	2,1	936

Source : www.energieplus-lesite.be/, Bounekraf, 1997.

4.4 Etude qualitative basées sur les stratégies liées au site et l'exploitation des sources renouvelables

Dans cette section, nous menons une étude qualitative des différentes sous-stratégies incluant dans les deux premières stratégies suivantes : respecter le site et profiter des ressources climatiques et réduire l'impact environnemental.

4.4.1 Respecter le site et profiter des ressources climatiques dans le cas du logement duplex et Sidi Abbaz

Dans cette première section nous allons fournir les résultats de l'étude qualitative menée sur les différentes sous-stratégies incluant dans la stratégie du respecter du site et du profit des ressources climatiques.

Par ailleurs, nous vous évoquons que les résultats de chaque sous-stratégie sont présentés séparément et selon l'ordre suivant : le choix et l'intégration au site, organisation du site (extérieur/ intérieur), masse du bâtiment, et orientation appropriée du bâtiment.

- Choix et intégration au site dans le cas du logement duplex et de Siddi Abbaz

Nous remarquons que le logement duplex est implanté sur un terrain plat et sans contour naturel. Egalement, nous constatons que les architectes El Miniawy ont bien réfléchi à une technique opérationnelle pour intégrer ce logement duplex dans l'environnement local de M'Sila. Cette technique permet au logement de tirer parti de la géographie, la morphologie et la topographie du site d'emplacement de ce dernier.



Figure 4. 13 : Logement duplex intégré dans l'environnement local du M'Sila.

Source : Kersenna et al, 2021.

En effet, nous mentionnons que la hauteur du gabarit du logement duplex, la typologie et la couleur du matériau utilisé pour le revêtement des murs des façades d'extérieurs assurent ainsi une meilleure intégration visuelle du logement dans son environnement immédiat (Kersenna et al, 2021) (Fig.4.13).

Concernant le cas du logement Siddi Abbaz à Ghardaïa, les sorties sur terrain et les observations personnelles nous permettent de déclarer que ce logement est construit sur une colline d'une pente très modérée en comparaison aux anciens ksour. En analysant le site nous comprendrons que Ravéreau a tenté de combiner plusieurs méthodes et techniques constructives ramenées du contexte local afin de remodeler un logement qui s'allait avec la nature très spécifique du site de Sidi Abbaz.

En observant, en outre, le logement Sidi Abbaz, nous constatons qu'André Ravéreau a réfléchi de s'éloigner de tous types d'étalement dans la hauteur et la largeur en respectant les principes et les typologies des maisons mozabites ainsi le code d'urbanisme de la wilaya de Ghardaïa. Par ailleurs, nous trouvons les textures et les peintures choisies par Ravéreau bien adoptées aux conditions environnementales de cette région ainsi aux anciennes constructions des Ksour (Fig.4.14).



Figure 4. 14 : Logement Siddi Abbaz intégré dans le contexte du site Siddi Abbaz.
Source : Auteur, 2020.

- **Organisation du site et relation extérieure / intérieure dans le cadre des logements cas d'étude**

Nous distinguons que l'aménagement du plan de masse du logement duplex a été conçu selon le principe de la hiérarchisation des besoins. A cet effet, nous déclarons que les architectes El Miniawy ont placé les espaces publics (parkings, détente et aire de jeu) en premier lieu et dans les abords du terrain. Tandis que, la transition entre les espaces et l'environnement interne et externe est assurée par le recours aux techniques traditionnelles telles que les cours, les passages couverts intégrés entre les bâtiments (Kersenna et al, 2021) (Fig.4.15).

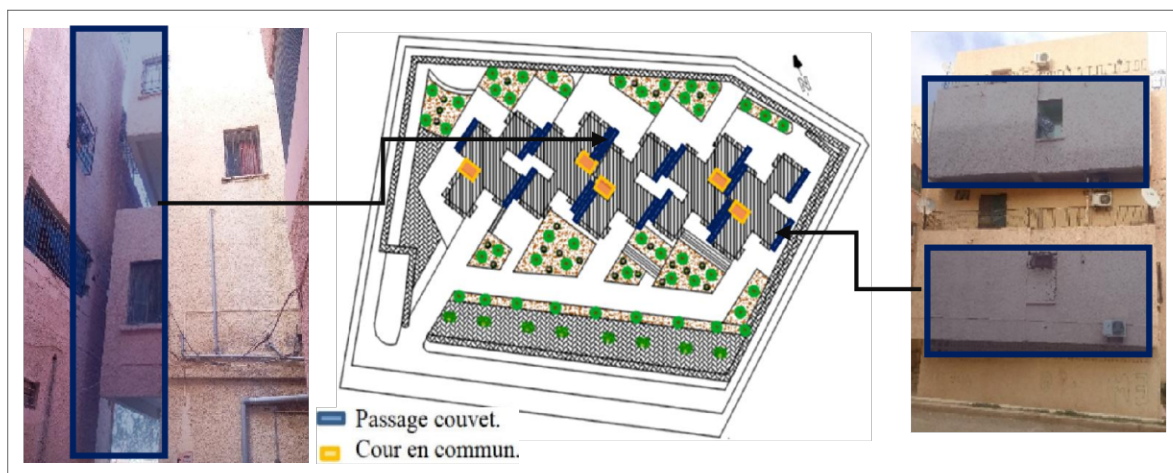


Figure 4. 15 : Organisation du plan de masse du logement duplex selon le principe de hiérarchisation des besoins.

Source : Kersenna et al, 2021.

Relativement à l'organisation du plan de masse du logement Siddi Abbaz, nous révélerons que l'architecte André Ravéreau a inspiré cette dernière du principe organisationnel et urbain des anciens ksour entourant le site de Siddi Abbaz ; à savoir le ksar de Bounoura et de Béni-Isguen.

En visitant le total des 19 logements nous découvrons que l'architecte a appliqué certains dispositifs écologiques, cela que ce soit au niveau urbain ou bien architectural (Fig.4.16) :

- Au niveau urbain : nous avons observé que quelques chambres situées au premier étage des logements Siddi Abbaz s'étendent sur la rue sous forme d'un porte-à-faux dont le but de fournir aux habitants et aux passagers des passages couverts et ombragés.
- Au niveau architectural : la conception des terrasses ouvertes au niveau du premier étage pour lier les espaces d'intérieurs à ceux de l'extérieur et créer certaines ambiances à l'intérieur du logement.

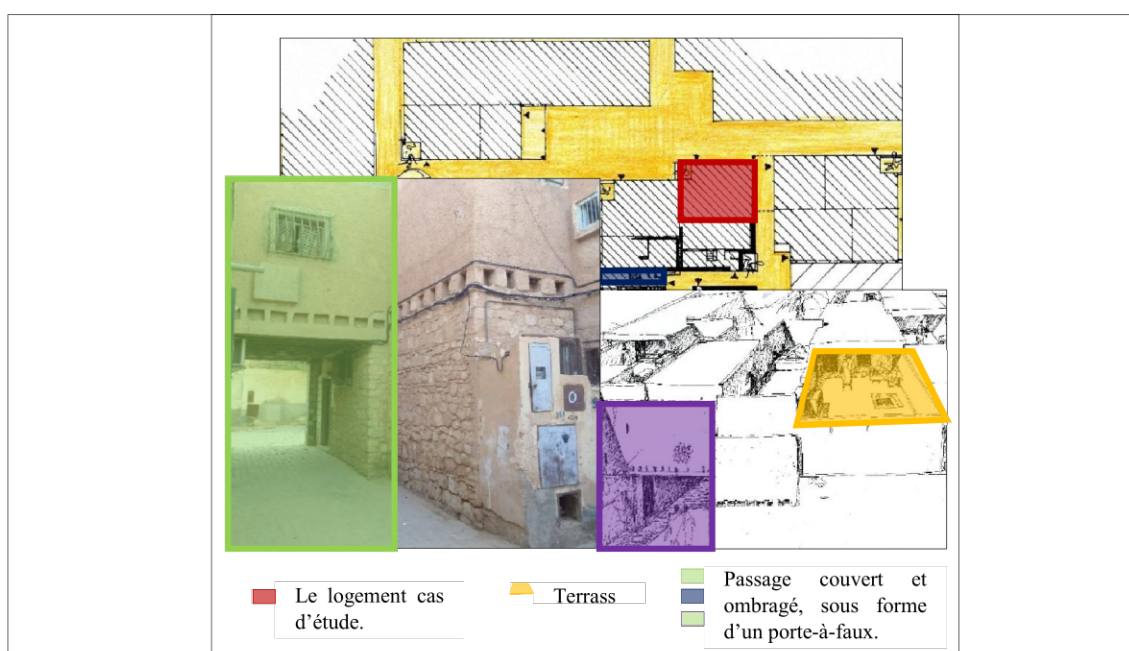


Figure 4. 16 : Images démontrent l'organisation du plan de masse du logement Siddi Abbaz et les principaux dispositifs appliqués par l'architecte à l'échelle urbaine et architecturale.

Source : Auteur d'après André Ravéreau© ADAGP, Paris.

Association ALADAR, les Amis D'André Ravéreau / <http://www.aladar-assoc.fr>, 2020.

- **Dispositifs appliqués par El Miniawy et André Ravéreau pour assurer la masse des logements duplex et Siddi Abbaz**

A travers l'analyse de littérature et les observations menées par moi-même sur le site d'intervention, j'ai compris que l'idée de conception du logement duplex a été réfléchié par les frères El-Miniawy d'une façon intelligente et durable. A cet égard, nous pouvons

constater que le but principal derrière ces idées conceptuelles est de faire adapter les logements duplex aux exigences climatiques et environnementales de la région de M'Sila (Bellal, 2010).

Par ailleurs, les architectes El Miniawy ont basé leurs théories de conception sur l'exploitation des matériaux disponibles sur le site. De plus, ils ont pensé à réduire la taille et à minimiser le nombre des ouvertures placées au niveau des façades extérieures. En conséquence, tous ces principes constructifs ont été appliqués dans l'espoir de limiter les apports solaires et protéger les espaces intérieurs du climat rigoureux d'hiver et d'été de la ville de M'Sila (Kersenna et al, 2021) (Fig.4.17).

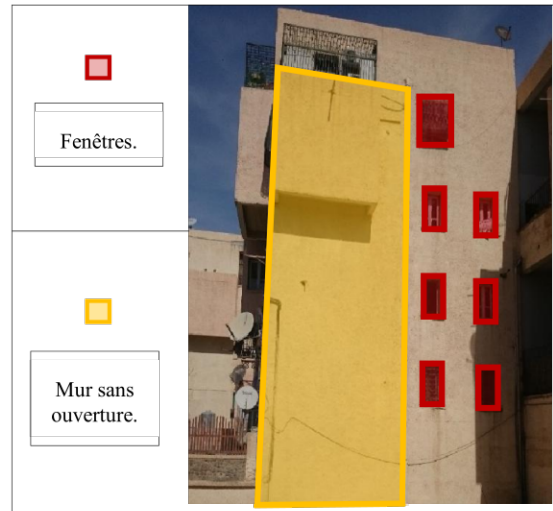


Figure 4. 17 : Illustration de la taille et du nombre des ouvertures percées par les frères El Miniawy sur les façades des logements duplex.

Source : Kersenna et al, 2021.

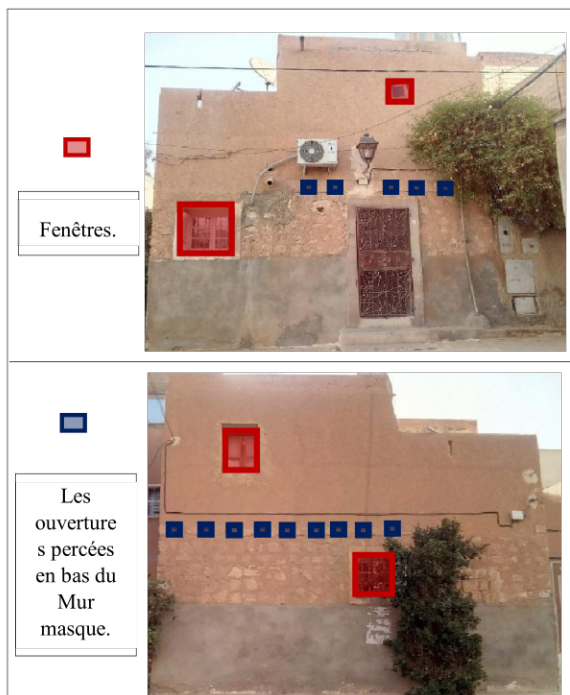


Figure 4. 18 : Illustration des solutions constructives développées par Ravéreau dans le logement Siddi Abbaz.

Source : Auteur, 2020.

Concernant le cas du logement Siddi Abbaz construit par André Rvéreau dans la ville de Ghardaïa, les critiques lancés de l'examinassions des recherches précédentes ainsi les observations et les jugements personnels effectués lors des sorties sur le terrain, nous permettrons d'affirmer que Rvéreau a réussi à concevoir un logement qui s'adapte parfaitement avec le climat rigueur de Ghardaïa. En développant les solutions constructives suivantes (Fig.4.18) :

- Les fenêtres percées dans les façades extérieures ne dépassent pas l'un mètre carré.

- L'intégration des petites ouvertures de 20 cm en bas des murs du premier étage (mur masque) afin de provoquer la ventilation naturelle.

- La combinaison des matériaux locaux aux nouvelles techniques de construction moderne.
- **Détermination de l'orientation appropriée du bâtiment dans le cas du logement duplex et Siddi Abbaz**

Nous examinons que l'orientation Nord-Sud, décidée par les architectes El Miniawy, est la plus adaptée au microclimat de la région de M'Sila. Grâce à cette orientation optimale les différentes pièces du logement duplex permettent un meilleur contrôle de la chaleur particulièrement en saison estivale. Par ailleurs, elle assure le confort et le bien-être des habitants en contribuant à régler la température ambiante de l'air interne, pendant la journée la plus froide et la plus chaude de l'année (Fig.4.19).

Par voie de conséquence, nous indiquons que la détermination et le choix de l'orientation appropriées des espaces du logement duplex fournissant des conditions de vie à l'ombre et confortables (Liébard, De Herde, 2005 ; Kersenna et al, 2021).

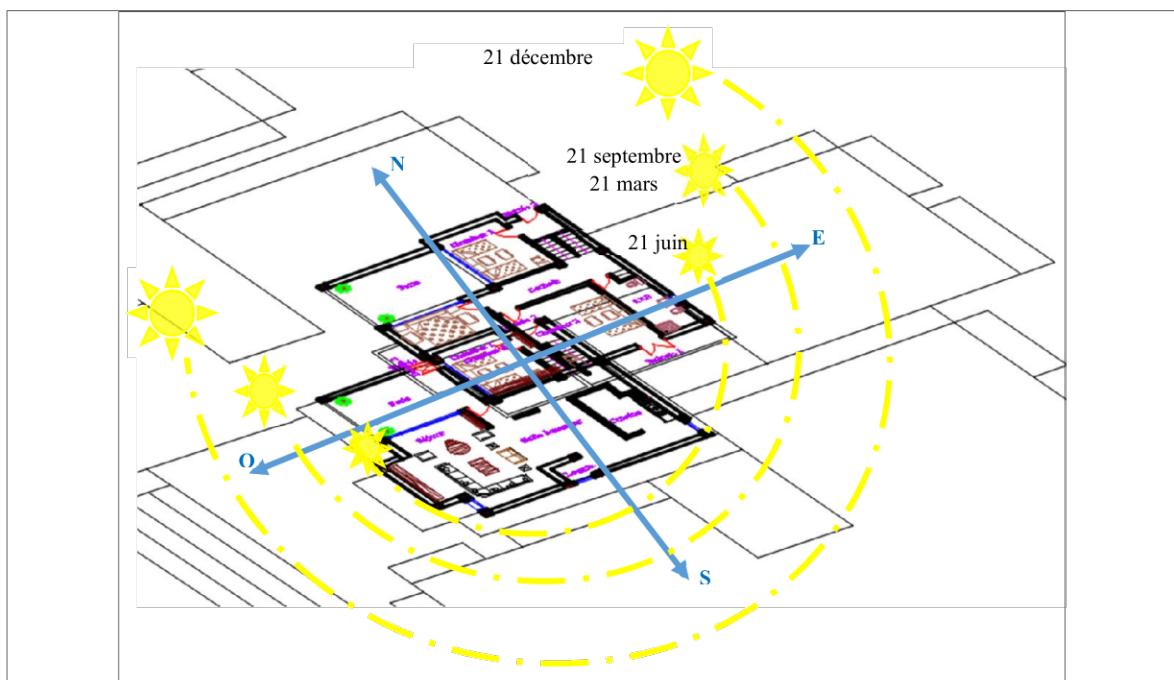


Figure 4. 19 : Orientation optimale du logement duplex déterminée par les frères El Miniawy.
Source : Kersenna et al, 2021.

Quant au logement Siddi Abbaz, Ravéreau a envisagé l'axe Nord-Est comme l'orientation qui semble être la plus adéquate aux caractéristiques climatiques dures de la région de Ghardaïa (Fig.4.20).

En outre, nous comparons l'emplacement des pièces du logement Siddi Abbaz à celles illustrées dans le livre « *Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique* » nous trouvons

que la plupart des espaces sont bien orientés. Ceci assure aux habitants de vivre dans des conditions confortables et saines à l'intérieur de leur logement.

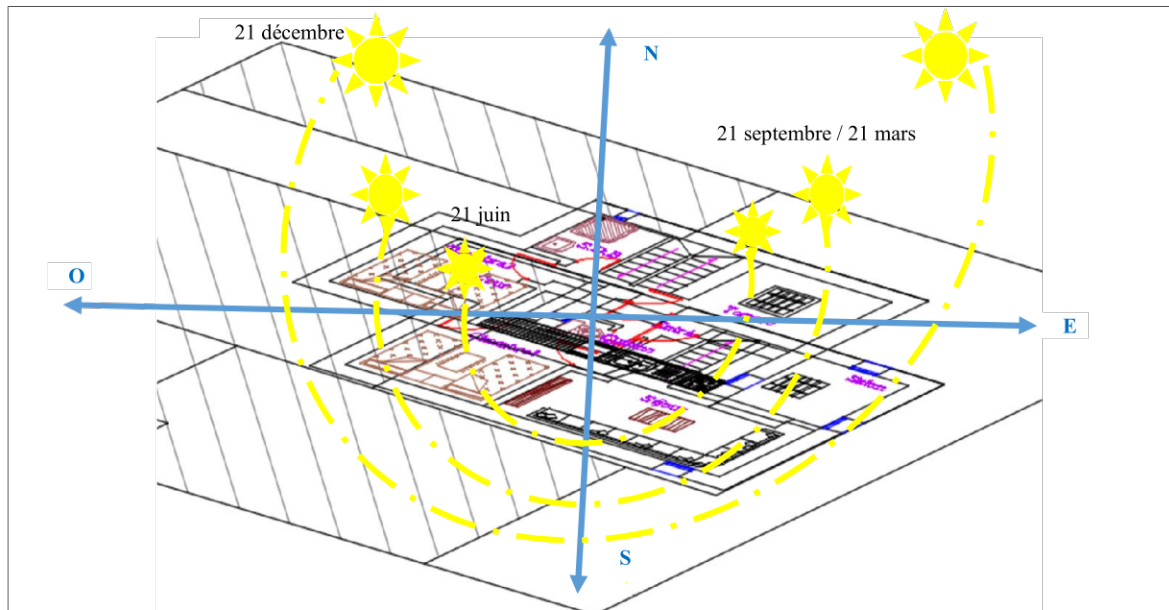


Figure 4. 20 : Orientation optimale du logement Siddi Abbaz décidée par André Ravéreau.

Source : Auteur, 2020

4.4.2 Etude des sous stratégies environnementales proposées par les architectes pour réduire l'impact environnemental

Cette deuxième section focalise sur l'étude des sous stratégies environnementales chapeautant la stratégie de la réduction des impacts environnementaux ; lesquelles sont : la conciliation des matériaux locaux aux nouvelles technologies de construction, exploitation des sources d'énergie renouvelables.

- **Conciliation des matériaux locaux aux nouvelles technologies de construction dans la construction des logements en question**

Nous relevons que le terrain choisi est de nature argileuse, favorisant ainsi la création d'un modèle local BTS. En effet, la combinaison de la terre et le sable au ciment et béton armé peut être qualifiée comme une technologie durable avancée (Derradji et al, 2013). D'une part la terre rappelle les techniques vernaculaires locales de la région qui participe dans la protection de l'environnement (Almusaed, Almsad, 2015). Et d'une autre part le ciment et le béton armé reflètent les avancées technologiques qui ne peuvent être, ni ignorées ni évitées (Punpairoj, 2013 ; Kersenna et al, 2021).

Par ailleurs, le logement duplex présente une structure en poteau-poutre en béton armé coulé manuellement sur le site. Des murs de 40 cm d'épaisseur en BTS, liés à la chaux de calcaire local, constituent l'enveloppe. Pour accroître les propriétés thermiques des murs extérieurs, une technique de revêtement est appliquée consistant en la combinaison d'enduit-ciment et de granulat. Certaines cloisons (épaisseur 15 cm) sont réalisées en BTS et d'autres en béton armé en guise de contreventements pour renforcer la structure du duplex. Quant au bois a été utilisé spécialement pour cadrer les portes et les fenêtres du logement duplex (Kersenna et al, 2021) (Fig.4.21).

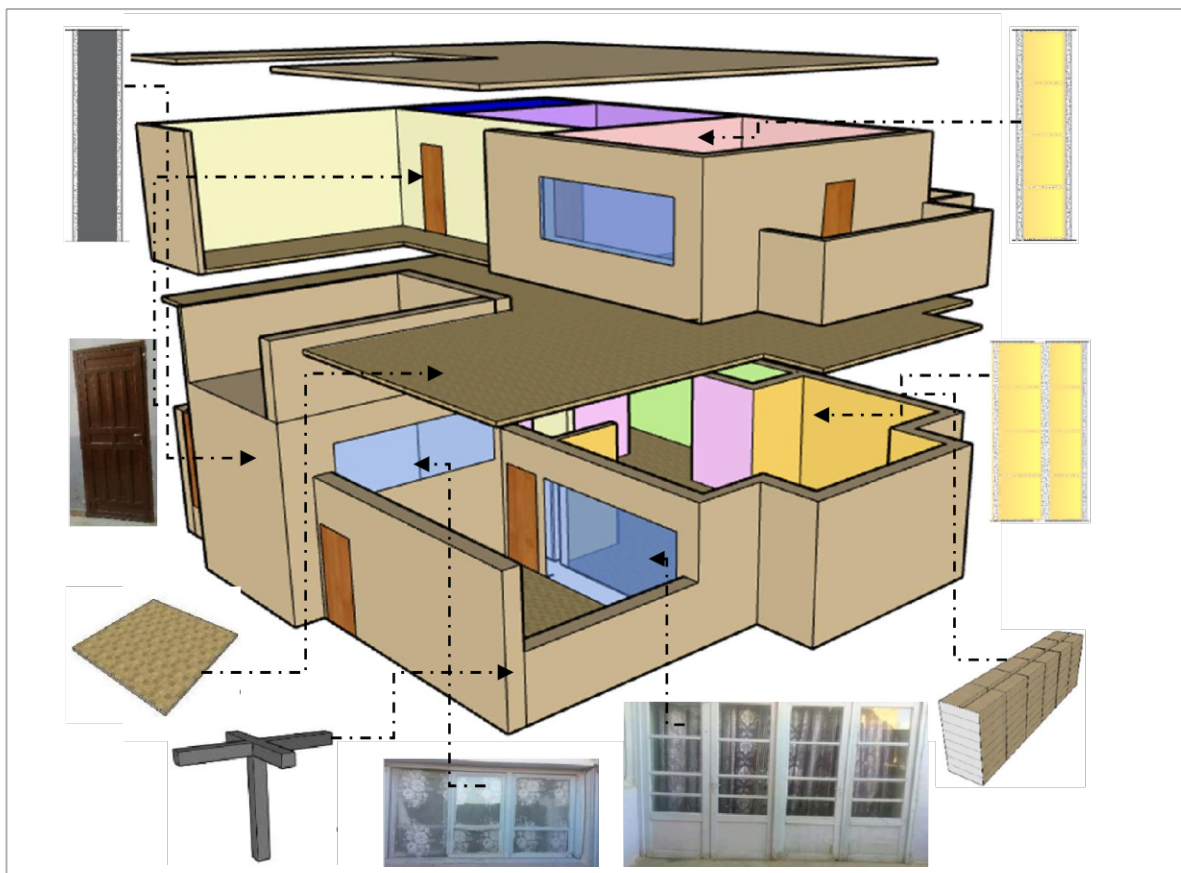


Figure 4. 21 : Matériaux et systèmes constructifs constituant l'enveloppe du logement duplex.

Source : Kersenna et al, 2021.

Nous concluons que ces techniques traduisent la volonté des architectes El Maniawy de fournir des enveloppes écoénergétiques, car la plupart de ces matériaux sont disponibles localement ou fabriqués sur le chantier. Chaque matériau a ses propres propriétés physiques. L'assemblage de deux matériaux, l'un local traditionnel et l'autre moderne permet de renforcer l'enveloppe et donc de modifier l'environnement interne en fonction du climat extérieur et de minimiser la consommation énergétique (Derradji et al, 2013). Un autre avantage de cette technologie est l'éviction du transport, ce qui est un avantage écologique,

protection de l'environnement local et absence de déchets, en comparaison aux bâtiments dont les matériaux sont industrialisés (Fernandes et al, 2014 ; Kersenna et al, 2021).

Relativement au logement Siddi Abbaz, Ravéreau a inventé une solution de construction qui s'appelle le « *mur masque* » (Cataldi et al, 1996 ; Bertaud du Chazaud et Ravéreau, 2007). Cette dernière sert comme un système de protection contre l'ensoleillement dans la région de Ghardaïa. Dans cette logique, ce mur masque de 40 cm d'épaisseur a été utilisé dans la construction des murs de premier étage. Celui-ci se compose d'une double paroi dont la paroi extérieure est exécutée en terre cuite avec une épaisseur de 5 cm, par contre la paroi interne est réalisée en parpaing de 20 cm, et pour attacher les deux parois l'architecte a mis en debout un parpaing de cloison afin d'assurer la stabilité du mur masque. Généralement, Ravéreau mit des petits plots horizontaux en pierre en bas de chaque mur masque pour réduire la quantité de l'air chaud entrant dans le vide entre les deux parois et assurer en même temps une bonne ventilation naturelle.

En effet, ce système constructif permet de circuler et renouveler l'air chaud qui rentre de l'extérieur et s'emmagasine dans le passage⁵ de 15 cm et puis il l'évacue directement à l'air libre grâce aux petits percements intégrés dans le toit et le plafond, en gardant toujours le mur porteur plus ou moins frais.

Quant aux murs du niveau inférieur sont construits en pierre locale joignant entre eux par un mortier de chaux, celle-ci a été importée des collines entourant le site d'implantation. Cependant, les murs de niveau supérieur ont été finis avec une couche de ciment lisse, tandis que ceux du niveau inférieur ont été laissés grossièrement, les murs intérieurs ont été couverts par une couche d'enduit de chaux. En outre, la structure des planchers et plafonds a été réalisée avec des poutres en acier léger puis elle était recouverte de pavés de ciment préfabriqués sur place (ALAM AL BENA'A). Par conséquent, les portes et les fenêtres sont réalisées en bois (Fig.4.22).

Finalement, tous les matériaux appliqués dans la construction du logement sont choisis parmi ceux que le marché local en a proposés à l'architecte : pierre, terre cuite, parpaing de ciment, poutrelles de béton armé.

⁵ C'est un vide laissé entre les deux parois.

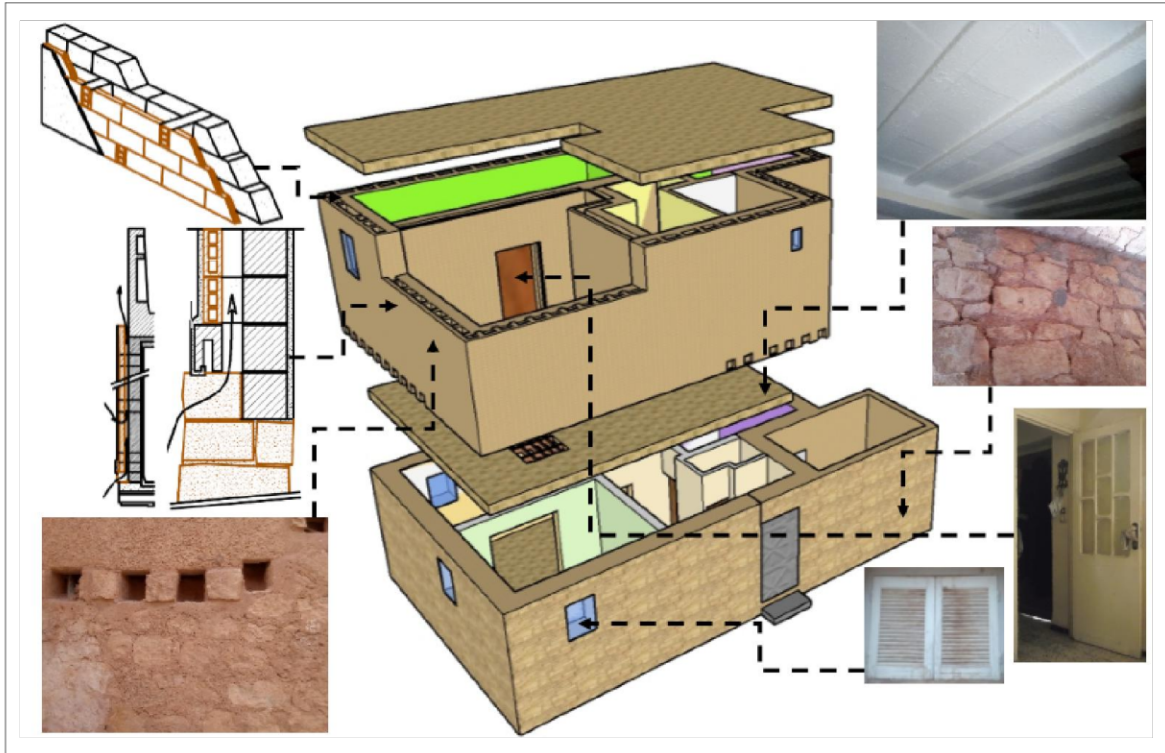


Figure 4. 22 : Matériaux et systèmes constructifs constituant l'enveloppe du logement Sididi Abbaz.

Source : Auteur, 2020.

- **Technique d'exploitation des sources d'énergie renouvelables dans le cas du logement cas d'étude**

Généralement, dans la région de M'Sila, les systèmes de réchauffement et de refroidissement passifs utilisés sont principalement la cour ainsi l'emplacement et la taille réduite des ouvertures. A cet effet, nous remarquons que l'architecte a intégré les deux systèmes passifs dans la construction du logement duplex.

Par conséquent, ces systèmes rendent le logement durable et confortable du point de vue énergétique, car la cour permet d'évacuer la chaleur et faire circuler l'air dans les deux sens en été comme en hiver (Kersenna et al, 2021) (Fig.4.23).

A Ghardaïa, les systèmes de réchauffement et de refroidissement passifs utilisés sont essentiellement le chebek, la terrasse qui sont généralement conditionnés par le climat local rigoureux. Cependant, nous constatons qu'André Ravéreau a reproduit les mêmes systèmes dans le logement Sididi Abbaz, dont le chebek a été placé dans le centre du plafond du salon. Ce chebek représente le puits de lumière et de ventilation naturelle qui alimente tout le logement. En revanche, nous remarquons que la terrasse a été conçue au premier étage pour servir comme un lieu de détente et de repos aux habitants de ce logement. Ces derniers qui

ont souvent utilisé cet espace pour dormir la nuit pendant les journées très chaudes de la saison d'été (Fig.4.24).

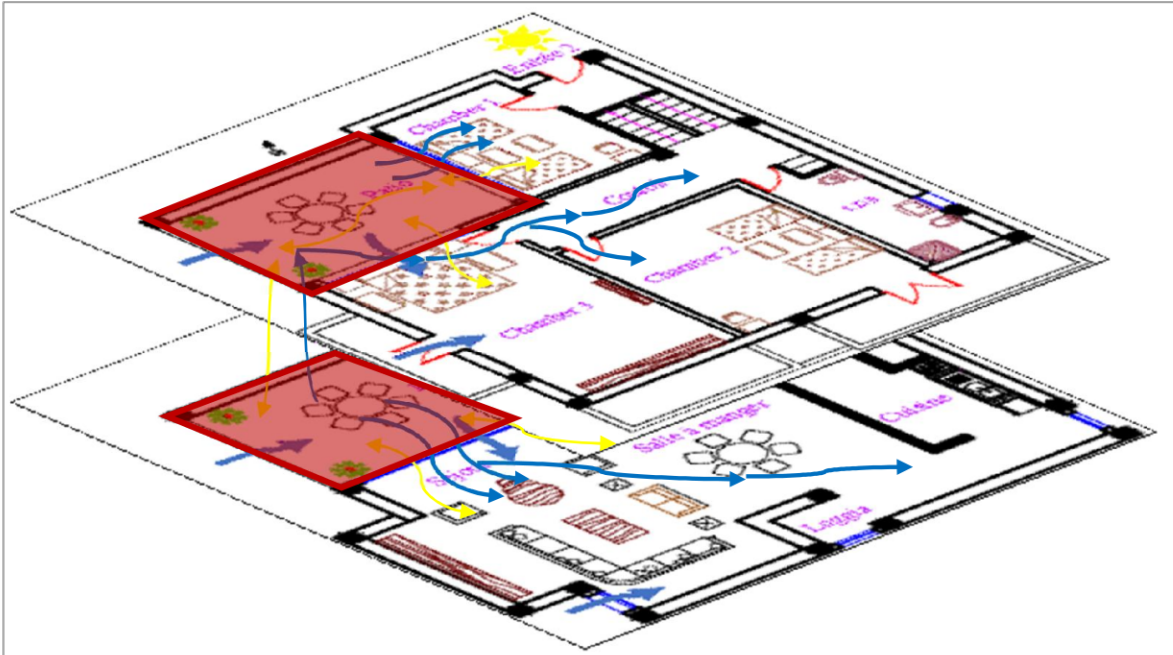


Figure 4. 23 : Dispositifs passifs incorporés par El Miniawy pour profiter des sources d'énergie renouvelables de la ville de M'Sila.

Source : Auteur, 2020

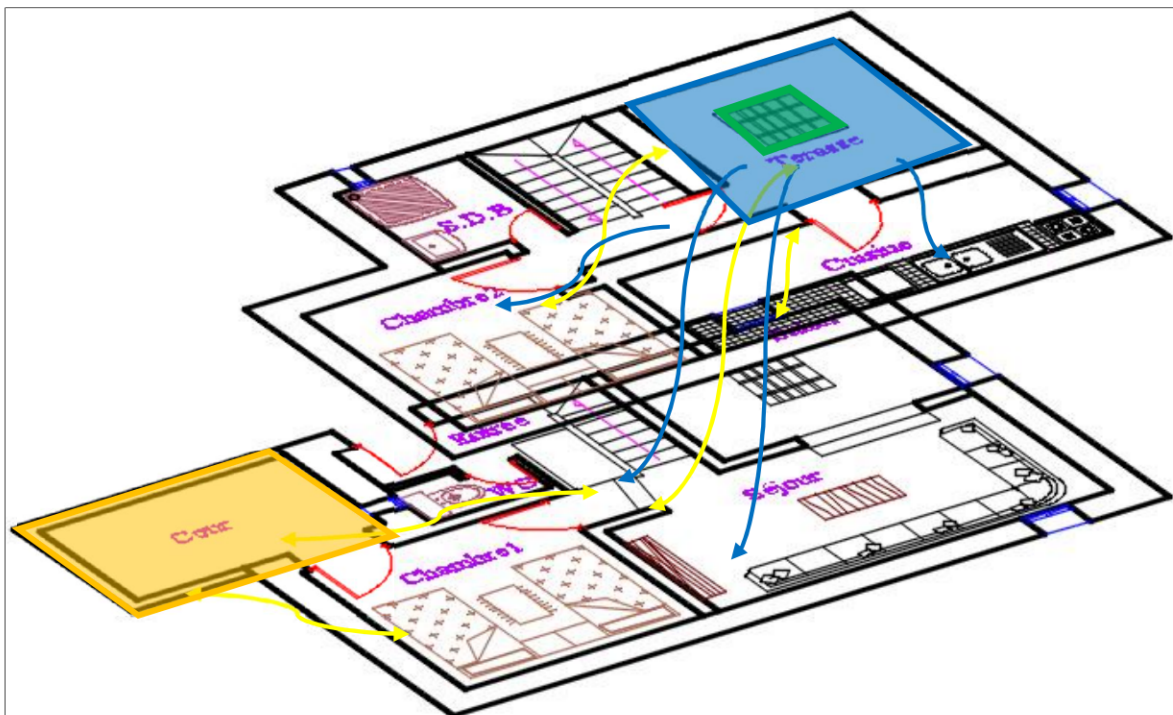


Figure 4. 24 : Dispositifs passifs incorporés par Ravéreau pour profiter des sources d'énergie renouvelables de la ville de Ghardaïa.

Source : Auteur, 2020.

4.5 Une étude quantitative des duplex d'El Miniawy et des logements d'André Ravéreau

Cette étude quantitative consiste à approfondir un sujet, celui de la satisfaction des habitants vis-à-vis du confort thermique, de la ventilation naturelle et de l'éclairage naturel à l'intérieur des logements choisis dans la première section. Pour se faire, une enquête par questionnaire a été accomplie sur terrain les jours de la prise de mesures. Dans la même perspective, un questionnaire a été construit par l'auteur et distribué, en versions papier, aux participants des logements étudiés ainsi que dans le reste des logements (50 logements et les 19 logements).

4.5.1 Protocole et différentes étapes du déroulement de l'enquête auprès des habitants des deux cas d'étude

Notre questionnaire fut élaboré sur la base de synthèses retirées des lectures préalables de l'étude de littérature. Le guide de questionnaire final recense environ 31 questions de types fermés et ouverts dont le but de permettre aux enquêtées de donner des explications détaillées. Afin de rendre les questions posées lisibles par les personnes interrogées, notre questionnaire a été présenté en premier lieu en langue française puis il a été traduit soigneusement vers la langue arabe. En vue de tester la compréhension de toutes les questions par les habitants, une pré-enquête a été réalisée une semaine avant la période de la prise de mesures avec 6 habitants de catégorie et de niveau d'études différents. Cette dernière a éventuellement conduit à supprimer certaines questions et à reformuler d'autres qui sont jugées ambiguës par les 6 habitants questionnés, ce qui nous a entraîné à envisager d'autres questions plus importantes. Il faut souligner qu'au moment de la soumission des questionnaires de la pré-enquête, plusieurs rencontres ont été effectuées avec les habitants, pour leur demander de contribuer au questionnaire final et en leur expliquant l'importance de leurs réponses à enrichir notre recherche.

Cependant, un total de 69 questionnaires finaux fut distribué dans ce sens (50 aux 50 logements de M'Sila et 19 aux 19 logements de Ghardaïa). La passation de ceux-ci s'est déroulée avec l'aide de trois jeunes architectes et un doctorant en gestion des techniques urbaines (voir Annexe H). Par ailleurs, une lettre de motivation a été attachée à ce questionnaire, en plus d'une présentation orale des objectifs de celui-ci en essayant de donner des brèves explications aux habitants sur les thèmes en question.

Par conséquent, notre questionnaire est structuré autour de six thèmes suivants : i)- informations générales sur les occupants du logement ; ii)- information générale sur le logement ; iii)- l'hiver et le confort thermique dans votre logement ; iv)- l'été et le confort thermique dans votre logement ; v)- l'été et la ventilation naturelle dans votre logement ; vi)- l'éclairage naturel à l'intérieur de votre logement.

Il est à noter que certaines questions n'ont pas été utilisées dans l'interprétation des résultats car elles étaient exclusivement posées pour examiner les avis des occupants. Egalement, d'autres questions ont été exploitées comme support pour l'étude qualitative des deux sous-stratégies suivantes : i)- respecter le site et profiter des ressources climatiques, ii)- concilier les matériaux locaux aux nouvelles technologies de construction (voir Annexe I).

4.5.2 Traitement des données de l'enquête de satisfaction des besoins des habitants sur le bien-être

Comme il a été déjà indiqué dans le troisième chapitre de la méthodologie, le logiciel utilisé dans l'analyse et le traitement statique des données recueillies de l'enquête est l'Excel VBA. Par ailleurs, nous soulignons que le nombre final de questionnaires exploités dans notre analyse est 60 (44 aux 50 logements de M'Sila et 16 aux 19 logements de Ghardaïa) avec un pourcentage de 87%. Tandis que, les 6 autres questionnaires ont été éliminés à cause de non-réponses des personnes enquêtées sur la totalité des questions. Cela est dû au manque de temps selon certains interrogés et au niveau culturelles selon d'autres. Cependant, les résultats de l'enquête se sont présentés selon les thèmes abordés.

- Présentation des informations générales sur les occupants du logement

Nous observons que l'échantillon des questionnaires récupérés, à M'Sila, est composé majoritairement par des femmes 65 %. En revanche, à Ghardaïa, le pourcentage des hommes et des femmes est quasiment égal (Fig.4.25).

Par ailleurs, on remarque que la classe d'âge des participants ayant entre 20-40 est la plus dominante dans les deux cas d'étude avec un pourcentage de 56,8% dans les 50 logements de M'Sila et 56,25% 19 dans logement de Ghardaïa. Ensuite la tranche d'âge de 41-60 ans occupe la deuxième place avec un pourcentage de 36,4 % dans les 50 logements de M'Sila 31,25 % dans les 19 logements de Ghardaïa. Certes, les personnes ayant plus de 60 ans sont les moins contribuant à notre questionnaire (Fig.4.26).

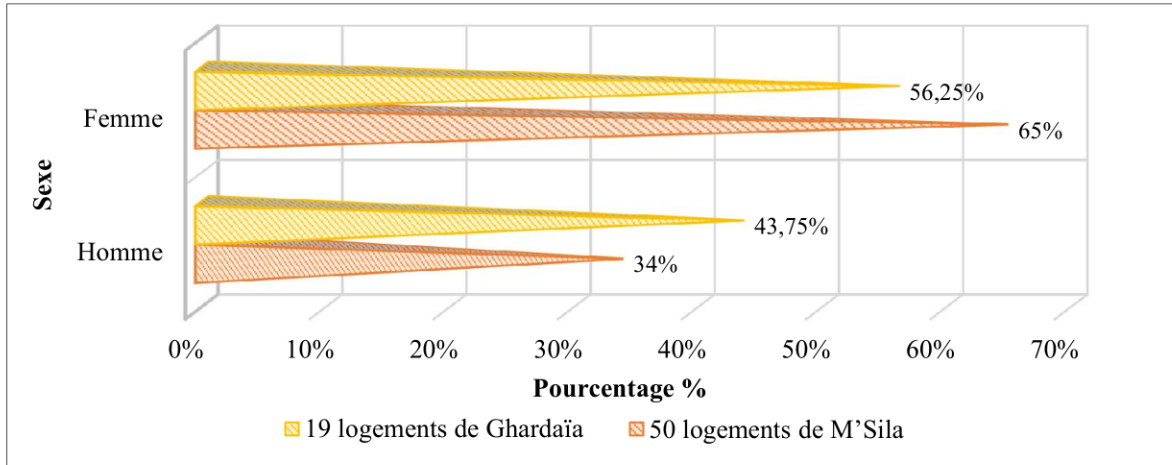


Figure 4. 26 : La répartition en pourcentage du sexe de l'échantillon de notre questionnaire en fonction de chaque cas d'étude.

Source : Auteur, 2020.

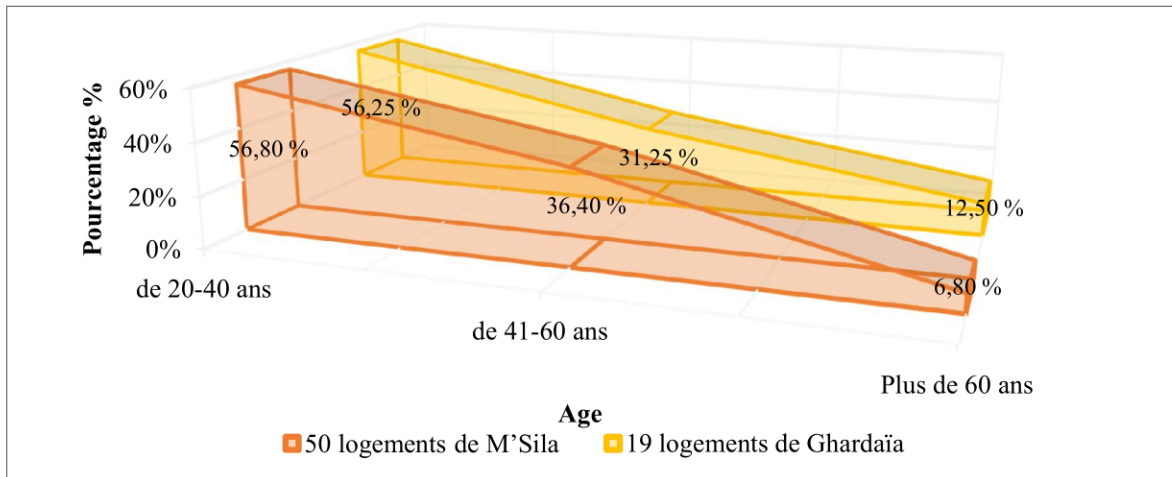


Figure 4. 25 : Les tranches d'âge des habitants participant à notre questionnaire dans chaque cas d'étude.

Source : Auteur, 2020.

Cependant, nous constatons que la majorité des interrogés sont plutôt des jeunes matures ce qui va donner une exactitude aux résultats de notre questionnaire car ceux-ci peuvent exprimer explicitement et de manière précise leurs sentiments.

En outre, nous avons demandé aux personnes interrogées d'indiquer leurs niveaux d'instruction, leurs professions et le nombre d'heures qu'ils passent à l'intérieur de leurs logements. Nous avons trouvé que le niveau d'étude de ceux-ci est majoritairement supérieur (63,64 % à M'Sila et 56,25 à Ghardaïa) (Fig.4.27). Quant à la profession de ces participants, la plupart, ont le statut d'employé (56,82 % à M'Sila et 75,00 % à Ghardaïa), ainsi 78,75% passent leur de temps à la maison (Fig.4.28).

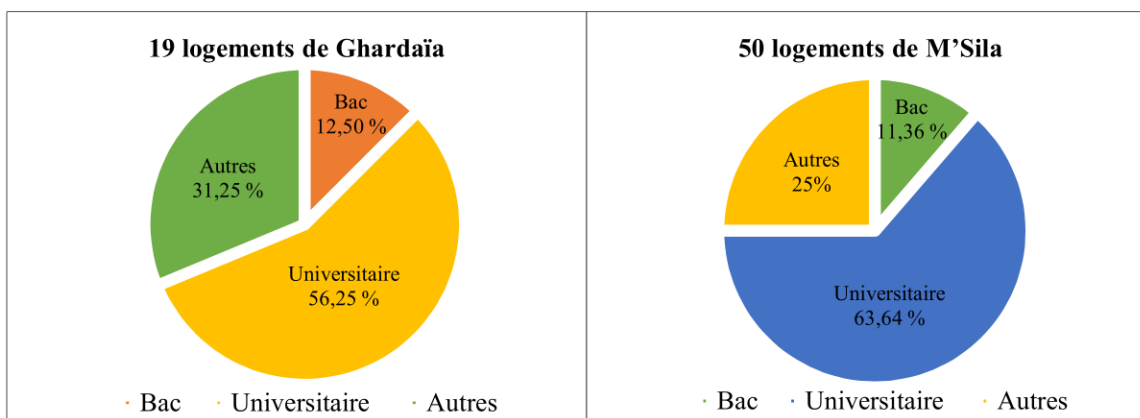


Figure 4. 27 : Répartition en pourcentage de niveau d'étude des enquêtés des deux cas d'étude.
Source : Auteur,2020.

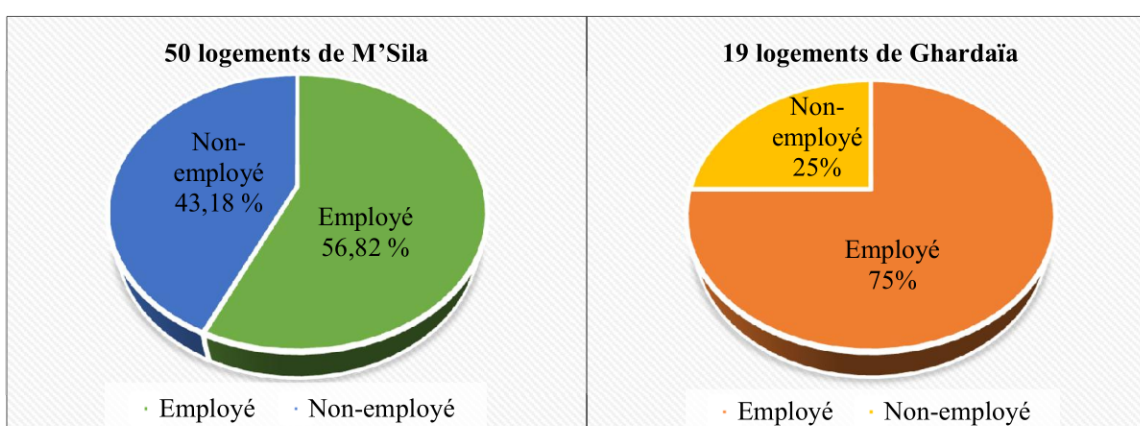


Figure 4. 28 : Appartenance professionnelle de personnes interrogées des deux cas d'étude.
Source : Auteur,2020.

- La satisfaction à l'égard du confort thermique en hiver et en été dans les deux logements

Majoritairement, les occupants vivent dans les logements en question depuis leur création, ce qui prouve l'attachement des habitants à ces constructions. Donc les réponses de ceux-ci vont influencer positivement sur les résultats de cette enquête.

Cependant, les figures 4.29 et 4.30 présentent le taux de satisfaction des habitants à l'égard du confort thermique dans des conditions naturelles et sans l'utilisation des moyens actifs (chauffage et climatiseur), durant les deux périodes hivernales et estivales (Fig.4.29 ; 4.30).

Nous constatons qu'en période hivernale, la plupart des habitants dans les deux cas étudiés ont jugé bonne la sensation du confort thermique à l'intérieur de leur logement avec un pourcentage de 50 % dans les 50 logements de M'Sila et 43,75 % dans les 19 logements de Ghardaïa. Environ 28 % des usagers ont une sensation thermique acceptable dans le cas des

50 logements de M'Sila et 31,25 % dans le cas de 19 logements de Ghardaïa. De plus, 10% des interrogés des 50 logements de M'Sila et 12,50 % des enquêtés des 19 logements de Ghardaïa ont répondu que le confort thermique est très bon. Tandis qu'une minorité qui a exprimé une mauvaise sensation du confort thermique, avec un pourcentage de 7 % pour le cas des 50 logements, M'Sila et 6,25 % pour le cas de 19 logements, Ghardaïa. Ces personnes se trouvent dans la tranche d'âge de plus de 55 ans, et généralement ceux-ci sont plus sensibles au froid.

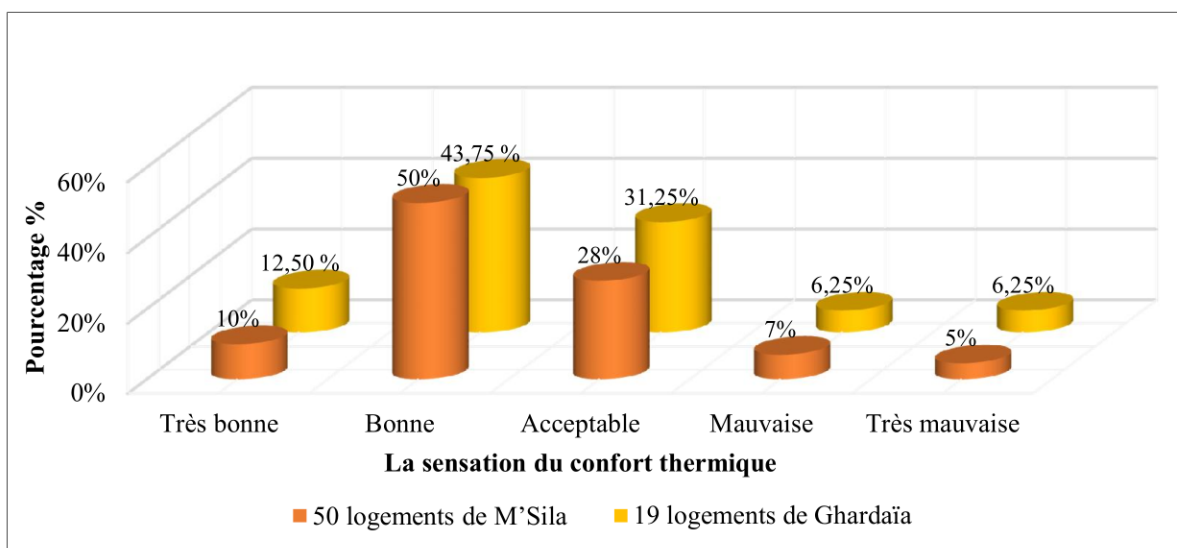


Figure 4. 30 : Graphe démontre la sensation thermique des habitats dans les conditions naturelle en fonction de chaque cas d'étude, en hiver.

Source : Auteur,2020.

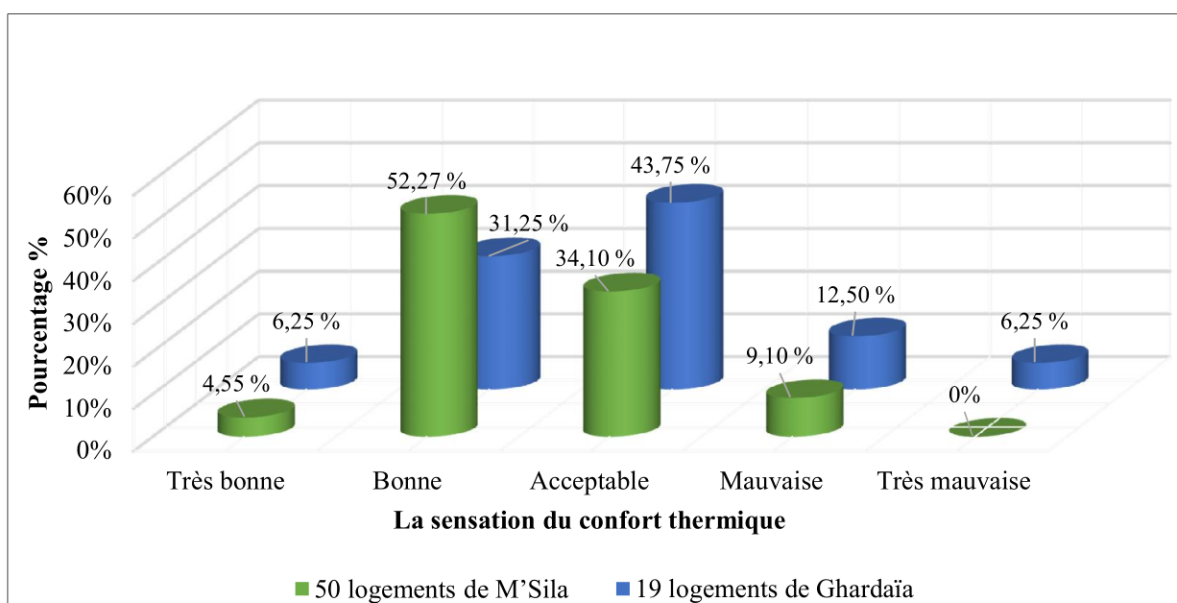


Figure 4. 29 : Graphe démontre la sensation thermique des habitats dans les conditions naturelle en fonction de chaque cas d'étude, en été.

Source : Auteur,2020.

Quant à la période estivale, la quasi-totalité des usagers (52,27 %) ont déclaré une sensation thermique bonne dans le cas de 50 logements de M'Sila et une sensation acceptable avec un pourcentage de 43,75 % dans le cas de 19 logements de Ghardaïa. Par la suite, 34,10 % des locataires ont une sensation acceptable dans le cas de 50 logements de M'Sila et 31,25 % ont une sensation bonne dans le cas de 19 logements de Ghardaïa. Seulement certains auraient une très bonne sensation du confort thermique. Finalement 9,10 % (50 logements) et 12,50 % (19 logements) ont l'impression d'une mauvaise sensation thermique.

Dans l'ensemble et dans des conditions naturelles, ces résultats affirment que la grande majorité des habitants interrogés sont satisfaits des conditions thermiques hivernales et estivales régnant à l'intérieur de leur logement. Ainsi, ceux-ci prouvent que les températures de l'air ambiant à l'intérieur des logements se situent dans la plage du confort thermique et expliquent l'importance des techniques traditionnelles adoptées par les concepteurs (El Miniawy et d'André Ravéreau).

- **Les sensations de la température ambiante de l'air à l'intérieur des logements cas d'étude, en hiver et en été**

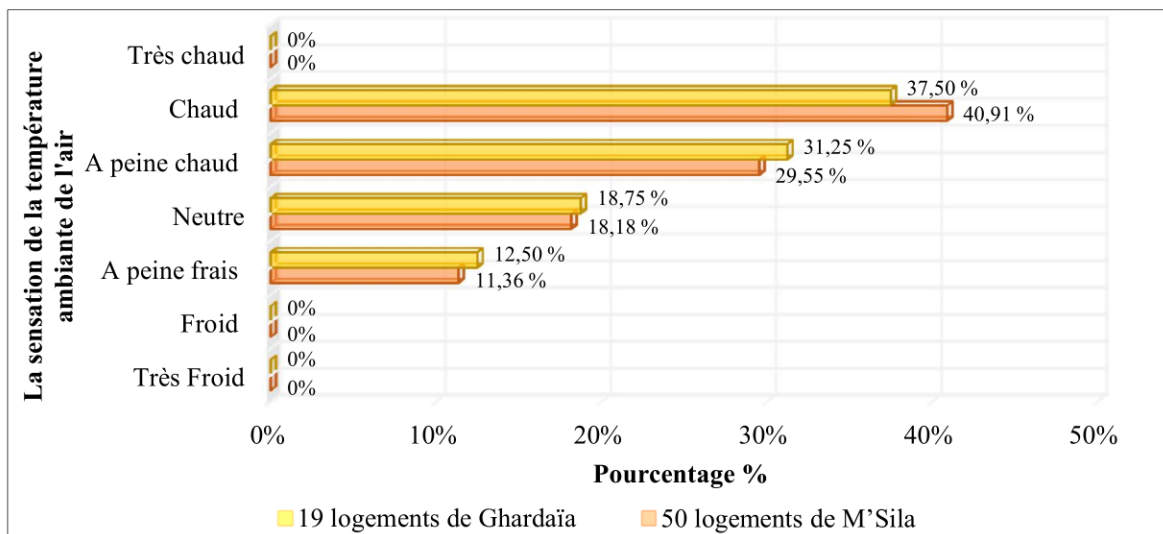


Figure 4. 31 : Répartition en pourcentage de la sensation de la température ambiante de l'air dans les deux cas d'étude, en hiver.

Source : Auteur,2020.

D'après le graphe 4.31 qui démontre les résultats des sensations des interrogés envers la température à l'intérieur des logements, en hiver et sur une échelle allant de très froid au très chaud, on remarque que 40,91 % des occupants de 50 logements de M'Sila ont répondu que la température à l'intérieur de leur logement est chaude. De même, 37,50 % des locateurs de

19 logements de Ghardaïa ont répondu la même chose. En revanche, on voit que 11,36 % des enquêtés de 50 logements, ainsi que 12,50 % des interlocuteurs de 19 logements ont senti une température à peine fraîche. Ces sentiments, peuvent être reliés, aux métabolismes de la tranche d'âge de plus de 55 % (Fig.4.31). Quant à la période d'été, le deuxième graphe 4.32 relève les estimations des usagers pour la température de l'air ambiant à l'intérieur des logements étudiés. En effet, l'ensemble des habitants ont signalé comme fraîche la température à l'intérieur de leurs appartements, avec un taux de 43,18% pour le cas de 50 logements et 37,50% pour le cas de 19 logements (Fig.4.32).

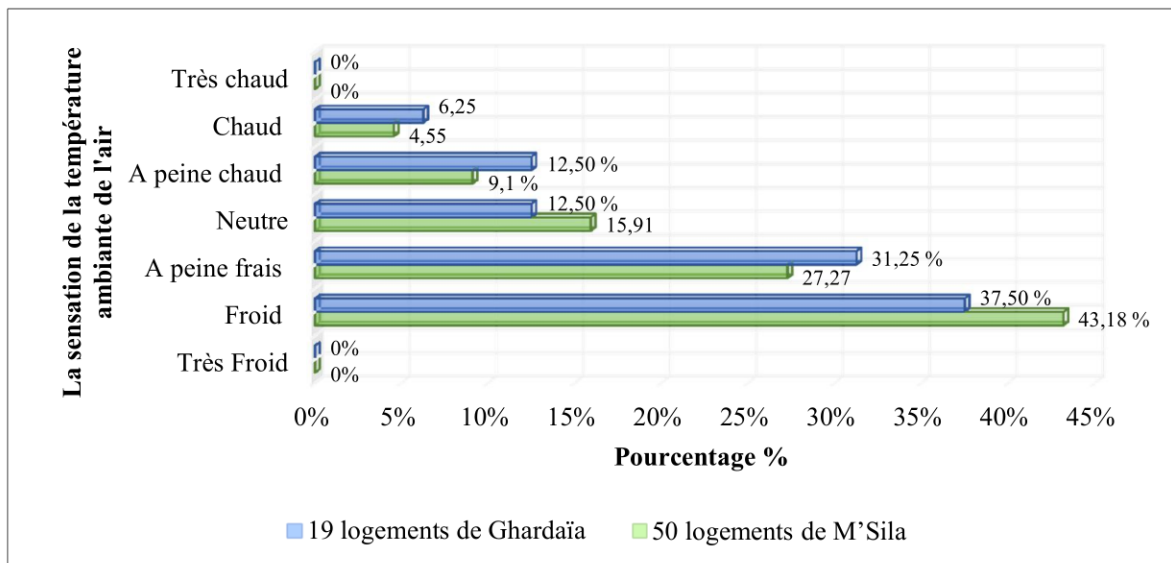


Figure 4. 32 : Répartition en pourcentage de la sensation de la température ambiante de l'air dans les deux cas d'étude, en été.

Source : Auteur,2020.

- **Les sensations d'humidité relative à l'intérieur des logements cas d'étude**

En ce qui concerne l'humidité relative, c'est difficile de l'évaluer car le corps humain ne possède pas un organe qui permet de détecter cette dernière. Néanmoins, le graphe 4.33 montre le taux d'humidité en hiver, où nous pouvons tout simplement confirmer que la totalité des interrogés ont déclaré une humidité neutre. Ces réponses attestent l'absence des problèmes d'humidité à l'intérieur des logements en saison hivernale (Fig.4.33).

En été nous constatons en outre, un pourcentage élevé (93,18 %) des occupants de 50 logements, M'Sila ont révélé une sensation neutre de l'air, ceci est dû en grande partie aux caractéristiques climatiques sèches de la région qui permettent une bonne circulation de l'air au sein des habitations, avec un renouvellement d'air qui consiste en l'évacuation de l'air

vicié et son remplacement par de l'air frais. De même 87,5 % des habitants de 19 logements, Ghardaïa qui ont confirmé une qualité d'air neutre. Cet état de fait est lié aux spécificités hygrométriques de l'enveloppe efficace du bâtiment (Fig.4.34).

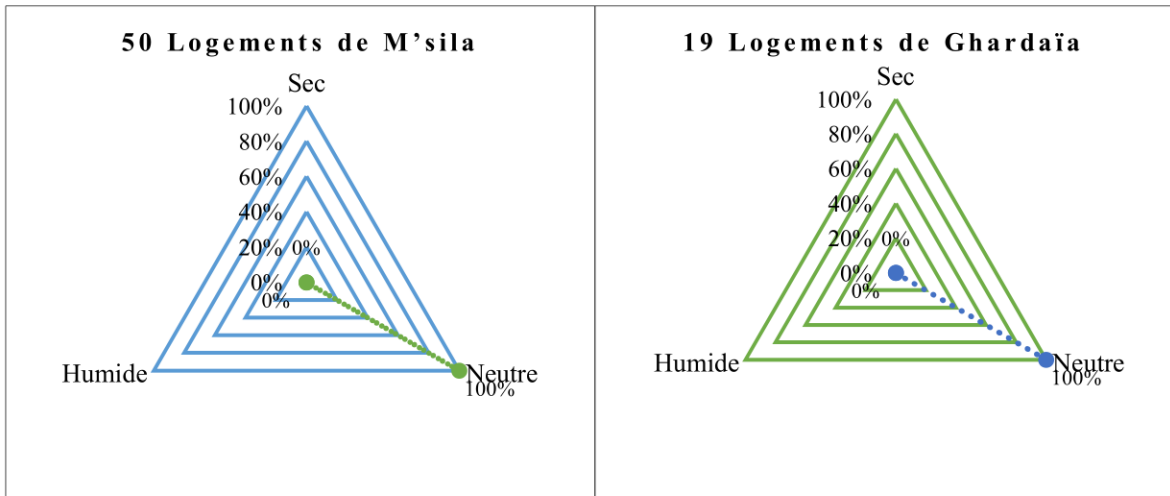


Figure 4. 34 : Résultats d'enquête sur l'humidité relative à l'intérieur des logements étudiés, en hiver.
Source : Auteur,2020.

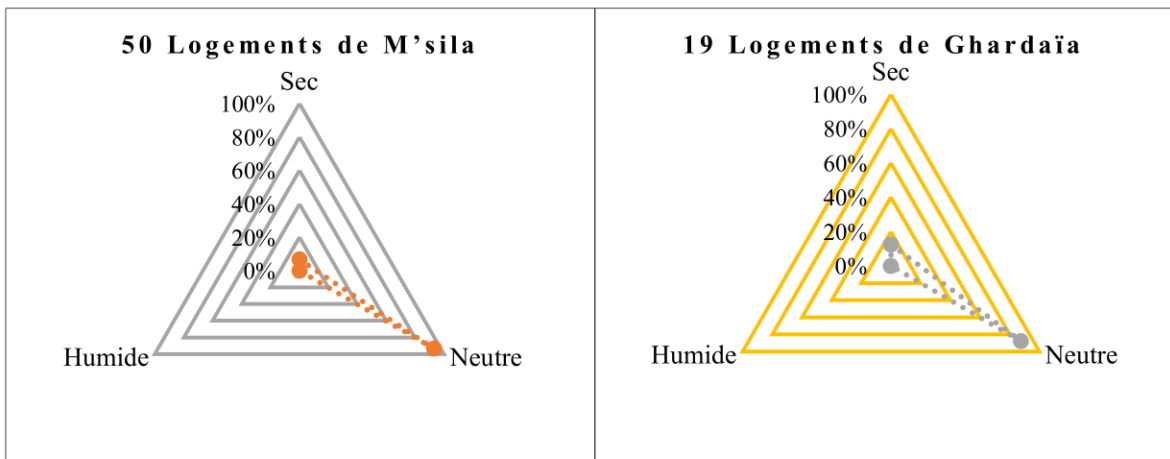


Figure 4. 35 : Résultats d'enquête sur l'humidité relative à l'intérieur des logements étudiés, en été.
Source : Auteur,2020.

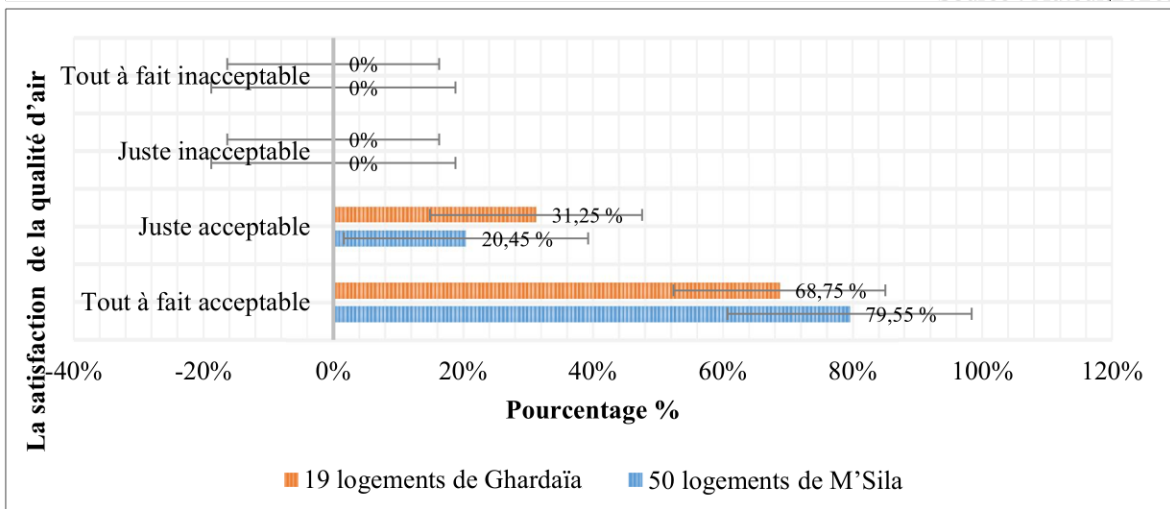


Figure 4. 33 : Résultats d'enquête sur la satisfaction de la qualité de l'air à l'intérieur des logements étudiés, en hiver.

Source : Auteur,2020.

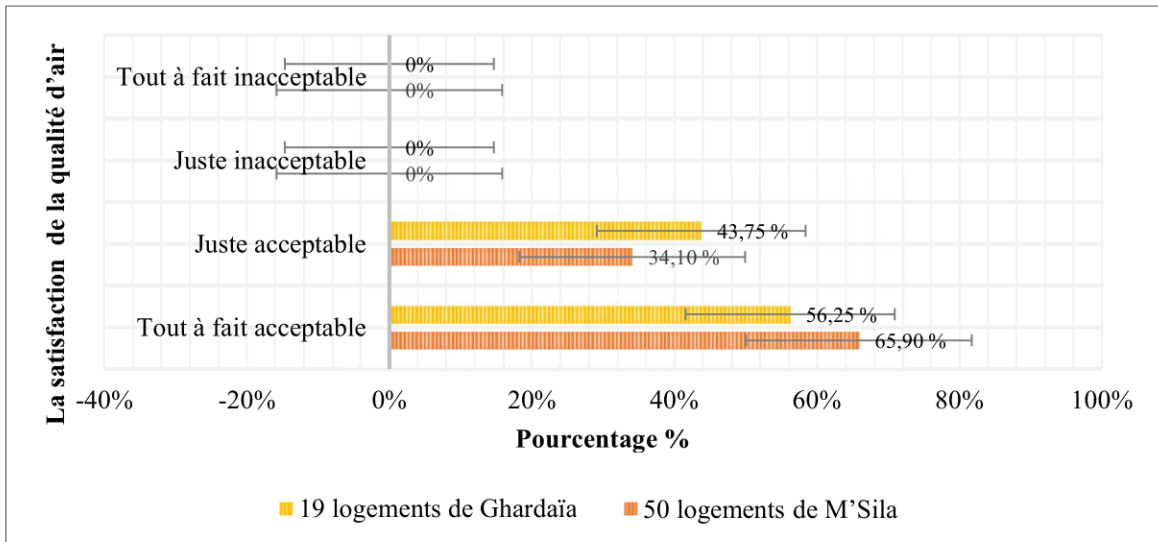


Figure 4. 36 : Résultats d'enquête sur la satisfaction de la qualité de l'air à l'intérieur des logements étudiés, en été.

Source : Auteur,2020.

Par ailleurs, la qualité de l'air perçue par les personnes enquêtées à l'intérieur de leur logement peut être considérée comme « tout à fait acceptable » pour les deux cas, et dans les deux saisons. Seulement une minorité qui a répondu que la qualité de l'air est « juste acceptable ». Cela se justifie par l'existence des dispositifs qui assurent de meilleures conditions de ventilation naturelle (Fig.4.35 ; 4.36).

- La perception de la ventilation naturelle en période d'été dans les deux cas

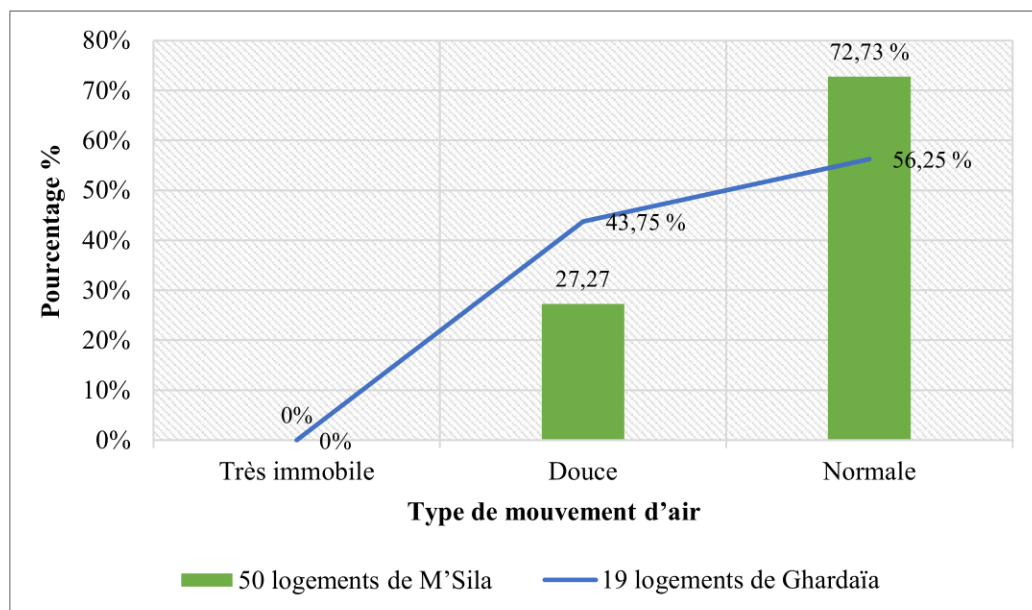


Figure 4. 37 : Répartition en pourcentage du mouvement d'air en fonction des deux cas, en saison estivale. Source : Auteur,2020.

A propos des jugements des habitants de la ventilation naturelle à l'intérieur de leurs appartements, nous mentionnons qu'une majorité des occupants ont déclaré que les mouvements d'air sont normaux dans leurs logements, avec un taux de 72,73 % pour les 50 logements et 56,25 % pour les 19 logements (Fig.4.37). Donc ce type de mouvement d'air peut contribuer à améliorer la ventilation naturelle dans toutes les pièces de l'appartement. En outre, ces résultats positifs s'expliquent par la présence des systèmes de ventilation passifs à l'intérieur des logements.

- **La satisfaction des occupants vis-à-vis de la vitesse de l'air à l'intérieur des espaces des logements étudiés**

Parallèlement, la figure 4.38 illustre les taux de satisfactions des occupants vis-à-vis de la vitesse de l'air dans les deux cas d'étude. Nous relevons que la plupart des répondants sont satisfaits du mouvement de l'air et ils ne souffrent d'aucune gêne à l'intérieur de leurs habitations. Nous confirmons qu'il est très logique d'avoir ces réponses surtout avec l'absence des courants d'air agressifs, en période d'été dans les deux régions de M'Sila et Ghardaïa (Fig.4.38).

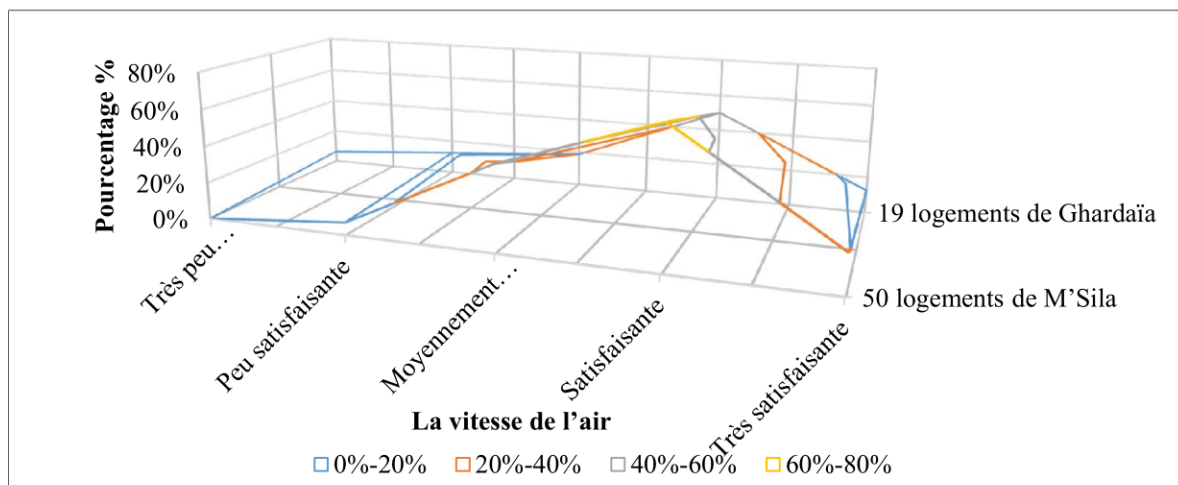


Figure 4. 38 : Résultats d'enquête sur la satisfaction de la vitesse de l'air à l'intérieur des logements étudiés, en saison estivale.

Source : Auteur,2020.

- **Le système de ventilation préféré par les habitants des deux logements**

La figure 4.39 montre le choix des habitants pour les systèmes de ventilation. En été et pendant toute la journée, le pourcentage des occupants qui déclarent se rafraichir en utilisant les moyennes de ventilation passives est principalement divisé en deux catégories. 52,27 % des enquêtés dans le cas de 50 logements et 50 % des interrogés dans le cas de 19 logements,

ont tendance à ouvrir les portes et les fenêtres qui donnent sur la cour afin de provoquer des courants d'air et dégager l'air chaud emmagasiné à l'intérieur des pièces. Tandis que 20,45 % habitants des 50 logements et 12,50 % locataires des 19 logements, préfèrent ouvrir les fenêtres et les portes fenêtres donnant sur l'extérieur. Seule une minorité affiche son choix pour l'utilisation des moyens de ventilation mécanique (climatiseur et ventilateur). Aussi, nous constatons clairement que le système de ventilation varie en fonction du comportement de chaque habitant (Fig.4.39).

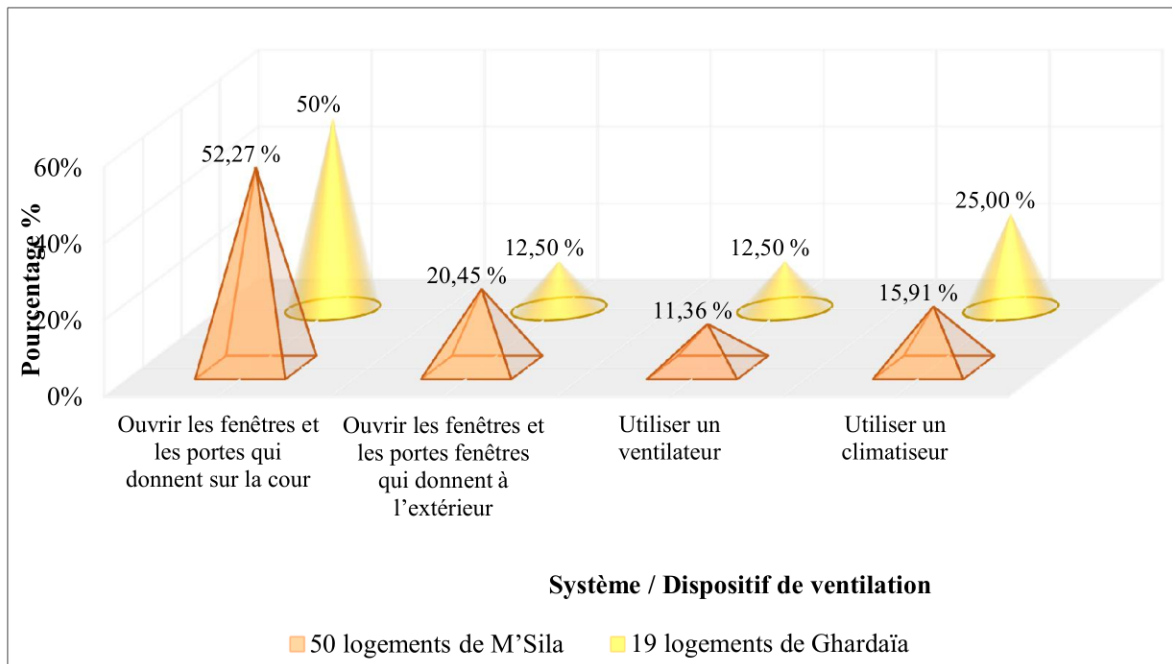


Figure 4. 40 : Répartition en pourcentage du système de ventilation préféré par les habitants, en fonction du cas d'étude.

Source : Auteur,2020.

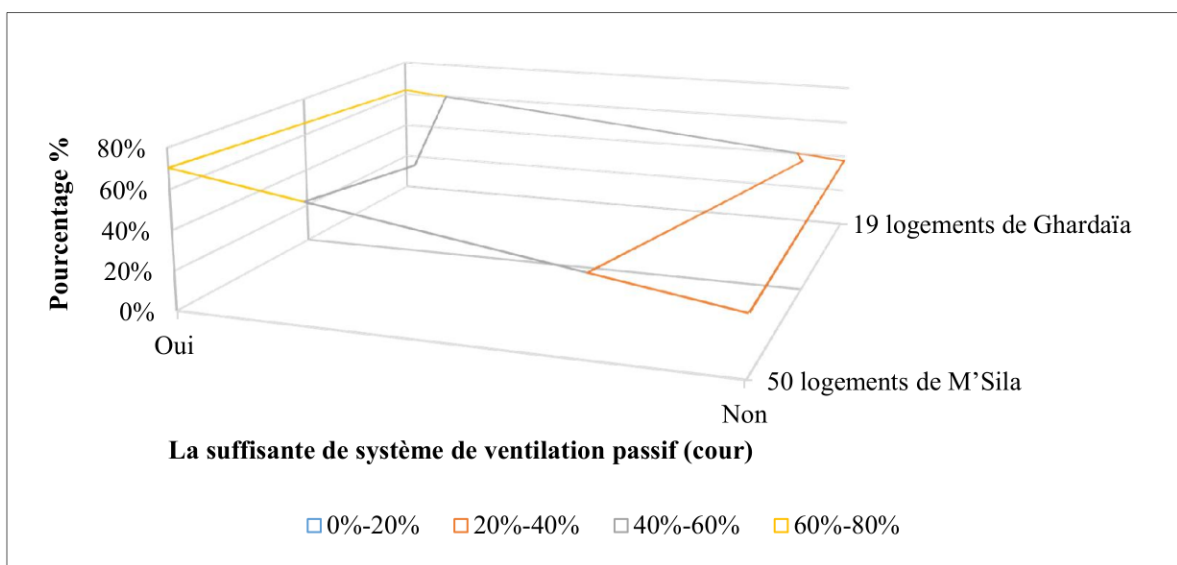


Figure 4. 39 : Résultats de vote des personnes interrogées sur la suffisante de la cour pour assurer une bonne ventilation naturelle, en fonction du cas d'étude.

Source : Auteur, 2020.

En outre, les figures 4.40 et 4.41 illustrent les résultats de vote de la suffisance des systèmes de ventilation passifs (cour, chebek et mur masque) intégrés par les architectes dans la construction des logements choisis pour le cas d'étude. Nous observons que 70,45 % des interlocuteurs de 50 logements et (56 % / 69 %) de 19 logements des enquêtés ont révélé la suffisance de ces types de systèmes à assurer la ventilation naturelle (chebek / mur masque). A partir des réponses obtenues, nous concevons que ces systèmes passifs réagissent comme des régulateurs thermiques contre les conditions climatiques rigoureuses (Fig.4.40 ; 4.41).

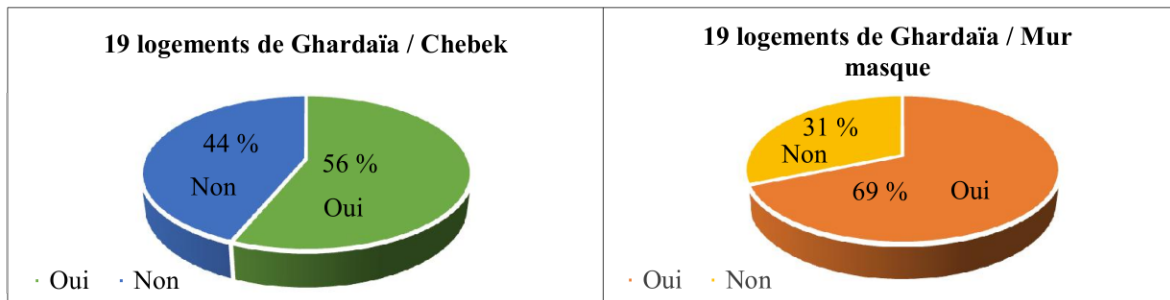


Figure 4. 41 : Résultats de vote des personnes interrogées sur la suffisance du chebek et du mur masque pour assurer une bonne ventilation naturelle dans les 19 logements de Ghardaïa.

Source : Auteur,2020.

- La perception de l'éclairage naturel à l'intérieur des deux logements

Concernant la perception de l'éclairage naturel à l'intérieur des logements, des deux cas d'étude et à travers tous les graphes, nous distinguons une très grande partie des gens interrogés sont satisfaits du niveau d'éclairage naturel à l'intérieur de toutes les pièces de leurs logements (Fig.4.42 ; 4.43). Ceci est dû, à notre avis, à la présence de plusieurs dispositifs architectoniques passifs tels que la cour et le chebek, qui favorisent la pénétration de la lumière du jour.

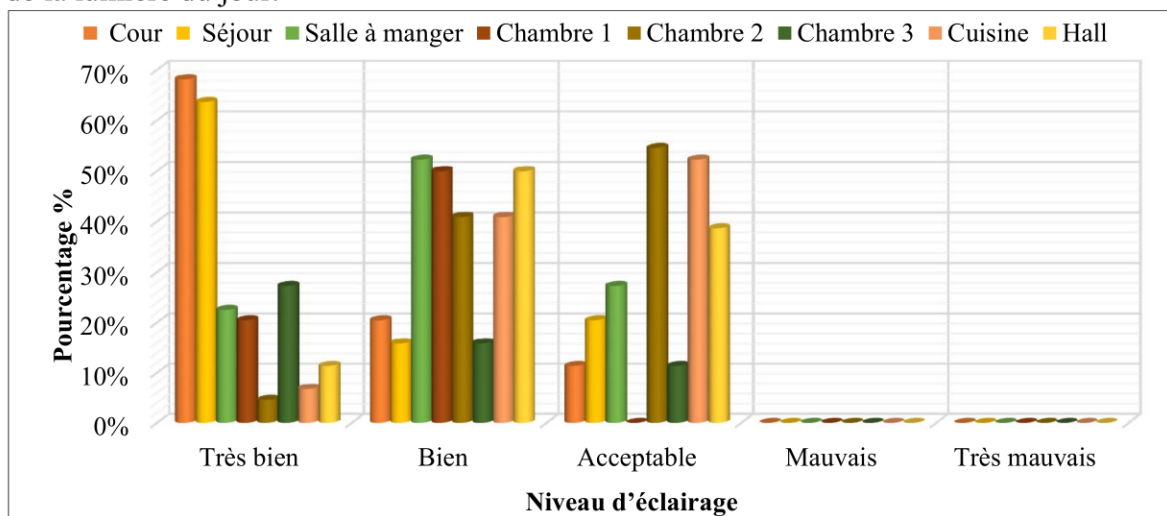


Figure 4. 42 : Résultats d'enquête sur le niveau d'éclairage naturel à l'intérieur des pièces de 50 logements de M'Sila.

Source : Auteur, 2020.

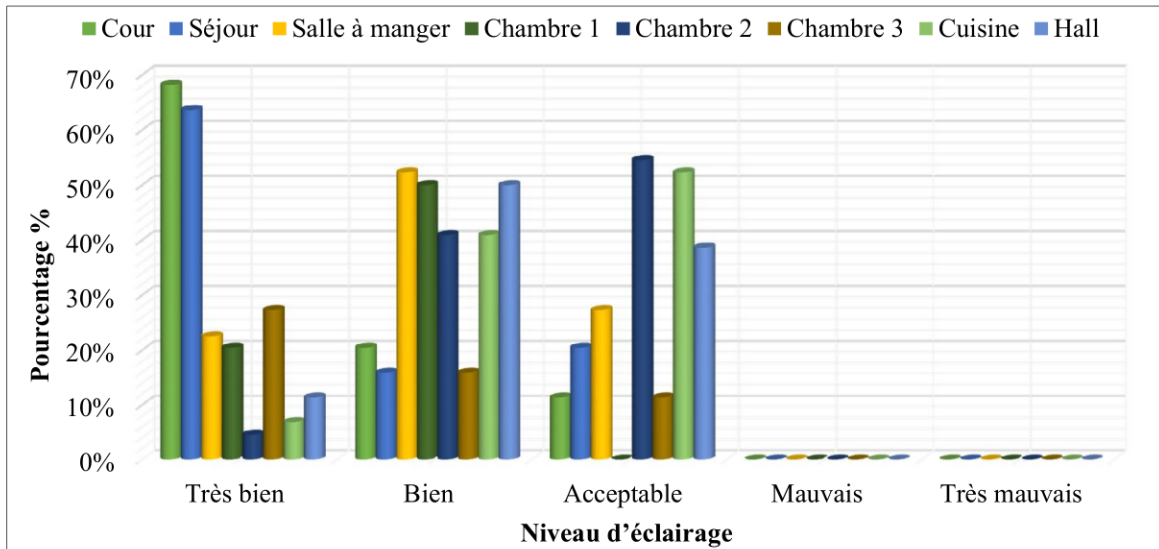


Figure 4. 44 : Résultats d'enquête sur le niveau d'éclairage naturel à l'intérieur des pièces de 19 logements de Ghardaïa.

Source : Auteur, 2020.

La figure 4.44 affiche les résultats concernant le choix souhaité des interlocuteurs du système d'éclairage à l'intérieur de leurs logements. En majorité, les occupants des deux cas d'étude sont intéressés par l'ouverture des fenêtres et les portes qui donnent sur la cour afin de profiter de la lumière du jour et assurer des bonnes conditions d'éclairage naturel. Seulement une minorité qui a préféré d'ouvrir les fenêtres et les portes fenêtres qui donnent sur l'extérieur (Fig.4.44).

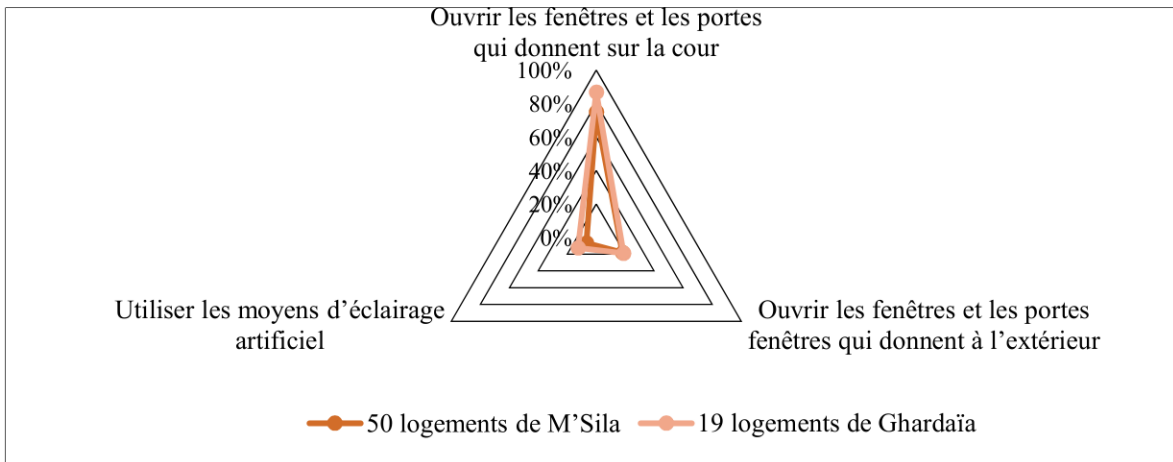


Figure 4. 43 : Résultats d'enquête sur le niveau d'éclairage naturel à l'intérieur des pièces des logements en question.

Source : Auteur, 2020.

Les figures 4.45 et 4.46 présentent le vote sur la suffisance de la cour pour assurer l'éclairage naturel dans les deux cas, ainsi la suffisante du chebek dans le cas de 19 logements à Ghardaïa. On a trouvé que 81,82 % des habitants de 50 logements sont contents pour

l'intégration de la cour à l'intérieur du logement, 65,25 et 68,75 % de 19 logements sont aussi satisfaits sur l'intégration de la cour et le chebek dans leurs logements (Fig.4.45 ; 4.46).

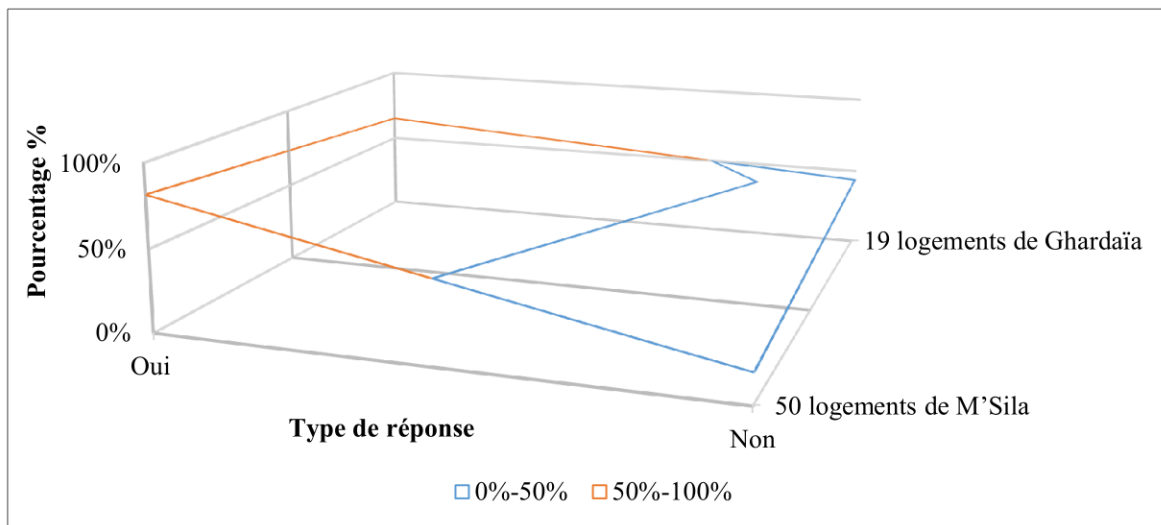


Figure 4. 46 : Résultats de vote des personnes interrogés sur la suffisante de la cour pour assurer un bon éclairage naturel, en fonction du cas d'étude.

Source : Auteur, 2020.

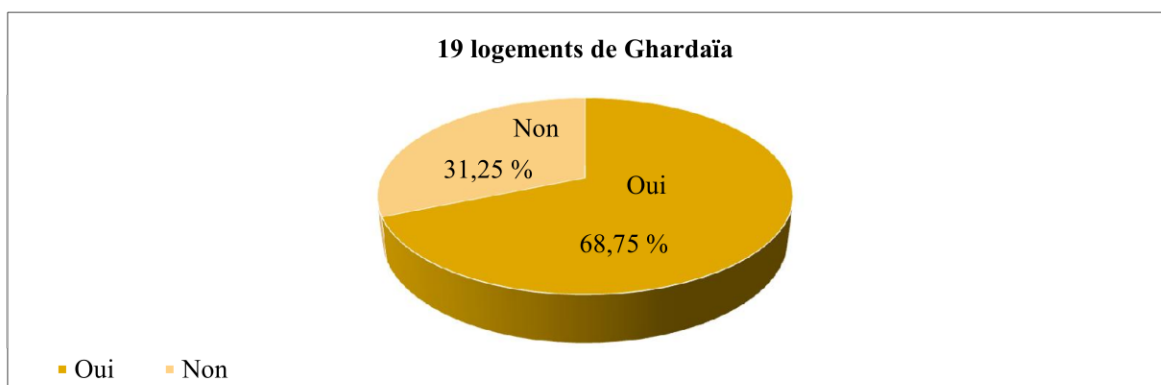


Figure 4. 45 : Résultats de vote des personnes interrogés sur la suffisante du chebek pour assurer un bon éclairage naturel, dans les 19 logements de Ghardaïa.

Source : Auteur, 2020.

Conclusion

L'intérêt majeur de ce chapitre était de réinterpréter les logements duplex et de Sidi Abbaz selon la méthode des stratégies environnementales afin de voir comment les architectes El Miniawy et André Ravéreau ont pu conjuguer les principes du passé et ceux de l'époque moderne pour faire face aux problèmes et lacunes des logements industrialisés.

En effet, à travers ce chapitre, nous avons réussi à tirer les leçons pertinentes relative aux sous-stratégies environnementales susmentionnées : le choix et l'intégration au site, l'organisation du site (extérieur/ intérieur), la masse du bâtiment, l'orientation appropriée du bâtiment, le confort thermique, la ventilation naturelle et l'éclairage naturel. Ces stratégies

peuvent contribuer au développement d'une architecture à caractère vernaculaire contemporain, confortable, à faible consommation énergétique avec moins d'impacts environnementaux.

Nous avons élaboré une présentation plus détaillée des deux logements cas d'étude, à savoir le logement duplex d'El Miniawy et le logement Sidi Abbaz d'André Ravéreau, qui ont servi tant d'objet d'expérimentation pour l'application de notre méthode d'analyse que des lieux de déroulement de la pré-enquête et de l'enquête finale. Cette présentation a touché les points essentiels dont la recherche a eu besoin pour avancer et aboutir à des résultats concrets et adéquats aux objectifs de notre recherche. Il s'agissait d'une compréhension de l'organisation spatiale des logements, des conditions météorologiques régnant dans les régions en question ainsi qu'une maîtrise des propriétés physiques des matériaux de construction. L'analyse de ces logements révèle que les architectes ont fondé tous leurs principes de conception sur les techniques vernaculaires des régions dans lesquelles ils s'inséraient, en leurs donnant un nouveau caractère néo-vernaculaire, par excellence.

Par ailleurs, l'étude qualitative de ces logements a indiqué que l'existence de ces typologies de logements est attribuée au discernement et à la pertinence des architectes, qui ont mis beaucoup de temps pour la compréhension et l'analyse du contexte et de l'environnement local de chaque région. A cet effet, les formes des logements ne sont pas conçues, seulement, dans un souci esthétique, mais encore, selon la considération des exigences géographiques, morphologiques, topographiques et climatiques propres aux sites d'implantation, et ceci à chaque phase de réalisation des logements. En outre, la réinterprétation des résultats d'analyse révèle que les architectes El Miniawy et Ravéreau ont répondu, aux stratégies environnementales du respect du site, du profit des ressources climatiques et de la réduction d'impact environnemental annoncé, par la méthode combinatoire. En termes d'investigation sur le plan de masse, elle a dévoilé une hiérarchisation dans son aménagement et une prédominance de l'utilisation des passages couverts pour assurer un maximum d'ombre aux usagers. De même, l'utilisation des matériaux locaux associés aux techniques de construction moderne a permis d'amoindrir les impacts environnements négatifs. Par ailleurs, l'étude de la sous-stratégie environnementale d'exploitation des sources d'énergie renouvelables a montré que les architectes ont réfléchi à incorporer certains dispositifs passifs observés dans les anciennes maisons des villes en question afin d'intervenir, de façon

considérable, pour recevoir la lumière du soleil et la ventilation naturelle des vents dominants.

Concernant l'étude quantitative, elle a été élaborée par le biais d'une enquête de type questionnaire, avec laquelle nous avons approché la stratégie du bien-être de l'homme dans la conception des espaces internes des logements en question. Le questionnaire s'est basé essentiellement sur l'estimation de la satisfaction des habitants vis-à-vis du confort thermique, de la ventilation et de l'éclairage naturel. Plusieurs informations sur les avis et les perceptions des interrogés ont été obtenues, analysées et traitées par le logiciel de statique « Excel VBA » pour vérifier la deuxième hypothèse de cette recherche. En fait, les résultats de cette étude ont montré que la plupart des habitants des deux types de logements sont, essentiellement, satisfaits quant à la qualité de la température ambiante de l'air, l'humidité relative de l'air, la vitesse de l'air et le niveau d'éclairage naturel. Cependant, ces résultats confirment la place et le rôle important de l'association des matériaux locaux et des nouvelles techniques de construction, ainsi que le recours à quelques dispositifs vernaculaires passifs.

Enfin, ces conclusions peuvent constituer un appui pour l'étude d'instrumentation et de simulation numérique qui feront l'objet du chapitre V et VI.

CHAPITRE V : LES DUPLEX D'EL MINIAWY ET LES LOGEMENTS DE RAVEREAU : UNE INVESTIGATION QUANTITATIVE DES STRATEGIES DU BIEN-ETRE DE L'HOMME CONDUIT PAR LA COMPAGNE DE MESURE

Introduction

En Algérie, malgré la forte demande en construction de logements, ces dernières années, il ne peut être question de négliger la qualité du bien-être et du confort des habitants. Pour ce faire, l'architecte doit réfléchir à adapter sa construction aux conditions climatiques locales, en s'inspirant des meilleurs techniques et dispositifs des constructions vernaculaires des régions pour lesquelles il édifie. En effet, la volonté de gérer les problèmes relatifs aux climats et à l'environnement local par l'utilisation des dispositifs passifs permettra d'exploiter, considérablement, les ressources naturelles et renouvelables (soleil et vent), dans toutes les phases de conception et d'exécution des projets. Ce chapitre constituera le cœur de cette thèse car il sera concentré sur un travail de terrain (compagne de mesure), pour vérifier la deuxième et la troisième hypothèse de cette recherche. En effet, cette technique restera la plus sûre dans les études relatives à l'évaluation thermique (confort thermique, ventilation naturelle et éclairage naturel) vu la fiabilité de ces données. Aussi, elle permettra de valider les résultats obtenus de l'enquête, affichée dans le chapitre IV. Dans cette optique, ce chapitre déclinera en trois grands axes : A l'issue de ce chapitre, donc, nous décrirons l'instrumentation que nous comptons utiliser, au fur et à mesure, dans la compagne de mesure, puis nous examinerons les périodes de déroulement et le protocole avec lequel nous procédons dans la collecte des données mesurées sur le terrain. Ainsi, nous expliquerons les différents niveaux et les hauteurs de positionnement des appareils dans chaque pièce des logements en question, et cela pour chaque type de stratégie environnementale. Ensuite, nous nous consacrons à la présentation des résultats de l'estimation de la qualité des paramètres liés à la sous-stratégie du confort, à savoir la température ambiante de l'air, l'humidité relative ; à la fois en hiver et en été. De plus, nous analyserons le comportement thermique et hygrométrique du logement duplex et de Sidi Abbaz. Enfin, nous déterminerons l'influence de l'intégration des dispositifs passifs sur la qualité du comportement aérodynamique et du confort visuel à l'intérieur des logements cas d'étude. A cet effet, nous mettons l'accent sur certains paramètres corrélatifs aux sous-stratégies de la ventilation naturelle et de l'éclairage naturel ; en fait, on se concentrera amplement, sur la vitesse de l'air et le niveau d'éclairement.

5.1 Etude empirique de la stratégie du bien-être de l'homme conduit par la campagne de mesure physique

Après avoir présenté, dans le chapitre précédent, les résultats de l'enquête de satisfaction des besoins des habitants en matière du confort et du bien-être, nous passons maintenant à la détermination du degré du bien-être et du confort de l'utilisateur à l'intérieur des deux logements représentant les cas d'études de notre travail de recherche. Pour se faire, nous avons jugé utile d'effectuer une campagne de mesures au sein des pièces principales (séjour, salon les chambres et la cuisine). Par conséquent, nous avons choisi de prendre nos mesures uniquement dans ces espaces car, d'une part, ce sont probablement les plus occupés durant toute la journée et d'autre part, nous prenons en compte le nombre limité des appareils de mesure.

A cette occasion, l'instrumentation in situ vise à quantifier les effets réels des dispositifs écologiques intégrés par les architectes sur le comportement thermique, la ventilation et l'éclairage naturel, à l'intérieur des logements. Dans cette étude, nous espérons obtenir des résultats des paramètres suivants : la température ambiante de l'air (T_a), l'humidité relative de l'air (HR) ; la vitesse de l'air et le niveau d'éclairage (Fig.5.1).

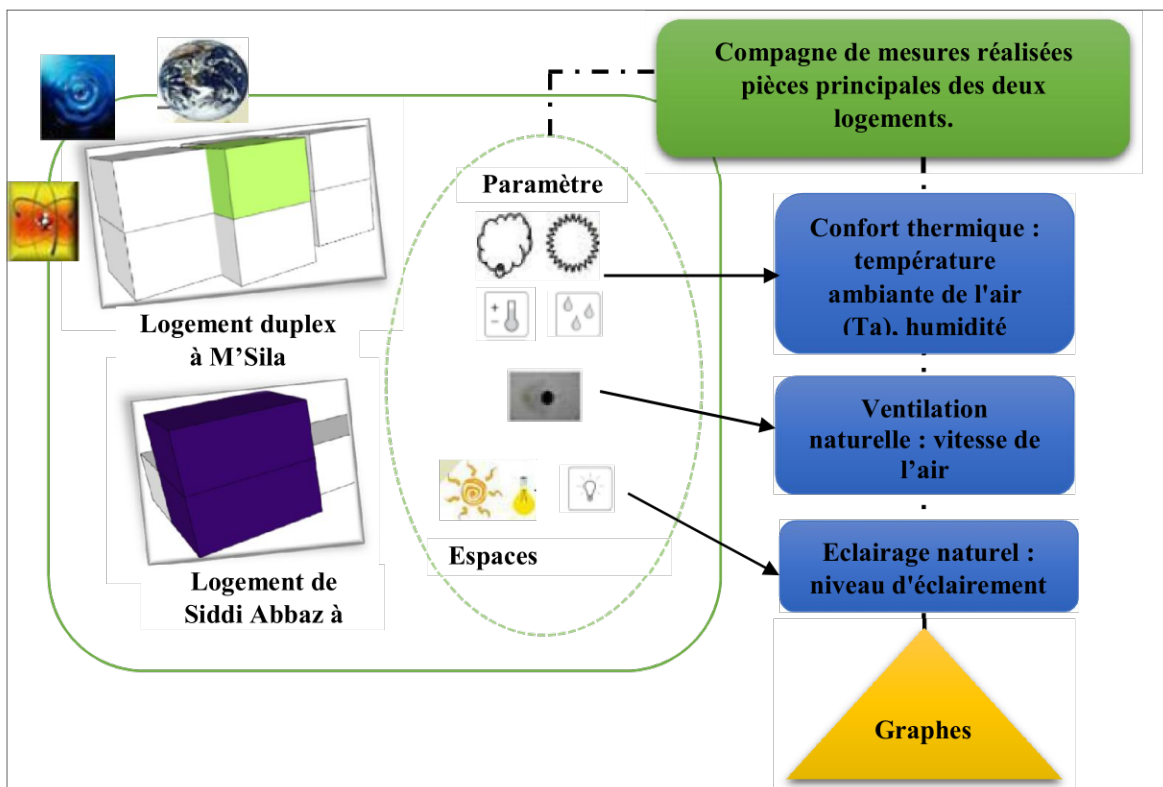


Figure 5. 1 : Schéma récapitulatif de synoptique de la campagne de mesure des paramètres considérés par notre méthode.

Source : Auteur, 2020.

5.1.1 Etalonnage et description des appareils de la prise de mesures

L'acquisition des données de mesures, nous a fallu recourir aux appareils suivants (Fig. 5.2):

- Enregistreur de données climatiques (TROTEC, BL30) : qui a été utilisé par plusieurs chercheurs dans des domaines différents pour enregistrer simultanément la température ambiante de l'air (T_a) et l'humidité relative de l'air (HR) à l'intérieur et à l'extérieur d'un logement. Celui-ci est connu par la précision et la fiabilité des résultats de mesures.

- Anémomètre (GM816) : cet appareil nous permet de mesurer la vitesse des courants d'air à l'intérieur des espaces des logements étudiés.

- Luxmètre (TROTEC, BF06) : cet appareil nous donne la possibilité de mesurer le niveau d'éclairage naturel et même artificiel à l'intérieur ou bien à l'extérieur d'un espace donné.



Figure 5. 2 : Les appareils de mesure exploités lors de la campagne de mesure dans les deux logements cas d'étude.

Source : Auteur, 2019.

5.1.2 Déroulement et protocole de la campagne de mesures dans les deux logements

Communément, la campagne de mesure des données concernant les paramètres du confort thermique nécessite de déterminer la semaine typique durant laquelle se feront les prises de mesures pour la saison froide et chaude. Ceci dit, dans notre cas, nous avons décidé de choisir trois journées de prise de mesures pour chaque logement, pour les deux saisons d'hiver et d'été. Par ailleurs, nous insistons sur le fait que ce choix est basé sur les données des stations météorologiques des villes en question (Fig.5.3).

A ce titre, les journées types sélectionnées pour la prise de mesures en période froide sont respectivement entre le 29 et le 31 janvier 2019 pour le cas du logement duplex à M'Sila et

entre le 21 et le 23 janvier 2019 pour le cas du logement de Siddi Abbaz à Ghardaïa. Pendant que, celles de la période chaude se situent entre le 14 et le 16 juillet 2019 pour le cas du logement duplex à M'Sila et entre le 10 et 12 juillet 2019 pour le cas du logement de Siddi Abbaz à Ghardaïa (voir annexe J). Il faut rappeler, aussi, que nous avons demandé aux occupants des logements de ne pas utiliser ni le chauffage ni la climatisation pendant les jours de la prise de mesures.

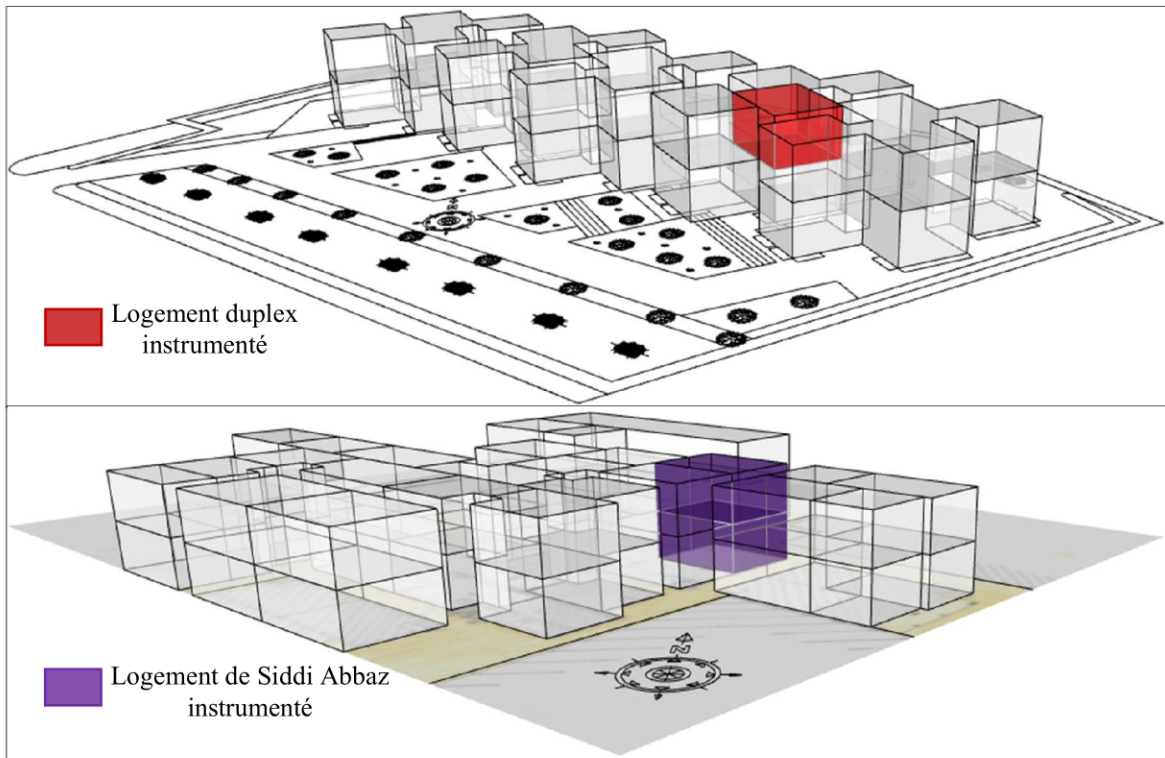


Figure 5. 3 : Axonométrie représentant les logements instrumentés.

Source : Auteur, 2019.

En ce qui concerne les mesures de la vitesse d'air, elles se sont déroulées pendant les journées les plus chaudes de la saison estivale. Il s'agit des journées suivantes : le 24 juin, 14 juillet et le 02 août 2019 pour le logement duplex à M'Sila et le 22 juin, 10 juillet et le 09 août 2019 pour le logement de Siddi Abbaz à Ghardaïa. De plus, nous signalons que ces dernières ont été réalisées en l'absence des moyens actifs (climatiseur et ventilateur).

En outre, les mesures du niveau d'éclairage ont été exécutées, principalement sous un ciel nuageux pendant le solstice d'hiver (21 décembre 2019) et intermédiaire durant le solstice d'été (21 juin 2019), et cela pour les deux cas d'étude. Nous mentionnons par ailleurs que pendant les jours de la prise de mesures, on a demandé aux habitants de libérer les espaces, et de s'éloigner de l'utilisation des moyens d'éclairage artificiel.

Dans l'optique de garantir l'objectivité de nos mesures, nous avons insisté sur la sélection des journées qui ont les mêmes conditions climatiques. Egalement, nous précisons que ces mesures ont été effectuées de 08h :00 jusqu'aux 24h :00 pour les paramètres de température, d'humidité et de la vitesse de l'air. En revanche, ceux du niveau d'éclairement, ils ont été programmés de 8h : 00 jusqu'au 16h: 00 en saison hivernale et de 8h: 00 jusqu'au 21h : 00 en saison estivale.

5.1.3 Positionnement et hauteur des appareils de mesure dans les logements choisis

Il est a indiqué que pour une meilleure prise de mesures, il est très important de prendre en considération certains critères liés au positionnement et à la hauteur de l'appareil utilisé dans la prise des mesures. Ceux-ci varient en fonction des paramètres mesurés. Pour se faire, nous avons présenté dans ce qui suit le positionnement et la hauteur de l'appareil de chaque paramètre (Fig.5.4) :

- Le paramètre de la température ambiante de l'air, l'humidité relative de l'air et la vitesse de l'air ont été mesurés au centre de la pièce et à une hauteur d'un homme assis 1,10 m.
- Le niveau d'éclairement a été relevé dans plusieurs points de la même pièce et à une hauteur de 1,5 m du niveau du plancher. Afin de situer le seuil d'éclairage naturel objectivement.



Figure 5. 4 : Démonstration du positionnement des appareils d'instrumentation au niveau du plan et de la coupe du logement duplex et le logement Siddi Abbaz.

Source : Auteur, 2019.

Afin d'assurer un bon déroulement de l'opération de la campagne de mesures, nous avons décidé de faire une campagne de mesures préliminaire dans les dates précédant la période sélectionnée pour l'étude. Cette étude préliminaire nous a permis de déterminer le bon positionnement et la hauteur ainsi que le temps nécessaire pour chaque prise. Nous soulignons, par ailleurs, que les relevées des mesures se faisaient toutes les 15 minutes.

En outre, nous rappelons, que les valeurs enregistrées au moment de la prise ont été notées sur un tableau version papier, puis ont été exportées vers un fichier Excel. Les données ont été analysées et converties sous forme des graphes sur le logiciel OriginPro 8 (Tab.5.1).

Tableau 5. 1 : L'échantillon répertoriant les différentes mesures au sein des logements sélectionnés.

Points de mesures	Séquence horaire	T.Air (C°)	H.R (%)	V.Air (m/s)	Eclairement (lux)

Source : Auteur, 2019.

5.2 Estimation de la qualité du confort thermique dans les logements en question par la campagne de mesure

En vue d'estimer la qualité du confort thermique à l'intérieur du logement duplex et du logement sidi Abbaz, nous avons choisi de répartir les résultats de notre étude quantitative en six partie :

- Dans un premier et deuxième temps, on a comparé les valeurs des amplitudes maximales et minimales de la température ambiante de l'air mesurées à l'intérieur de certaines pièces des logements étudiés avec ceux mesurées à l'extérieur, et cela pour les deux périodes hivernale et estivale.
- Dans un troisième temps, on a fait une petite synthèse récapitulative sur le comportement thermique des deux logements, dont on a identifié le temps de déphasage situé entre les valeurs maximales des températures externes et internes.
- Dans un quatrième et cinquième temps, nous avons examiné en détail la variation des données d'humidité relative de l'air mesurées à l'intérieur de certaines pièces des logements étudiés avec ceux mesurées à l'extérieur, pour les deux périodes hivernale et estivale.
- Dans un sixième temps, on a focalisé sur l'analyse et la comparaison du comportement hygrométrique des deux logements, ceci en déterminant le temps de déphasage entre le taux maximal d'humidité externe et interne.

5.2.1 L'appréciation du paramètre de la température ambiante de l'air (Ta) en saison hivernale

Les figures 5.5 et 5.6 ci-après illustrent les températures ambiantes de l'air mesurées pendant les journées typiques de la période hivernale (le 29, 30 et 31 janvier 2019 pour le cas du logement duplex à M'Sila et le 21, 22 et 23 janvier 2019 pour le cas du logement de Siddi Abbaz à Ghardaïa).

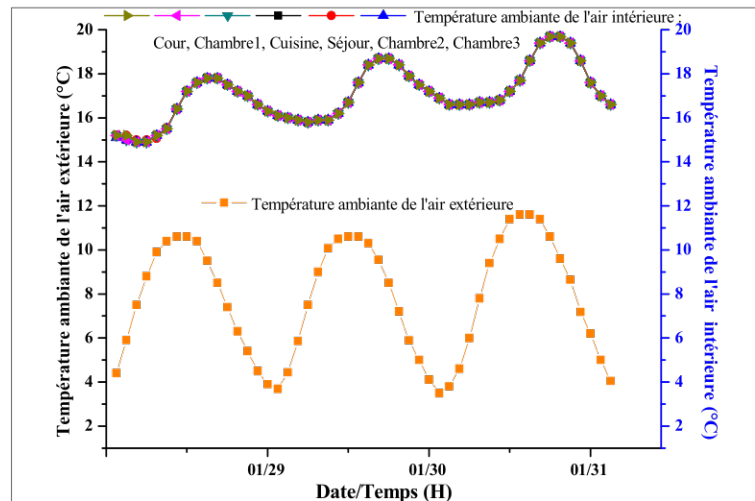


Figure 5. 5 : Mesures comparatives de la variation de la température ambiante de l'air, interne et externe du logement duplex, des jours typiques de la saison hivernale.

Source : Auteur, 2020.

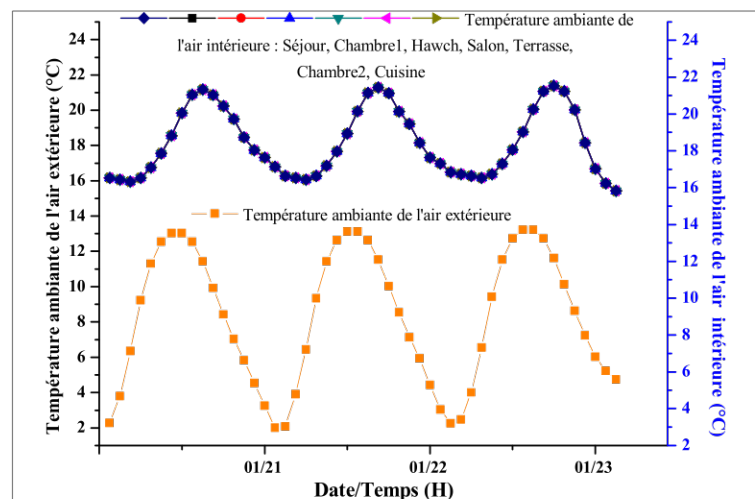


Figure 5. 6 : Mesures comparatives de la variation de la température ambiante de l'air, interne et externe du logement Siddi Abbaz, des jours typiques de la saison hivernale.

Source : Auteur, 2020.

La lecture des graphes de la figure 5.5, fait sortir que les températures ambiantes de l'air interne du logement duplex dépassent celles de l'externe, tout au long des journées de la campagne de mesure. A cet effet, les températures ambiantes de l'air intérieur chutent

légèrement le matin (14,9 °C le 29 janvier ; 15,8 °C le 30 janvier ; 16,7 °C le 31 janvier). L'Après-midi, nous remarquons une augmentation de (15,2 °C le 29 janvier ; 15,9 °C le 30 janvier ; 16,8 °C le 31 janvier) et puis elles continuent d'augmenter considérablement jusqu'à atteindre le pic (17,8 °C le 29 janvier ; 18,69 °C le 30 janvier ; 19,69 °C le 31 janvier) vers 18h00-19h00. De plus, les amplitudes de température interne sont respectivement (2,9 °C le 29 janvier ; 2,89 °C le 30 janvier ; 2,89 °C le 31 janvier). Alors que les températures extérieures ont une amplitude élevée (6,99 °C le 29 janvier ; 7,1 °C le 30 janvier ; 7,8 °C le 31 janvier) (Fig.5.5).

Parallèlement, les courbes de la figure 5.6 représentent les variations de températures ambiantes de l'air interne et externe du logement de Siddi Abbaz. Nous constatons que le comportement thermique est presque le même que celui observé dans le cas du logement duplex, ceci durant tous les jours de la prise de mesures sur le site. A cet égard, , à l'intérieur elles s'abaissent doucement le matin (16,33 °C le 21 janvier ; 16,43 °C le 22 janvier ; 16,53 °C le 23 janvier), après elles s'élèvent petit à petit de (17,09 °C le 21 janvier ; 17,19 °C le 22 janvier ; 17,29 °C le 23 janvier) vers 13h00 et puis elles poursuivent, néanmoins, d'accroître en atteignant le sommet (21,33 °C le 21 janvier ; 21,43 °C le 22 janvier ; 21,53 °C le 23 janvier) vers 18h00. De plus, les amplitudes de température interne sont respectivement de (5 °C le 21 janvier ; 5 °C le 22 janvier ; 5,7 °C le 23 janvier), contrairement aux températures extérieures, dont les amplitudes s'étendent le (11,27 °C le 21 janvier, 11,13°C le 22 janvier et 10,98°C le 23 janvier) (Fig.5.6).

Parmi les deux cas d'étude, nous remarquons que la fluctuation moyenne diurne de la température à l'intérieur du logement duplex (2,89 °C) est relativement assez faible par rapport à celle du logement de Siddi Abbaz (5, 23 °C). En revanche, on s'aperçoit que les fluctuations de températures à l'intérieur des deux logements sont souvent inférieures à celles de l'extérieur. En particulier, ces résultats s'expliquent par la masse et la résistance thermique élevées des matériaux impliquant dans la construction de l'enveloppe de ces logements, ainsi que l'épaisseur de leurs parois qui agissent comme des accumulateurs de chaleur en hiver. Par la même occasion, ces propriétés ont garanti une bonne répartition et stockage thermique de la chaleur, et une préférable régularisation du transfert de chaleur à l'intérieur des logements. Finalement, nous pouvons, donc, dire que l'inertie thermique des parois et leurs épaisseurs ont permis d'éviter les chutes brutales de la température à l'intérieur des logements.

5.2.2 L'appréciation du paramètre de la température ambiante de l'air (Ta) en saison estivale

Les résultats obtenus à partir de la campagne de mesure des températures ambiantes de l'air pendant les jours typiques de la saison estivale (le 14, 15 et 16 juillet 2019 pour le cas du logement duplex à M'Sila et le 10, 11 et 12 juillet 2019 pour le cas du logement de Siddi Abbaz à Ghardaïa) sont présentés ci-dessous dans les figures 5.7 et 5.8.

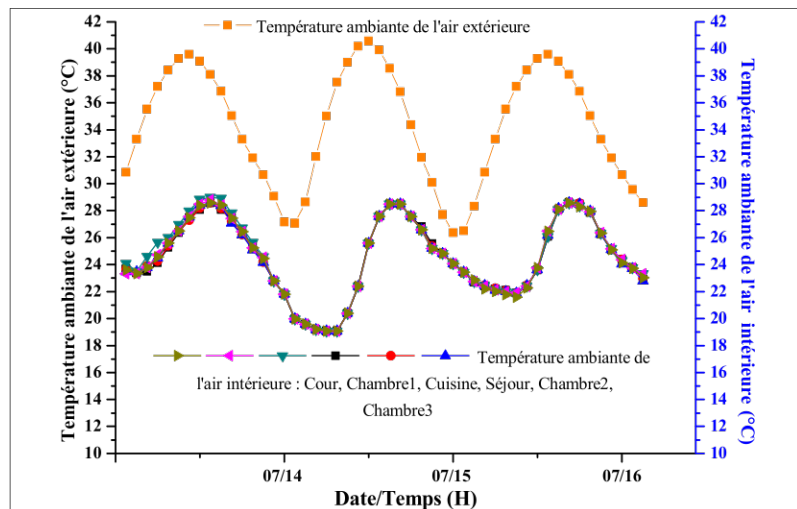


Figure 5. 7 : Mesures comparatives de la variation de la température ambiante de l'air, interne et externe du logement duplex, des jours typiques de la saison estivale.

Source : Auteur, 2020.

Cependant, la lecture générale des graphes de la figure 5.7 nous a permis d'affirmer que les courbes des températures internes dans le cas du logement duplex tendent à être toujours inférieures à celles de l'extérieur. A l'intérieur, elles présentent des meilleures valeurs vers midi (25,16 °C le 14 juillet ; 19,50 °C le 15 juillet ; 22,30 °C le 16 juillet). Mais au-delà de cette période, elles demeurent en augmentation continue, sans dépasser la courbe de celles de l'extérieur, jusqu'à ce qu'elles atteignent les hautes valeurs qui ont été observées vers 17h00-18h00 (29 °C le 14 juillet ; 28,90 °C le 15 juillet ; 29 °C le 16 juillet), soit des amplitudes de (3,84 °C le 14 juillet ; 9,4 °C le 15 juillet ; 6,7 °C le 16 juillet). Contrairement, aux températures enregistrées à l'extérieur qui sont très hausses, elles évoluent entre une minimale de (27,16 °C le 14 juillet ; 26,38 °C le 15 juillet ; 28,33 °C le 16 juillet) et une maximale de (39,58°C le 14 juillet ; 40,58 °C le 15 juillet ; 39,58 °C le 16 juillet), dont les amplitudes sont de (12,42 °C le 14 juillet ; 14,2 °C le 15 juillet ; 11,25 °C le 16 juillet) (Fig.5.7).

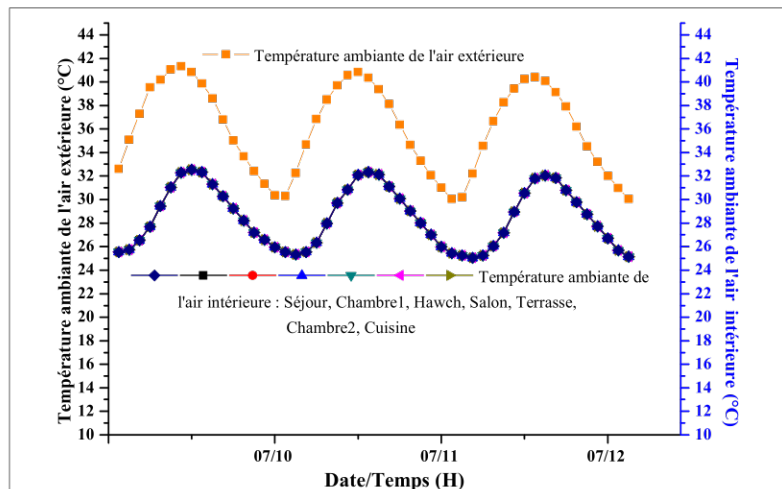


Figure 5. 8 : Mesures comparatives de la variation de la température ambiante de l'air, interne et externe du logement Siddi Abbaz, des jours typiques de la saison estivale.

Source : Auteur, 2020.

A propos du logement de Siddi Abbaz, presque les mêmes remarques s'appliquent aux résultats présentés dans la figure 5.8. A ce stade, la comparaison entre les courbes des températures ambiantes de l'air mesuré à l'intérieur et à l'extérieur révèle que ceux de l'intérieur ont tendance à être faible que celles de l'extérieur. Nous constatons que les températures internes offrent de meilleures conditions le matin de 08h00 au 10h00 (26 °C le 10 juillet ; 25,80 °C le 11 juillet ; 25,50 °C le 12 juillet). Mais à partir de l'après-midi leurs valeurs commencent d'agrandir en attendant des valeurs maximales vers 16h00 (32,54 °C le 10 juillet ; 32,34 °C le 11 juillet ; 32,04 °C le 12 juillet), avec des amplitudes de (6,54 °C le 10 juillet ; 6,54 °C le 11 juillet ; 6,54 °C le 12 juillet), pendant que, les amplitudes marquées entre les températures extérieures maximales et minimales restent les plus grandes (11,21 °C) (Fig.5.8).

Par voie de conséquence, nous distinguons que la fluctuation moyenne diurne de la température ambiante de l'air à l'intérieur du logement duplex (6,65 °C) est relativement similaire à celle du logement de Siddi Abbaz (6,54 °C). Tandis que, les écarts des températures à l'intérieur des deux logements sont fréquemment inférieurs à ceux de l'extérieur. Ces phénomènes sont dus, d'une part, à la grande inertie et à la résistance thermique des matériaux de construction constituant l'enveloppe des logements étudiés et d'une autre part, aux parois épaisses qui ont contribué à atténuer les grandes fluctuations des températures internes, en permettant, ainsi, d'engendrer un effet régulateur de l'opération du transfert de chaleur. En plus de ces paramètres, nous pouvons citer d'autres qui ont participé à empêcher les surchauffes à l'intérieur à savoir : la présence de la cour à l'intérieur du logement duplex et le chebek dans le cas du logement de Siddi Abbaz.

5.2.3 Evaluation et comparaison de comportement thermique des logements cas d'étude

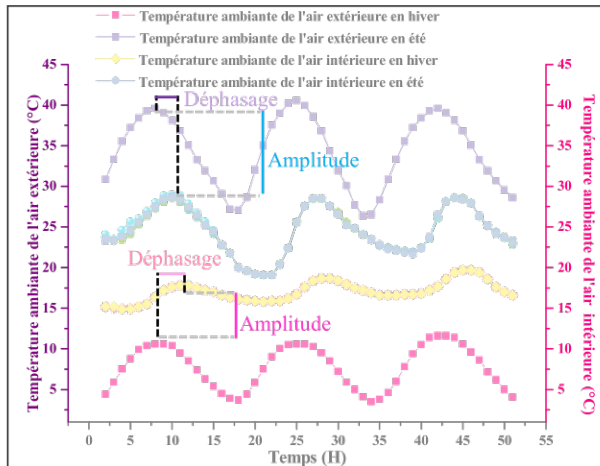


Figure 5. 9 : Graphes d'évaluation de comportement thermique du logement duplex, en hiver et en été.
Source : Auteur, 2020.

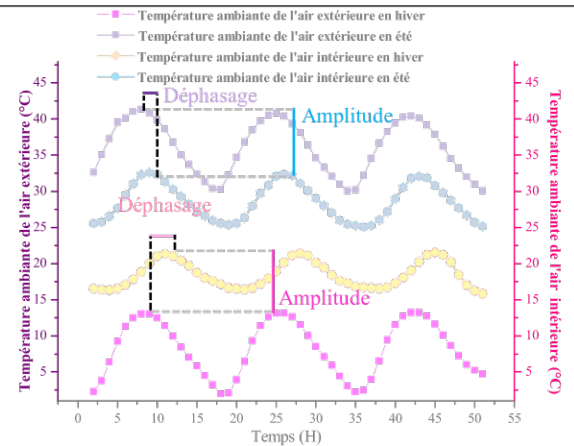


Figure 5. 10 : Graphes d'évaluation de comportement thermique du logement Siddi Abbaz, en hiver et en été.
Source : Auteur, 2020.

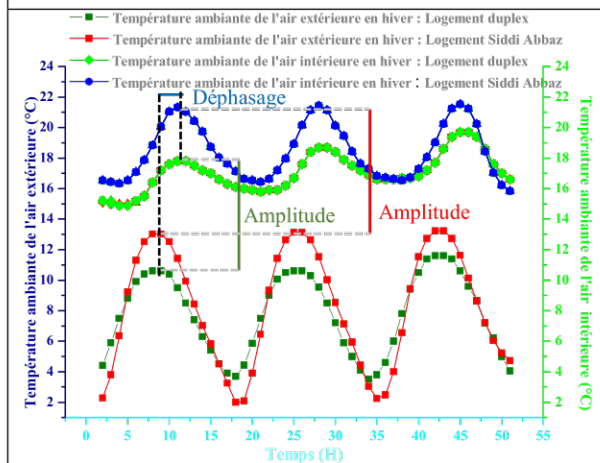


Figure 5. 11 : Graphes comparatifs de comportement thermique du logement duplex et du logement Siddi Abbaz, en hiver.
Source : Auteur, 2020.

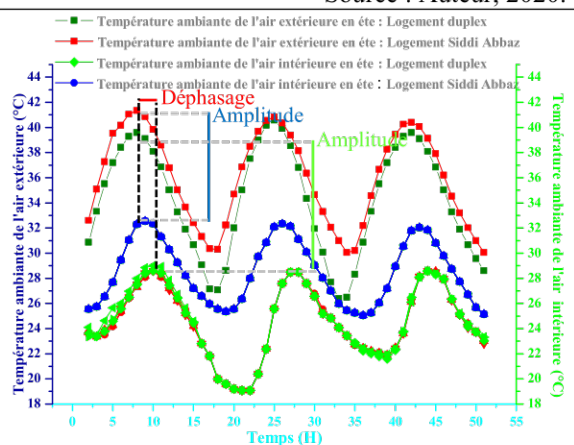


Figure 5. 12 : Graphes comparatifs de comportement thermique du logement duplex et du logement Siddi Abbaz, en été.
Source : Auteur, 2020.

Le comportement thermique évaluatif et comparatif des deux logements à enveloppe et contexte différents est illustré à travers les figures de 5.9 à 5.12. A cet effet, nous mentionnons que lorsque la température externe atteint sa valeur maximale vers (16h00 en hiver et 15h00 en été) la température interne atteint sa valeur maximale vers (18h00 en hiver-17h00 en été). Autrement dit les grandes fluctuations de température exposée sur la surface extérieure des murs de logements ont été réduites et puis déphasées après 2 heures du temps. En outre, nous avons remarqué que quand la chaleur à l'extérieur s'affaiblit, au même moment, la restitution de la chaleur emmagasinée par les parois à l'intérieur des deux logements est assez faible (Fig.5.9 ; 5.10 ; 5.11 ; 5.12).

Finalement, nous pouvons déduire à ce stade de résultats, que le temps de déphasage et de restitution, ainsi que la façon instantanée de l'amortissement de l'amplitude de l'onde thermique des deux logements sont similaires. Ces deux phénomènes sont produits grâce au grand rôle d'isolation joué par les matériaux de construction, à l'instar du béton de terre stabilisé qui a été utilisé par El Miniawy dans le façonnage des murs du logement duplex et de la pierre et du mur masqué inventé par Rvéreau pour la réalisation des murs du logement Siddi Abbaz). Ces matériaux sont connus pour leur grande inertie thermique intrinsèque qui permet de réduire les apports solaires, du fait qu'ils participent à ralentir le temps de l'effet de déphasage. De même, ceux-ci sont dus aux épaisseurs (40 cm) des parois des logements qui ont contribué à renforcer l'inertie en assurant, régulièrement, un meilleur comportement thermique à l'intérieur des espaces de ces derniers.

Toutefois, on ne peut pas considérer que les deux logements étudiés sont thermiquement confortable sans passer par l'évaluation de leur comportement hygrométrique (le taux d'humidité relative de l'air).

5.2.4 L'estimation du taux d'humidité relative de l'air (HR) à l'intérieur et à l'extérieur, en hiver

Les figures 5.13 et 5.14 ci-dessous illustrent les taux d'humidité relative de l'air enregistrés durant les trois jours typiques de la saison hivernale (le 29, 30 et 31 janvier 2019 pour le cas du logement duplex à M'Sila et le 21, 22 et 23 janvier 2019 pour le cas du logement de Siddi Abbaz à Ghardaïa).

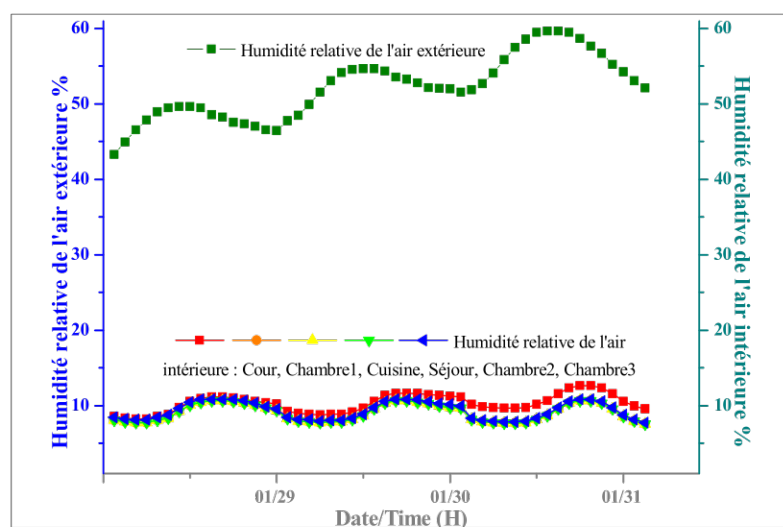


Figure 5. 13 : Mesures comparatives de la variation du taux d'humidité relative, interne et externe du logement duplex, des jours typiques de la saison hivernale.

Source : Auteur, 2020.

Nous constatons, dans le cas du logement duplex d'El Miniawy à M'sila, que les taux d'humidité relative mesurés à l'intérieur sont relativement inférieurs comparés à ceux mesurés à l'extérieur. Par exemple, nous remarquons, que la valeur maximale intérieure est d'environ 10,64%. Tandis que celle de l'extérieur varie entre 49,64% et 59,64% avec une différence de 39% et 49% (Fig.5.13).

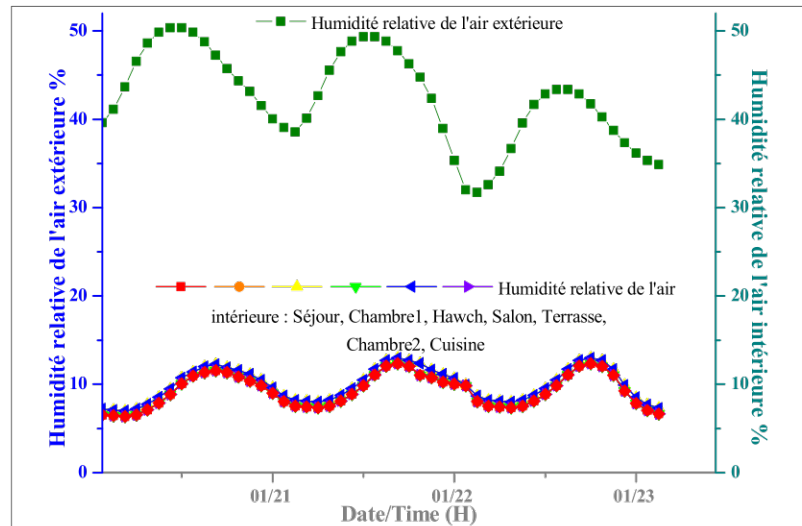


Figure 5. 14 : Mesures comparatives de la variation du taux d'humidité relative, interne et externe du logement Siddi Abbaz, des jours typiques de la saison hivernale.

Source : Auteur, 2020.

En outre, la lecture des courbes de la figure 5.14, relève que dans le cas du logement Siddi Abbaz d'André Ravéreau, les taux d'humidité relative à l'intérieur sont toujours faibles par rapport à ceux de l'extérieur. Comme on peut le voir, l'écart d'humidité relative entre une valeur externe maximale (48,75%-47,75%) et une valeur interne maximale (11,35-12,35%) est compris entre 37% et 39% (Fig.5.14).

Donc, d'après ces résultats on conclut que le comportement hygrométrique à l'intérieur des deux logements est assuré, d'une part par la bonne qualité hygrométrique des matériaux façonnant les murs extérieurs. Théoriquement, la terre et la pierre sont des matériaux efficaces qui ont une grande capacité d'absorption et désorption qui permet d'absorber la vapeur d'eau par les différentes couches des parois et donc réduire les grandes fluctuations d'humidité. D'autre part par les épaisseurs des parois qui permettent de garder un grand écart entre l'humidité externe et interne. Aussi, il faut rappeler que les grandes valeurs de températures, marquées dans les sections précédentes, ont contribué à maintenir de bonnes conditions hygrométriques à l'intérieur des espaces des logements. Ceci illustre ainsi l'influence de la température sur les taux d'humidité à l'intérieur des logements.

5.2.5 L'estimation du taux d'humidité relative de l'air (HR) à l'intérieure et l'extérieure, en été

Les figures 5.15 et 5.16 ci-dessous présentent les taux d'humidité relative de l'air enregistrés durant les trois jours typiques de la période estivale (le 14, 15 et 16 juillet 2019 pour le cas du logement duplex à M'Sila et le 10, 11 et 12 juillet 2019 pour le cas du logement de Siddi Abbaz à Ghardaïa).

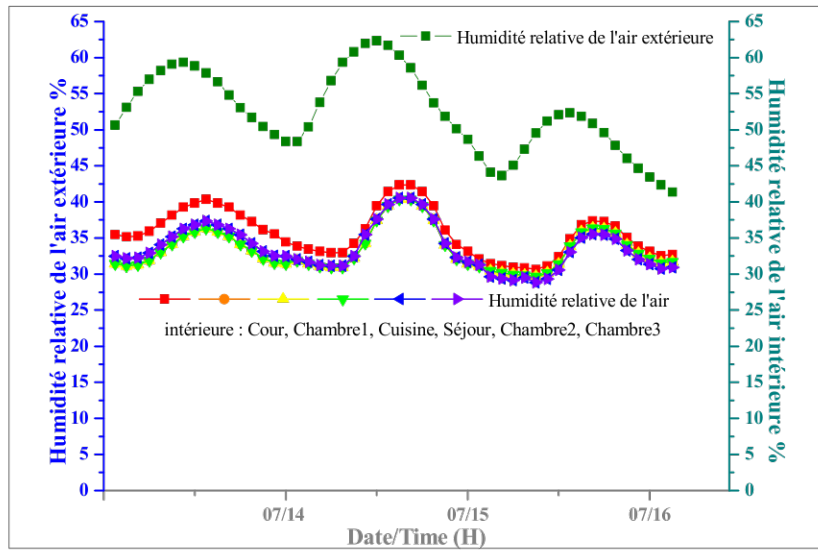


Figure 5. 15 : Mesures comparatives de la variation du taux d'humidité relative, interne et externe du logement duplex, des jours typiques de la saison estivale.

Source : Auteur, 2020.

Selon la figure 5.15, nous remarquons que, lorsque le taux d'humidité prélevé à l'extérieur du logement duplex est élevé, celui prélevé à l'intérieur est relativement bas. A cet effet, les valeurs maximales marquées à l'extérieur sont successivement (59,35% le 14 juillet ; 62,35% le 15 juillet ; 52,35% le 16 juillet). Alors que celles de l'intérieur sont les suivantes : 36,35% le 14 juillet ; 40,35% le 15 juillet ; 36,35% le 16 juillet, dont les écarts entre les deux variant de 16% au 23% (Fig.5.15).

En parallèle, les courbes de la figure 5.16 montrent que les taux d'humidités relatives marquées à l'intérieur du logement Siddi Abbaz sont inférieurs, le jour comme la nuit, à ceux de l'extérieur. En analysant ces graphes, nous observons que la différence entre la valeur maximale d'humidité relative de l'air qui règne à l'extérieur varie de 68,35% au 66,35%. Par contre celle de l'interne est de 45,35%. Soit un écart de presque 22,35% entre la valeur maximale externe et interne (Fig.5.16).

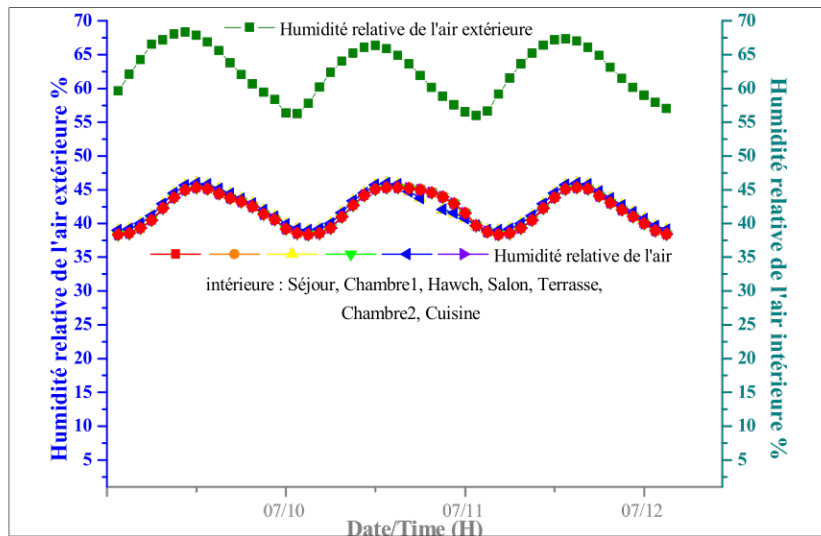


Figure 5. 16 : Mesures comparatives de la variation du taux d'humidité relative, interne et externe du logement Siddi Abbaz, des jours typiques de la saison estivale.

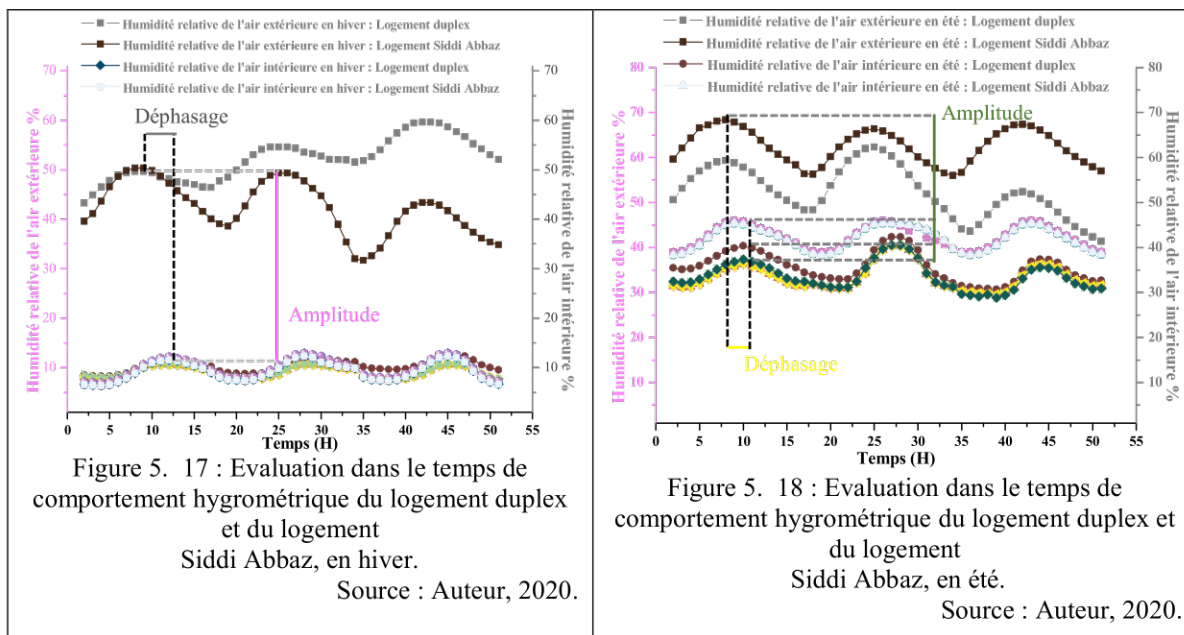
Source : Auteur, 2020.

Par ailleurs, nous soulignons qu'en saison estivale, le taux d'humidité relative est un paramètre très important pour déterminer la sensation du confort ou d'inconfort chez les habitants des logements cas d'étude. En somme, l'étude des taux d'humidité relative de l'air ambiant dans ces logements affirme que le comportement hygrométrique à l'intérieur de ces derniers est acceptable. Cependant, les résultats de cette analyse s'expliquent par l'effet régulateur hygrométrique des matériaux utilisés dans la construction des parois de l'enveloppe extérieure. Ces matériaux sont capables de capter les grandes quantités de la vapeur d'eau, les stocker et puis les renvoyer à l'intérieur lorsque l'humidité commence à diminuer. En plus de ces propriétés hygrométriques des matériaux, nous pouvons signaler que certains systèmes passifs de ventilation naturelle (cour et chebek) ont contribué, de leur part, à réduire le taux d'humidité à l'intérieur des constructions.

5.2.6 Analyse et comparaison de comportement hygrométrique des logements en question

La synthèse récapitulative de l'analyse du comportement hygrométrique au sein des logements en question est démontrée dans les figures 5.17 et 5.18.

En période d'hiver, nous examinons que, lorsque le taux d'humidité extérieure arrive à son pic à 16 h00, celui de l'intérieur augmente à 18 h00, soit un temps de déphasage de 2 heures. En période d'été, nous observons, en outre, que la courbe d'humidité relative de l'air interne atteint sa valeur maximale à 17 h00, pendant que, l'humidité relative externe maximale atteint cette valeur vers 15 h00, ce qui donne un temps de déphasage de 2 heures (Fig.5.17 ; 5.18).



Ce temps de déphasage hygrométrique se justifie tant par les qualités hygrométriques du béton de terre stabilisé qui a été exploité par El Miniawy dans la construction des murs du logement duplex, que par de la pierre et le mur masque inventé par Rvéreau. Grâce à ces matériaux écologiques, les enveloppes des deux logements ont pu absorber l'excès de la vapeur d'eau qui circule dans l'air extérieur en l'empêchant de traverser les couches des parois vers l'intérieur des espaces. Toutefois, il convient de déduire que les propriétés hygrométriques de ces matériaux, leur permet ainsi de stocker la vapeur de l'air venue de l'extérieur et puis la restituer une fois que l'air ambiant commence à se sécher. Donc les matériaux choisis par les architectes sont les plus adaptés au climat semi-aride et aride car ils permettent une bonne gestion du confort hygrométrique.

5.3 Etude de certains paramètres de la ventilation et de l'éclairage naturel au sein des logements cas d'étude

Nous abordons dans cette section l'influence et l'impact de l'incorporation de certains dispositifs passifs sur la ventilation et l'éclairage naturel à l'intérieur des espaces des logements cas d'étude. Pour se faire, nous avons décidé de présenter les résultats de chaque logement séparément ensuite on comparera les résultats des deux logements, et cela pour les paramètres des sous-stratégies de la ventilation naturelle et l'éclairage naturel.

5.3.1 Etude de l'influence de l'intégration de la cour sur la vitesse de l'air à l'intérieur du logement duplex

Les figures de 5.19 à 5.21 illustrent l'effet de la cour en tant que système régulateur de la ventilation naturelle en refroidissement dans le logement duplex à M'Sila. Nous rappelons que la campagne de mesure a été effectuée au cours des journées les plus chaudes des mois de juin, juillet et août, en tant que représentants de la période estivale typique (le 24 juin, 14 le juillet et le 02 août 2019). Nous mentionnons ainsi que les résultats de ces figures montrent la variation de la vitesse de l'air à l'extérieur et à l'intérieur des pièces en question, lorsque ces dernières sont ventilées naturellement.

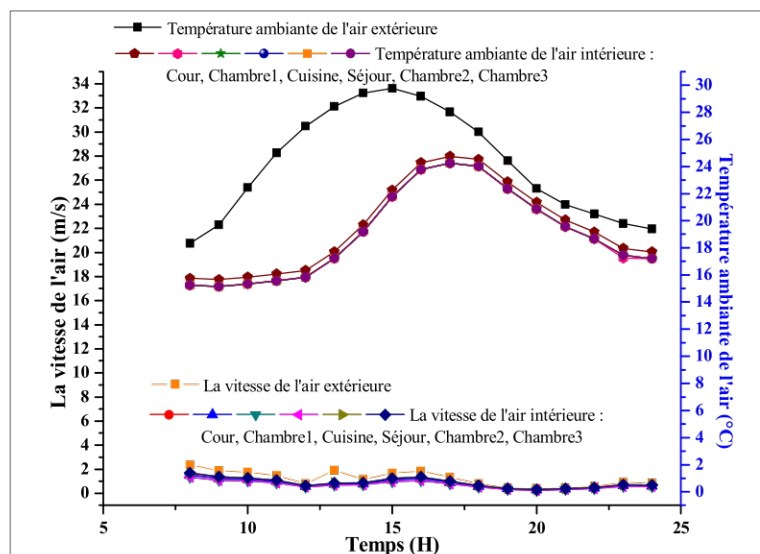


Figure 5. 19 : Graphes représentatifs du profil de la vitesse de l'air à l'intérieur des pièces principales du logement duplex, en mois de juin.

Source : Auteur, 2020.

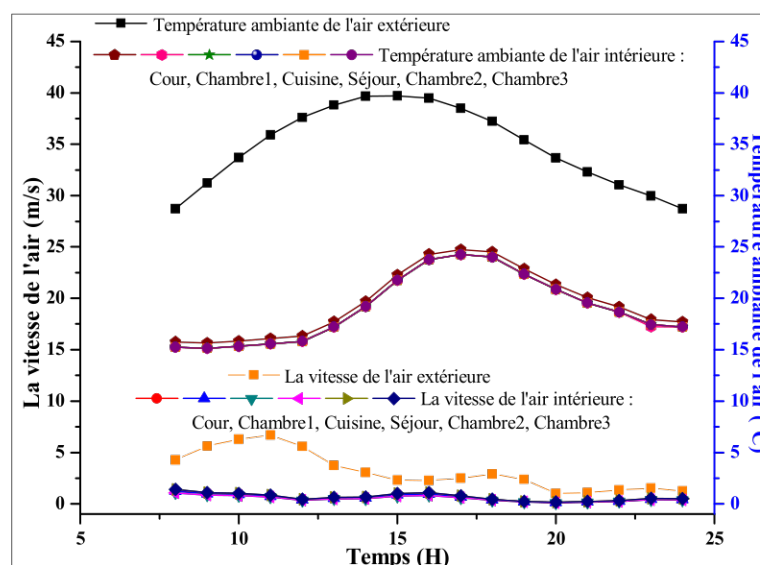


Figure 5. 20 : Graphes représentatifs du profil de la vitesse de l'air à l'intérieur des pièces principales du logement duplex, en mois de juillet.

Source : Auteur, 2020.

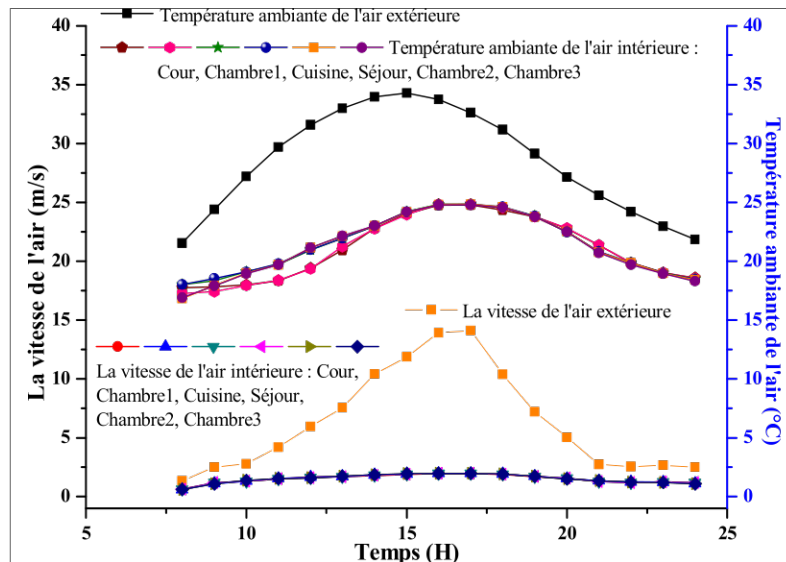


Figure 5. 21 : Graphes représentatifs du profil de la vitesse de l'air à l'intérieur des pièces principales du logement duplex, en mois d'août.

Source : Auteur, 2020.

Dans cette perspective, nous constatons que les vitesses de l'air dans l'environnement correspondant autour du logement duplex présentent généralement des conditions favorables toute la journée, dont l'amplitude observée entre la vitesse maximale et minimale est successivement de (1,95 m/s le 24 juin, 5,69 m/s le 14 juillet et 12,75 m/s le 02 août). Egalement, nous trouvons que la vitesse d'écoulement de l'air intérieur augmente en rapport avec la vitesse du vent située à l'extérieur. Cependant, la vitesse la plus élevée enregistrée à l'intérieur est d'environ 1,39 m/s le 24 juin, 1,39 m/s le 14 juillet vers 08h00 et 1,98 m/s le 02 août vers 15h00-18h00. De plus, nous soulignons que les amplitudes relatives des vitesses de l'air à l'intérieur du logement varient principalement d'une pièce à une autre. Notons qu'on a relevé que dans les espaces situés au RDC, dont l'amplitude est de 1,12 m/s à 0,97 m/s au mois de juin et juillet, de 1,35 m/s le mois d'août. Alors qu'au niveau d'étage est fixée à 1,23 m/s au mois de juin et juillet et de 1,38 m/s le mois d'août (Fig.5.19 ; 5.20 ; 5.21).

Néanmoins, en considérant les températures mesurées en ces jours les plus chaudes de la saison estivale et au moment où le soleil est au zénith (de 12h00-16h00), nous pouvons déclarer qu'en moyenne, les vitesses de l'air circulant à l'intérieur du logement duplex sont évidemment suffisantes pour provoquer un effet de refroidissement et donc régler la température de l'air interne.

A partir de ces résultats, on peut déduire que l'écoulement d'air entrant à l'intérieur du logement duplex présente des conditions de vie assez favorables aux habitants, tout au long

de la période estivale très chaude. Par conséquent, l'obtention de tels résultats n'est pas occasionnelle, mais au contraire ceux-ci sont dus principalement à la présence de la cour et des ouvertures donnant directement sur cette dernière ainsi sur la façade extérieure. Aussi, on a remarqué que les pièces qui sont approximativement proches de la cour ont des profils de vitesses d'air et de températures meilleures que celles situées loin de celle-ci.

Finalement, on peut confirmer que le logement duplex a été conçu pour atteindre l'objectif de la ventilation naturelle notamment en respectant l'orientation adéquate de la construction en intégrant la cour. Celle-ci qui représente un dispositif passif de l'architecture vernaculaire, qui autrefois fonctionnait comme une source de refroidissement partout dans la maison pendant les mois chauds de l'année. En outre, ces résultats sont cohérents avec ceux obtenus par d'autres recherches dans le même domaine (Abdulbasit et al, 2015 ; Ellis et al, 2016 ; Xu et al, 2018 ; Yakubu et al, 2019).

5.3.2 Etude de l'influence de l'intégration du chebek et du mur masque sur la vitesse de l'air à l'intérieur du logement de Siddi Abbaz

A ce stade de notre recherche, nous avons étudié l'influence de l'implication du chebek et du mur masque sur la performance de la ventilation naturelle à l'intérieur des espaces du logement de Siddi Abbaz à Ghardaïa. Dans ce contexte, les figures de 5.22 à 5.24 présentent les résultats de mesures prélevés dans les jours les plus chaudes en été (le 22 juin, 10 juillet et le 09 août 2019).

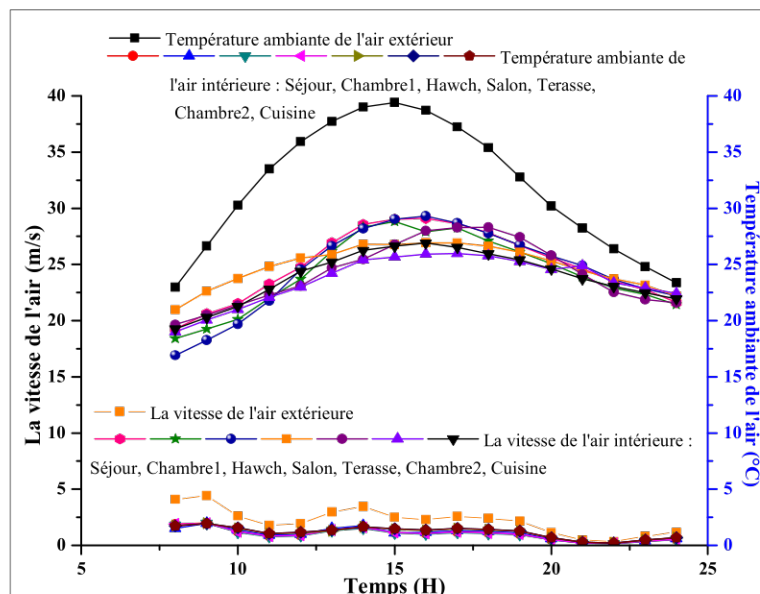


Figure 5. 22 : Graphes représentatifs du profil de la vitesse de l'air à l'intérieur des pièces principales du logement de Siddi Abbaz, en mois de juin.

Source : Auteur, 2020.

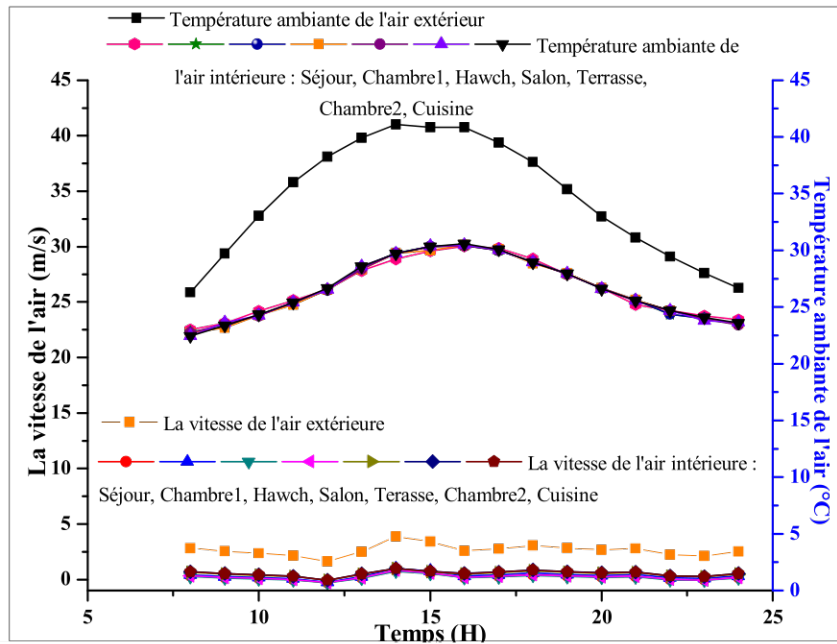


Figure 5. 23 : Graphes représentatifs du profil de la vitesse de l'air à l'intérieur des pièces principales du logement de Siddi Abbaz, en mois de juillet.

Source : Auteur, 2020.

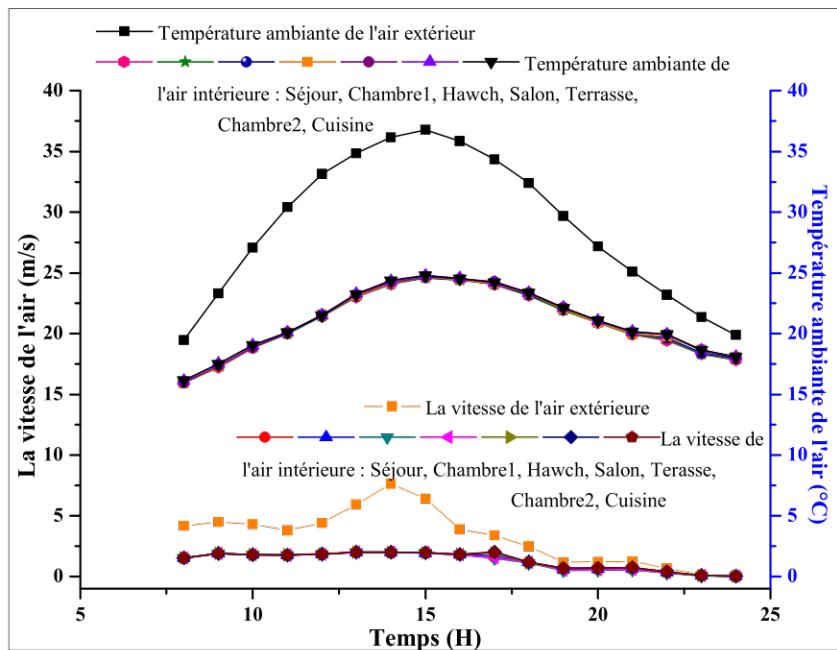


Figure 5. 24 : Graphes représentatifs du profil de la vitesse de l'air à l'intérieur des pièces principales du logement de Siddi Abbaz, en mois d'août.

Source : Auteur, 2020.

Cependant, avant d'entamer l'analyse de ces résultats, nous jugeons très utile de signaler que ces mesures ont été réalisées en l'absence des systèmes et moyens de ventilation mécanique tels que : les climatiseurs et les ventilateurs.

Par ailleurs, nous observons que les vitesses de l'air dans l'environnement immédiat autour du logement de Siddi Abbaz affichent de bonnes conditions tout au long des jours chauds,

où les écarts lurent entre les valeurs maximales et minimales sont respectivement de (4,06 m/s le 22 juin, 2,24 m/s le 10 juillet et 7,59 m/s le 02 août). En revanche, nous constatons que les vitesses d'écoulement de l'air à l'intérieur du logement en question s'accroîtront progressivement en fonction du changement des valeurs des vitesses du vent circulant à l'extérieur. A cet effet, la vitesse de l'air la plus élevée a été marquée de 08h00 à 15h00 avec les valeurs suivantes : 1,98 m/s le 22 juin, de 1,78 m/s à 1,96 m/s le 10 juillet et 1,99 m/s le 09 août. Aussi, nous avons observé que les écarts entre les vitesses de l'air interne maximal et minimal sont un peu différents d'un espace à un autre. Car on a remarqué qu'au niveau des espaces situés au RDC l'écart est de 1,82 m/s au mois de juin, 1,07 m/s au mois de juillet et 1,96 m/s au mois d'août. Tandis qu'au sein de l'étage est fixé à 1,74 m/s au mois de juin, à 1,04 m/s juillet et à 1,90 m/s le mois d'août (Fig.5.22 ; 5.23 ; 5.24).

Parallèlement à ces résultats de variation des vitesses de l'air, nous relevons que les températures ambiantes de l'air diminuent au fur et à mesure que l'air chaud à l'intérieur gagne plus de fraîcheur qui est ramenée avec l'air frais rentrant de l'extérieur. Ceci prouve que les vitesses d'air traversant le logement sont capables de maintenir de bonnes conditions de confort surtout au moment où le soleil est au zénith (de 12h00-16h00).

D'après les résultats de la campagne de mesure, on constate clairement que le flux d'air frais qui traverse la porte du hawch vers les espaces situés au RDC du logement de Siddi Abbaz par le phénomène d'advection et qui sort de l'ouverture zénithale vers la terrasse située à l'étage du même logement, participe davantage à accélérer le mouvement d'air frais, en permettant ainsi de baisser les températures, le long des journées les plus chaudes de l'année.

Modérément, ces résultats dépendent fortement des dispositifs passifs dont le logement en question est doté, à savoir : le chebek et le mur masque. Ces derniers ont permis de fournir une ventilation naturelle efficace, mais ont permis surtout, d'améliorer la qualité de l'air à l'intérieur, tout en assurant une bonne sensation thermique aux occupants.

En somme, les résultats obtenus nous permettent de prédire que le logement de Siddi Abbaz est réfléchi d'une façon à donner l'occasion aux habitants de Ghardaïa de vivre dans une construction moderne qui regroupe les mêmes fonctionnalités bioclimatiques manifestées précédemment dans la maison mozabite traditionnelle.

5.3.3 Evaluation de l'influence des dispositifs passifs sur le comportement aéraulique des logements en question

Les figures de 5.25 au 5.27 annoncent les résultats obtenus à partir de la comparaison des variations des vitesses de l'air distribuées à l'extérieur et à l'intérieur des deux logements où les données ont été enregistrées. A cet effet, il est bien clair que la répartition de l'air est presque similaire pour les deux logements en question, et pareillement pour les températures ambiantes de l'air (Fig.5.25 ; 5.26 ; 5.27).

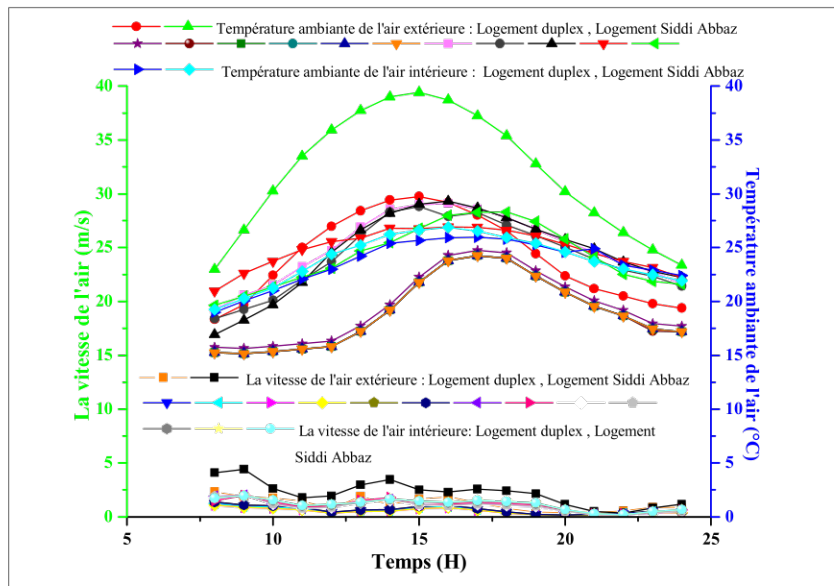


Figure 5. 25 : Evaluation dans le temps de comportement aéraulique du logement duplex et du logement de Siddi Abbaz, dans les journées typiques de mois de juin.

Source : Auteur, 2020.

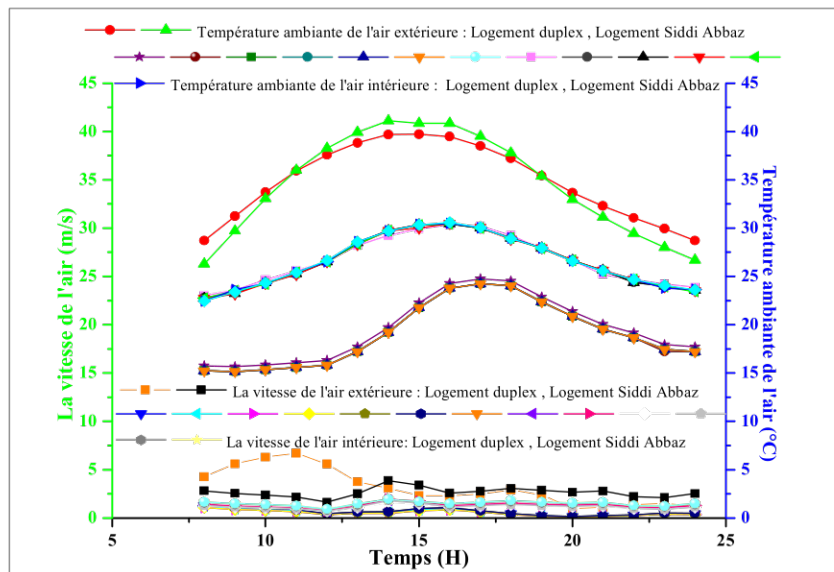


Figure 5. 26 : Evaluation dans le temps de comportement aéraulique du logement duplex et du logement de Siddi Abbaz, dans les journées typiques de mois de juillet.

Source : Auteur, 2020.

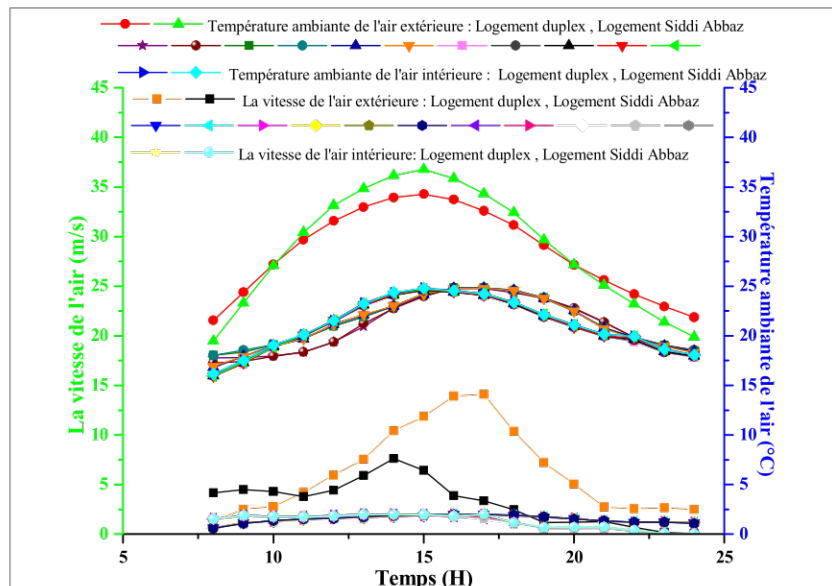


Figure 5. 27 : Evaluation dans le temps de comportement aéralucque du logement duplex et du logement de Siddi Abbaz, dans les journées typiques de mois d'août.

Source : Auteur, 2020.

Nous pouvons indiquer à ce stade que les valeurs de la vitesse moyenne de l'air entrant à l'intérieur, à la fois du logement duplex d'El Miniawy à M'Sila et de Siddi Abbaz d'André Ravéreau à Ghardaïa, peuvent atteindre le niveau de confort thermique acceptable spécifié par la norme ASHRAE-Standard-62.1 (Tap et al, 2011 ; ASHRAE, 2013 ; Kersenna et al, 2021). Par conséquent, il est à noter que, même si en l'absence des moyens et systèmes de ventilation actifs (mécaniques) pendant toute la période de la prise des mesures, les moyens passifs sont capables d'assurer une meilleure ventilation naturelle pour les occupants des logements. Surtout si l'air rentre de l'extérieur avec des vitesses grandes et suffisantes, dans ce cas, il balayera sur tous les volumes des pièces des logements.

Selon les résultats globaux tirés de la comparaison de variation des vitesses de l'air dans les deux logements, cas d'étude, la ventilation naturelle des pièces est due essentiellement à l'aspiration de l'air frais à travers les ouvertures qui donnent directement sur la cour, pour le cas du logement duplex. La bonne évacuation de l'air chaud s'élève dans le sens de l'ouverture zénithale (chebek) par laquelle il sort, tandis que l'air plus frais le remplace. C'est le même cas pour le logement de Siddi Abbaz.

En ce qui concerne la solution de construction inventée par l'architecte Ravéreau « mur masque », « double mur », cela consiste à construire un mur porteur d'extérieur en parpaing agencé à la pierre pour atténuer la chaleur dans la maison et assurer une bonne protection thermique aux habitants en utilisant une méthode facile à réaliser (Bertaud du Chazaud et Rarvéreau, 2007).

En effet, la chaleur captée et emmagasinée par le mur, s'évacue directement grâce aux petits percements intégrés dans le toit et le plafond, pour permettre une bonne circulation de l'air, qui s'infiltré entre le mur masque et le mur porteur, en gardant toujours le mur porteur plus ou moins frais. L'architecte a mis aussi des petits plots horizontaux en pierre sous chaque mur masque, pour réduire la quantité de l'air chaud entrant entre les deux murs porteurs et en même temps assurer une bonne ventilation naturelle (Baudouï, Potié, 2003).

En outre, la taille petite des ouvertures de façades extérieures a un effet significatif dans la protection thermique des logements. Plus on réduit la taille d'ouverture plus on empêche la pénétration de l'air chaud à l'intérieur des zones habitables. Ces moyens de ventilation passive contribuent à économiser une quantité très importante de l'énergie non-renouvelable, et offre donc une efficacité énergétique très élevées.

5.3.4 L'impact de l'introduction de la cour sur la performance du niveau d'éclairage du logement duplex

Les figures 5.28 et 5.29 démontrent les résultats de la campagne de mesure effectuée sous un ciel nuageux pendant le solstice d'hiver (21 décembre 2019) et intermédiaire durant le solstice d'été (21 juin 2019). Nous indiquons dans ce passage que l'objectif primordial de cette étude est de tester l'effet de l'intégration de la cour, à la fois, sur le niveau, la quantité et la distribution d'éclairage à l'intérieur des espaces du logement duplex.

Afin d'obtenir avec précision la distribution de la luminosité de la lumière du jour dans les pièces choisies, on a décidé de prendre des prélèvements de 8h00 jusqu'au 16h00 en saison hivernale et de 8h00 jusqu'au 21h00 en saison estivale.

A regarder de plus près les résultats annoncés sur la figure 5.28, ils révèlent que pendant le soliste d'hiver le niveau d'éclairage extérieur à la hauteur de la crête (point de test) est accentué graduellement de 10h00 à 11h00 et gagne un maximum de 1050 lux entre 12h00-13h00. Par ailleurs, celui-ci commence à diminuer doucement à partir de 14h00, en se rapprochant à une valeur minimale de 660 lux vers 16h00. La lecture de ces courbes, nous permettent aussi de déclarer que le niveau d'éclairage reçu à l'intérieur de la cour est presque proche à celui de l'extérieur 1020 lux à 13h00. Les neuf points de test situés dans la cour du logement duplex sont ensuite descendus rapidement aux valeurs minimales (834-646 lux) de 15h00 à 16h00. En outre, les niveaux d'éclairage affiché dans le reste des pièces sont répartis avec des valeurs différentes, dont on a observé que ceux-ci ont monté

progressivement entre 10h00 et 13h00, en passant de (150-310 lux) à (542,84-720lux). Ensuite, ces valeurs ont rapidement décliné de 14h00 jusqu'à ce qu'elles atteignent des valeurs inférieures de (149,14-372 lux) à 16h00 (Fig.5.28).

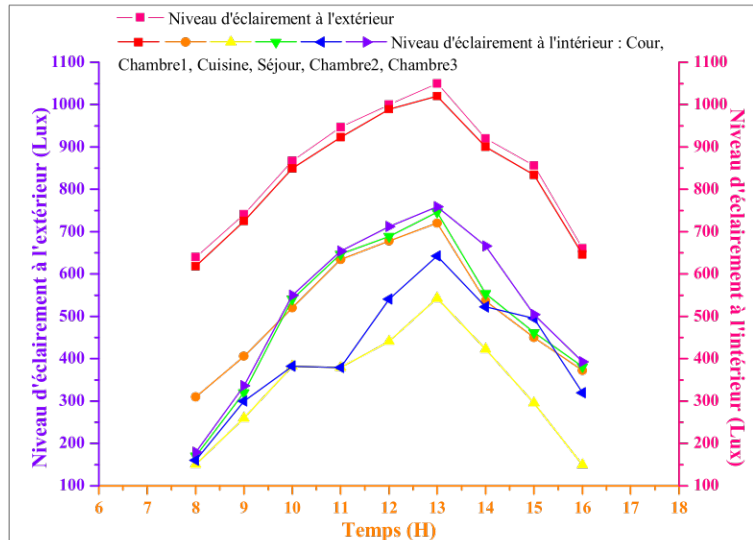


Figure 5. 28 : Graphes indiquent le niveau d'éclairage intérieur des espaces principaux du logement duplex, le 21 décembre de 8h00 à 16h00.

Source : Auteur, 2020.

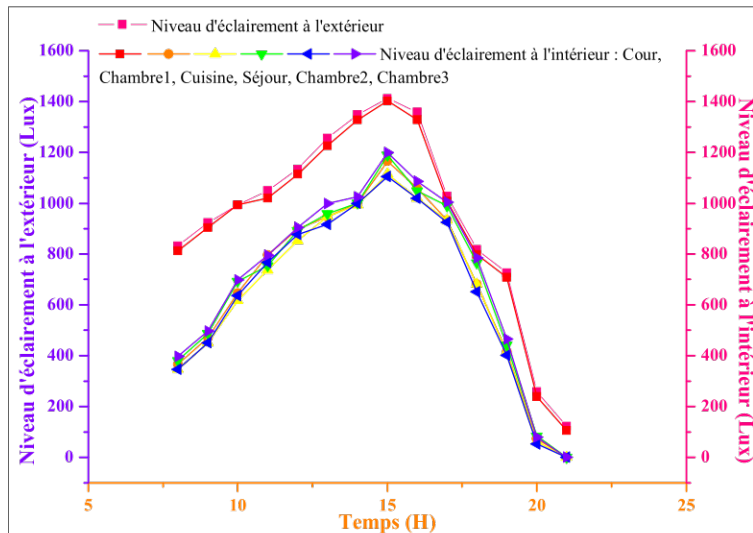


Figure 5. 29 : Graphes indiquent le niveau d'éclairage intérieur des espaces principaux du logement duplex, le 21 juin de 8h00 à 21h00.

Source : Auteur, 2020.

En revanche, le décryptage des courbes de la figure 5.29 ressort que le niveau d'éclairage du soliste d'été, est réparti selon le même principe que celui de l'hiver, mais avec des valeurs et des durées différentes. Dans ce contexte, nous remarquons que l'éclairage extérieur en cette période est à son pic durant la séquence horaire de 13h00 à 15h00 (1256-1412 lux), tandis que la séquence de 19h00 à 21h00 a marqué les valeurs minimales (726-123 lux). Nous constatons ainsi que le niveau d'éclairage intérieur évolué entre des valeurs maximales

enregistrées vers 15h00 et des valeurs minimales enregistrées vers 20h00. Dans la cour la valeur variée de 1402 à 106 lux, dans la chambre1 de 1165,09 à 72,96 lux, dans la cuisine de 346,28 à 61,96 lux, dans le séjour de 1189,04 à 84,08 lux, dans la chambre2 de 1105,09 à 52,96 lux, dans la chambre3 de 1199,82 à 79,65 lux (Fig.5.29).

En résumé, on peut en conclure que la répartition de la lumière naturelle du jour dans les principales pièces du logement duplex dépendait essentiellement de l'importance et du rapprochement de l'espace à la cour. Par ailleurs, on a découvert que dans les espaces tels que le séjour, la chambre1 et la chambre3, qui sont les deux espaces où les fenêtres sont directement percées sur les murs donnant sur la cour, les niveaux d'éclairage étaient les meilleurs en matière d'éclairage naturel. Cependant, les autres placés loin de la cour ne profitent pas de la même quantité de lumière du jour, ce qui justifie que les niveaux d'éclairage sont moins importants que ceux cités précédemment.

En ce sens, il est évident de dire que l'obtention de ces résultats n'est pas fortuit, mais, les architectes El Miniawy ont été plutôt conscients pour appliquer un dispositif passif spécifiquement observé dans les anciennes maisons de la région de M'Sila « la cour ». Celle-ci a donné la possibilité aux habitants du logement duplex de bénéficier d'un environnement social, dans lequel il est possible de trouver un confort visuel. Les occupants peuvent utiliser l'espace de manière flexible tout en évitant l'utilisation de la lumière artificielle. Ces résultats sont également associés aux dimensions des fenêtres qui sont conçues de manière à fournir un éclairage correspondant aux dimensions des pièces et aux types de fonctions. De plus, l'absence des persiennes en bois au niveau des fenêtres favorisent une pénétration directe de la lumière du jour.

5.3.5 L'impact de l'introduction du chebek sur la performance du niveau d'éclairage du logement de Siddi Abbaz

Les figures 5.30 et 5.31 illustrent les résultats des prélèvements réalisés dans le logement de Siddi Abbaz à Ghardaïa, dans le but d'étudier l'impact de l'incorporation du chebek sur la répartition et la diffusion de la luminosité de la lumière du jour dans certains espaces du logement en question.

Nous soulignons que ces mesures ont été prises dans les conditions suivantes : sous un ciel nuageux pendant le solstice d'hiver (21 décembre 2019) et intermédiaire durant le solstice

d'été (21 juin 2019). Il est à noter que ce sont les mêmes séquences d'horaires choisis que le premier cas.

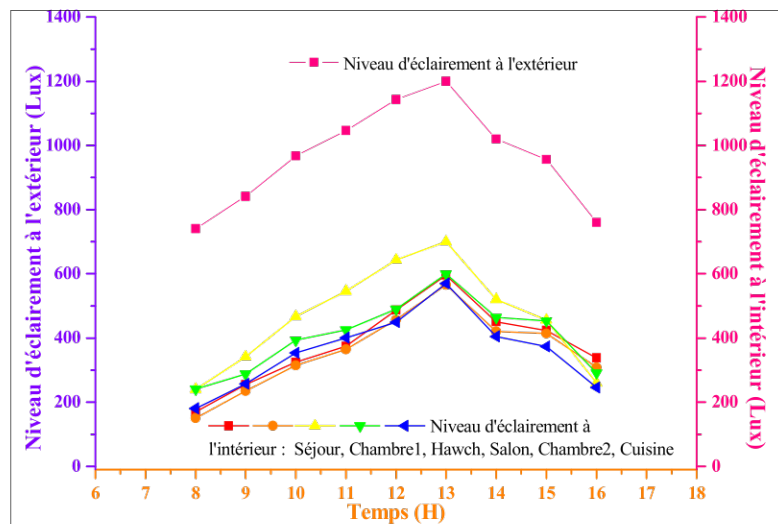


Figure 5. 30 : Graphes indiquent le niveau d'éclairage intérieur des espaces principaux du logement de Siddi Abbaz, le 21 décembre de 8h00 à 16h00.

Source : Auteur, 2020.

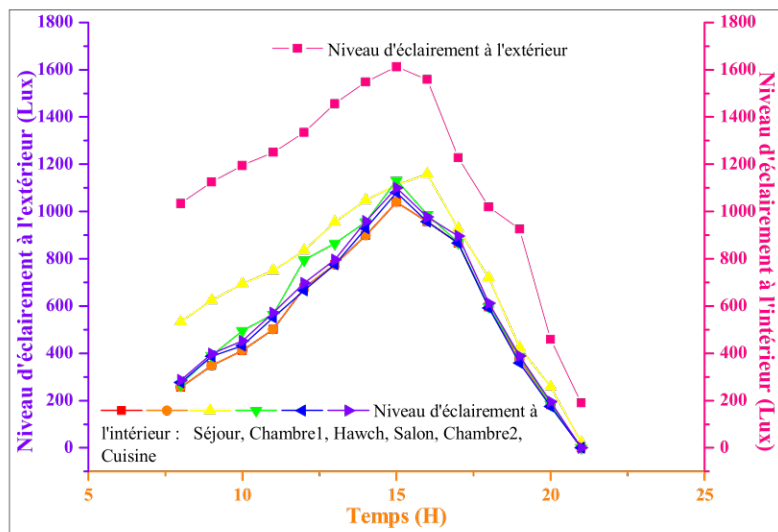


Figure 5. 31 : Graphes indiquent le niveau d'éclairage intérieur des espaces principaux du logement de Siddi Abbaz, le 21 juin de 8h00 à 21h00.

Source : Auteur, 2020.

En période hivernal, l'observation des courbes de la figure 5.30 nous a permis de confirmer que l'éclairage extérieur en cette période est à son optimum au cours de la séquence horaire de 11h00 à 13h00 (1046-1200 lux), bien que la séquence de 15h00 à 16h00 ait repéré les valeurs minimales (956-760 lux). Nous dégageons ainsi de ces analyses que le niveau d'éclairage intérieur augmente doucement entre des quantités supérieures constatées vers 13h00 et des quantités inférieures constatées vers 16h00. Dans le séjour elles varient de 595,72 lux à 338,19 lux, dans la chambre1 de 565,72 à 308,19 lux, dans le hawch de 700 à

260 lux, dans le salon de 599,49 à 290,75 lux, dans la chambre2 de 569,49 à 245,75 lux, dans la cuisine de 579,49 à 265,75 lux (Fig.5.30).

Quant à l'analyse des résultats de la période estivale, elle affirme que le niveau d'éclairage du solstice d'été diffuse de la même façon que celui d'hiver, mais avec des valeurs et des séquences différentes. A partir de cette analyse, nous pouvons dire que le niveau d'éclairage extérieur à la hauteur de la crête (point de test) s'accroît progressivement de 10h00 à 11h00 en atteignant le niveau maximal de 1612 lux à 15h00. Ensuite, celui-ci commence à diminuer petit à petit à partir de 17h00 en se rapprochant du niveau minimal de 190 lux vers 21h00. Par ailleurs, la lecture de ces résultats, nous permet aussi de révéler que le niveau d'éclairage qui pénètre à l'intérieur du salon s'avère le plus élevé par rapport aux autres espaces 1131,88 lux à 15h00. Les neuf points de test situés dans la cour du logement duplex sont ensuite descendus rapidement aux niveaux minimaux (1228-190 lux) de 17h00 à 21h00. Egalement, les niveaux d'éclairage exposés dans les autres pièces du logement de Siddi Abbaz sont distribués avec des valeurs différentes. On a observé que ceux-ci sont régulièrement élevés entre 10h00 et 15h00, en allant de (412,12- 694 lux) à (1040,26- 1112 lux). Or, à partir de 17h00, ils se sont rapidement baissés, jusqu'à devenir presque nuls (0,03- 23 lux) à 21h00, à cause du coucher du soleil (Fig.5.31).

En scrutant ces résultats, nous synthétisons que la distribution de la lumière naturelle générée par les rayons solaires est plus importante dans le salon que dans les autres espaces du logement en question. Par conséquent, ces résultats sont considérablement influencés par ce qui est probablement dû à l'intégration du chebek au niveau du plafond du salon. Le chebek, en tant que dispositif passif constitué d'une ouverture zénithale, offre une grande disponibilité d'éclairage naturel car elle permet la réception et la diffusion directe du rayonnement solaire.

5.3.6 Une évaluation comparative de l'effet des méthodes d'éclairage passif sur la qualité du confort visuel dans les deux logements

Evidemment, l'un des objectifs de base de l'architecture des zones semi-arides et arides, c'est de concevoir des constructions éclairées naturellement, visuellement confortables pour les occupants, tout en consommant le moins d'énergie possible.

En comparant les résultats des deux logements en question, et dans les deux saisons hivernale et estivale, nous pouvons dire que les niveaux d'éclairage obtenus en été sont meilleurs

que ceux mesurés durant l'hiver. Cette différence peut être expliquée par la position, l'angle et la course du soleil, mais aussi à l'état du ciel qui change continuellement d'une saison à l'autre (Fig.5.32 ; 5.33).

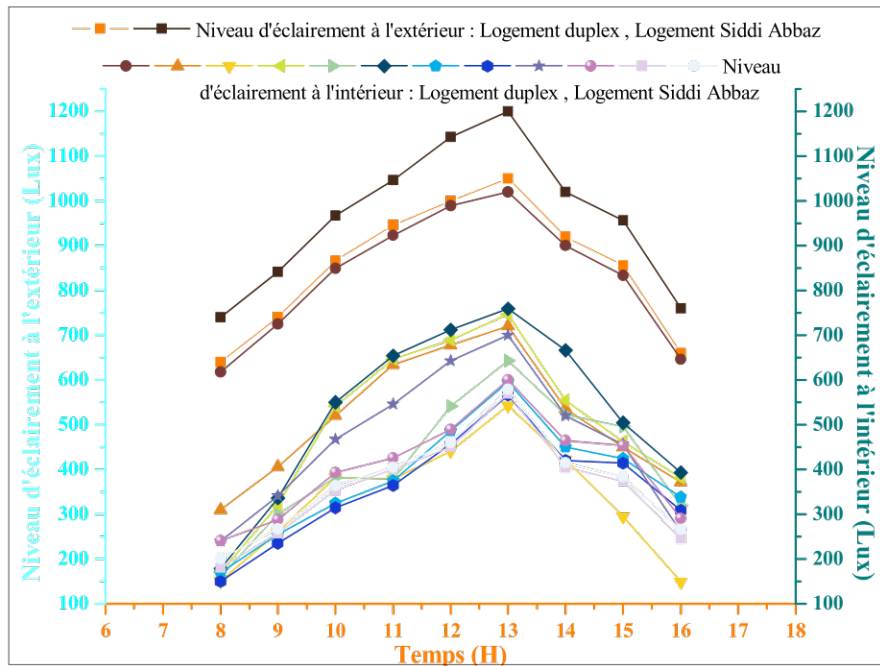


Figure 5. 32 : Courbes synthétiques de l'évaluation comparative de la qualité du confort visuel à l'intérieur des deux logements, en saison hivernale.

Source : Auteur, 2020.

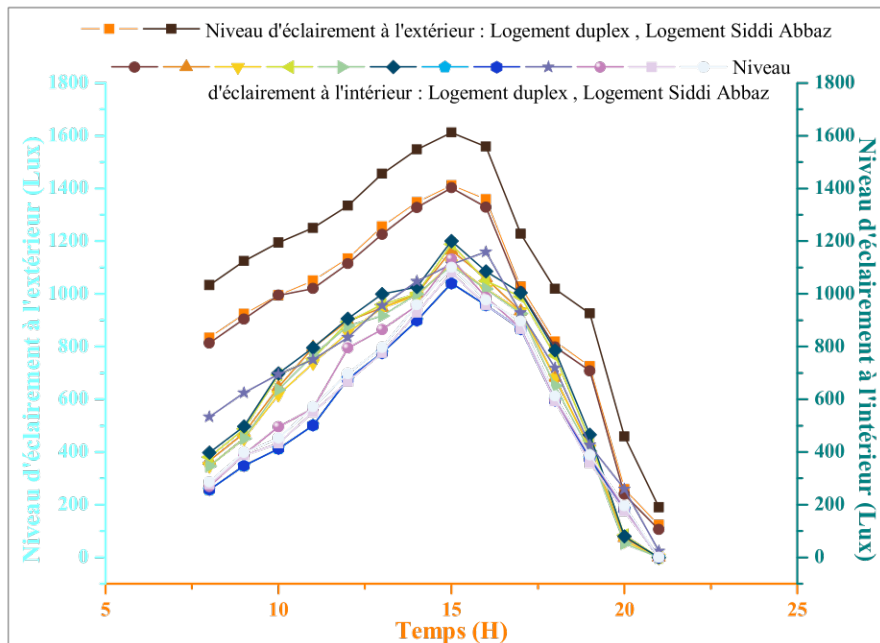


Figure 5. 33 : Courbes synthétiques de l'évaluation comparative de la qualité du confort visuel à l'intérieur des deux logements, en saison estivale.

Source : Auteur, 2020.

Ainsi, nous remarquons que les pièces adjacentes à la cour dans le cas du logement duplex à M'Sila et au chebek dans le cas du logement de Siddi Abbaz à Ghardaïa, bénéficient d'une distribution interne très efficace, et donc d'un grand potentiel d'éclairage naturel. A cet effet, les deux dispositifs architecturaux incorporés par les architectes El Miniawy et André Ravéreau sont parmi les meilleurs systèmes passifs qui contribuent à améliorer nettement la qualité d'éclairage à l'intérieur des constructions situées dans les zones arides et semi-arides.

Compte tenu des recherches menées par le conseil national des recherches, au Canada, qui ont fixé le seuil d'éclairage acceptable à une valeur égale ou supérieure à 150 lux (Alrubaih et al, 2013), la quantité de la lumière infiltrée à l'intérieur des deux logements cas d'étude est supérieure à cette valeur. Ceci, signifie systématiquement que les espaces présentaient des performances d'éclairage naturel adéquates, satisfaisant ainsi que les meilleurs critères de confort visuel.

Nous concluons qu'une utilisation appropriée de la lumière du jour dans le processus de conception architecturale joue un rôle crucial dans la réduction du besoin d'éclairage artificiel d'un bâtiment, et par conséquent, peut transformer celui-ci en un bâtiment économe en énergie (Gorji Mahlabani et al, 2017). En outre, l'intégration de tels types de dispositifs passifs contribue à minimiser le réchauffement des espaces et les désagréments affectant les yeux, en plus de leur coût très bas. Cependant, certaines recherches antérieures ont aussi démontré l'impact de l'adoption de la cour sur l'amélioration et la diffusion de l'éclairage naturel à l'intérieur des espaces adjacents (Muhaisen, 2006; Yi et al, 2009).

Conclusion

Cette investigation quantitative des stratégies du bien-être de l'homme, conduite par une étude réelle (compagne de mesure physique), dans le logement duplex d'El Miniawy et le logement Sidi Abbaz d'André Ravéreau, avait comme objectif principal de vérifier la deuxième et à la troisième hypothèse de cette recherche.

En effet, les logements néo-vernaculaires en question, qui ont associé les matériaux locaux à certains dispositifs passifs de notre architecture vernaculaire, lesquels sont assemblés aux techniques de l'architecture moderne, constituent des moyens incontournables qui visent plus précisément à régler les problèmes relatifs à la consommation des énergies non renouvelables ; générés généralement par les maux pratiques des logements en Algérie, pour

développer des logements à caractère vernaculaire contemporain, confortables et moins énergivores.

Par ailleurs, nous avons cherché, dans ce chapitre, à confirmer les jugements des habitants et à compléter les résultats de l'étude quantitative par questionnaire menée dans le chapitre précédent, cela à l'aide de la campagne de mesure in situ. En effet, ce chapitre a levé le voile sur la procédure du déroulement de l'instrumentation, en spécifiant les périodes de la prise de mesure de chaque paramètre ainsi que les hauteurs de positionnement de chaque appareil au sein des pièces du logement duplex et Sidi Abbaz.

En outre, la première campagne de mesure a été effectuée pour estimer la qualité du confort thermique à l'intérieur des logements en question, en termes de température ambiante de l'air et d'humidité relative de l'air, en période d'hiver et d'été. Les résultats démontraient que le comportement thermique et hygrométrique des deux logements sont bien assurés et que les habitants ne sont pas dans le besoin de recourir aux moyens actifs / mécaniques de réchauffement et de climatisation. Cependant, les résultats de cette première campagne de mesure s'expliquaient, d'une part, par les caractéristiques efficaces et isolantes des matériaux constituant les enveloppes des logements cas d'étude ; à savoir la masse et la résistance thermique élevée et la capacité d'absorption de la vapeur d'eau. Ceux-ci ont contribué à éviter les chutes brutales de la température à l'intérieur des logements en hiver et atténuer les grandes fluctuations de température et d'humidité en été. En offrant un effet régulateur de l'opération du transfert de chaleur et de l'excès de la vapeur d'eau, les épaisseurs croissantes des parois externes ont agi comme des accumulateurs de chaleur. Donc, ces justifications affirment que la technique d'association des matériaux locaux aux nouvelles techniques de construction moderne appliquée par les architectes El Miniawy et Ravéreau, présente la technique la plus adaptée au climat semi-aride et aride, car elle permet une bonne gestion tant du confort thermique qu'hygrométrique.

Quant à la deuxième campagne de mesure, elle a permis d'évaluer le comportement aérodynamique à l'intérieur des logements cas d'étude. Cette évaluation révélait que l'écoulement d'air entrant à l'intérieur des deux logements fournit des conditions de vie assez favorables et efficaces aux habitants, tout au long de la période estivale très chaude. Cet état de fait est dû, principalement, à la présence des dispositifs passifs dans les logements (cour, chebek et le système du mur masque) qui ont été intégrés habilement par les architectes afin de ventiler naturellement et donner l'occasion aux occupants de vivre dans une construction moderne,

qui regroupent les mêmes fonctionnalités bioclimatiques manifestées précédemment dans la maison traditionnelle.

Concernant la troisième campagne de mesure, celle-ci s'intéresse à l'étude du confort visuel de logements. A cet effet, le niveau d'éclairement est perçu comme satisfaisant dans toutes les pièces des dits logements, ce qui donne un environnement de vie et de travail adapté aux exigences et aptitudes des habitants. On est parvenu à ce constat, en grande partie, à l'usage des dispositifs d'éclairage naturel, comme la cour et le chebek qui permettaient de faire pénétrer une grande quantité de lumière du jour à l'intérieur des espaces, en les rendant visuellement confortables et optimaux en matière de consommation d'éclairage artificiel. A cela s'ajoute les dimensions des fenêtres qui sont conçues de manière à fournir un éclairage correspondant aux dimensions des pièces et aux types de fonctions. Aussi, l'absence des persiennes en bois au niveau des fenêtres du logement duplex favorise une pénétration directe de la lumière du jour.

En conséquence, la lecture de tous ces résultats n'a pas laissé le moindre doute que, ces conceptions ont été réfléchies par les architectes en question pour être confortables et durables. Donc, la mise en œuvre de ces méthodes, techniques et dispositifs passifs dans la construction des logements vernaculaires contemporains serait une solution salvatrice pour l'avenir de ce secteur dans notre pays.

Ce que nous tenterons de valider, dans le chapitre suivant, par une étude de simulation thermodynamique numérique dont les résultats seront confrontés aux normes usuelles internationalement.

CHAPITRE VI : SIMULATION THERMODYNAMIQUE NUMERIQUE MULTIZONE, CALCUL DES PARAMETRES ET VALIDATION DES RESULTATS DE MESURES

Introduction

Dans les chapitres IV et V, nous avons posté les résultats des études quantitatives par questionnaires et campagne de mesure, en termes de confort thermique de la ventilation naturelle et de l'éclairage naturel, dont les résultats ont été pleinement satisfaisants. Dans cette perspective, le VI chapitre sera consacré à la dernière étape de l'application de notre méthode, en l'occurrence ; la simulation thermodynamique numérique multizone ; des trois sous-stratégies environnementales mentionnées auparavant. Incontestablement, la technique de simulation numérique devient la méthode la plus couramment utilisée dans ce genre d'étude en raison de ses données informatives et de ses résultats fiables. En effet, la mise en pratique de cette technique est possible dans cette recherche par l'utilisation du logiciel « EnergyPlus V9.1.0 », lequel a été sélectionné pour divers avantages et pour l'efficacité qu'il présente. En effet, ce logiciel nous offrira, non seulement, la possibilité de calculer les paramètres spécifiques de chaque sous-stratégie environnementale, mais encore de confronter leurs résultats avec les données mesurées afin de les valider rapidement, et par la même occasion renforcer les réponses du chapitre précédent à propos de la deuxième et la troisième hypothèse. Dans cette optique, le chapitre VI est partagé en trois grandes parties :

Ce chapitre, précisera, en premier, les mécanismes et les fichiers qui seront utilisés, particulièrement, en tant que support à notre simulation. Ensuite, nous mènerons une présentation détaillée des modèles constructifs numériques, des démarches et scénarios qui faciliteront la simulation. Enfin, nous nous exprimons sur les procédures établies dans la concordance des données mesurées et simulées, par l'indice de pourcentage d'erreur, l'MBE, le CV (RMSE) et l'IC. En seconde et troisième étape de ce chapitre, il sera question de la validation de données que nous aurons obtenues par l'étude de la campagne de mesure in situ avec celles que nous effectuerons, grâce à la simulation thermodynamique des modèles numériques. Aussi, nous évaluerons le degré de satisfaction du confort thermique global par rapport aux zones du confort déterminées par la charte psychométrique de Givoni, qui seront, à leur tour, vérifiées avec les limites de la norme du confort adaptatif fixées par le standard ASHRAE 55-2010.

6.1 Application de la simulation thermodynamique sur les paramètres de la stratégie du bien-être

Dans la première section de ce chapitre on focalise sur l'application de la simulation thermodynamique sur les deux cas d'étude en question, à travers plusieurs séries de simulations qui toucheront pratiquement tous les paramètres, qui couvrent l'ensemble des sous-stratégies suivantes : le confort thermique, la ventilation naturelle et l'éclairage naturel.

La réalisation de cette simulation nous permettra d'atteindre les objectifs suivants :

- Dans un premier temps, les résultats de simulation seront utilisés pour valider ceux obtenus à partir de l'enquête et de la campagne de mesures sur le site ;
- Dans un deuxième temps, les résultats de ce chapitre contribueront à répondre aux questions posées et vérifier les hypothèses émises et aux objectifs que nous nous sommes fixés dans le chapitre introductif.

Par ailleurs, il est très important de préciser dès le début que le but principal de cette série de simulations n'est pas de comparer les résultats des deux logements entre eux, relativement au comportement thermique, hygrométrique, aéraulique et visuel. Etant donné que le logement duplex et le logement de Siddi Abbas appartiennent à des contextes différents et construis aussi avec des matériaux différents, ce qui fait écarter toute objectivité de comparaison. Mais l'application de la simulation thermodynamique nous permettra plutôt de découvrir la pertinence et l'efficacité des matériaux, systèmes et dispositifs constructifs passifs choisis et intégrés par les architectes.

A partir des résultats de ce chapitre nous acquerrons des nouvelles expériences sur l'architecture néo-vernaculaire des concepteurs modernes (El Miniawy et André Ravéreau). Ces connaissances serviront aux futures architectes, comme références pour promouvoir le développement d'une architecture vernaculaire contemporaine en Algérie.

6.1.1 Mécanismes et fichiers exploités au cours de la simulation par le logiciel « EnergyPlus »

Ce volet de la recherche a été consacré à la simulation thermodynamique numérique qui est devenue actuellement une véritable technique d'aide à la décision pour les architectes concepteurs. Cette technique est également de plus en plus utilisée par les chercheurs notamment dans le domaine des sciences et technologies.

Comme il a été déjà mentionné dans le chapitre III, les simulations de cette étape de la recherche s'effectueront au moyen du logiciel « EnergyPlus V9.1.0 ». Le choix de ce logiciel est relatif aux privilèges qu'il offre, parmi lesquelles ; nous citons sa capacité de matérialiser et gérer des géométries et des systèmes de fenestrations complexes. En traitant et calculant plusieurs paramètres à la fois, sa précision et la fiabilité de ses résultats sont avérés.

Par l'intermédiaire de « EnergyPlus V9.1.0 », nous avons développé un modèle de simulation numérique en se basant sur les caractéristiques et les propriétés des logements en question. Cependant, le déroulement de la simulation par ce logiciel prend comme chemin les trois étapes suivantes (Fig.6.1 ; 6.2) :

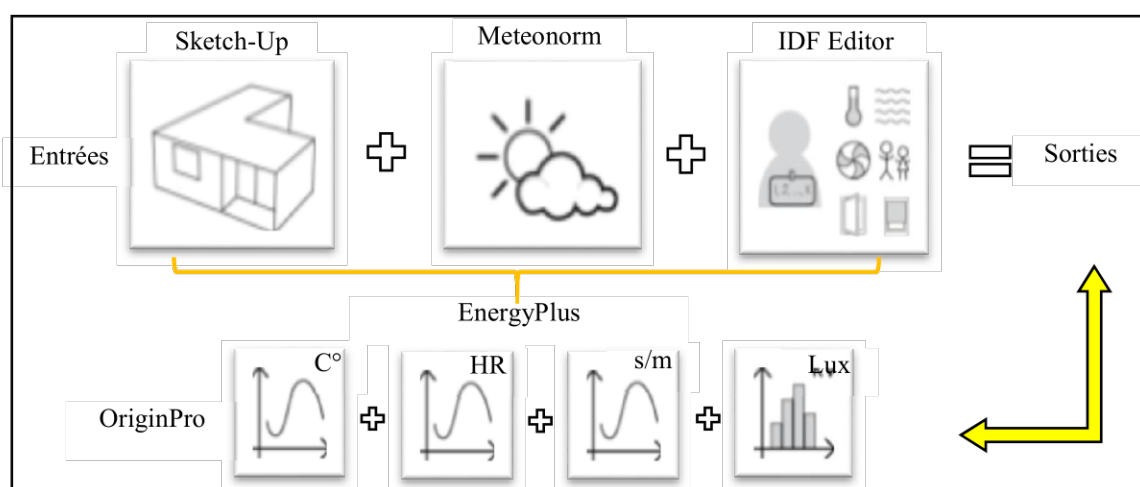


Figure 6. 1 : Schéma descriptif de la méthode de fonctionnement du logiciel EnergyPlus V9.1.0.

Source : Auteur, 2020.

- La première étape de l'étude numérique porte sur la modélisation de la géométrie des deux modèles en s'intéressant beaucoup plus à présenter les caractéristiques dimensionnelles et conceptuelles des variantes dans le logiciel « Google Sketch-Up Pro 2018 ». Par la suite, la géométrie est exportée sous forme des coordonnées vers le fichier « IDF Editor » du logiciel « EnergyPlus V9.1.0 ».
- La deuxième étape consiste en la création du fichier météorologique de la ville en question sous format "epw" ; celui-ci a été réalisé à travers l'utilisation du logiciel « Meteonorm 7 ». Après, ce fichier a été inséré directement dans le fichier « EP-Launch » du logiciel « EnergyPlus V9.1.0 » avec un autre fichier qui contient les différents détails corrélatifs aux modèles d'étude (les matériaux avec leurs caractéristiques thermo-physiques, les données liées à la géographie de la ville ainsi que d'autres entrées, etc...).

- La troisième étape est axée sur la lecture et le traitement des sorties de ce programme, ces sorties sont obtenues sous forme de tableaux de format Excel, puis elles sont converties en graphes à l'aide du logiciel « OriginPro 8 ».

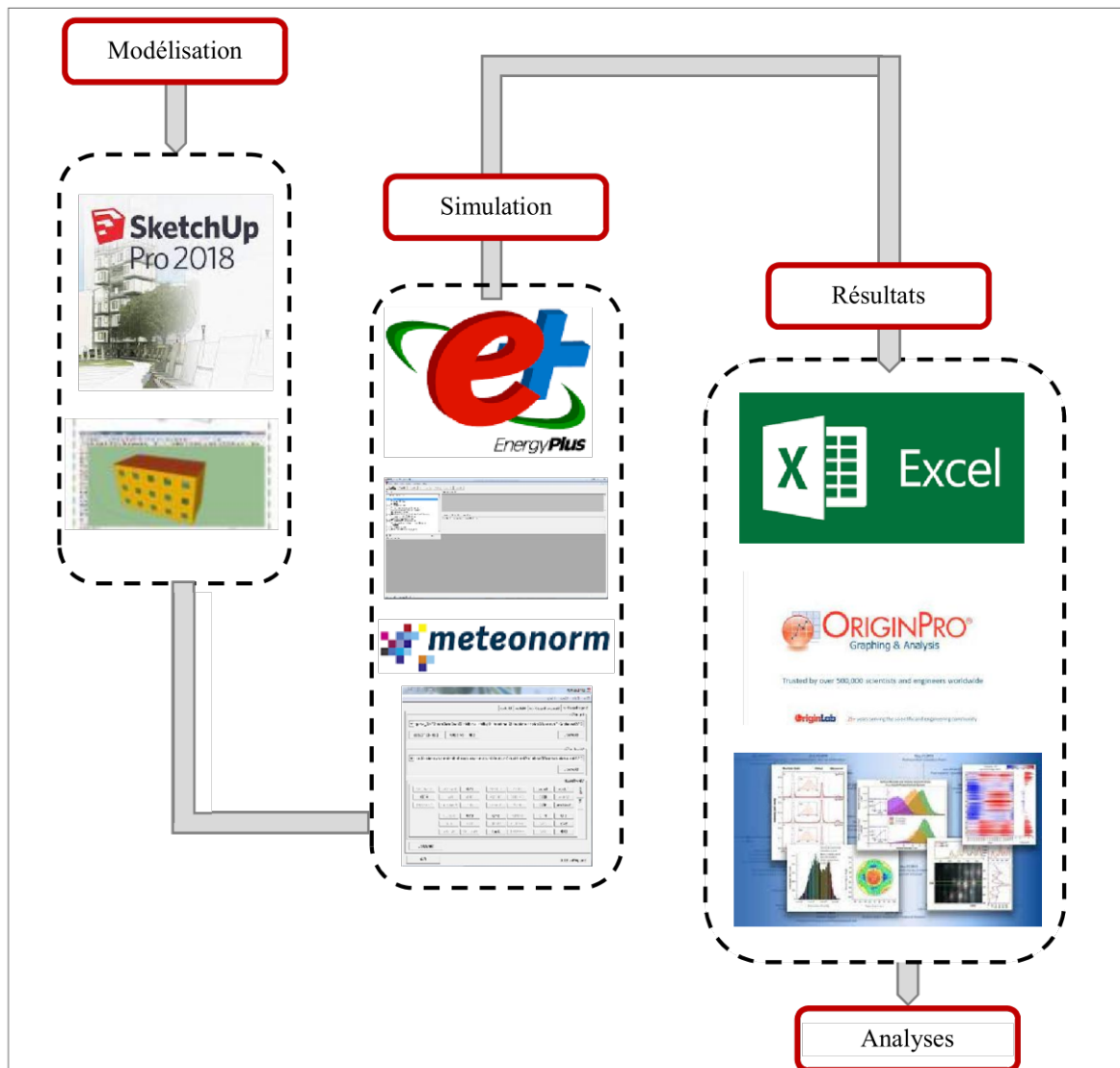


Figure 6. 2 : Schéma synthétique des fichiers nécessaires pour le lancement de la simulation numérique des logements en question.

Source : Auteur, 2020.

6.1.2 Présentation du modèle constructif numérique et démarches de la simulation thermodynamique

Comme il a été expliqué ci-dessus, la première étape de simulation est la création des modèles numériques des deux logements via le logiciel « Google Sketch-Up Pro 2018 », en dessinant globalement la géométrie des différents niveaux en 2D puis en 3D tels qu'ils sont dans la réalité. Par la suite, nous passons à la saisie des coordonnées géométriques dans le fichier « IDF Editor » du logiciel « EnergyPlus V9.1.0 », tout en attribuant aux logements

un système de zonage thermique (Fig.6.3). Nous insérons ainsi les caractéristiques thermo-physiques des matériaux constituant les éléments (murs, planchers, plafonds, portes et fenêtres) de chaque zone, car elles ne figurent pas dans la bibliothèque des matériaux du logiciel EnergyPlus.

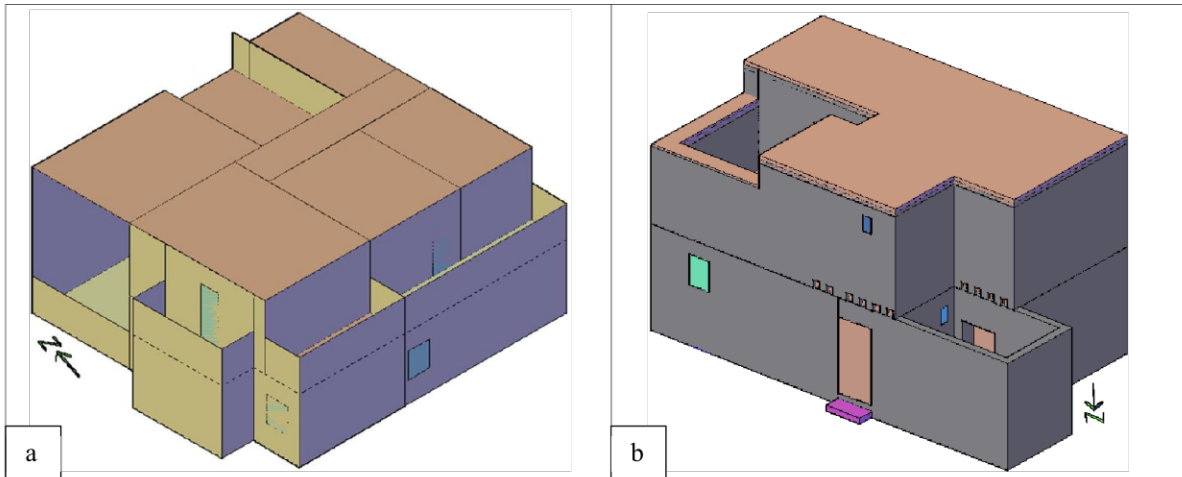


Figure 6. 3 : Le modèle 3D EnergyPlus du logement : a- duplex d'El Miniawy à M'Sila, b- de Siddi Abba d'André Ravéreau à Ghardaïa.

Source : Auteur, 2020.

Lors de la phase de simulation nous avons besoin de l'introduction et la mise en œuvres de certaines données liées à la géographie de la ville de M'Sila et de Ghardaïa (latitude, longitude et élévation) et d'autres climatologies relatives aux journées typiques de simulation pour les saisons d'hiver et d'été (les valeurs des températures maximales et minimales, taux d'humidité relative maximal, la direction et la vitesse du vent, le type de ciel, ect...) (voir Annexe F, G). Le processus de simulation comprenait en outre des informations spécifiques au nombre et comportement des occupants de chaque zone.

Nous rappelons dans ce contexte, que l'environnement extérieur à savoir espaces verts, éclairage public, parking et les autres logements, ne sont pas pris en considération dans notre cas, car guère ne sont utiles ni importants pour l'obtention des résultats. Après avoir rempli toutes les cases nécessaires selon le paramètre étudié, la dernière étape concentre sur l'attribution des scénarios de fonctionnement pour chaque paramètre.

Pour finir, nous mentionnons que les simulations ont été lancées pour une année grâce au fichier « EP-Launch » du logiciel « EnergyPlus V9.1.0 », ce dernier qui nous a permis de faire sortir les résultats sous forme de tableaux de format Excel. Par la suite les graphes ont été élaborés par le biais du programme « OriginPro 8 », pendant les périodes typiques de l'année.

6.1.3 Procédures de calibration des résultats du modèle de simulation thermodynamique numérique

Le processus de validation des résultats du modèle de simulation numérique est une démarche primordiale dans notre étude, celle-ci nous permet de justifier l'adéquation du modèle aux données réelles afin de garantir l'approbation des résultats retenus. Pour se faire, nous avons besoin d'un fichier de données contenant les valeurs mesurées et simulées du même paramètre (température ambiante de l'air, taux d'humidité relative de l'air, la vitesse de l'air, niveau d'éclairement). Pour les besoins de ce travail de recherche, la validation passe par deux paliers ; en premier, nous nous sommes concentrés sur la vérification de la cohérence entre les valeurs du fichier météo et celles mesurées à l'extérieur des sites considérés. En second lieu, nous nous sommes focalisés sur la détection des différences entre les valeurs mesurées et simulées à l'intérieur de chaque logement, dans les périodes d'étude considérées.

- Indice de pourcentage d'erreur : une ancienne technique de calibration des valeurs mesurées et simulées

Par conséquent, les taux d'erreurs entre les valeurs mesurées et simulées ont été calculés au moyen de l'indice de « pourcentage d'erreur ». Cet indice a été souvent adopté par les chercheurs pour se référer aux valeurs moyennes instantanées, qui sont généralement requis pour des fins de validation (Hussain et Oosthuizen, 2012; Balocco et al, 2016 ; Benchekroun et al, 2019; Bencheikh et Bederina, 2019; Amraoui et al, 2021) (Equation.1).

Pourcentage d'erreur =	$\frac{\text{Valeur mesurée} - \text{Valeur simulée}}{\text{Valeur mesurée}}$	X 100%	(1).
------------------------	---	--------	------

Les tableaux de 6.1 à 6.4 montrent un extrait des lectures comparatives entre les résultats mesurés et simulés pour toutes les pièces principales des deux logements, lors des journées typiques de la saison hivernale et estivale. Selon la norme internationale, la marge d'erreur ne doit pas dépasser 5% pour que le modèle soit validé (Hussain et Oosthuizen, 2012 ; Maile et al, 2012). Au regard de ces lectures, nous trouvons que les taux d'erreurs sont relativement inférieurs à cette norme, ce qui nous permet de dire qu'il existe un bon accord entre les résultats mesurés et simulés. Après ce contrôle rapide de la fiabilité des résultats des mesures

in situ et du modèle de simulation numérique, nous pouvons conclure qu'ils sont suffisamment précis et sont capables de répondre aux objectifs de notre recherche (Tab.6.1 ; 6.2 ; 6.3 ; 6.4).

Tableau 6. 1 : Résultats de calcul du pourcentage d'erreur de température et d'humidité par temps froid.

Espaces	Température moyenne mesurée (°C)	Température moyenne simulée (°C)	Erreur (%)	Humidité moyenne mesurée (%)	Humidité moyenne simulée (%)	Erreur (%)
Logement duplex						
Extérieur	6.2	6.50	4.84	45.24	45.61	0.82
Patio	16.05	16.35	1.87	9.39	9.75	3.83
Chambre1	15.98	16.26	1.75	8.89	9.25	4.05
Cuisine	16.02	16.31	1.81	8.89	9.25	4.05
Séjour	15.95	16.25	1.92	8.89	9.25	4.05
Chambre2	16.11	16.41	1.86	9.27	9.62	3.78
Chambre3	15.99	16.28	1.81	9.27	9.62	3.78
Logement de Siddi Abbaz						
Extérieur	6.65	6.82	2.56	43.77	44.42	1.49
Séjour	18.05	18.42	2.05	8.57	8.72	1.75
Chambre1	18.05	18.42	2.05	8.57	8.72	1.75
Hawch	18.05	18.42	2.05	8.57	8.72	1.75
Salon	18.05	18.42	2.05	8.57	8.72	1.75
Terasse	18.05	18.42	2.05	8.57	8.72	1.75
Chambre2	18.05	18.42	2.05	8.57	8.72	1.75
Cuisine	18.05	18.42	2.05	8.57	8.72	1.75

Source : Auteur, 2020.

Tableau 6. 2 : Résultats de calcul du pourcentage d'erreur de température et d'humidité par temps chaud.

Espaces	Température moyenne mesurée (°C)	Température moyenne simulée (°C)	Erreur (%)	Humidité moyenne mesurée (%)	Humidité moyenne simulée (%)	Erreur (%)
Logement duplex						
Extérieur	32.14	32.56	1.31	46.98	45.54	3.07
Patio	25.22	25.65	1.70	34.6	33.78	2.37
Chambre1	25.35	25.78	1.7	33	32.78	0.67
Cuisine	25.20	25.62	1.67	33	33.28	0.85
Séjour	25.8	25.87	0.27	33	31.78	3.7
Chambre2	25.3	25.71	1.62	34.01	33	2.97
Chambre3	25.29	25.71	1.66	34.01	33	2.97
Logement de Siddi Abbaz						
Extérieur	33.92	34.36	1.3	60.93	61.58	1.07
Séjour	28.17	28.68	1.81	40.97	41.62	1.59
Chambre1	28.17	28.68	1.81	40.97	41.62	1.59
Hawch	28.17	28.68	1.81	41.02	41.62	1.46
Salon	28.17	28.68	1.81	40.97	41.62	1.59
Terasse	28.17	28.68	1.81	41.02	41.62	1.46
Chambre2	28.17	28.68	1.81	40.7	41.62	1.59
Cuisine	28.17	28.68	1.81	40.97	41.62	1.59

Source : Auteur, 2020.

Tableau 6. 3 : Résultats de calcul du pourcentage d'erreur de la vitesse de l'air, en saison estivale typique.

Espaces	Vitesse de l'air mesurée en Juin (m/s)	Vitesse de l'air simulée en Juin (m/s)	Erreur (%)	Vitesse de l'air mesurée en août (m/s)	Vitesse de l'air simulée en août (m/s)	Erreur (%)
Logement duplex						
Extérieur	1.44	1.45	0.69	4.96	4.98	0.40
Patio	0.74	0.77	4.05	1.28	1.31	2.34
Chambre1	0.76	0.77	1.32	1.30	1.32	1.54
Cuisine	0.63	0.65	3.17	1.28	1.30	1.56
Séjour	0.63	0.65	3.17	1.28	1.30	1.56
Chambre2	0.85	0.87	2.35	1.30	1.32	1.54
Chambre3	0.85	0.87	2.35	1.30	1.32	1.54
Logement de Siddi Abbaz						
Extérieur	2.22	2.24	0.9	4.19	4.36	4.06
Séjour	1.02	1.04	1.96	1.28	1.30	1.56
Chambre1	1.09	1.12	2.75	1.30	1.28	1.54
Hawch	0.98	0.99	1.02	1.31	1.28	2.29
Salon	1.02	1.04	1.96	1.87	1.28	3.16
Terasse	1.19	1.21	1.68	1.30	1.32	1.54
Chambre2	1.22	1.24	1.64	1.33	1.30	2.26
Cuisine	1.22	1.24	1.64	1.33	1.31	1.50

Source : Auteur, 2020.

Tableau 6. 4 : Résultats de calcul du pourcentage d'erreur du niveau d'éclairage, en saison hivernale et estivale.

Espaces	Eclairage mesuré en hiver (Lux)	Eclairage simulé en hiver (Lux)	Erreur (%)	Eclairage mesuré en été (Lux)	Eclairage simulé en été (Lux)	Erreur (%)
Logement duplex						
Extérieur	853.33	856.33	0.35	947.5	952.43	0.52
Patio	833.78	836.78	0.36	927.86	931.71	0.41
Chambre1	698	717	2.72	675.27	679.49	0.62
Cuisine	335.67	338.98	0.99	654.87	659.51	0.71
Séjour	501.11	504.11	0.6	691.91	696.2	0.45
Chambre2	415.77	418.98	0.77	653.63	658.27	0.71
Chambre3	528.11	531.11	0.67	709.71	714.36	0.66
Logement de Siddi Abbaz						
Extérieur	963.67	966.17	0.26	1138	1127.89	0.89
Séjour	379.87	382.6	0.72	563.16	566.96	0.67
Chambre1	358.76	361.59	0.79	563.16	566.96	0.67
Hawch	463.67	466.17	0.54	718.93	722.95	0.56
Salon	405	407.61	0.64	606.30	609.97	0.61
Chambre2	359.45	362.06	0.73	559.23	579.04	3.54
Cuisine	371.11	374.06	0.79	594.94	584.76	1.71

Source : Auteur, 2020.

- **MBE, CV (RMSE) et IC : des approches statiques supplémentaires pour l'évaluation de la concordance entre les données mesurées et simulées**

La directive ASHRAE 14-2014 recommande deux autres approches statiques plus fiables pour vérifier la qualité d'ajustement entre les résultats mesurés et simulés (ANSI/ASHRAE, 2014). Ces approches se résument selon les deux coefficients mentionnés ci-dessous :

- le coefficient de (MBE) qui permet de calculer l'erreur de biais moyenne systématique entre les valeurs mesurées et simulées avec une résolution temporelle connue (Fabrizio et Monetti, 2015 ; Nguyen et Reiter, 2012).
- et le coefficient de variation ou d'erreur quadratique moyenne [CV (RMSE)] qui s'utilise fréquemment comme un indicateur fort pour, décrire la fiabilité du modèle et estimer les valeurs réelles observées (Pagliano et al, 2016).

Cependant, les deux approches ont été exploitées dans notre recherche à l'aide des équations mathématiques suivantes (Semahi et al, 2020 ; Mahar et al, 2019) (voir Equation.2, 3) :

$$MBE = \frac{\sum_{i=1}^{Np} (Mi - Si)}{\sum_{i=1}^{Np} Mi} (\%) \quad (2).$$

$$CV (RMSE) = \frac{1}{M} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{Np} (Mi - Si)^2}{Np}} (\%) \quad (3).$$

Dans lesquelles : Mi représente la valeur mesurée à un intervalle de temps ; Si représente la valeur simulée à un intervalle de temps ; I et Np sont le nombre total de valeurs de données utilisées pour le calcul ; et M est la valeur moyenne des données mesurées.

Par ailleurs, nous signalons dans ce contexte, que la directive ASHRAE 14-2014 a limité deux critères pour que le modèle soit étalonné à savoir ; les valeurs horaires de (MBE) oscillent entre -10% et + 10% et les valeurs horaires de [CV (RMSE)] ne doivent pas dépasser 30%. En outre, les figures de 6.4 et 6.5 confirment que les valeurs de l'indice d'erreur obtenues à la fois en utilisant la méthode (MBE) et [CV (RMSE)] étaient toujours inférieures aux valeurs citées auparavant, ce qui garantit la calibration de notre modèle de simulation thermodynamique numérique et les mesures réelles (Fig.6.4 ; 6.5).

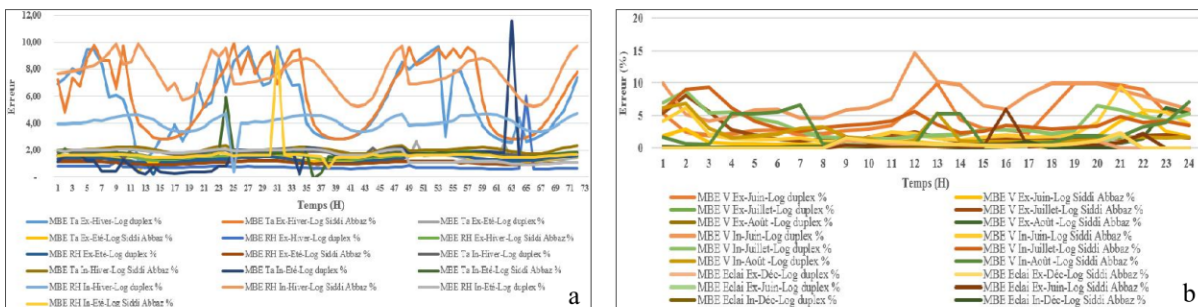


Figure 6. 4 : Récapitulatif de la validation des critères d'étalonnage de : a- (Ta) et (RH), b- de la vitesse de l'air et du niveau d'éclairement, du modèle mesuré et simulé par la méthode du coefficient de (MBE).
Source : Auteur, 2020.

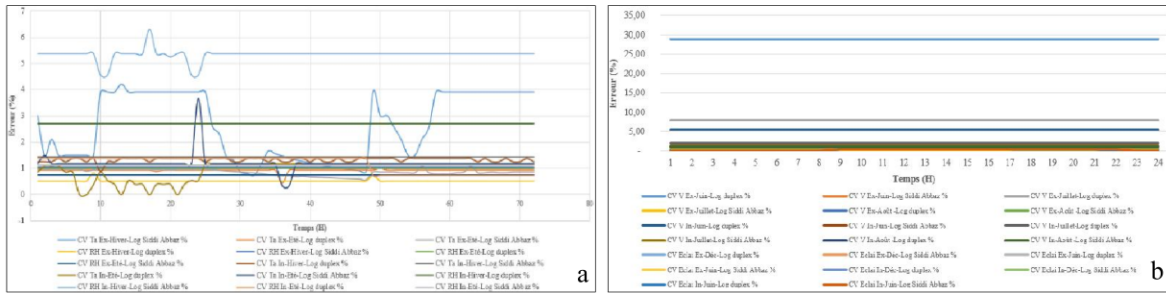


Figure 6. 5 : Récapitulatif de la validation des critères d'étalonnage de : a- (Ta) et (HR), b- la vitesse de l'air et du niveau d'éclairage, du modèle mesuré et simulé par la méthode du coefficient de [CV (RMSE)].
Source : Auteur, 2020.

Cette étude utilise également l'équation du coefficient d'intégralité (IC), qui consiste à évaluer la précision et la corrélation des résultats du modèle de simulation numérique et de la prise des mesures sur terrain (voir Equation.4). Ce coefficient s'appuie sur trois sources à l'instar de : la tendance inégale (moyenne), la variation inégale (variance) et la co-variation imparfaite (co-variance) (Stefanizzi et al, 2016 ; Fokaides et al, 2016). Les valeurs résultantes par le calcul de ce coefficient varient de 0 à 1, dont les valeurs qui se rapprochent de la bande 0-0,1 indiquent une correspondance parfaite des données mesurées et simulées. Tandis que ceux qui se situent dans la bande de 0,9-1 signifient une mauvaise correspondance (Williamson, 1995 ; Born et al, 2001 ; Exizidou et al, 2017).

$$IC = \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=0}^n (D_{sim,t} - D_{exp,t})^2}}{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=0}^n (D_{sim,t})^2 + \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=0}^n (D_{exp,t})^2}}} \quad (4)$$

Où : $D_{sim,t}$ signifie la valeur interne mesurée ; $D_{exp,t}$ signifie la valeur interne simulée et n signifie le nombre de pas de temps.

Les tableaux de 6.5 à 6.7 illustrent les (IC) de chaque paramètre, où on a marqué un appariement relatif entre les données expérimentales et simulées (Tab.6.5 ; 6.6 ; 6.7).

Tableau 6. 5 : Synthèse des résultats retenus à travers la méthode du calcul du coefficient d'inégalité (IC), de (Ta) et (HR), en hiver et été.

Espaces	(IC) Ta-hiver	(IC) HR-hiver	(IC) Ta-été	(IC) HR-été
Logement duplex				
Extérieur	0.024	0.004	0.006	0.016
Intérieur	0.009	0.021	0.001	0.019
Logement de Siddi Abbaz				
Extérieur	0.012	0.007	0.006	0.005
Intérieur	0.010	0.008	0.009	0.008

Source : Auteur, 2020.

Tableau 6. 6 : Synthèse des résultats retenus à travers la méthode du calcul du coefficient d'inégalité (IC), de la vitesse de l'air, de la période estivale typique.

Espaces	(IC) Vitesse de l'air-juin	(IC) Vitesse de l'air- août
Logement duplex		
Extérieur	0.003	0.002
Intérieur	0.016	0.008
Logement de Siddi Abbaz		
Extérieur	0,004	0.019
Intérieur	0,009	0.008

Source : Auteur, 2020.

Tableau 6. 7 : Synthèse des résultats retenus à travers la méthode du calcul du coefficient d'inégalité (IC), du niveau d'éclairément, en mois de décembre et juin.

Espaces	(IC) Eclairément- Décembre	(IC) Eclairément-Juin
Logement duplex		
Extérieur	0.002	0.003
Séjour	0.003	0.003
Logement de Siddi Abbaz		
Extérieur	0.002	0.004
Séjour	0.004	0.003

Source : Auteur, 2020.

Nous soulignons, finalement, que notre modèle numérique a subi certaines modifications lors de l'opération d'étalonnage afin de réduire les taux d'erreur et donc réajuster les résultats du modèle numérique avec ceux obtenus par l'étude expérimentale. De plus, l'indice de pourcentage d'erreur, les MBE, CV (RMSE) et IC ont été calculés à chaque lancement de simulation et comparés aux seuils de précision des normes internationales.

6.2 Analyse comparative de la qualité du comportement thermique perçue suite à l'étude expérimentale et numérique

Après la calibration des données du modèle de simulation thermodynamique numérique des deux cas d'étude par la méthode d'indice de pourcentage d'erreur, le coefficient de (MBE), le coefficient de variation ou d'erreur quadratique moyenne [CV (RMSE)] et le coefficient d'intégralité (IC), la deuxième section de ce chapitre, s'intéresse directement à la comparaison / confrontation entre la qualité du comportement thermique perçue obtenue par la prise de mesure et celle estimée via la simulation numérique du le logiciel «EnergyPlus». Cependant, nous avons choisi de procéder par cette méthode car elle nous aidera à apporter une consolidation aux résultats recherchés.

Par ailleurs, deux comparaisons ont eu lieu dans ce volet : la première porte sur la comparaison entre les températures ambiantes de l'air prévues lors de la simulation et celles surveillées les jours de la prise de mesures sur terrain des deux logements et dans les deux

conditions hivernales et estivales. Par contre la deuxième est accentuée sur la confrontation des taux d'humidité relative de l'air mesurées et simulées.

Suite à cela, nous réaliserons une vérification de ces résultats avec les approches conventionnelles, notamment les zones de confort proposées par le graphe psychométrique de Givoni ainsi que les plages de températures de confort saisonnières calculées à l'aide de l'équation de la norme du confort adaptative ASHRAE Standard 55-2010.

6.2.1 Confrontation de paramètre de la température ambiante de l'air (Ta) mesurée et simulée en hiver

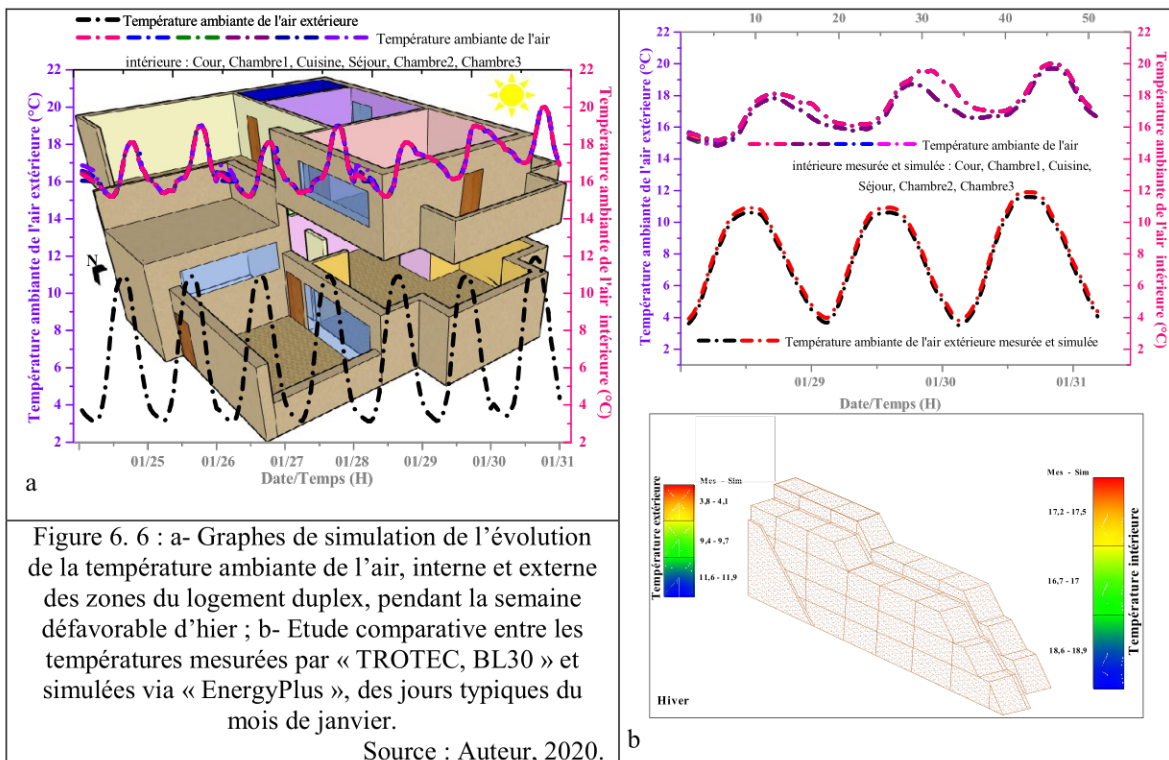
Après la calibration des mesures, nous passons à la présentation des résultats du modèle de simulation numérique. Celle-ci a été opérée sur une période d'une semaine tout en respectant les mêmes journées typiques du déroulement de la campagne de mesure sur site (de 25 au 31 janvier 2019 pour le cas du logement duplex à M'Sila et de 19 au 25 janvier 2019 pour le cas du logement de Siddi Abbaz à Ghardaïa).

D'après les résultats de l'étude thermique du logiciel « EnergyPlus », nous remarquons que, durant la semaine la plus froide du mois de janvier, qu'en dépit des fluctuations de la température extérieure, celle de l'intérieur du logement duplex reste toujours supérieure. En effet, les valeurs de la température ambiante de l'air interne varient entre une minimale de 15,2 °C et une maximale de 19,99 °C, néanmoins, celles de l'extérieur change d'une minimale de 3,12 °C et une maximale de 11,9 °C. L'écart entre les températures internes et externes s'étale de 8,09-12,08 °C, durant la journée la plus froide de la semaine défavorable (Fig.6.6-a). Ces résultats soutiennent l'idée de l'efficacité de la masse thermique du BTS en tant que stratégie de conception environnementale passive qui agit souvent comme un stabilisateur thermique. Le matériau à une inertie thermique puissante qui absorbe rapidement la chaleur, la stocke et puis la dégage lentement quand il détecte un changement dans la chaleur interne.

En outre, pour le cas du logement de Siddi Abbaz à Ghardaïa, nous remarquons que, pendant tous les jours de la semaine la plus froide, les températures intérieures évoluent doucement avec celles de l'extérieur. Ainsi, on a enregistré une température externe maximale de 13,6 °C et un minimale de 1,76 °C, pourtant que celle interne s'étale d'une maximale de 21,9 °C et une minimale de 16,2 °C, avec un écart de 8,3 à 14,44 °C (Fig.6.7-a). Ceux-ci s'expliquent par les propriétés thermiques de la pierre qui constitue l'enveloppe du RDC du logement de

Siddi Abbaz. Le matériau joue le rôle d'un pouvoir isolant thermique, étant donné qu'il permet de retarder le temps de déphasage de l'onde thermique dans le temps et donc il assure un bon niveau de confort à l'intérieur des espaces du logement. Sans oublier de mentionner le mur masque qui marie entre, la terre en tant que matériau traditionnel de la région, qui a presque les mêmes caractéristiques que la pierre, et le parpaing proposé par le marché actuel.

Par ailleurs, sur les figures 6.6-b et 6.7-b, en comparant les températures réalisées par le logiciel « EnergyPlus » à celles issues de la mesure sur terrain par l'enregistreur de données climatiques « TROTEC, BL30 », durant les trois jours typiques de la semaine froide, nous constatons que les fluctuations de température sont presque similaires, et cela pour les deux logements en question. La lecture générale des graphes de températures moyennes mesurées et simulées nous a également permis de déterminer le delta entre eux, qui a été limité à 0,3 °C dans le logement duplex et 0,37 °C dans le logement de Siddi Abbaz (Fig.6.6-b ; 6.7-b). Nous observons, cependant, sur les mêmes figures, que les pourcentages d'écart présentés entre les valeurs extérieures simulées et mesurées sont de 4,84% dans le cas du logement duplex et 2,56% dans le cas du logement de Siddi Abbaz. Tandis que ceux des valeurs internes simulées et mesurées sont de 1,92% dans le cas du logement duplex et 2,05% dans le cas du logement de Siddi Abbaz.



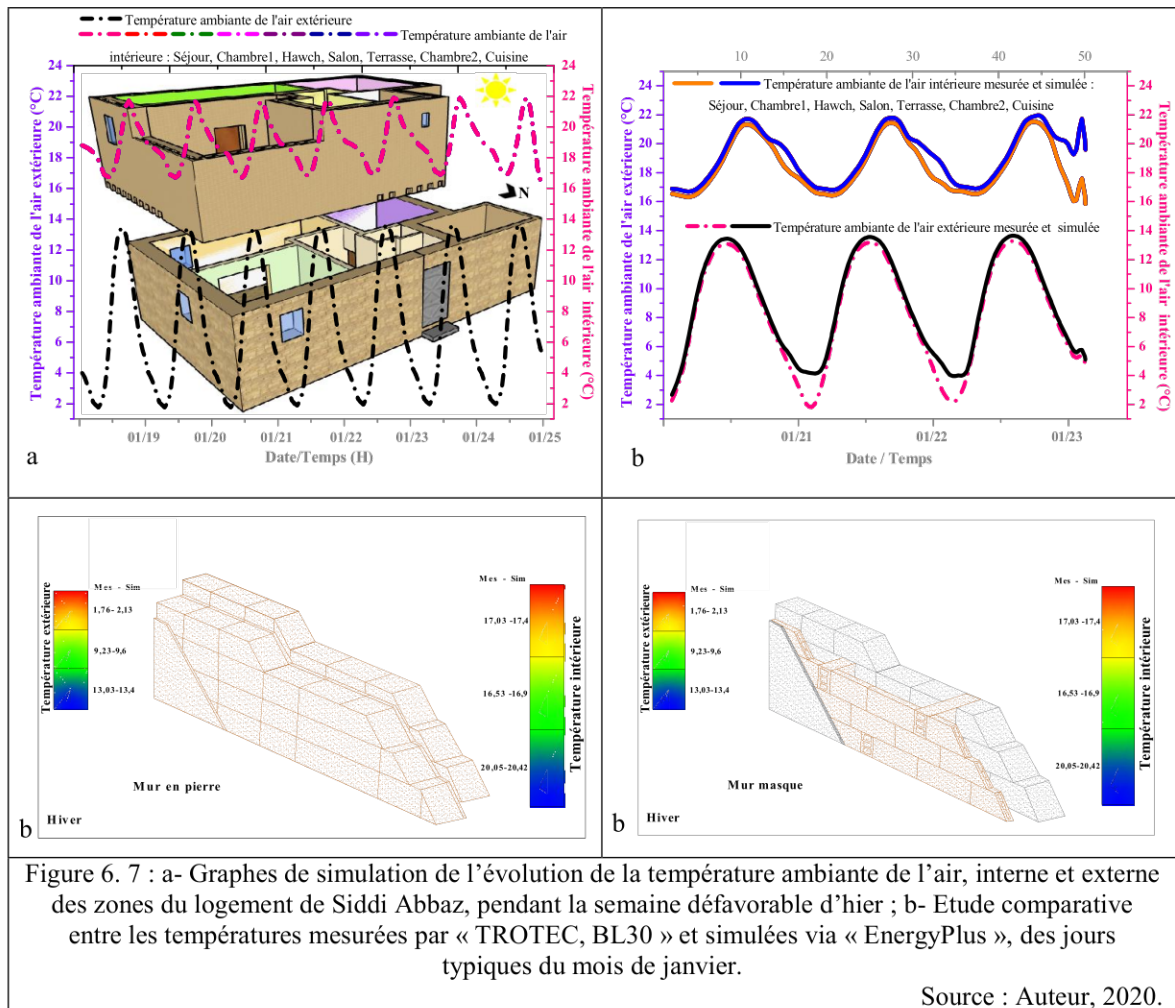


Figure 6. 7 : a- Graphes de simulation de l'évolution de la température ambiante de l'air, interne et externe des zones du logement de Siddi Abbaz, pendant la semaine défavorable d'hier ; b- Etude comparative entre les températures mesurées par « TROTEC, BL30 » et simulées via « EnergyPlus », des jours typiques du mois de janvier.

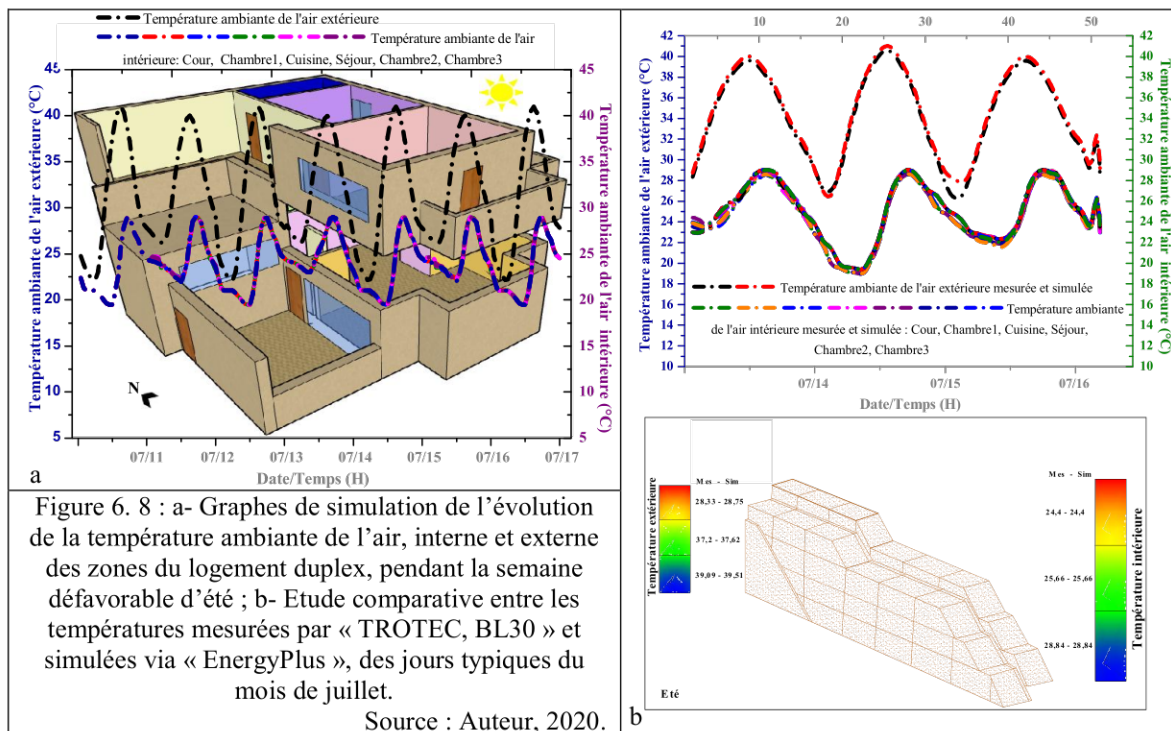
Source : Auteur, 2020.

Sur la base des résultats de calculs du coefficient de (MBE), du coefficient de variation ou d'erreur quadratique moyenne [CV (RMSE)] et du coefficient d'intégralité (IC), détaillés dans la première section de ce chapitre et la lecture de courbes des figures 6.6-b et 6.7-b, nous pouvons dire qu'il n'y a pas une grande dissemblance entre les données mesurées et celles simulées (voir section 6.1.3 du chapitre VI). Ces observations, nous ont permis de valider, d'une part, les modèles de simulation numérique, et d'autre part, de confirmer que les résultats des campagnes de mesures sont corrects et fiables à cent pour cent.

6.2.2 Confrontation de paramètre de la température ambiante de l'air (Ta) mesurée et simulée en été

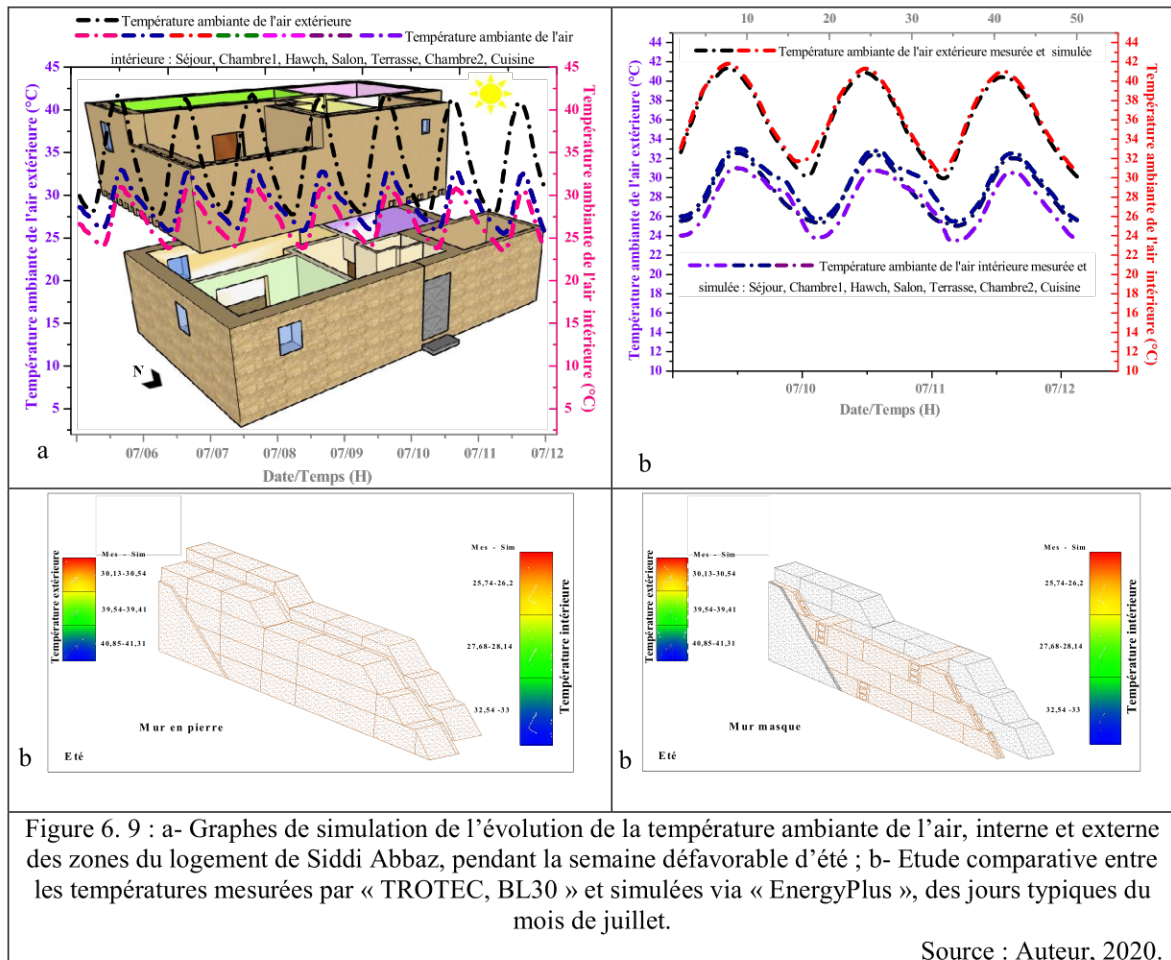
Les figures 6.8-a et 6.9-a illustrent les résultats du modèle de simulation numérique réalisé dans la semaine la plus défavorable de l'été qui correspond ainsi aux journées typiques de la prise de mesure in situ (de 11 au 17 juillet 2019 pour le cas du logement duplex à M'Sila et de 6 au 12 juillet 2019 pour le cas du logement de Siddi Abbaz à Ghardaïa).

A partir de la figure 6.8-a, on voit que les courbes de température ambiantes de l'air intérieur du logement duplex sont caractérisées par des valeurs assez faibles en comparaison à celles de l'extérieur, dont le pic quotidien pendant les pires conditions du mois de juillet atteint 29 °C à l'intérieur et 41 °C à l'extérieur. Tandis que la température moyenne n'atteint que 25,22 °C à l'intérieure et 32,34 °C à l'extérieure avec un écart de 7,21 °C (Fig.6.8-a). Ces aboutissements sont dus aux matériaux composants l'enveloppe du logement duplex qui empêchent la pénétration directe des rayonnements solaires, et donc évitent la restitution rapide de la température emmagasinée dans les parois exposées à l'extérieur, ainsi empêche l'augmentation brutale de la température à l'intérieur des espaces de ce logement. Aussi, ces résultats se justifient par la présence de la cour comme un moyen de ventilation passive qui contribue à amplifier la température intérieure en garantissant une meilleure sensation de confort aux habitats des logements duplex.



En ce qui concerne le cas du logement de Siddi Abbaz, les courbes de la figure 6.9-a montrent que les températures ambiantes de l'air interne des jours chauds étaient fréquemment en-dessous de celles externes. A cet effet, la simulation par le logiciel « EnergyPlus » donne les valeurs de températures intérieures qui se bouleversent entre une plus élevée de 33 °C et une plus basse de 25,5 °C, avec une valeur moyenne de 29,08 °C. De plus, l'écart marqué entre les données de températures externes et internes oscille entre 6,01 °C et 8,8 °C (Fig.6.9-a). De ce fait, cette analyse confirme que l'utilisation des

techniques de construction bioclimatique telle que la pierre en tant que matériau approprié à l'environnement local de Ghardaïa favorise une amélioration significative des conditions du confort à l'intérieur des pièces du logement de Siddi Abbaz. De son côté, le mur masque contribue à atténuer considérablement les grandes amplitudes de température et par conséquent, il minimise la consommation d'énergie en climatisation.



Sur les figures 6.8-b et 6.9-b, on fait une lecture des résultats de concordances liés aux données mesurées et simulées des deux constructions, au cours des trois jours représentatifs de la période estivale défavorable. Nous remarquons qu'il existe une légère différence entre les deux données retenues, ce qui nous permet de dire que les résultats sont presque identiques. Par conséquent, le pourcentage d'erreur entre les températures extérieures simulées et mesurées était d'environ 1.31% dans le premier cas et 1.3% dans le second cas. Pendant que ceux d'intérieures, leur fourchette se limite à 0.27% pour le logement duplex et 1.81% pour le logement d Siddi Abbaz (Fig.6.8-b ; 6.9-b).

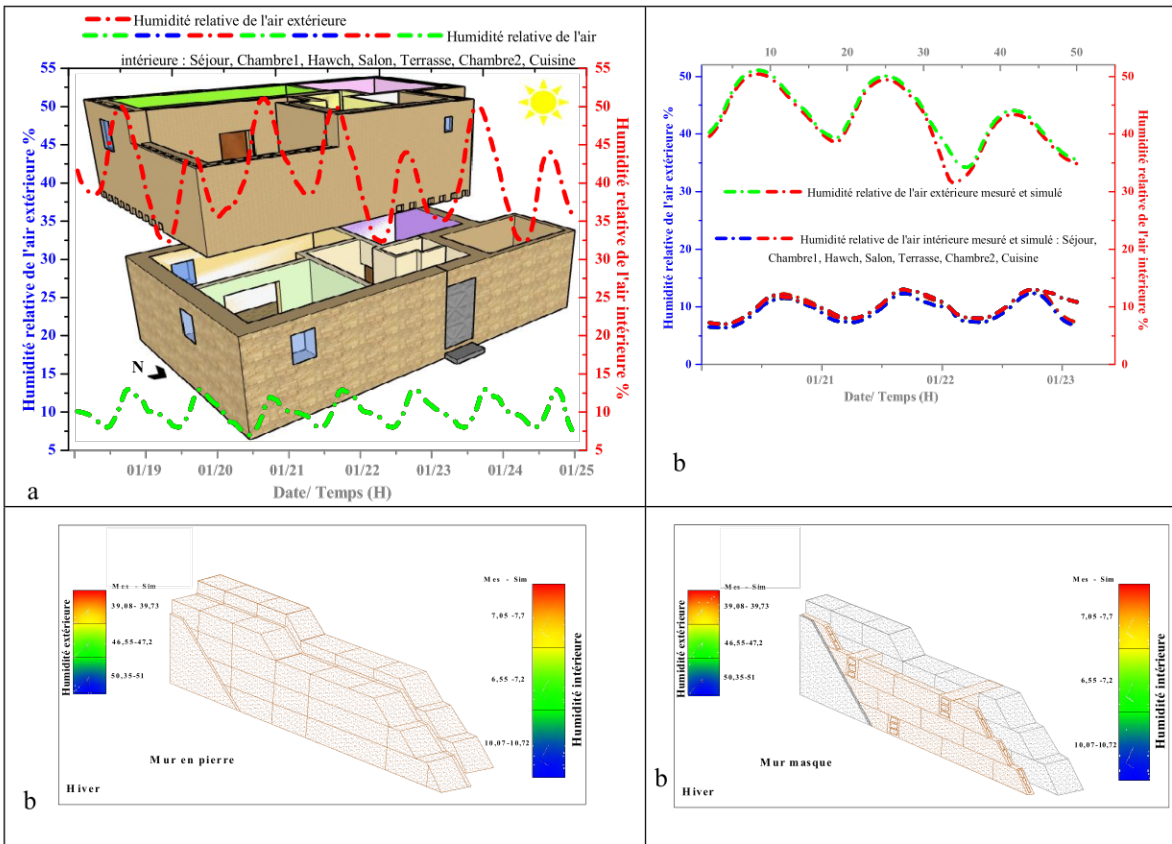
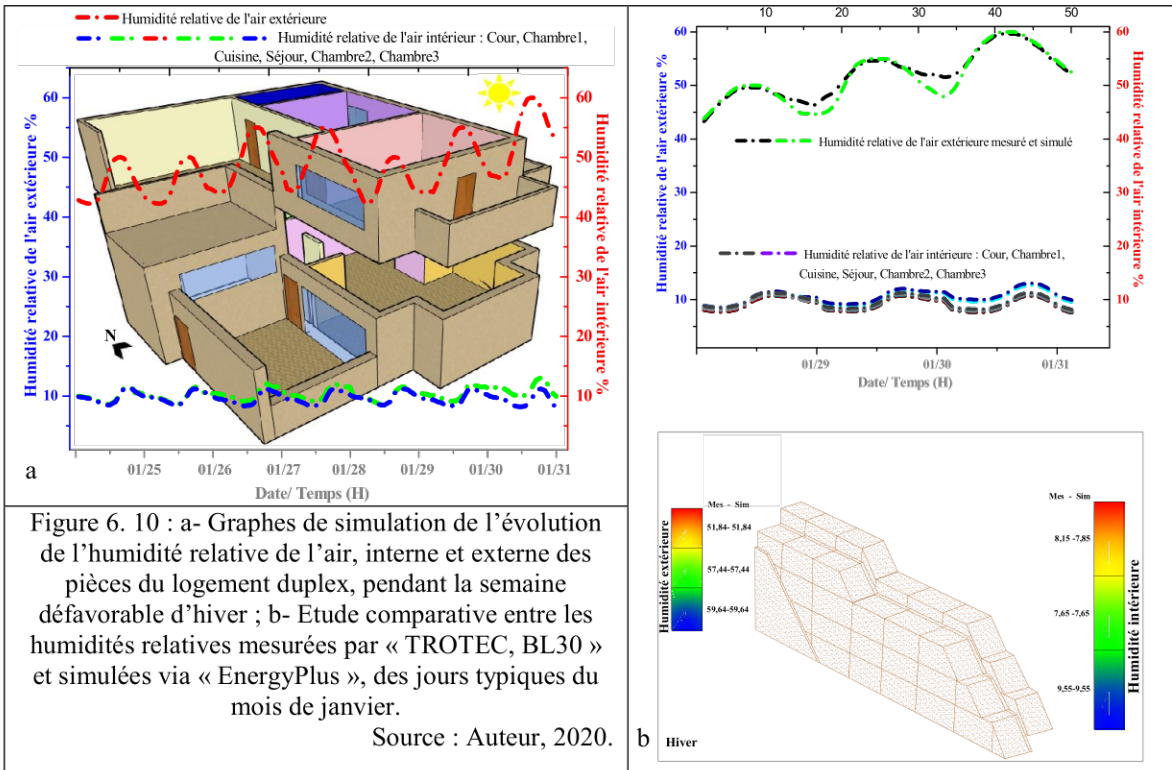
Au stade de cette analyse ainsi des calculs de coefficient de (MBE), [CV (RMSE)] et de (IC), indiqués au début de ce chapitre, nous pouvons qualifier efficace et utiles les résultats des démarches proposées (voir section 6.1.3 du chapitre VI).

6.2.3 Dépistage de rapprochement entre les profils d'humidité relative de l'air (HR) mesurés et ceux simulés en hiver

Les résultats des profils d'humidités relatives auxquels on est parvenu de la simulation du modèle numérique, sont exhibés dans les figures 6.10-a et 6.11-a. Nous précisons, dans ce contexte, que la simulation de ce paramètre a été effectuée durant la semaine convenant aux journées typiques des prélèvements sur terrain (de 25 au 31 janvier 2019 pour le cas du logement duplex à M'Sila et de 19 au 25 janvier 2019 pour le cas du logement de Siddi Abbaz à Ghardaïa).

Nous observons que les courbes de taux d'humidités relatives de l'air à l'intérieur des deux cas d'études sont, généralement, plus faibles qu'à l'extérieur. Dans ce contexte, nous remarquons que les valeurs extérieures se situent autour de 43,01-60 % (logement duplex) et de 34,25-51 % (logement de Siddi Abbaz) avec une valeur moyenne de 55,19 % (logement duplex) et de 44,42% (logement de Siddi Abbaz). A l'intérieur, les profils d'humidité relative sont presque similaires dans toutes les pièces, avec des très faibles variations journalières. Ces profils vont de 8,6%-13% (logement duplex) et de 7 %-13 % (logement de Siddi Abbaz), avec des valeurs moyennes inférieures à 10 % (logement duplex) et de 8,72 % (logement de Siddi Abbaz). Ces profils s'expliquent aussi par le phénomène de la qualité hygrométrique des matériaux de construction constituant l'enveloppe externe des deux logements. Aussi, par les bonnes conditions thermiques qui règnent à l'intérieur des logements en influençant de proche le comportement hygrométrique (Fig.6.10-a ; 6.11-a).

Par la même occasion, les résultats des figures 6.10-b et 6.11-b montrent presque une nette convenance entre les valeurs d'humidité relative mesurées à travers l'appareil « TROTEC, BL30 » et celles simulées via le logiciel « EnergyPlus ». L'écart maximal entre l'humidité relative intérieure mesurée et simulée a été enregistré à 0,36% (logement duplex), 0,65% (logement de Siddi Abbaz), alors que le minimal est marqué à un taux de 0,25% (logement duplex) de 0,54% (logement de Siddi Abbaz). Ceci revient à la précision d'hygromètre utilisé lors de la campagne de mesure, tout en tenant compte de l'efficacité du logiciel choisi (Fig.6.10-b ; 6.11-b).



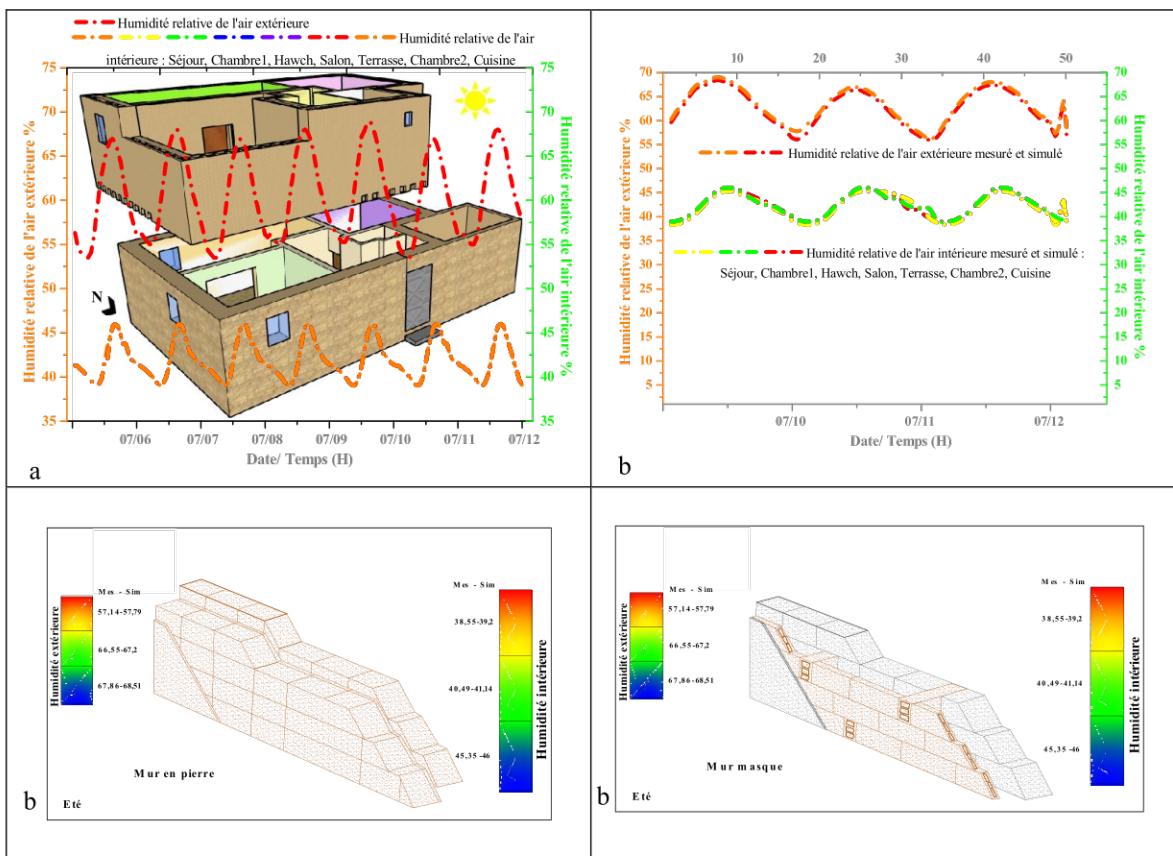
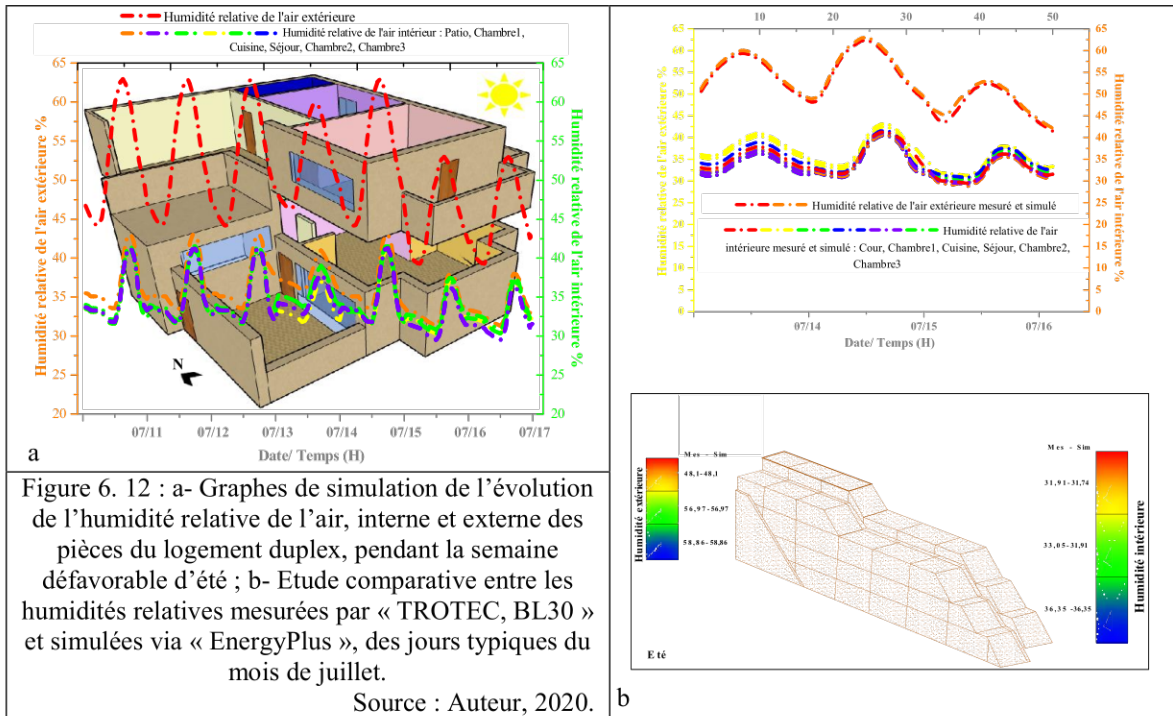
Bien que, si nous joignons ces observations aux résultats obtenus lors de calibrations des modèles numériques grâce à l'approche de l'indice de pourcentage d'erreur, le coefficient de (MBE), le coefficient de variation ou d'erreur quadratique moyenne [CV (RMSE)] et le coefficient d'intégralité (IC), il est possible de conclure que la simulation valide les résultats de l'investigation (voir section 6.1.3 du chapitre VI).

6.2.4 Dépistage de rapprochement entre les taux d'humidité relative de l'air (HR) mesurés et ceux simulés en été

Les résultats des taux d'humidités relatives retenues de la simulation du modèle numérique sont exhibés dans les figures 6.12-a et 6.13-a. Nous soulignons pourtant que la simulation de ce paramètre a été effectuée durant la semaine correspondante aux journées typiques des prélèvements sur terrain (de 11 au 17 juillet 2019 pour le cas du logement duplex à M'Sila et de 6 au 12 juillet 2019 pour le cas du logement de Siddi Abbaz à Ghardaïa).

Lors des chaudes journées d'été, nous apercevons que les profils d'humidités relatives de l'air à l'intérieur des deux cas d'études sont régulièrement plus bas que ceux de l'extérieur. Dans l'ensemble, nous indiquons que les taux d'humidités relatives maximaux sont de 63% dans le premier cas et de 69 % dans le deuxième cas, quoique, les taux minimaux d'humidités relatives de l'air sont successivement de 42,02 % dans le premier cas et de 56,1 % dans le deuxième cas, avec des taux moyens de 52,56 % dans le premier cas et de 61,58 % dans le deuxième cas. Par ailleurs, nous constatons que les courbes des taux d'humidités relatives à l'intérieur sont quasiment similaires dans toutes les zones des cas d'étude en question, avec des très petites différences diurnes. A cet effet, nous déclarons qu'ils affichent de 31,3% au 43 % (premier logement) et de 38,1 %- 46 % (second logement), en même temps que les taux moyens sont de 33,46 % pour le cas de M'Sila et de 41,62 % pour les cas de Ghardaïa (Fig.6.12-a ; 6.13-a).

D'après les graphes des figures 6.12-b et 6.13-b, la consigne des taux d'humidités relatives simulées sont définies comme égale à ceux que nous avons mesurés sur le terrain. Par conséquent, l'écart maximal compris entre l'humidité relative intérieure mesurée et simulée a été marqué de 0,3% pour le cas d'El Miniawy et de 0,65% d'André Ravéreau, tandis que le minimal est repéré à un taux de 0,21% (logement duplex) 0,52% (logement de Siddi Abbaz). La précision des données est relative à la fois, à la qualité de l'appareil de mesure et au rendement du logiciel de simulation thermodynamique numérique (Fig.6.12-b ; 6.13-b).



Encore une fois, les résultats de l'étude d'été valident l'exactitude des mesures in situ, et soutiennent, de même, les recommandations de plusieurs chercheurs sur le rôle et l'importance de l'enveloppe passive et écologique pour régler le comportement hygrométrie d'une construction implantée dans un climat présaharien et saharien.

6.2.5 Évaluation du degré de satisfaction du confort thermique par rapport aux zones du confort de la a charte psychométrique de Givoni

Après la confrontation des données de températures et d'humidités relatives mesurées et simulées, il est possible d'évaluer le niveau de satisfaction du confort thermique global au sein des deux logements cas d'étude. Dans ce cadre, cette démarche se fait à l'aide de diagramme bioclimatique de Givoni déterminé par la charte psychométrique ASHRAE Standard 55 de l'outil d'analyse climatique « CLIMATE CONSULTANT5.5 ». Ce diagramme nous permet d'avoir une visualisation simple, globale et rapide des limites de la zone du confort à l'intérieur des espaces d'une construction en fonction du facteur climatique extérieur, par temps froid et chaud.

En examinant les diagrammes illustrés dans les figures 6.14 et 6.15, il est possible d'extraire les observations suivantes (Fig.6.14 ; 6.15) :

Premièrement, nous remarquons que les zones de confort se définissent par une plage de couleur bleue située à peu près au centre du diagramme avec des températures qui varient entre 18-27 °C en hiver et entre 20- 29 °C en été (Praseeda et al, 2014). Celles-ci sont, en conséquence, démarquées par des profils d'humidité relative confortable.

Deuxièmement, une lecture fine du diagramme révèle que les autres gammes situées à droite et à gauche de cette zone prédisent et recommandent les meilleurs ensembles de stratégies de conception bioclimatique, passive et écologique dominantes pour la région présaharienne de M'Sila et saharienne de Ghardaïa à l'instar : de la masse thermique élevée, le refroidissement par évaporation directe, la ventilation naturelle, le chauffage solaire passif et direct, l'humidification et déshumidification. A cet effet, l'application de ces dernières est nécessaire afin d'attendre les meilleures conditions du confort thermique à l'intérieur des pièces du logement (Givoni, 1978 ; Bodach et al, 2014).

En comparant les résultats de la campagne de mesure et du modèle de simulation thermodynamique numérique avec les zones de confort d'hiver et d'été proposées par

Givoni, nous dévoilons que les majeures parties des températures mesurées et simulées des logements en question s'intègrent effectivement dans les zones du confort thermique de la plage Givoni prédéfinies dans la charte psychométrique ASHRAE Standard 55. Ce qui signifie que les logements simulés sont considérés pratiquement confortables tant en hiver qu'en été, chacun dans son contexte microclimatique. En outre, ces résultats nous imposent pour déclarer que le recours aux systèmes de chauffage et de climatisation mécanique et actif n'est plus utile dans ce cas, que ce soit pour les jours extrêmement froids et chauds.

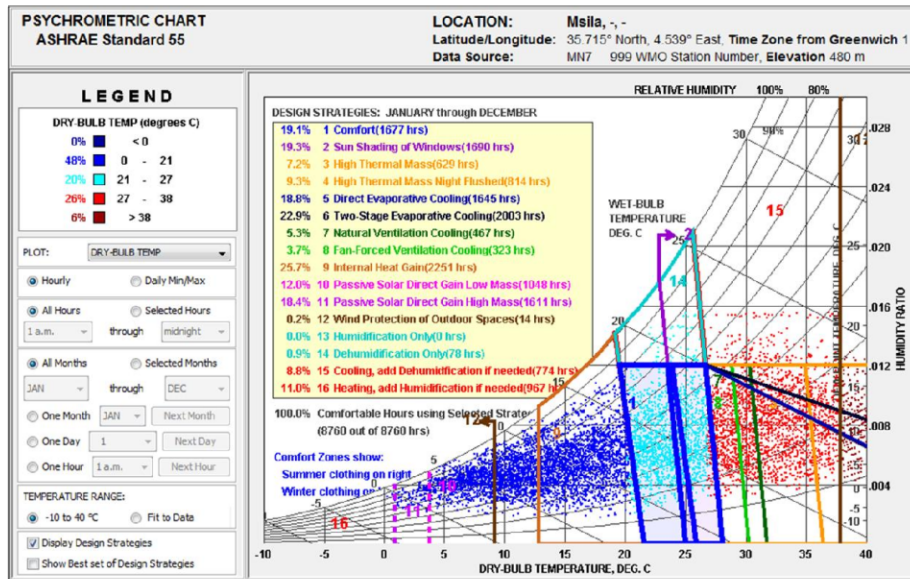


Figure 6. 14 : Limite des zones du confort thermique de la région de M'Sila par le diagramme bioclimatique de Givoni définie par la charte psychométrique ASHRAE Standard 55 de l'outil d'analyse climatique « CLIMATE CONSULTANT5.5 ».

Source : Auteur, 2020.

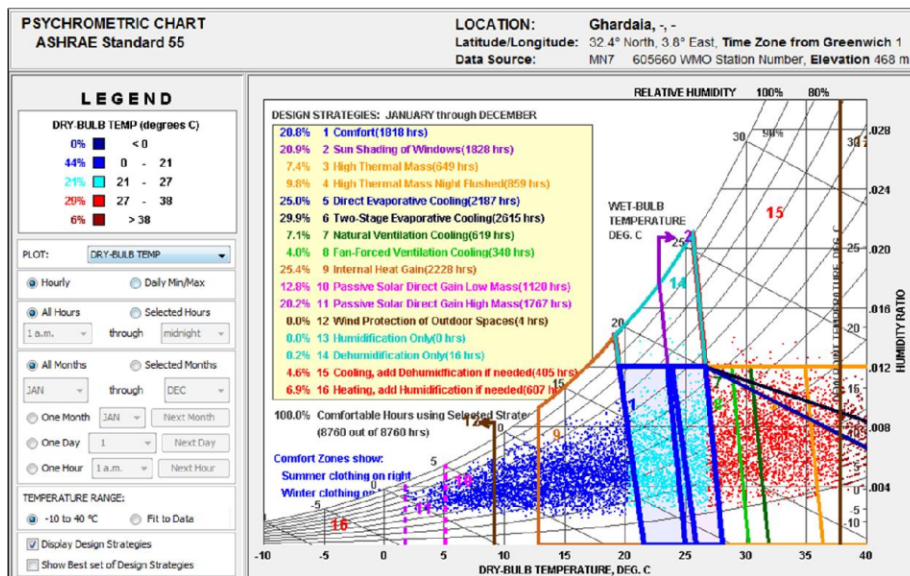


Figure 6. 15 : Limite des zones du confort thermique de la région de Ghardaïa par le diagramme bioclimatique de Givoni défini par la charte psychométrique ASHRAE Standard 55 de l'outil d'analyse climatique « CLIMATE CONSULTANT5.5 ».

Source : Auteur, 2020.

Enfin, ces analyses confirment la dignité des stratégies passives appliquées par El Miniawy à M'Sila et André Ravéreau à Ghardaïa. La présence de meilleures conditions du confort thermique à l'intérieur des espaces des deux logements, dépend étroitement des caractéristiques thermo-physiques des matériaux dont bénéficient les parois externes de leurs enveloppes. Ces matériaux captent la chaleur tirée du rayonnement solaire pendant la journée, la stocke et puis la diffusent doucement et la restituent équitablement dans l'espace. On peut déduire à ce stade, que la cour, la terrasse, le mur masque, le hawch et le chebek ont apporté de grands avantages de protections thermiques contre les réchauffements induis par les grandes fluctuations de température.

6.2.6 Vérification des résultats de températures d'air retenues avec les limites de la norme du confort adaptatif ASHRAE Standard 55-2010

Dans cette section, nous calculons la plage de température intérieure confortable pour le cas de la ville de M'Sila et celui de la ville de Ghardaïa, grâce à l'équation intégrée dans le modèle adaptatif de la norme ASHRAE-2010 (présentée et discutée dans le chapitre III). Cependant, nous prendrons en compte les températures moyennes mensuelles correspondantes à chaque saison, dans laquelle l'hivernale est répartie sur trois mois entre décembre et février, alors que l'estivale est répartie sur trois mois entre juin et août.

Selon les résultats de calcul (voir annexe K), les températures de confort saisonnière de la ville de M'Sila sont de 18 °C en hiver et de 26.5 °C en été, tandis que celles de la ville de Ghardaïa sont de 19.5 °C en hiver et de 30.5 °C en été. Par conséquent, une plage de température (de 5 C°), au voisinage de la température de confort, correspond à l'acceptabilité de 90%, dont les zones de confort sont prolongées de +/-2.5K, ce qui donne une température de confort plus large, comprise entre 15.5 °C - 20.5 °C l'hiver et 24 °C - 29 °C l'été pour le cas de M'Sila, par contre celle de la région de Ghardaïa allant de 17 °C - 22 °C l'hiver et de 28 °C - 33 °C l'été.

Ainsi, suite aux calculs et au super-positionnement des limites de températures internes de confort saisonnière sur la charte du confort adaptatif ASHRAE Standard 55-2013, nous jugeons que les valeurs de températures opérationnelles maximales et minimales de la quasi-totalité des espaces composant les deux logements sont la plupart du temps proches des limites conventionnelles de ces bandes (pendant les journées froides et chaudes de l'année) (Fig.6.16). On conclut, donc, que le confort est assuré à l'intérieur des logements en

question. Pour lequel nous pouvons dire que les stratégies appliquées par les architectes semblent être plus adaptées à leurs environnements locaux.

Il convient de rappeler, à cet égard, que ces résultats nous renseignent sur l'importance de combiner/coupler l'inertie thermique des matériaux locaux à celle des nouveaux matériaux vis-à-vis d'un meilleur comportement thermique. En effet, rendre l'enveloppe plus performante du point de vue thermique, grâce, en particulier, au choix des matériaux et aux dispositifs passifs qui s'adaptent au climat considéré, améliorerait certainement son confort thermique.

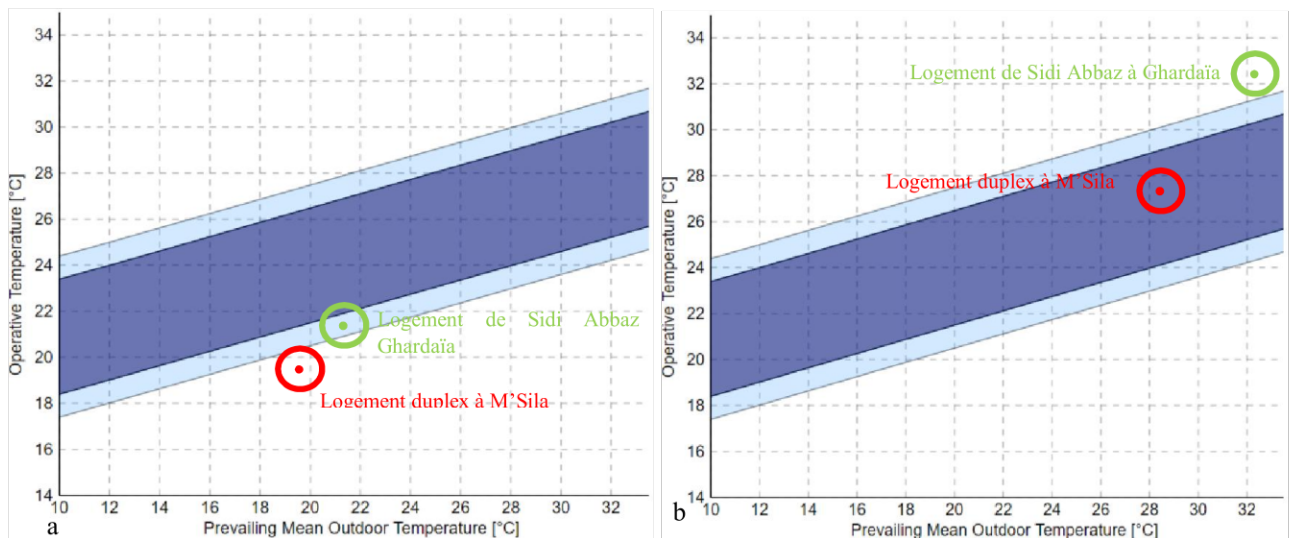


Figure 6. 16 : Positionnement de la température de confort thermique des deux villes sur la charte du confort adaptatif ASHRAE Standard 55-2013 ; a-pendant les journées froides d'hiver (point rouge et vert) ; b-pendant les journées chaudes d'été (point rouge et vert).

Source : Auteur d'après, Mirakhorli ; Hoyt et al, 2013 ; Tartarini et al, 2020.

6.3 Etude thermodynamique, lumineuse et numérique des logements en question

Suite à l'examinations du comportement thermique et hygrothermique, cette phase de recherche a été axée sur l'emprise de l'intégration de la « cour » et le « chebek » sur le comportement aéralique et visuel des logements sélectionnés, grâce à la simulation thermodynamique, lumineuse et numérique. A cet effet, l'analyse des résultats simulés est planifiée en deux étapes :

Etape1 : comprend une procédure de présentation des résultats de simulation numérique de chaque paramètre, des cas d'études mentionnés précédent. Ensuite ces résultats seront soigneusement comparés à ceux de la campagne de mesure afin d'évaluer la compatibilité entre les deux approches.

Etape 2 : inclut une synthèse comparative des données de simulations et de mesures des deux cas d'étude simultanément dont le but est d'identifier les caractéristiques et les interrelations importantes participant dans le mécanisme de ventilation naturelle et le phénomène d'éclairage naturel.

6.3.1 Comparaison de l'effet de la « cour » sur la perception de la vitesse de l'air mesurée et simulée dans le logement duplex, en été

Afin de valider les résultats de la campagne de mesure de la sous-stratégie de la ventilation naturelle, une simulation numérique a été programmée pour examiner l'effet et la signification de la cour sur l'écoulement et la distribution de la vitesse de l'air à l'intérieur des pièces du logement duplex. A cet effet, les résultats de cette dernière ont été étalés en détail dans les figures 6.17-a, 6.18-a et 6.19-a. Nous signalons, dans ce contexte, que lors de la simulation de ce paramètre, on a inséré les données climatiques concernant les mêmes jours typiques de la prise de mesures (le 24 juin, 14 le juillet et le 02 août 2019).

Sur ces graphes s'affichent les flux complets de la vitesse d'air externe et interne simulés par le logiciel « EnergyPlus ». En particulier, nous constatons que les flux des vitesses d'air interne changent considérablement d'une heure à une autre en changeant les flux de la vitesse du vent externe. Cependant, la vitesse d'air interne la plus élevée a été enregistrée entre 07h00 et 16h00, elle est successivement de (1,32 m/s le 24 juin, 2 m/s le 14 juillet et 2 m/s le 02 août). Certes, les flux externes coulent souvent avec des vitesses supérieures qui varient alternativement de 1,8 au 1,37m/s le 24 juin, de 6,33 m/s au 2,53 m/s le 14 juillet et de 2,81 m/s au 14,12m/s le 02 août. De plus, on remarque que les flux des vitesses d'air à l'intérieur de toutes les pièces du logement duplex atteindraient toujours des valeurs importantes qui permettent de régler le comportement thermique de celui-ci (Fig.6.17-a ; 6.18-a ; 6.19-a).

Parallèlement, la relation entre la distribution du flux d'air et de la température ambiante de l'air est également évidente. Pour confirmer cet effet, nous indiquons que les températures internes sur les mêmes graphes mentionnées en dessus baissent en fonction de l'augmentation d'écoulement de l'air interne. La valeur minimale était de 17,57 °C le 24 juin, de 20,09 °C le 14 juillet et de 21,4 °C le 02 août. A cet effet, pouvons déclarer que les valeurs des températures internes restent acceptables toute la journée et dans tous les espaces du logement malgré les températures externes qui sont à leur pic dans ces heures de capture. La meilleure circulation d'air a également permis de conserver des températures internes

basses pendant la nuit même après l'augmentation des températures externes, en créant ainsi un certain courant d'air et fraîcheur. Cette dernière permet aux occupants de dormir à l'aise la nuit sans recours aux systèmes de ventilation active qui consomme généralement beaucoup d'énergie électrique. Par conséquent, il suffit de mentionner qu'elles sont dans les bandes de la plage de confort adaptatif ainsi du diagramme psychométrique de Givoni.

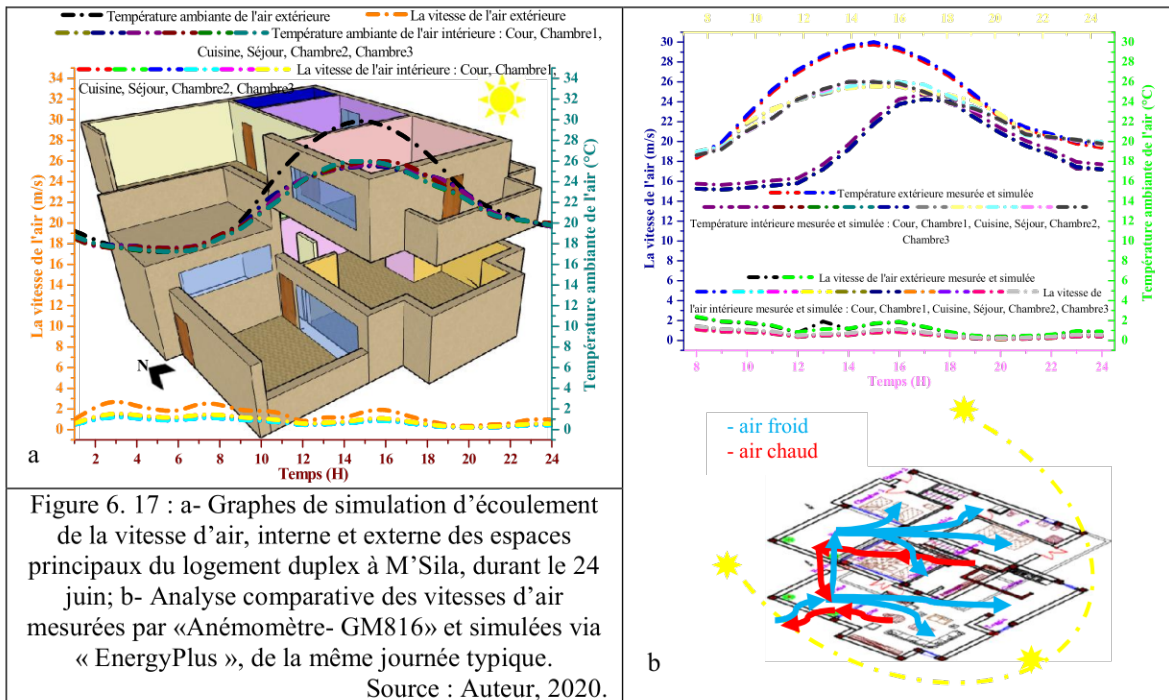


Figure 6. 17 : a- Graphes de simulation d'écoulement de la vitesse d'air, interne et externe des espaces principaux du logement duplex à M'Sila, durant le 24 juin; b- Analyse comparative des vitesses d'air mesurées par «Anémomètre- GM816» et simulées via «EnergyPlus», de la même journée typique.
Source : Auteur, 2020.

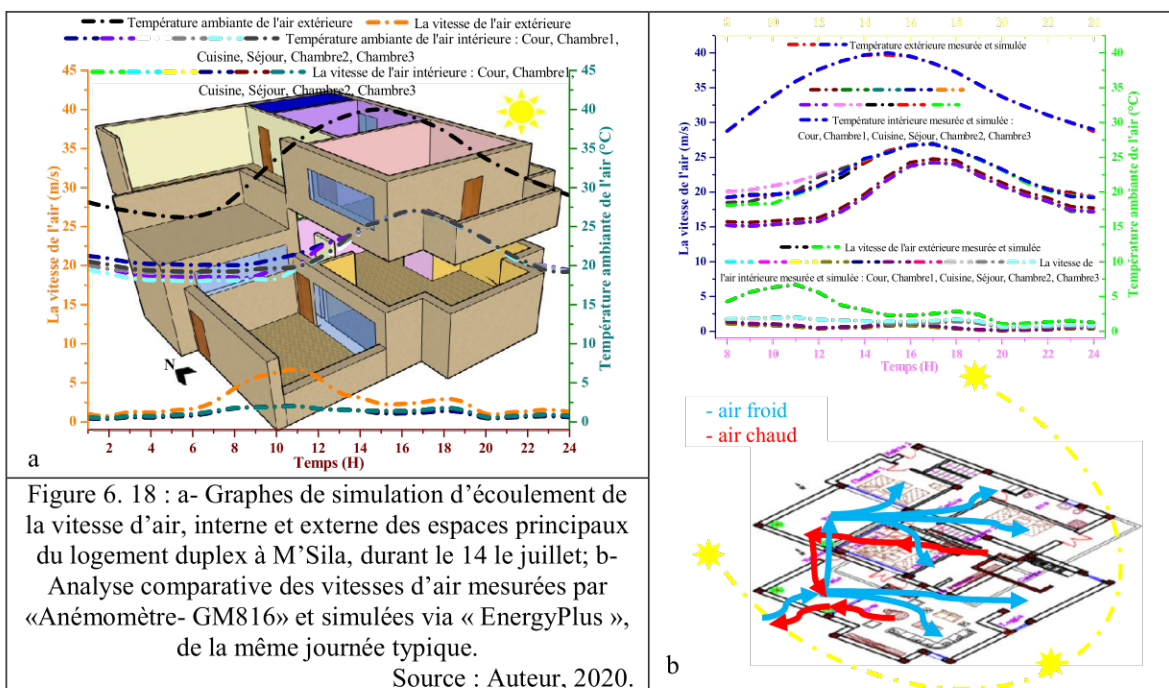
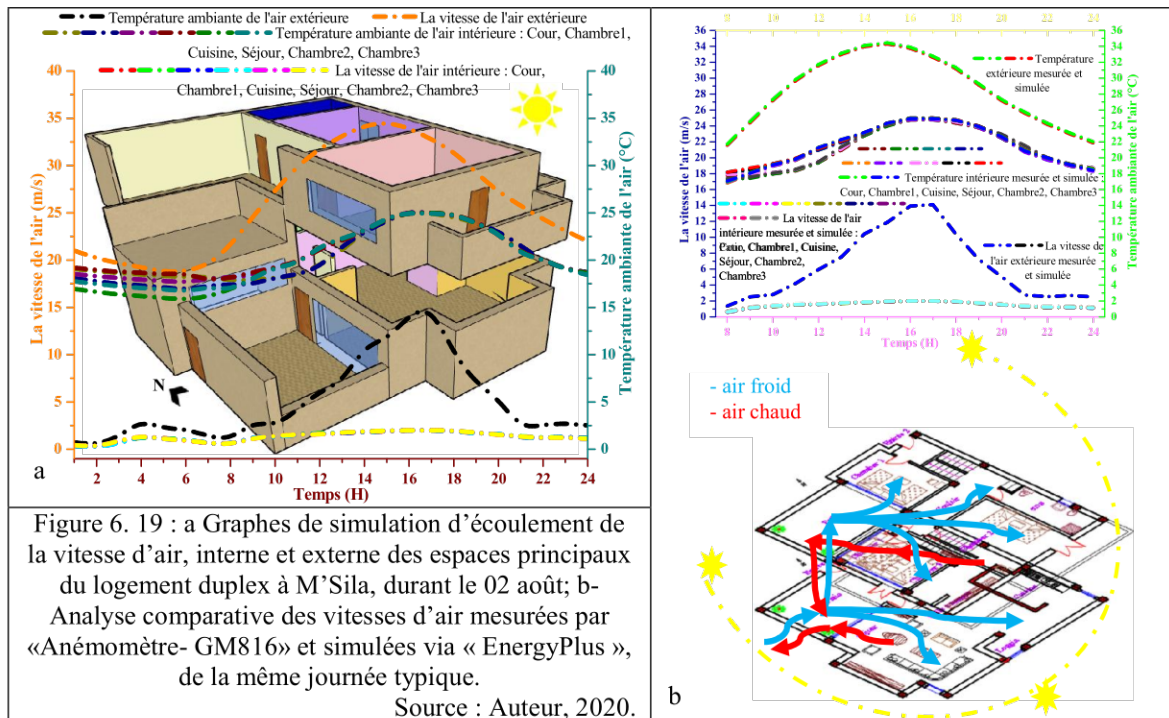


Figure 6. 18 : a- Graphes de simulation d'écoulement de la vitesse d'air, interne et externe des espaces principaux du logement duplex à M'Sila, durant le 14 le juillet; b- Analyse comparative des vitesses d'air mesurées par «Anémomètre- GM816» et simulées via «EnergyPlus», de la même journée typique.
Source : Auteur, 2020.



Un tel résultats de simulation thermodynamique numérique s'explique par la disponibilité de la cour comme moyen de refroidissement efficace qui facilite la circulation et la distribution équitable de l'air frais à l'intérieur des espaces et assure au même temps l'évacuation de l'air chaud à l'extérieur, tout en réduisant considérablement la température, en particulier dans le climat de la ville de M'Sila.

Quant aux figures de 6.17-b au 6.19-b, elles croisent les graphes générés à la fois de la comparaison des résultats de la simulation du profil d'écoulement de la vitesse d'air par le logiciel « EnergyPlus » et ceux de l'agrégation par l'Anémomètre « GM816 » (Fig.6.17-b; 6.18-b;6.19). Ceux-ci révèlent clairement la grande compatibilité entre les données agrégées et celles simulées, où la différence entre les deux atteint 0,05 m/s le 24 juin, 0,03 m/s le 14 juillet et 0,02 m/s le 02 août. En revanche, le pourcentage d'erreur est entre 1,56% et 3.17 % et le coefficient d'intégralité est de 0.008 au 0.016 (voir section 6.1.3 du chapitre VI). En conséquence, les résultats de cette comparaison sélective confirmer l'adéquation du modèle de simulation numérique et de la méthode de la prise de mesure sur terrain.

6.3.2 Comparaison de l'effet du « chebek » sur la sensation de la vitesse de l'air mesurée et simulée dans le logement de Sidi Abbaz, en été

Les figures de 6.20-a au 6.22-a dévoilent des résultats de l'expertise de l'influence de l'inclusion du chebek sur le changement d'écoulement et de la distribution de la vitesse de

l'air à l'intérieur des espaces principaux du logement de Sidi Abbaz à Ghardaïa. Il est à noter que la simulation de ce paramètre a été tracée en soumettant le modèle à des exigences climatiques similaires à celles des journées représentatives de la période estivale de l'étude expérimentale, qui dépendent notamment des jours suivants : le 22 juin, le 10 juillet et le 09 août 2019.

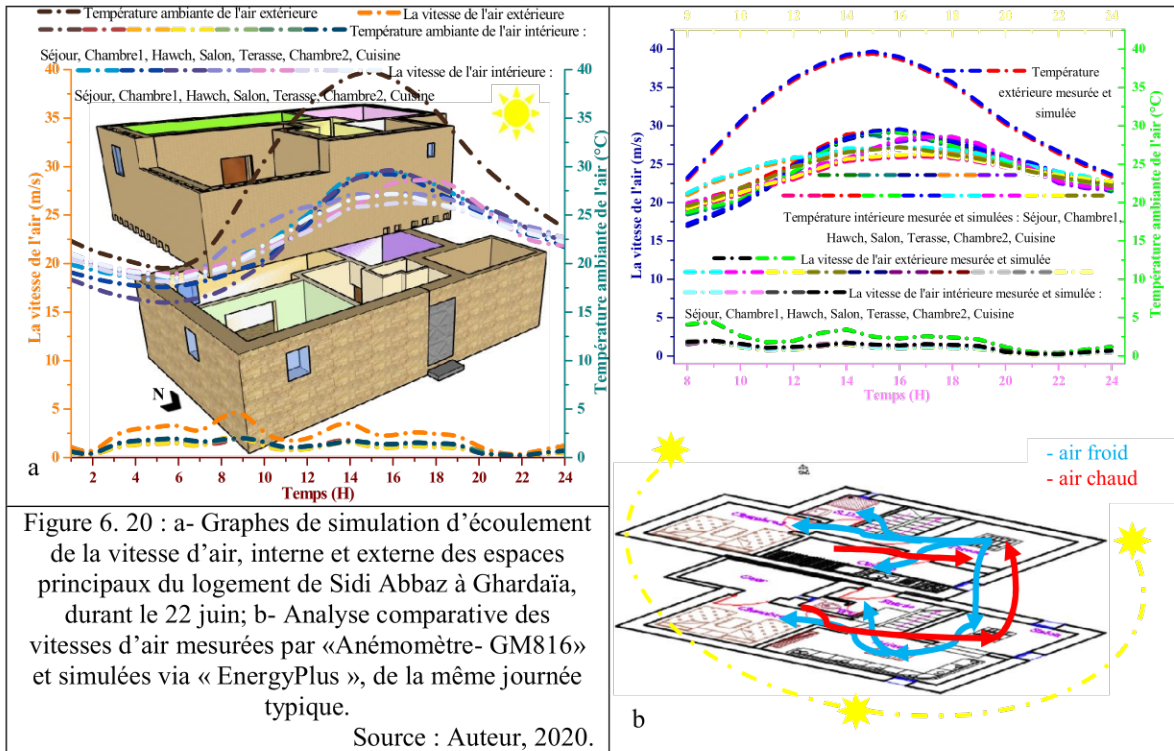


Figure 6. 20 : a- Graphes de simulation d'écoulement de la vitesse d'air, interne et externe des espaces principaux du logement de Sidi Abbaz à Ghardaïa, durant le 22 juin; b- Analyse comparative des vitesses d'air mesurées par «Anémomètre- GM816» et simulées via « EnergyPlus », de la même journée typique.

Source : Auteur, 2020.

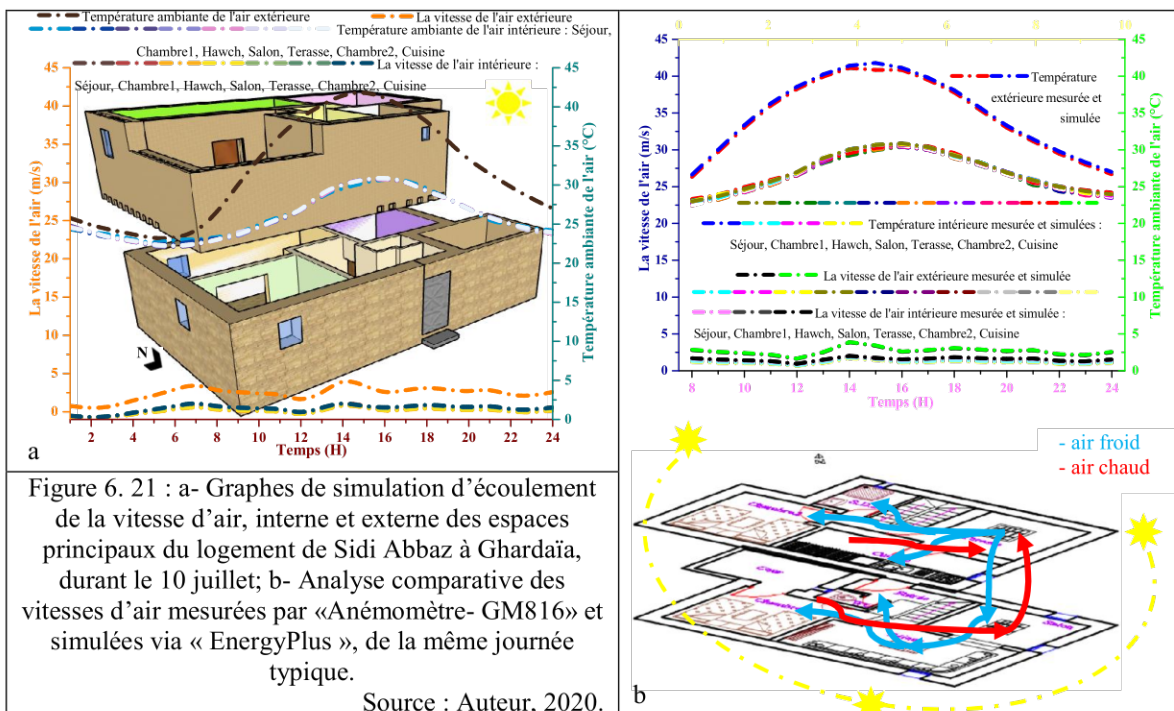
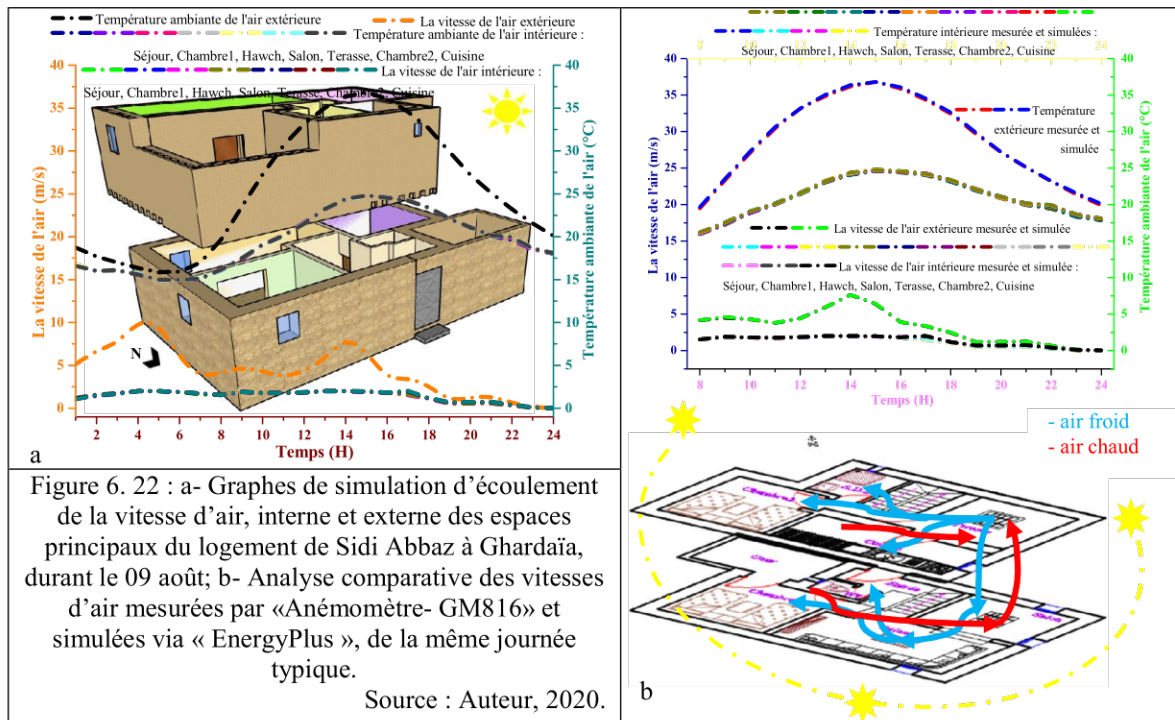


Figure 6. 21 : a- Graphes de simulation d'écoulement de la vitesse d'air, interne et externe des espaces principaux du logement de Sidi Abbaz à Ghardaïa, durant le 10 juillet; b- Analyse comparative des vitesses d'air mesurées par «Anémomètre- GM816» et simulées via « EnergyPlus », de la même journée typique.

Source : Auteur, 2020.



Sur ces figures, on lit les débits de la vitesse d'air et les valeurs des températures ambiantes de l'air prévues dans les espaces principaux du logement de Sidi Abbaz, où la ventilation mécanique est désactivée tout au long du processus de simulation. Principalement, nous remarquons que les oscillations de la distribution de la vitesse d'air augmentent progressivement en augmentant la vitesse du vent externe. En moyenne, la vitesse d'air la plus élevée circulant à l'intérieur du logement est de 2 m/s le 22 juin, 1,59 m/s le 10 juillet et 1,77 m/s le 09 août. À l'évidence, les vitesses d'air externe coulent toujours avec des flux transcendants qui allaient de 1,8 à 4,44 m/s le 22 juin, de 1,67 à 3,42 m/s le 10 juillet et de 3,39 à 7,82 m/s le 09 août. Néanmoins, on remarque que les flux des vitesses d'air à l'intérieur de toutes les pièces du logement de Sidi Abbaz, sont souvent très importants et permettent de fournir un comportement thermique agréable (Fig.6.20-a ; 6.21-a ; 6.22-a).

Concernant la variation des températures à l'intérieur du logement en question, nous précisons que les températures internes des mêmes graphes cités auparavant commencent à diminuer immédiatement après la hausse de la vitesse d'écoulement d'air à l'intérieur du logement. Ainsi, l'estimation minimale varie de 20,88 °C pour le 22 juin, de 23 °C pour le 10 juillet et de 23,21 °C pour le 09 août. À travers ces lectures, nous pouvons dire que les valeurs des températures internes restent acceptables toute la journée et dans tous les espaces du logement malgré les températures externes qui sont à leur pic dans ces heures de capture. Au début de la nuit, les températures atteignaient des valeurs très minimales en raison

d'écoulement rapide de l'air frais à l'intérieur. Cette fraîcheur offre aux habitants du logement de Sidi Abbaz une sensation agréable de l'environnement thermique et éliminé, donc, tout besoin d'utilisation de la climatisation électrique ce qui génère la réduction du taux de la consommation de l'énergie non-renouvelable. A cet égard, nous jugeons conforme les températures de cette analyse par rapport à la plage de température du confort déterminée par la norme ASHRAE Standard 55-2010 et la charte psychométrique de Givoni.

D'un autre côté, les données de simulation thermodynamique numérique du logement de Sidi Abbaz à Ghardaïa sont dues principalement à la mise en disponibilité du chebek en tant qu'un système de refroidissement passif. Les aspects architecturaux de ce système facilitent le processus d'échange entre l'air extérieur frais et celui de l'intérieur chaud, en été et en particulier dans le climat sec de Ghardaïa. Ces résultats dévoilent aussi l'effet de l'exploitation du mur masque qui assure un bon comportement aéraulique à l'intérieur du logement étudié.

Relativement aux figures 6.20-b, 6.21-b et 6.22-b, celles-ci illustrent les résultats de comparaisons des valeurs des vitesses d'air et des températures simulées par le logiciel « EnergyPlus » et celles mesurées par l'Anémomètre « GM816 », à différentes zones du même logement cas d'étude (Fig.6.20-b ; 6.21-b ; 6.22-b). Nous observons, à cet effet, une bonne correspondance pour la plupart des données des pièces principales, des deux approches. Où la différence entre les deux atteint 0,02 m/s le 22 juin, 0,04 m/s le 10 juillet et 0,01 m/s le 09 août, bien que, le pourcentage d'erreur soit entre 1.04 % et 1.56 % et le coefficient d'intégralité est de 0.008 au 0.009 (voir section 6.1.3 du chapitre VI). Par voie de conséquence, les résultats du modèle numérique indiquent une précision raisonnable des données de l'analyse expérimentale

6.3.3 Juxtaposition de l'évolution de la ventilation naturelle mesurée et simulée dans les deux logements

Les graphes des figures 6.23, 6.24 et 6.25 annoncent les résultats de la juxtaposition des débits de la vitesse d'airs simulés par le logiciel « EnergyPlus » et celles mesurées par l'Anémomètre « GM816 » des deux logements cas d'étude. Ces derniers prouvent continuellement un léger décalage entre les données réelles et celles simulées numériquement en raison de la performance des instruments de mesure et de l'exactitude des données saisis lors du lancement de simulation des deux modèles.

Aussi, les grands profils d'air apportent ordinairement une chute importante de la température ambiante d'air à l'intérieur de la totalité des pièces des logements en question. Ceux-ci se produisent à travers les éléments passifs intégrés par les frères El Miniawy et André Ravéreau dans chaque logement, à savoir : la « cour » dans le cas du logement duplex à M'Sila et le « chebek » dans le cas du logement Sidi Abbaz à Ghardaïa. Nous signalons, en outre, que les petits volumes des pièces des deux modèles et les grandes ouvertures du logement duplex constituent relativement, d'autres acteurs de signification mineure de la bonne circulation des flux d'air frais.

A partir de la juxtaposition des résultats mesurés et simulés dans le cas des deux logements, il est aisé de tirer des conclusions sur les techniques performantes qui assurent le bon comportement aérodynamique qui règne à l'intérieur des zones des logements étudiés dans la saison estivale.

Auparavant, les dispositifs passifs ont été utilisés comme des supports d'exploitation de l'énergie renouvelable du vent, de diffusion et de répartition homogène de l'air frais à l'intérieur des espaces d'une construction donnée. En d'autres termes, ceux-ci ont participé aussi

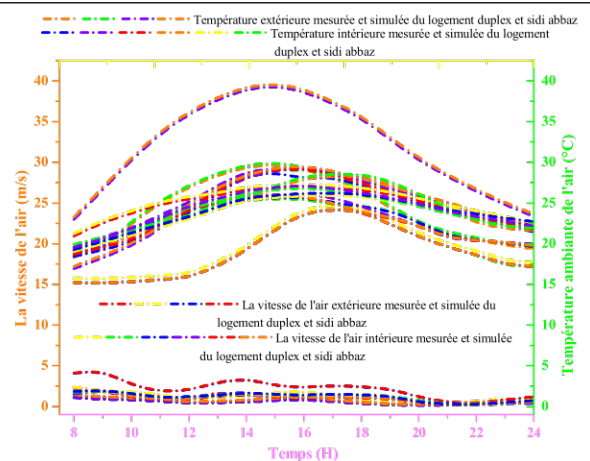


Figure 6. 23 : Juxtaposition des résultats des flux de la vitesse d'air mesurés et simulés à l'intérieur et à l'extérieur des logements en question, au cours du 22 et 24 juin.

Source : Auteur, 2020.

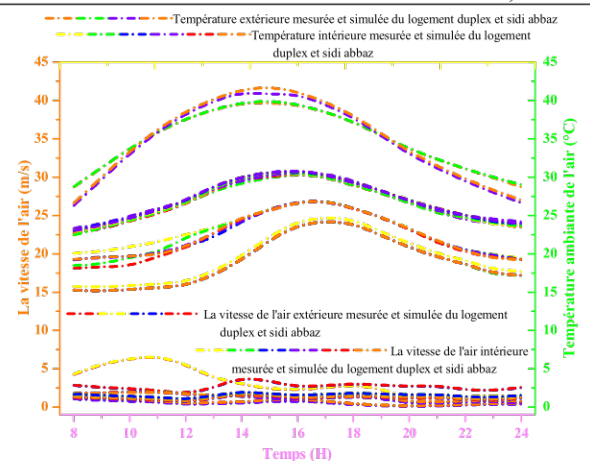


Figure 6. 24 : Juxtaposition des résultats des flux de la vitesse d'air mesurés et simulés à l'intérieur et à l'extérieur des logements en question, au cours du 10 et 14 juillet.

Source : Auteur, 2020.

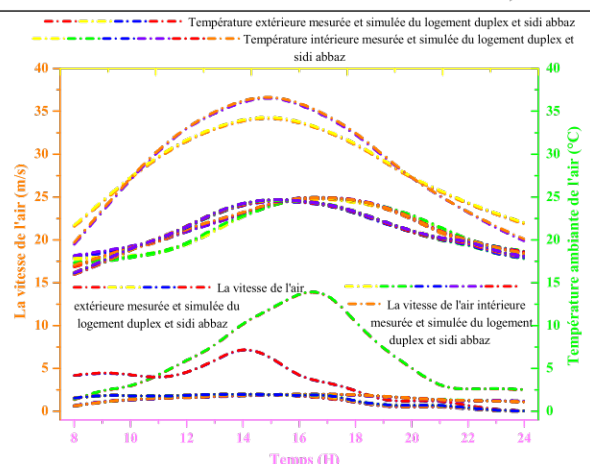


Figure 6. 25 : Juxtaposition des résultats des flux de la vitesse d'air mesurés et simulés à l'intérieur et à l'extérieur des logements en question, au cours du 02 et 09 août.

Source : Auteur, 2020.

à évacuer l'air chaud doucement de l'intérieur des pièces vers l'extérieur en passant par les ouvertures des pièces, tout en évitant la stagnation de l'air chaud à l'intérieur de la construction (Fig.6.23 ; 6.24 ; 6.25).

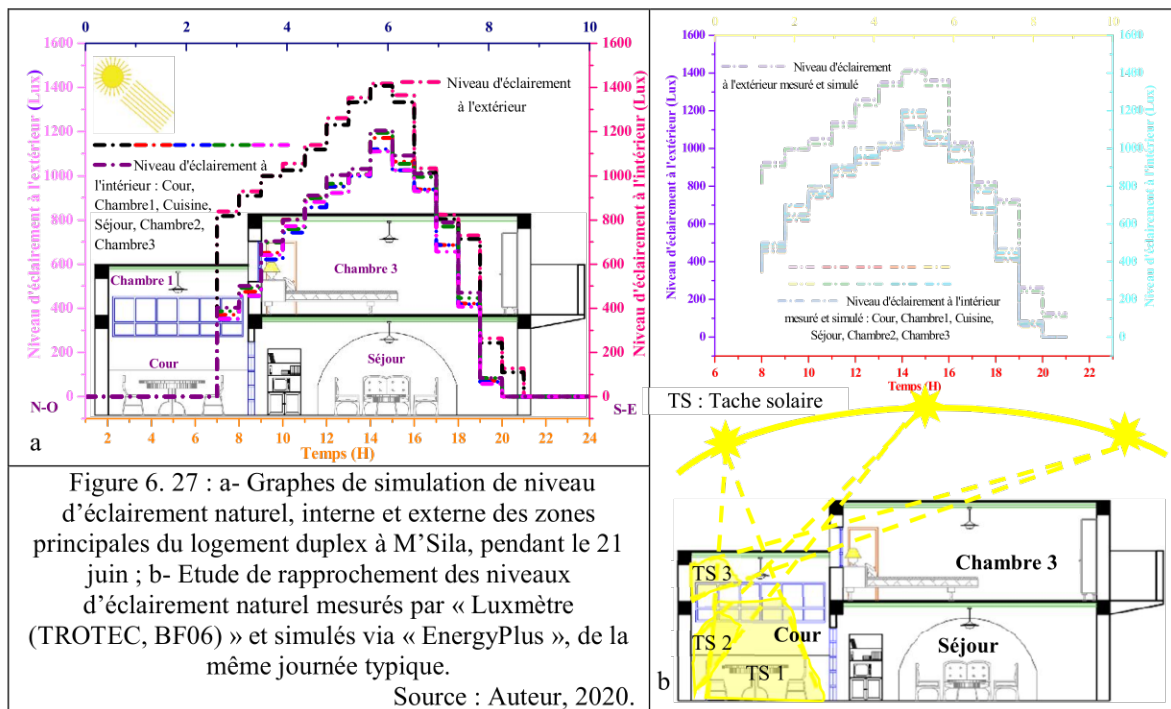
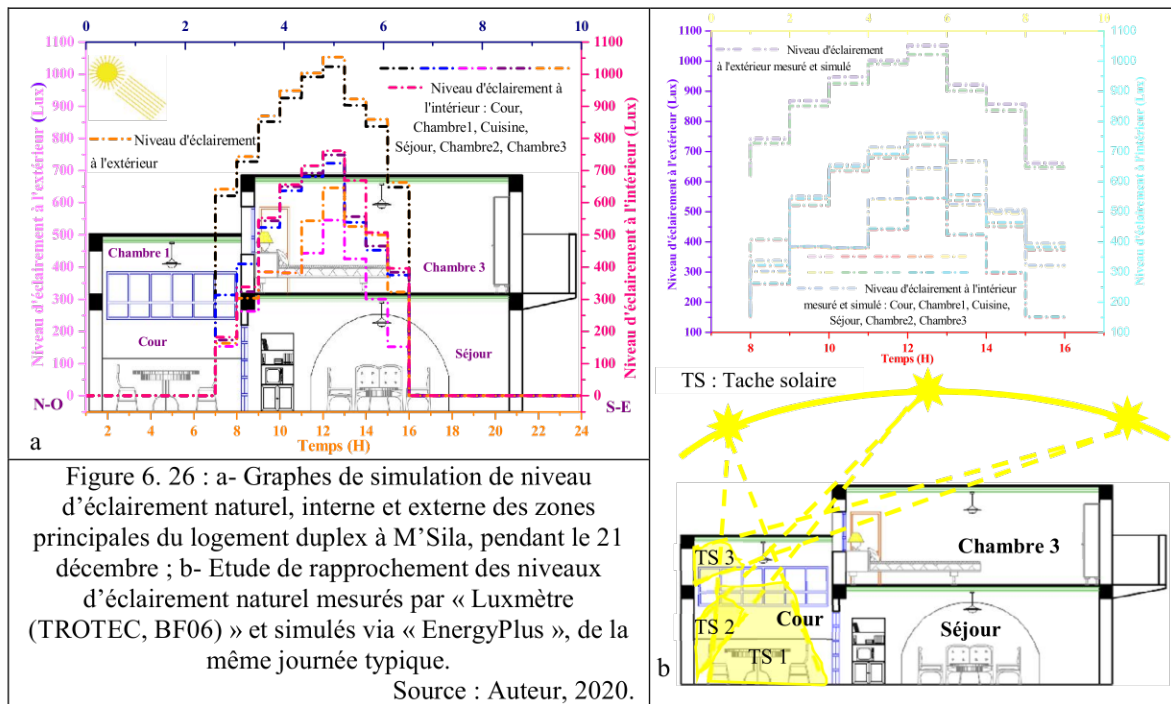
6.3.4 Rapprochement des incidences de l'incorporation de la « cour » sur la qualité et d'éclairage mesuré et simulé

Les résultats du modèle de simulation lumineuse numérique sont présentés dans les figures de 6.26-a et 6.27-a. Ces résultats seront utilisés pour tester les incidences de l'incorporation des dispositifs passifs spécifiques de la région de M'Sila sur l'optimisation d'éclairage naturel à l'intérieur du logement duplex. Néanmoins, nous signalons que notre modèle de simulation numérique est soumis aux mêmes conditions climatiques fixées au moment de la réalisation de l'étude expérimentale.

En mois de décembre, nous apercevons une variation entre les niveaux d'éclairage simulés à l'extérieur du logement et ceux simulés à l'intérieur, dont celui de l'intérieur suit toujours l'évolution de celui de l'extérieur. A l'intérieur, la plage horaire de 01h00 de nuit à 07h00 du matin marque presque un nul niveau d'éclairage (0 lux). Alors qu'à partir de 08h00 du matin l'éclairage commence à augmenter graduellement pour atteindre sa valeur maximale (749 lux) l'après-midi à 13 :00. Après cette heure, l'éclairage commence à s'affaiblir jusqu'à ce qu'il devienne nul le soir à 18h00. En mois de juin, les valeurs d'éclairage diffusé à l'intérieur du logement duplex augmentent souvent en fonction de l'augmentation des valeurs extérieures. Comme en mois de décembre, la plage horaire de 01h00 de nuit et 06h00 du matin enregistre des niveaux d'éclairage approximativement nuls (0 lux). Au lever du soleil, ces niveaux commencent à s'élever petit à petit en arrivant à leur pic l'après-midi vers 15h00 (1194,04 lux), puis ils descendent doucement jusqu'à la coucher du soleil où ils deviennent pratiquement nul (0 lux) (Fig.6.26-a ; 6.27-a).

Selon une comparaison entre le mois de décembre et le mois de juin, nous annonçons que la qualité de la diffusion d'éclairage à l'intérieur de ce logement en été est environ deux fois plus élevée que celle de l'hiver. La plus grande différence entre les deux mois était de 445 lux sur le point de simulation la plus proche à la cour. Cependant, cette variation est due aux changements de la position et d'angle d'incidence solaire entre l'hiver et l'été, c'est pour cela que la quantité d'éclairage introduit le 21 décembre est importante que celle du 21 juin. Aussi l'un des facteurs importants qui ont joué un grand rôle dans la pénétration, la diffusion équitable de la lumière solaire à l'intérieur des pièces du logement simulé est sans

conteste leur proximité à la cour.



Concernant le rapprochement des résultats simulés et mesurés des journées représentatives de la saison hivernale et estivale, les graphes des figures 6.26-b au 6.27-b montrent que les valeurs d'éclairage réelles mesurées par « Luxmètre (TROTEC, BF06) » sont

systématiquement proches de celles simulées par « EnergyPlus » (Fig.6.26-b ; 6.27-b). A cet égard, l'écart entre les deux valeurs réelles et numériques n'est que de 3 lux pour l'éclairage d'hiver et 5 lux pour l'éclairage d'été. En revanche, le pourcentage d'erreur est de 0.6 % en hiver, est de 0.45 % en été. L'erreur de biais moyenne (MBE) se situe dans la plage d'erreur de 10% le VC (RMSE) ne dépassant pas le taux de 30%. De plus, le coefficient d'intégralité (IC) est de 0.003 le 21 décembre et 0.008 le 21 juin (voir section 6.1.3 du chapitre VI).

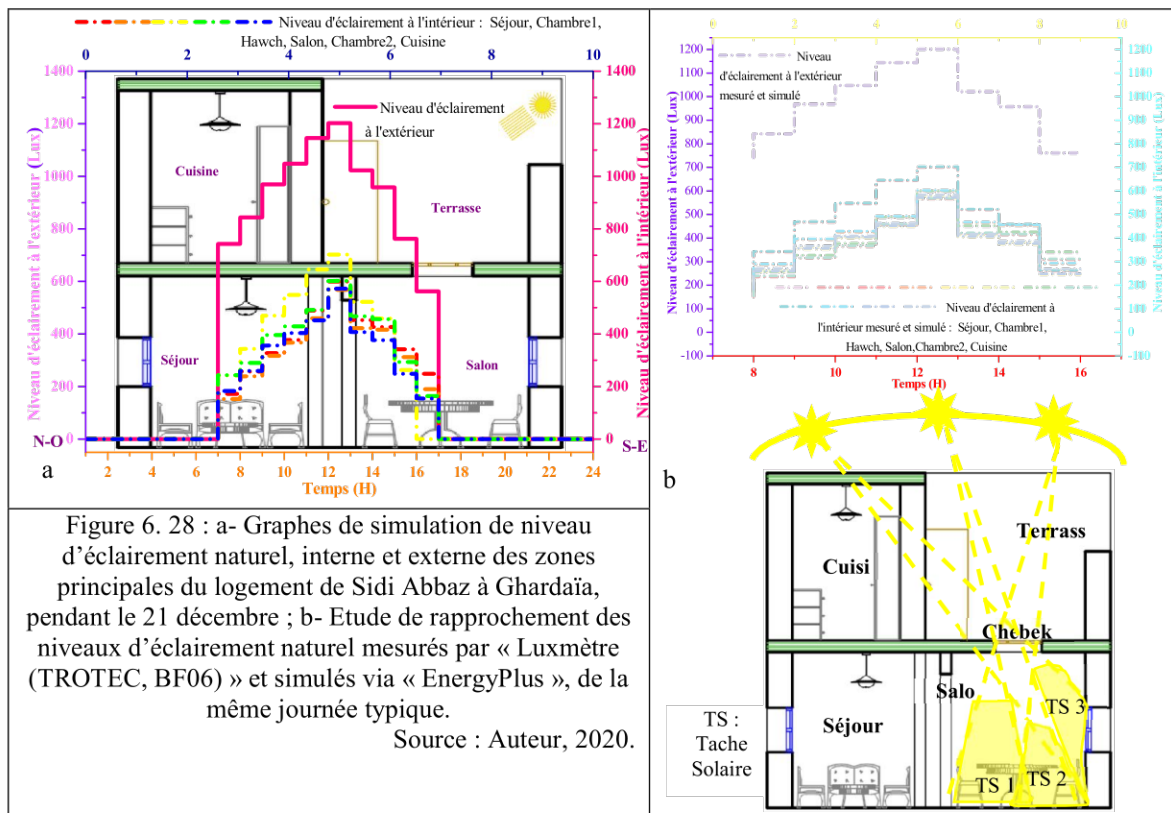
En raison de ces données, nous pouvons conclure que l'accord entre les niveaux d'éclairage simulés et expérimentés est généralement acceptable, ce qui valide les valeurs d'éclairage étendu de l'analyse in-situ sur terrain.

6.3.5 Rapprochement des incidences de l'incorporation du « chebek » sur la qualité d'éclairage mesuré et simulé

Les graphes des figures 6.28-a et 6.29-a examinent en détail les niveaux d'éclairage naturel simulés numériquement dans les zones principales du logement de Sidi Abbaz à Ghardaïa. La simulation d'éclairage naturel, en utilisant le logiciel « EnergyPlus », forme une autre approche pour tester l'incidence de l'incorporation des techniques passives de la région de Ghardaïa « chebek » sur l'optimisation de l'éclairage naturel à l'intérieur du logement cas d'étude. Cette étude a été effectuée dans les mêmes conditions de ciel et de la prise de mesure in situ (Fig.6.28-a ; 6.29-a).

Dans la journée du 21 décembre qui représente le solstice d'hiver, nous relevons une différence dans la distribution des niveaux d'éclairage à l'extérieur et à l'intérieur du logement, dont ceux de l'intérieur suivent l'évolution de ceux de l'extérieur. A cet effet, la plage horaire de 01h00 de nuit à 07h00 du matin repéré aucune distribution d'éclairage naturel interne (0 lux). Or qu'à 08h00 du matin l'éclairage commence de s'amplifier régulièrement en rejoignant sa valeur optimale (489,53 lux) l'après-midi à 13 :00. Suite à cette heure, l'éclairage s'affaiblit petit à petit jusqu'à ce qu'il devienne nul le soir à 18h00. Dans le cas du solstice d'été, les valeurs d'éclairage propagé à l'intérieur du logement de Sidi Abbaz accroissaient ordinairement en fonction de l'accoisement des valeurs extérieures. En ce sens, la plage horaire de 01h00 de nuit et 06h00 du matin signalé des niveaux d'éclairage presque nuls (0 lux). Au lever du soleil, ces niveaux augmentent

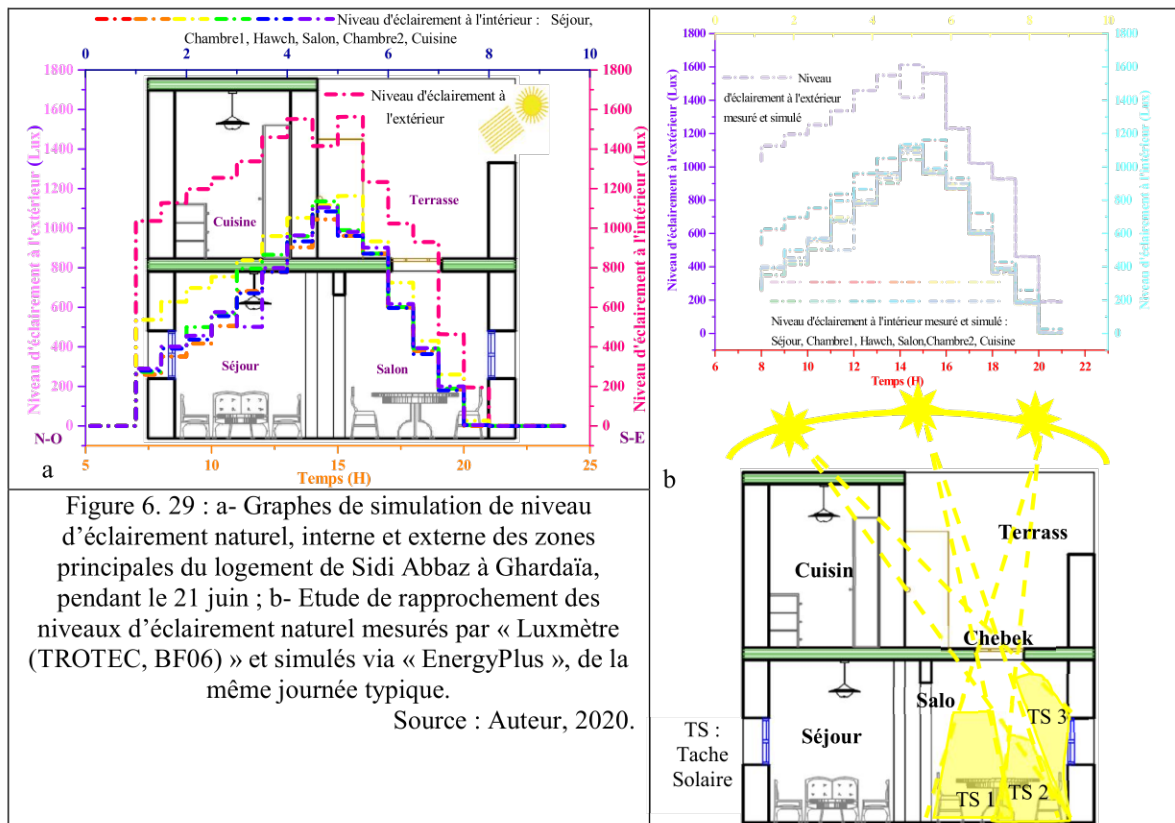
progressivement pour atteindre le sommet l'après-midi vers 15h00 (1044,36 lux), puis ils descendent légèrement jusqu'au coucher du soleil où ils retournent au 0 lux.



Dans une comparaison du solstice d'hiver et d'été, nous affirmons que la quantité de la distribution de la lumière du jour à l'intérieur des espaces du logement en question est deux fois plus grande que celle d'hiver. Pour se faire, la différence maximale entre les deux quantités est de 554,83 lux sur le point de simulation la plus proche au chebek. Cela dit, que cette variation est justifiée par le bouleversement de la position et de l'angle d'altitude solaire entre l'hiver et l'été. De ce fait, la qualité d'éclairage introduit en hiver est énorme que celle d'été. Pareillement, l'un des éléments importants qui ont joué un grand rôle dans la pénétration, la diffusion égale du rayonnement solaire à l'intérieur des zones du logement simulé est leur proximité au chebek.

Par ailleurs, les résultats des figures 6.28-b et 6.29-b montrent les quantités d'éclairage naturel simulées grâce au logiciel de simulation lumineuse numérique « EnergyPlus » et mesurées par « Luxmètre (TROTEC, BF06) » à l'intérieur du logement de Sidi Abbaz. Suite à la lecture de ces résultats, nous remarquons une légère différence entre les données des deux approches à la fois à l'extérieur et à l'intérieur du logement. Dans cette optique,

l'intervalle entre les quantités de lumière réelles et numériques n'est qu'à 2,5 lux pour celles d'hiver et 4,1 lux pour celles d'été (Fig.6.28-b ; 6.29-b). D'un autre côté, le pourcentage d'erreur est de 0.72 % en hiver, est de 0.67 % en été. L'erreur de biais moyenne (MBE) se situe dans la plage d'erreur de 10% le VC (RMSE) aussi ne dépasse pas le taux de 30%. De même, le coefficient d'intégralité (IC) est de 0.004 le 21 décembre et 0.003 le 21 juin (voir section 6.1.3 du chapitre VI).



En rapport à ce qui précédé, il est très clair que les résultats de simulations sont très similaires à ceux de l'étude expérimentale. Donc nous pouvons dire que la méthode de simulation appliquée a pu valider et garantir la fiabilité des données de la campagne de mesure.

6.3.6 Proximité de l'optimisation de l'éclairage naturel mesuré et simulé dans les deux logements cas d'étude

Dans cette sous-section nous exposons les graphes de proximité des résultats de mesures et de simulation de la journée nuageuse d'hiver et ensoleillée d'été, il est évident que les quantités d'éclairage naturel, des deux approches et dans les deux logements, sont quasiment identiques et voisines l'une des autres (Fig.6.30 ; 6.31). Les niveaux d'éclairage les plus élevés assurent des meilleures conditions de travail et de vie à

l'intérieur des logements en réduisant ainsi les charges de l'énergie consommée par l'éclairage artificiel.

Par ailleurs, nous relevons, dans ce cas, que ces qualités de lumière infiltrées à l'intérieur du logement duplex et du logement de Sidi Abbaz sont supérieures au seuil d'éclairage déterminé par le conseil national de recherche du Canada qui a été cité dans le chapitre V (voir section 3.6 du chapitre V). Ceci, notifie méthodiquement que toutes les pièces des logements en question sont naturellement éclairées, en excluant ainsi toute exigence de retour au moyen d'éclairage artificiel durant la journée.

Finalement, nous pouvons dire que les éléments de conceptions passifs, vernaculaires et locaux, tels que la cour et le chebek contrôlent efficacement la lumière du jour, et génèrent un environnement de vie de base dans lequel les habitants trouvent leur confort visuel et utilisent les espaces d'une manière flexible pour pratiquer leurs activités journalières à l'aise.

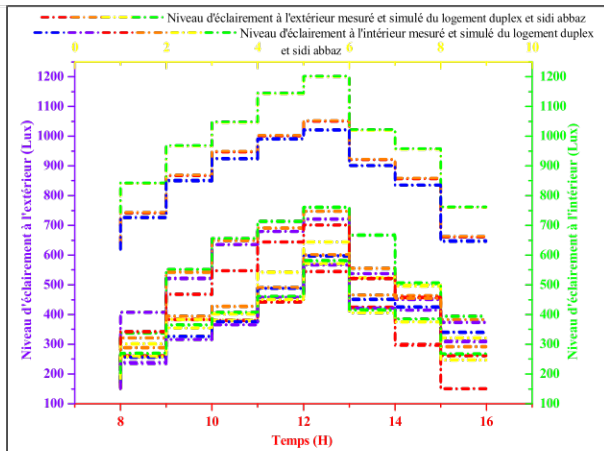


Figure 6. 30 : Graphes significatifs de l'étude de proximité de l'optimisation des niveaux d'éclairage naturel mesurés et simulés à l'intérieur et à l'extérieur des logements cas d'étude, au cours du solstice d'hiver.

Source : Auteur, 2020.

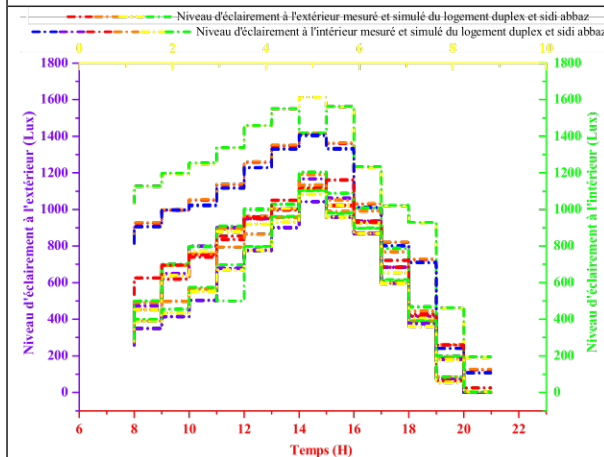


Figure 6. 31 : Graphes significatifs de l'étude de proximité de l'optimisation des niveaux d'éclairage naturel mesurés et simulés à l'intérieur et à l'extérieur des logements cas d'étude, au cours du solstice d'été.

Source : Auteur, 2020.

Conclusion

Ce chapitre a été consacré à la présentation des résultats de la dernière étape de l'application de notre méthode de recherche. Il s'agissait de l'étude quantitative, sous forme de simulation thermodynamique des modèles numériques du logement duplex et du logement Sidi Abbaz, tout en respectant les mêmes périodes du déroulement de la campagne de mesure et parfois

en allongeant la durée pour quelques paramètres afin d'aboutir à des résultats précis et fiables. A cet effet, l'étude a été réalisée par le truchement des logiciels « Google Sketch-Up Pro 2018 », « Meteonorm 7 », « EnergyPlus V9.1.0 » et « OriginPro 8 » sur l'ensemble des paramètres suivants : la température ambiante de l'air, l'humidité relative de l'air, la vitesse de l'air et le niveau d'éclairement. Ce chapitre nous a permis de démontrer la fiabilité et la pertinence de notre méthode combinatoire. De plus, il nous a offert l'occasion de consolider, encore une fois, la vérification de la deuxième et de la troisième hypothèse.

Par ailleurs, ce chapitre prenait la forme de validation des résultats obtenus dans le chapitre précédent (compagne de mesure) et ceux récupérés de la simulation numérique. Dans un premier temps, il a clarifié en détail les mécanismes, les fichiers et les autres outils sur lesquels repose la simulation thermodynamique par le logiciel « EnergyPlus ». Pour cela, nous nous sommes concentrés sur la description de toute l'opération de simulation depuis la création et la modélisation du modèle 3D dans l'outil « Sketch-Up » jusqu'à l'importation des fichiers finaux sur « EP-Launch » et l'élaboration des graphes par le programme « OriginPro ». Après, nous avons pensé à recourir aux méthodes et équations internationales, qui ont été appliquées par plusieurs chercheurs dans la calibration des données mesurées et simulées ; comme l'indice de pourcentage d'erreur, l'MBE, le CV (RMSE) et l'IC. De ces derniers, nous avons trouvé que les écarts d'erreurs sont relativement inférieurs aux marges fixées par les normes internationales ; de 5% fixée par le pourcentage d'erreur, de -10% et + 10% de l'MBE, de 30% concernant le CV (RMSE) et de 0 à 1 déterminé par l'IC. Ceci a permis de déclarer le bon accord entre les deux résultats, à la fois mesurés et simulés. Donc, nous avons pu confirmer qu'ils sont suffisamment précis et sont capables de répondre aux objectifs de notre recherche.

Après avoir procédé à la validation des résultats mesurés et simulés, ce chapitre a proposé la corroboration des températures du confort thermique avec les zones de confort d'hiver et d'été proposées par Givoni et par la charte du confort adaptatif ASHRAE Standard 55-2013, dont nous dévoilons que, les majeures parties des températures mesurées et simulées des logements en question, s'intègrent parfaitement dans les zones du confort thermique de la plage prédéfinies dans les deux chartes. Ces lectures confirment la décence des stratégies passives appliquées par El Miniawy à M'Sila et André Ravéreau à Ghardaïa. Il convient de rappeler, en effet, que la présence de meilleures conditions du confort thermique à l'intérieur des espaces des deux logements, dépend étroitement des caractéristiques thermo-physiques

des matériaux. Cette partie de l'étude nous renseigne sur l'importance de coupler les propriétés thermo-physiques des matériaux locaux à ceux des nouveaux matériaux, en vue d'un meilleur comportement thermique et hygrométrique.

En outre, de la comparaison d'effet de la cour, du chebek et du mur masque sur la sensation de la vitesse de l'air mesurée par « Anémomètre » et simulée par « EnergyPlus », nous avons constaté une meilleure circulation de l'air dans les deux cas d'étude, qui permettait de conserver les températures internes basses pendant les jours chauds d'été. Ces valeurs ont permis aux habitants de vivre à l'aise à l'intérieur de leurs logements, sans l'usage des systèmes de ventilation active qui consomment généralement beaucoup d'énergie électrique non renouvelable. A cet égard, ces dispositifs passifs y ont été incorporés pour utiliser le vent en tant qu'énergie renouvelable.

En parallèle, le rapprochement des incidences de l'incorporation de la cour et du chebek sur la qualité d'éclairage mesuré par « Luxmètre » et simulé par « EnergyPlus », annonce leur efficacité à optimiser l'éclairage naturel à l'intérieur des logements en question, car ils ont gardé le niveau d'éclairage toujours supérieur au seuil de celui déterminé par le conseil national de recherche du Canada, en excluant ainsi toute exigence de retour au moyen d'éclairage artificiel durant la journée. Ainsi, ces dispositifs vernaculaires passifs contrôlent efficacement la lumière du jour, et génèrent un environnement propice au confort visuel rendant l'utilisation des espaces plus flexible pour pratiquer, aisément, leurs activités quotidiennes.

De la sorte, à partir des résultats obtenus dans les deux chapitres précédents, nous avons appris de nouvelles expériences sur l'architecture néo-vernaculaire des concepteurs modernes (El Miniawy et André Ravéreau). Ces résultats seront interprétés et discutés dans le dernier chapitre afin de constituer un guide pratique aux futures architectes, qui leur servira comme référence pour promouvoir le développement d'une architecture vernaculaire contemporaine en Algérie.

CHAPITRE VII : VERS UNE CONCEPTION VERNACULAIRE CONTEMPORAINE DEVELOPPEE SOUS L'INFLUENCE DES LEÇONS RETIREES DE LA REINTERPRETATION DES CONSTRUCTIONS NEO- VERNACULAIRES DE CONCEPTEURS MODERNES.

Introduction

A la lumière des conclusions présentées dans les chapitres IV, V et VI et qui ont exploité les projets d'El Miniawy et André Ravéreau à travers l'application d'une méthode de réinterprétation des stratégies environnementales, ce dernier chapitre sera consacré à l'interprétation et la discussion des résultats des trois chapitres empiriques. En effet, ce chapitre confirmera, essentiellement, la troisième hypothèse en mettant l'accent sur les recommandations techniques qu'on apporterait aux architectes pour les accompagner dans le développement des conceptions à caractère vernaculaire contemporain en Algérie, tout en s'appuyant sur les raisonnements des architectes El Miniawy et André Ravéreau. Des propositions seront discutées pour contribuer à l'amélioration de la qualité du bien-être et du confort thermique, aéraulique et visuel à l'intérieur des espaces des futures constructions, en donnant des réponses valables à notre problématique.

A cet égard, trois axes sembleront pertinents pour organiser ce chapitre. Nous essayerons, en premier lieu, de comprendre la meilleure façon d'utiliser les ressources naturelles et locales dans le choix de la forme et l'orientation optimale des bâtiments. Puis, nous mettrons l'accent sur les techniques néo-vernaculaires, au sein des projets réalisés par les concepteurs modernes dans le contexte algérien, en les considérant comme les prémices d'une architecture contemporaine, écologique et respectueuse de l'environnement local. D'un point de vue technique, le second axe mettra en vigueur les approches de la sélection de la conception néo-vernaculaire écologique en confort thermique, ventilation et éclairage naturel qui seront examinés pour comprendre les techniques et les dispositifs vernaculaires passifs permettant de s'adapter rapidement aux climats et à l'environnement local de chaque contexte. Alors que la dernière étape de ce chapitre sera consacrée à la fourniture de certaines stratégies environnementales et passives comme de nouveaux mécanismes / orientation en vue d'établir un guide manuel et référentiel, qui regroupera un ensemble de lignes directrices à reconduire dans le processus décisionnel de différentes phases de conception des bâtiments à caractère vernaculaire contemporain en Algérie.

7.1 Vers une philosophie architecturale contemporaine, écologique et respectueuse de l'environnement local

Les résultats de l'analyse des projets réalisés par les concepteurs modernes dans le contexte algérien qui sont présentés dans les trois chapitres précédents (chapitre IV ; V ; VI), démontrent que la planification de la forme et l'enveloppe du logement s'est consciemment effectuée car la conception des logements découle des décisions conceptuelles et intellectuelles des concepteurs modernistes. Ces derniers ont su exploiter les ressources naturelles existantes localement dans la réalisation des logements intégrés parfaitement dans le site. Par ailleurs, les principes constructifs des frères El Miniawy et d'André Ravéreau consolident l'idée d'Amos Rapoport sur les constructions fondées dans les conditions technologiques faibles et les systèmes de contrôle environnemental limité (Rapoport, 1969 ; Bullen et Love, 2010 ; Shaofu, 2018). Dans ce type de construction, l'architecte est censé être responsable envers la nature et l'environnement local, et il doit trouver des solutions efficaces afin d'adapter sa construction aux exigences locales du site d'implantation, au lieu de les dominer avec des pratiques agressives et mal orientées.

En outre, il est de plus en plus reconnu que les exigences climatiques de chaque région sont des aspects importants qui déterminent la masse du bâtiment et des forces génératrices de la bonne orientation des espaces internes afin que le logement soit considéré comme une conception bien fondée dans son site. De plus, l'exploitation des énergies renouvelables et l'utilisation des matériaux locaux dans la construction des enveloppes durables et performantes permettent de réduire l'impact environnemental exercé par le logement sur l'environnement.

Avant cela, nous signalons que les résultats présentés dans cette recherche sont originaux étant donné que, jusqu'à présent, il n'y avait pas d'études réinterprétatives antérieures portant sur la réinterprétation des œuvres néo-vernaculaires des concepteurs modernes (El Miniawy et d'André Ravéreau), dont le but de générer des lignes directrices à prendre en compte dans le développement des conceptions vernaculaires contemporaines. A cet égard, la première section de ce chapitre focalise sur la discussion des résultats de la deuxième section du quatrième chapitre. La discussion des résultats de ce dernier est très importante vue la qualité des leçons qui seront dégagées de la conception néo-vernaculaire laquelle concilie les caractéristiques des bâtiments anciens et modernes pour parvenir à une conception adéquate au contexte régional et à faibles impacts environnementaux. Enfin,

l'objectif global de cette discussion est d'essayer de développer une compréhension de la meilleure façon d'utilisation des ressources naturelles locales et illustrer comment la forme et l'orientation du logement diffère selon le climat et l'environnement dans lesquels il s'inscrit. Et ainsi, mettre la lumière sur les meilleures techniques de l'architecture vernaculaire qui peuvent se mêler à celles de l'architecture moderne pour répondre aux exigences de la vie actuelle (Fig.7.1).

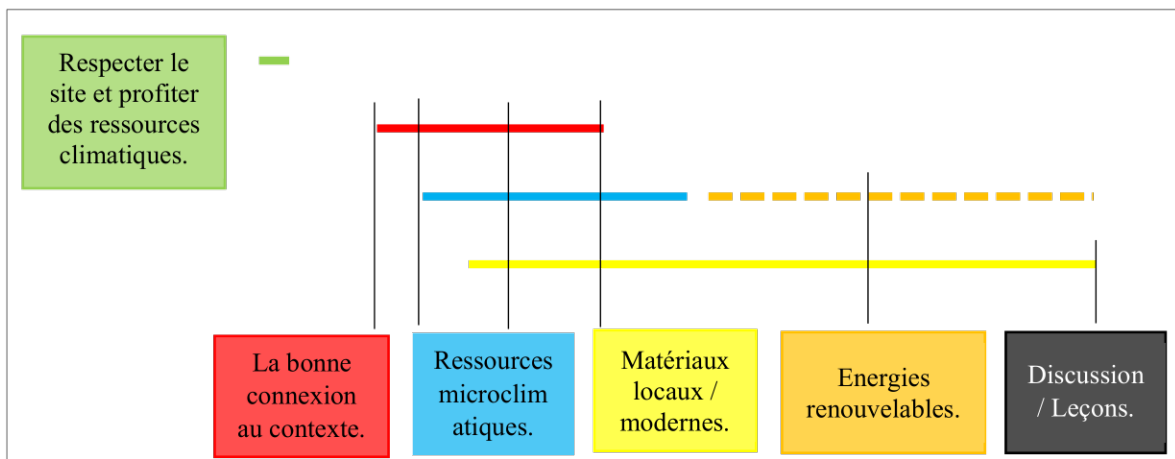


Figure 7. 1 : Processus de discussion des résultats de la première et la deuxième section du cinquième chapitre de la partie analytique.

Source : Auteur, 2021.

7.1.1 Connexion des logements au contexte local pour une meilleure transition entre l'intérieur et l'extérieur

A l'époque des architectes El Miniawy et André Ravéreau, la destruction du cadre urbain et architectural dans les anciennes villes, associé à la mauvaise pratique de la théorie architecturale et au stress de la vie moderne, avaient laissé à ces architectes le sentiment que l'Algérie a perdu ses racines et son identité. Evidemment, ces architectes ont ensuite reconnu le rôle de la tradition vernaculaire dans la construction des bâtiments néo-vernaculaire qui réunit entre l'avenir et le passé en permettant un rapport pertinent avec la nature locale. Pour cela, ils ont revendiqué le lancement d'un programme majeur qui encourage et soutienne les acteurs de l'architecture vernaculaire algérienne, ainsi ils ont fait revivre son identité et certains de ses principes et de ses aspects.

Pour en savoir plus sur les principes et les techniques constructives utilisées dans l'intégration et l'emplacement des anciennes maisons, les architectes ont réfléchi de faire une petite expérience dans les anciennes villes concernant les contextes dans lesquels ils conçoivent. Cette expérience a été menée, spécifiquement, sous forme de contacts directs

avec le site d'implantation et à travers des enquêtes socio-environnementales face-à-face des habitants locaux (Salama, 2001). A cet effet, les enquêtes ont été portées sur de nombreux processus y compris l'intégration, l'emplacement, la forme et l'agencement ainsi que les questions environnementales adoptées par les habitants et leur raisonnement pour appliquer quelques techniques à la conception vernaculaire. Aussi, cette expérience a permis aux architectes de mieux comprendre les caractéristiques climatiques spécifiques qui ont guidé les habitants dans la conception de leurs maisons. Egalement, elle a révélé un certain nombre de facteurs ayant un lien pertinent avec les typologies vernaculaires, lesquelles s'examinent comme des considérations à assimiler, au départ, dans les démarches de construction de n'importe quelle maison.

Par ailleurs, le processus de conception des logements en question suit, autant que possible, la séquence enseignée par l'architecture vernaculaire de M'Sila et de Ghardaïa. En commençant par l'engagement avec le site qui a été traité, pas seulement comme une zone de sol, mais au même temps comme un lieu où de nombreux potentiels existent tels que le paysage, le soleil, le vent. De plus, les architectes ont passé beaucoup de temps dans l'observation et la lecture du paysage en plan et en élévation ainsi que dans la compréhension holistique des diverses conditions climatiques et environnementales des sites d'installation.

Parallèlement, l'emplacement du logement duplex et du logement Siddi Abbaz a été le résultat de nombreuses considérations à différentes échelles. Dans la plus grande échelle, il est bien évident que les frères El Miniawy et André Ravéreau ont bien porté leur choix sur les caractéristiques géographiques, morphologiques et topographiques du site d'implantation pour établir une bonne connexion des logements au contexte local de la région de M'Sila et de Ghardaïa. Ceci est révélé dans les hauteurs des logements qui ne dépassent pas le R+3 dans le cas du logement duplex et R+1 dans le cas du logement Siddi Abbaz, dont la différence est légère par rapport à celui des anciennes constructions des régions en question (Kersenna et al, 2021).

En outre, la juxtaposition des formes géométriques cubiques et parallélépipédiques non compactes, est le meilleur choix dans le cas du logement duplex, étant donné qu'elle été fortement influencée par la simplicité de la forme traditionnelle locale. Dans cette logique, les architectes El Miniawy ont voulu établir une large connexion avec le paysage de la région de M'Sila d'une manière que le logement s'intègre à la topographie du site en reflétant son caractère diversifié au lieu de le provoquer avec des formes inhabituelles. De plus la forme

parallélépipédique, optée par Ravéreau dans la conception du logement Siddi Abbaz avec quelques décrochements au niveau des murs extérieurs, lui a permis de se fondre, davantage, dans le paysage naturel local de la région de Ghardaïa. Ces formes sont recherchées dans le cas du climat semi-aride et aride, car elles contribuent à assurer la ventilation et la lumière naturelle et de réduire les besoins de climatisation et d'éclairage artificiel.

En revanche, les textures et les couleurs claires appliquées, en particulier sur les murs des façades extérieures des logements en question, ont évolué à partir des ressources disponibles localement. Celles-ci participent à réduire les gains de chaleurs pendant les journées chaudes de l'année, tout en garantissant une meilleure fusion visuelle avec l'environnement local (Kersenna et al, 2021).

A l'échelle du plan de masse du logement duplex, les architectes El Miniawy placent des cours ouvertes entre les bâtisses pour assurer la transition, et le lien entre l'intérieur et l'extérieur et susciter ainsi, une certaine micro-atmosphère à l'intérieur de ce logement. Aussi, ils ont étalé les pièces des étages supérieurs et rapproché les logements dans l'objectif de fournir un maximum de passages couverts et ombragés aux habitants. Egalement, André Ravéreau s'est soucié de l'aménagement d'un plan de masse du logement duplex d'une façon à injecter dans les espaces publics les mêmes techniques bioclimatiques des Ksour mozabites d'une façon moderne. Les espaces intérieurs, quant à eux, sont en interaction immédiate avec l'environnement extérieur par l'intégration d'une terrasse au niveau du premier étage. Cette interaction évoque une atmosphère particulière et implique diverses ambiances visuelles diffusées de la lumière pénétrant de l'extérieur à différents moments de la journée, au fil des saisons.

A travers ces interprétations, nous constatons que les logements possèdent une affiliation et une intemporalité dans leurs sites, grâce à l'interaction de toutes les connaissances fondamentales acquises au fil du contact avec, les anciennes constructions, le climat et les ressources locales. Toutes ces connaissances ont été appliquées consciemment dans le processus de conception et de construction des logements cas d'étude, tout en évitant l'utilisant des principes standards. Aussi, ces interprétations confirment que la conception architecturale ne doit pas concurrencer l'environnement local, mais au contraire, elle pourrait la compléter d'une manière ou d'une autre.

Par conséquent, cette étape de la recherche, met l'accent sur les solutions, jugées utiles aux architectes dans le développement de leurs futures conceptions (Fig.7.2) :

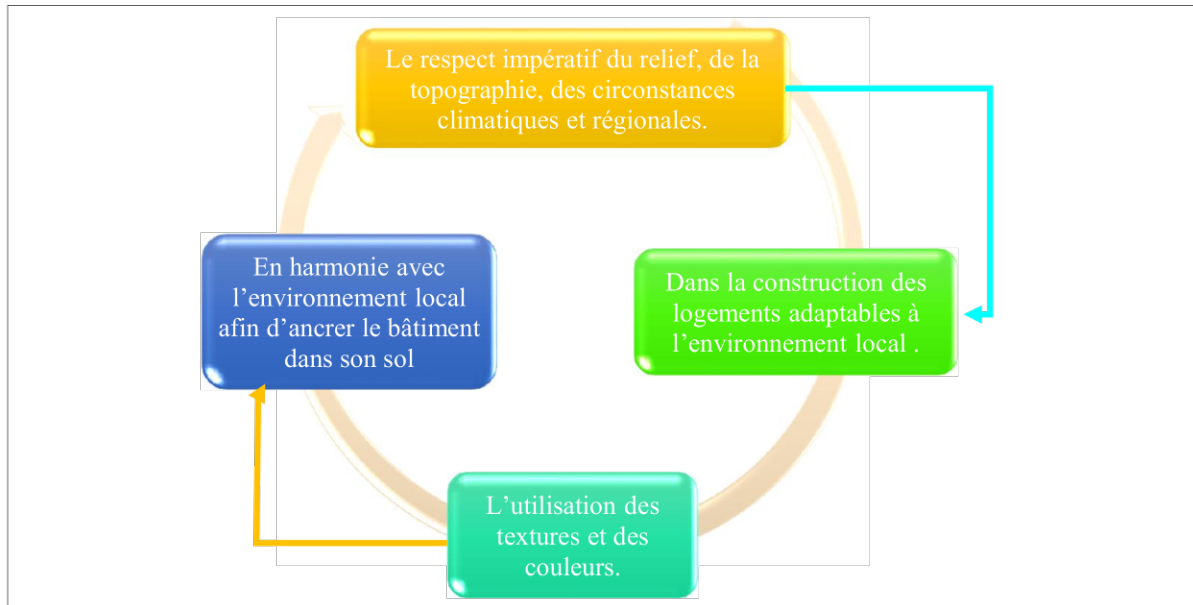


Figure 7. 2 : Solutions utiles pour développer des bâtiments respectueux de l'environnement local.

Source : Auteur, 2021.

7.1.2 Exploitation des ressources microclimatiques dans l'optimisation des bâtiments

Corrélativement au respect des spécificités géo-naturelles et à l'aménagement approprié du plan de masse, s'ajoute un autre aspect plus fondamental, lors de la conception, c'est celui de l'analyse et de la surveillance du microclimat du site d'implantation (Kersenna et al, 2021). Généralement, le soleil et le vent étaient, pour la plupart, des pratiques anciennes courantes, où nous constatons que la majorité des architectes ont tenté d'expliquer l'importance des connaissances acquises sur le climat local dans l'influence de l'implantation et l'orientation du bâtiment. Pour ces architectes, l'orientation d'une maison dans un climat rigoureux n'est ni facile, ni difficile ; il faut juste mettre beaucoup de temps à comprendre les facteurs climatiques de chaque saison.

Par ailleurs, les architectes néo-vernaculaires supposent qu'il y a toujours une force dans la façon dont la composition des éléments architectoniques, qui répond directement aux exigences climatiques, où ces éléments peuvent se tracer et s'interpréter à travers ces exigences. De même, ils affirment que ces pratiques peuvent souvent participer dans la construction des maisons vernaculaires. Pour se faire, une analyse plus détaillée du climat de la ville de M'Sila et de Ghardaïa a été lancée par les architectes pour révéler les

caractéristiques marquant le climat local des deux villes. Cette analyse touchait spécifiquement les données physiques affectant le site tels que le positionnement et l'angle du soleil, les directions et les vitesses du vent, la quantité de la pluie qui tombe durant toute l'année.

D'après l'analyse de cette sous stratégie, nous indiquons que les conditions météorologiques ont été prises en considération par les architectes El Maniawy et Ravéreau dans la détermination et la décision de l'orientation idéale des pièces des logements duplex et Siddi Abbaz. Cette orientation optimale a permis aux habitants de bénéficier de l'ombre en été et des rayonnements solaires convenables en hiver. Nous avons remarqué que la quasi-totalité des façades des espaces principaux des deux logements sont exposées au rayonnement solaire présentant un confort thermique favorable et une quantité de chaleurs suffisante en hiver. Egalement, l'orientation adéquate de la cour dans le cas du logement duplex et la terrasse dans le cas du logement Siddi Abbaz conduisait à une pénétration facile de la lumière du jour, tout en assurant un fonctionnement correct pour les autres pièces des logements. D'autant plus qu'elle provoque des flux d'air frais pendant les jours chauds de la saison estivale, et maintient une bonne qualité d'air à l'intérieur des logements en question.

Quant aux ouvertures, ces dernières sont aussi très efficaces dans le processus de conception, en particulier, leur dimensionnement, leur superficie, leur emplacement, leur orientation et leur nombre. Etant donné que nos ancêtres considéraient clairement que les ouvertures sont très importantes pour les systèmes de refroidissement et d'éclairage passif, lesquels ont été appliqués dans la construction des anciennes maisons de la vieille ville de M'Sila et de Ghardaïa. En général, les concepteurs ont opté pour poursuivre les mêmes pratiques traditionnelles dans le choix de la position et des dimensions des fenêtres placées sur les façades extérieures en prévision de la direction du vent, de la position et la lumière du soleil en été et en hiver. Aussi, le nombre d'ouvertures qui donnent sur l'extérieur était très limité dans le souci d'une protection thermique maximale. Les architectes ont réfléchi ainsi à limiter le nombre d'ouvertures pour fournir un bon contrôle des gains thermique et minimiser le taux de pertes de chaleur.

Toutes ces techniques ont été incorporées dans l'objectif tant d'améliorer la performance thermique des bâtiments que de recueillir la brise fraîche nécessaire pendant les journées chaudes de l'année et bénéficier de la lumière du soleil. Pour résumer, la position du soleil et la direction du vent doivent être bien prises en considération quant à l'orientation des

espaces ainsi que l'emplacement des ouvertures du logement pour permettre aux occupants de profiter davantage de la lumière diurne (Kersenna et al, 2021).

7.1.3 Alliance des matériaux locaux et modernes pour la restriction des impacts environnementaux

Globalement, la combinaison des matériaux locaux aux techniques de construction moderne est un élément fondamental dans la conception des projets qui tentent de s'inscrire dans les démarches d'affirmation de l'identité locale et de la réduction d'impacts environnementaux. La particularité de l'architecture néo-vernaculaire est de mettre l'accent sur la notion de la conception environnementale, tout en encourageant l'association de matériaux locaux à ceux modernes, plutôt qu'une utilisation unique des matériaux importés et standards. A cet effet, l'utilisation de la terre et de la pierre est une pratique courante dans la culture et l'architecture de la région de M'Sila et Ghardaïa, ce qui est beaucoup moins important, aujourd'hui.

Traditionnellement, la structure et l'enveloppe des bâtiments étaient composées à partir des ressources disponibles à proximité du site de construction. Ces ressources sont collectées par les autochtones avec les moyens de l'époque. A la base, ces bâtiments ont été construits avec la collaboration de la population locale où les compétences en matière de construction étaient très limitées. En revanche, le choix des matériaux de construction est essentiellement déterminé en fonction de leur disponibilité dans un endroit particulier, de sorte qu'ils dictent le type et la forme du bâtiment. En outre, la différence des ressources disponibles dans chaque région conduit au développement des styles d'architecture vernaculaire variés qui reflètent un bon niveau d'exécution et d'encadrement. Cela a donné naissance à des formes de constructions ayant un sentiment d'appartenance et de correspondance au climat local. De plus, ces maisons acquièrent des caractères spécifiques qui consolident leur intemporalité dans le paysage local.

El Miniawy et Ravéreau voient que l'architecture vernaculaire algérienne est née des matériaux locaux lesquels ont surgit des bâtiments traditionnels, de la structure économique et de l'enveloppe efficace. Selon ces architectes, prendre ces matériaux traditionnels et le faire avec la technique moderne est une bonne solution pour se confronter aux problèmes environnementaux de l'époque. A cet effet, l'enveloppe des logements duplex et Siddi Abbaz semble simple et affiche une clarté en matière de construction qui fait attention à l'utilisation des matériaux locaux et aux détails constructifs.

Par ailleurs, les architectes El Miniawy s'inspirent des techniques constructives qui faisaient expressément référence à l'architecture vernaculaire de M'Sila et de les appliquer dans la création des logements duplex. Ceci est réalisé en utilisant le béton de terre stabilisé dans l'agencement des murs de l'enveloppe de ces logements. Cette technique a été inventée par les frères El Miniawy dont le but de montrer aux futures générations d'architectes que l'enveloppe des duplex est construite à une nouvelle époque, d'une nouvelle manière et à la base des traditions locales de la région de M'Sila. Tandis que, le béton armé a été typiquement consacré au renforcement de la totalité d'ossature des duplex.

Quant aux logements Siddi Abbaz, l'architecte André Ravéreau pensait que si la ville de Ghardaïa possédait un paysage très honnête, les nouveaux logements doivent, à leur tour, refléter cette honnêteté locale. La conscience de cette architecte se reflète dans l'exploitation des pierres de forme irrégulière, dans la construction des murs du niveau inférieur, en commençant par le placement des grosses pierres au socle qui se réduisent progressivement en petites pierres, plus haut sur des murs. Les murs du niveau supérieur sont élaborés selon la technique du mur masque proposée par l'architecte. Ce système marie, à la fois, la terre cuite qui peut être manipulée facilement, au parpaing disponible sur le marché local. Et encore une fois, la structure de ces logements est composée du béton armé pour augmenter leur stabilité et solidité.

Par conséquent, les matériaux utilisés dans la construction des logements en question sont locaux, disponibles et à moindre coût. Aucun matériau n'a été importé de l'extérieur de la région de M'Sila et de Ghardaïa, mais tous les matériaux ont fait l'objet d'une préfabrication sur le chantier de réalisation de ces logements. En ce sens, le BTS est composé, entre autres, d'un mélange de sable et d'argile avec une faible proportion de ciment (Koenig, 1980 ; Kersenna et al, 2021). Aujourd'hui, la terre présente de nombreux avantages qui ont été déjà indiqués dans les exemples d'architecture vernaculaire. Il est reconnu que la terre est un matériau renouvelable, biodégradable et recyclable, ce qui fait qu'il nécessite peu de traitements avant sa mise en exploitation (Fernandes et al, 2014 ; Kersenna et al, 2021). C'est vrai que ce matériau est léger dans sa composition mais très fiable, qui, une fois cuit, et séché à haute température, il devient automatiquement un liant très puissant et dur.

Parallèlement, la pierre est communément appréciée pour sa massivité qui lui permet de transmettre un sentiment de stabilité, de durabilité, de permanence et d'enracinement dans le paysage naturel. Cela signifie que ce matériau est renouvelable, disponible dans les

carrières locales et pertinent pour l'isolation des bâtiments modernes. En outre, le béton armé a été soigneusement choisi à des fins de structures porteuses solides parce qu'il remplit une pluralité de tâches simultanément. Comme par exemple, la possibilité de porter des grandes charges et une flexibilité dans la réalisation des formes grâce aux adjuvants de renforcement ajouté à ce matériau. L'autre raisonnement derrière l'adaptation du béton, est dû à sa capacité à assurer de grandes portées en donnant plus de liberté aux espaces internes. Au sujet du bois, il est utilisé exclusivement pour cadrer les fenêtres et les portes. En réalité, ce matériau est toujours omniprésent dans l'architecture vernaculaire de M'Sila et Ghardaïa, car il est disponible localement, maniable dans son utilisation, renouvelable et donc il est largement rentable (Wasilah, 2019 ; Kersenna et al, 2021).

Il est évident que, la façon dont les architectes ont assemblé les matériaux locaux aux nouveaux matériaux, fait preuve d'un savoir-faire innovant dans les compétences de construction. Cela donne ainsi l'impression que, lorsque ceux-ci s'utilisent dans les régions à forte intensité solaire, ils visent à réduire les pertes thermiques et les gains de chaleur à l'intérieur des espaces. En terme de durabilité, l'utilisation rationnelle de la terre et de la pierre, dans les climats arides et semi-arides comme celui de Ghardaïa et M'Sila, démontre comment cette solution peut être très efficace pour limiter les impacts environnementaux. Grâce à la capacité de ces matériaux d'éviter les problèmes dus aux moyens de transport utilisés dans l'évacuation des matériaux fabriqués dans les usines, ils diminuent ainsi leurs déchets. En termes de savoir-faire technique, l'utilisation de ces techniques permet aussi de mobiliser la main-d'œuvre spécialisée. De ce fait, cette compétence pragmatique et rationnelle réussit à revivre les traditions locales, et à lier les nouvelles constructions à celles déjà existantes et au contexte local. Donc, la plupart de ces matériaux ont été choisis par rapport à d'autres standards parce qu'ils sont disponibles localement, fonctionnels, efficaces, économiques, durables, écologiques et faciles à mettre en œuvre et à recycler (Noweir, 1983).

En somme, notre propre position peut se résumer dans les points suivants (Fig.7.3) :

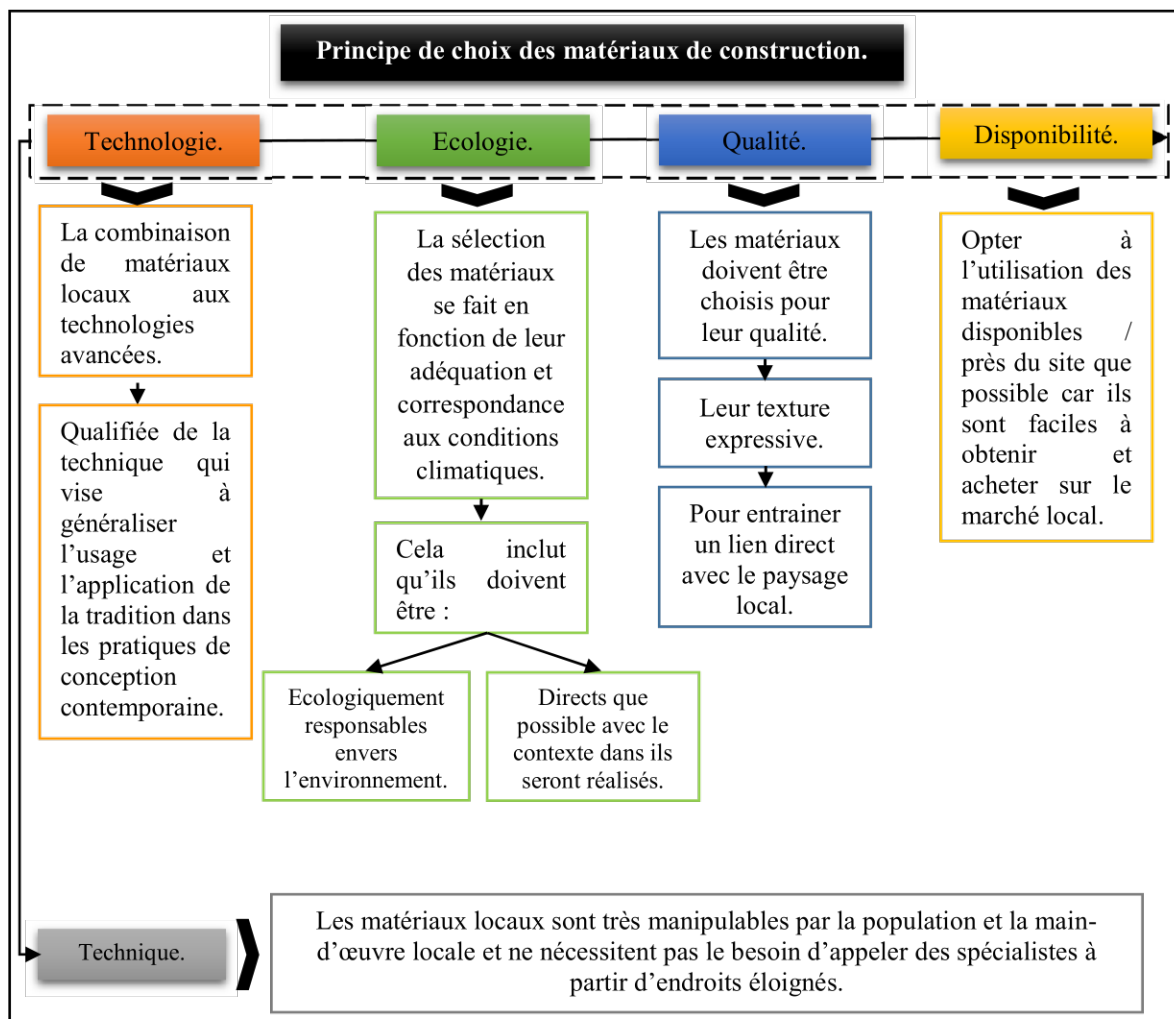


Figure 7. 3 : Quelques principes pour sélectionner des matériaux de construction.

Source : Auteur, 2021.

7.1.4 Exploitation des énergies renouvelables et réduction des impacts environnementaux

En réalité, les architectes El Miniawy et André Ravéreau ont été très séduits par la qualité esthétique et l'efficacité des techniques de construction bioclimatique appliquées dans l'architecture d'El Hodna et de Beni Mozabe. Pour cela, ils ont tenté de les reproduire dans la conception de leurs logements en exploitant leur qualité thermique et visuelle. Cela a été réalisé en intégrant une petite cour juste à l'entrée du logement duplex et un chebek et une terrasse au sein des logements Siddi Abbaz. Ces dispositifs typiques, font absolument références à l'architecture locale de la région de M'Sila et de Ghardaïa.

Selon El Miniawy, la cour est un système passif qui a été souvent utilisé par les habitants locaux de la ville de M'Sila dans la construction de leur maison. Donc, cette technique, qui est appliquée d'une manière naturelle dans la construction des maisons d'une région comme

celle de M'Sila, où le soleil et le vent sont présents tout au long de l'année, règle la température, fournit un effet de refroidissement et assure un bon niveau de la lumière naturelle à l'intérieur des espaces.

Pour sa part, Ravéreau insiste sur le grand rôle que peut jouer le chebek et la terrasse s'ils sont appliqués intelligemment dans la construction des logements modernes à Ghardaïa. A travers l'analyse de cette sous stratégie dans cette ville, on a constaté que les habitants ont été satisfaits par la présence d'un chebek au niveau du plafond du salon. Ils évaluent cet élément comme étant le générateur principal de la bonne quantité de lumière indirecte et homogène et de la bonne qualité de flux d'air à l'intérieur de leurs espaces. De même, ils ont été satisfaits par la terrasse intégrée au niveau de l'étage supérieur. Généralement la terrasse est leur espace préféré pour se reposer, se réunir en famille et dormir la nuit. Aussi, ils le considèrent parmi les forces motrices les plus efficaces existant dans l'architecture mozabite, son incorporation ainsi provoque de la ventilation naturelle diffusée lors du rayonnement nocturne.

En bref, l'interprétation des résultats de l'analyse de la stratégie d'exploitation des sources d'énergie renouvelable, montre que l'adaptation de certains nombres de dispositifs vernaculaires et écologiques spécifiques aux régions de climat semi-aride et aride, participe dans la création des zones qui fonctionnent passivement et offrent des rapports surfaces / volumes minimaux. Dans ce cas, nous affirmons que les logements sont conçus dans le souci de bénéficier davantage des ressources énergétiques renouvelables et naturelles et de s'éloigner de toute préoccupation concernant les impacts environnementaux. En d'autres termes, ces logements ont été conçus pour durer longtemps et dans lesquels les occupants aiment vivre et profiter du soleil et de la puissance du vent.

Au terme de cette interprétation, nous attestons que ces résultats confirment la susceptibilité des dispositifs passifs à améliorer le confort thermique, la ventilation et l'éclairage naturel sans le recours aux moyens actifs, et delà amoindrir les impacts négatifs imposés par la construction sur l'environnement externe. Surtout lorsqu'il s'agit de climats rigoureux et des environnements particuliers comme celui de M'Sila et de Ghardaïa. Pour résumer, et compte tenu des conditions climatiques et environnementales qui prévalent dans les régions de M'Sila et Ghardaïa, et au vu de cette expérience, il est recommandable, dorénavant, d'intégrer la « cour ouverte, le chebek et la terrasse » dans les résidences contemporaines.

7.2 Incidence des modèles néo-vernaculaires sur la performance de la conception vernaculaire contemporaine

À la lumière des conditions technologiques actuelles, cette section aborde les approches de la sélection bien fondée par les concepteurs modernes dans la conception néo-vernaculaire écologique en confort thermique, ventilation et éclairage naturel.

Dans ce contexte, un certain nombre de sous stratégies environnementales dépendantes du bien-être de l'homme, ont été considérées par cette étude. Celles-ci sont examinées pour aider à la compréhension et à l'identification des techniques vernaculaires passives impliquées par les architectes El Miniawy et Ravéreau dans la création de leur logement. Également, nous interrogeons si ces architectes ont réussi à faire face aux difficultés de la construction modernes qui ne respecte pas les exigences climatiques et environnementales locales.

Cette section essaie de mettre l'accent sur l'interprétation des résultats des enquêtes et des tests (mesures et simulations) approfondis, qui sont déjà fournis et décrits plus haut, dans le chapitre IV, V et VI, concernant le niveau de la satisfaction des habitants, de la performance et de l'efficacité des dispositifs appliqués à la conception néo-vernaculaire (Fig.7.4). Notons que les résultats de cette étude devraient être destinés à permettre aux futures architectes l'usage de ces techniques et dispositifs passifs.

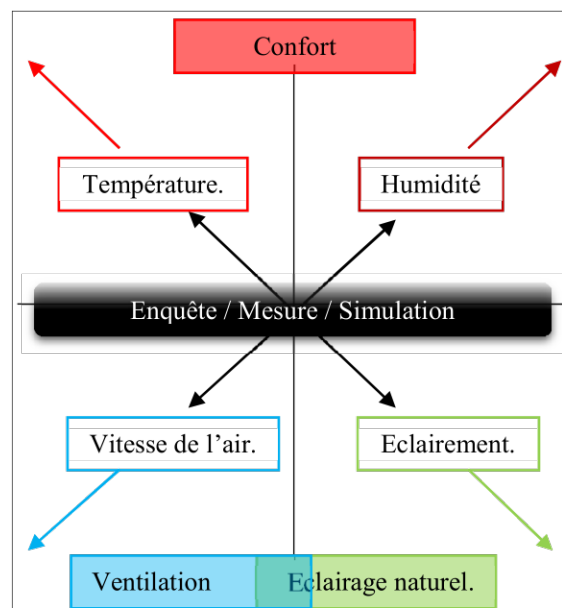


Figure 7. 4 : Déroulement de l'interprétation des résultats de la stratégie du bien-être de l'homme.
Source : Auteur, 2021.

Nous aspirons, ainsi, à un développement des conceptions vernaculaires contemporaines algériennes par ces techniques, dans les prochaines années.

7.2.1 Répercussion des matériaux mixtes sur le comportement thermique et hygrométrique des bâtiments néo-vernaculaires

Dans une tentative d'instaurer des constructions modernes mais dans la véritable nature de l'architecture locale de la ville de M'Sila et Ghardaïa, El Miniawy et Ravéreau ont réfléchi à des solutions aux problèmes thermiques engendrés par les conditions climatiques rigoureuses de ces régions, lors de la réalisation des logements duplex et Siddi Abbaz. Néanmoins, l'interprétation des résultats relatifs aux études quantitatives élaborées sous forme d'enquêtes, des mesures et des simulations numériques, apportera des éclaircissements sur les conséquences de l'utilisation des matériaux mixtes sur le confort thermique et hygrométrique de ces logements.

Tableau 7. 1 : Synthèse des résultats d'analyse de la sensation du confort thermique dans le cas des logements en question.

Paramètre / Approche	Température ambiante de l'air (°C)		Humidité relative de l'air (%)	
	En hiver	En été	En hiver	En été
Enquête	40,91 %.	43,18 %.	100,00 %.	93,18 %.
	37,50 %.	37,50 %.	100,00 %.	87,50 %.
Mesure	19,69 °C.	19,50 °C.	13,00 %.	42,02 %.
	21,53 °C.	25,50 °C.	13,00 %.	56,10 %.
Simulation	19,99 °C.	19,92 °C.	13,36 %.	42,67 %.
	21,90 °C.	25,96 °C.	13,32 %.	56,68 %.
Observation	Le confort thermique est assuré dans le logement duplex.		Le confort thermique est assuré dans le logement Siddi Abbaz.	

Source : Auteur, 2021.

Sur la base de la confrontation des valeurs mesurées et simulées, nous rendons compte de la présence des meilleures conditions de confort thermique et hygrométrique à l'intérieur des logements étudiés. En ce sens, nous déclarons, qu'en dépit des fluctuations de température et des humidités extérieures, tant en hiver qu'en été, celles régnant à l'intérieur sont toujours élevées en hiver et basses en été. Certes, ces modèles de logement permettent d'augmenter

la température ambiante interne jusqu'à (19,69 °C pour le cas du logement duplex et 21,53 °C pour le cas du logement Siddi Abbaz) en hiver et de minimiser la température ambiante interne jusqu'à (19,50 °C dans le logement duplex et 25,50 °C dans le logement Siddi Abbaz) en été. De même, ils règlent le taux d'humidité en hiver où la valeur maximale enregistrée ne dépasse pas le 13% dans les deux cas, alors qu'en été elle est estimée de 42,02% dans le premier cas et de 56,1% dans le second cas. Ailleurs, les réponses des habitants questionnés démontrent une grande satisfaction vis-à-vis du confort thermique à l'intérieur de leur logement, dont certains d'entre eux, écartent l'emploi des systèmes de chauffage et de climatisation mécanique, sauf dans les cas extrêmes et pour quelques heures (Tab.7.1).

Cet état de fait se justifie par les propriétés thermiques inhérentes aux matériaux constituant les enveloppes des habitations étudiées. Lesquels sont locaux, naturels et écologiques. Aucun matériau n'a été importé des autres régions, ni transformé ou fabriqué dans les usines. Les matériaux de construction les plus appliqués sur le chantier sont la terre/l'argile, sable, la pierre, la chaux, le calcaire et le granulat. A cet effet, le béton de terre stabilisé est un matériau solide et lourd formé, entre autres, du sable, d'argile et d'une légère quantité du ciment (Koenig, 1980). Ce matériau a des capacités de charge très forte qui correspond aux climats semi-arides de la région de M'Sila. Lorsque celui-ci s'utilise de cette manière et particulièrement dans le façonnage des murs externes des logements duplex, ceux-ci s'en souviennent protégés contre ce climat dur. Egalement, il remplit une variante de fonctionnement en contraste avec d'autres matériaux standard. Il permet d'améliorer la performance thermique des bâtiments car il contient dans sa composition des qualités d'un bon isolant thermique. Une isolation qui retarde la transmission de chaleur dans les deux sens (intérieur/extérieur ; extérieur/ intérieur) par le phénomène d'inertie thermique. De plus, ils influent positivement sur le temps de déphasage de l'onde thermique, ce qui fait que le niveau du confort à l'intérieur des logements duplex est bien maintenu.

Par ailleurs, les pierres robustes choisies pour la construction des murs de rez-de-chaussée du logement Siddi Abbaz sont parfaitement adaptées à la région de Ghardaïa, car leurs caractéristiques thermo-physiques répondent aux conditions climatiques chaudes et arides. Ce matériau dont l'inertie thermique forte et la diffusivité faible, quand il s'utilise comme un mur de parement extérieur suivi par une isolation interne en chaux, ensemble conduisent (pierre et chaux) à un comportement thermique et hygrométrique assez stable et des températures ambiantes plus proches de la plage du confort thermique. Ce qui permet de le

considérer, ainsi, comme un régulateur du taux d'humidité à l'intérieur et réalisateur d'un environnement interne sain et équilibré.

Quant à la terre qui est à l'origine durable, nous signalons qu'elle a été conciliée au parpaing pour consolider l'enveloppe de l'étage supérieur des logements Siddi Abbaz. Cette technique du mur masque proposée par André Ravéreau semblait très intéressante dans les climats caractérisés par de grandes variations de température entre le jour et la nuit. Elle donne, ainsi, la possibilité aux matériaux de retarder l'effet des températures maximales diurnes en décalant la phase de transferts de la chaleur grâce au vide placé au milieu du mur. Ce dernier permettait de capter et stoker, dans sa masse, la chaleur dégagée par le rayonnement solaire pendant les journées d'hiver, puis la répartissait uniformément dans tous les espaces du logement. Cela fait éviter les températures très basses surtout les premières heures du matin et dans la nuit. Aussi, cela démontre la capacité de ce système d'accumuler la chaleur de jour en été puis la restituer et la remplacer par l'air frais la nuit.

Par ailleurs, l'épaisseur de parois des faces externes, ainsi que le nombre des murs non exposés à des conditions climatiques hostiles, signifient que les murs épais ainsi que leur orientation jouent un rôle important dans la création des logements compacts. Egalement, ils participent dans la limitation des pertes thermiques, en atténuant les conditions extérieures extrêmes pendant la saison hivernale et estivale.

Nous attestons que ces interprétations confirment que le choix des matériaux dans un climat donné est un élément fondamental dans toute conception. Ceci dit, si dans le cas où il y'a une négligence des grandes oscillations de températures, d'humidités, l'emploi de bons matériaux remplissant toutes les propriétés thermiques du climat de la région concernée, ce qui influencera favorablement le confort des usagers. En conséquence, il semble bénéfique d'assembler les matériaux locaux aux nouvelles techniques de construction moderne pour perfectionner le confort thermique et réduire la demande d'énergie, durant tout le cycle de vie du logement (Mariani et al, 2018 ; Kersenna et al, 2021).

Au terme de cette section, nous proposons un certain nombre de recommandations affrétant aux interprétations présentées auparavant. Celles-ci sont susceptibles d'atteindre le bien-être et d'améliorer le comportement thermique et hygrométrique à l'intérieur des futurs logements vernaculaires contemporains. Ces recommandations se résument comme dans les points suivants (Fig.7.5) :

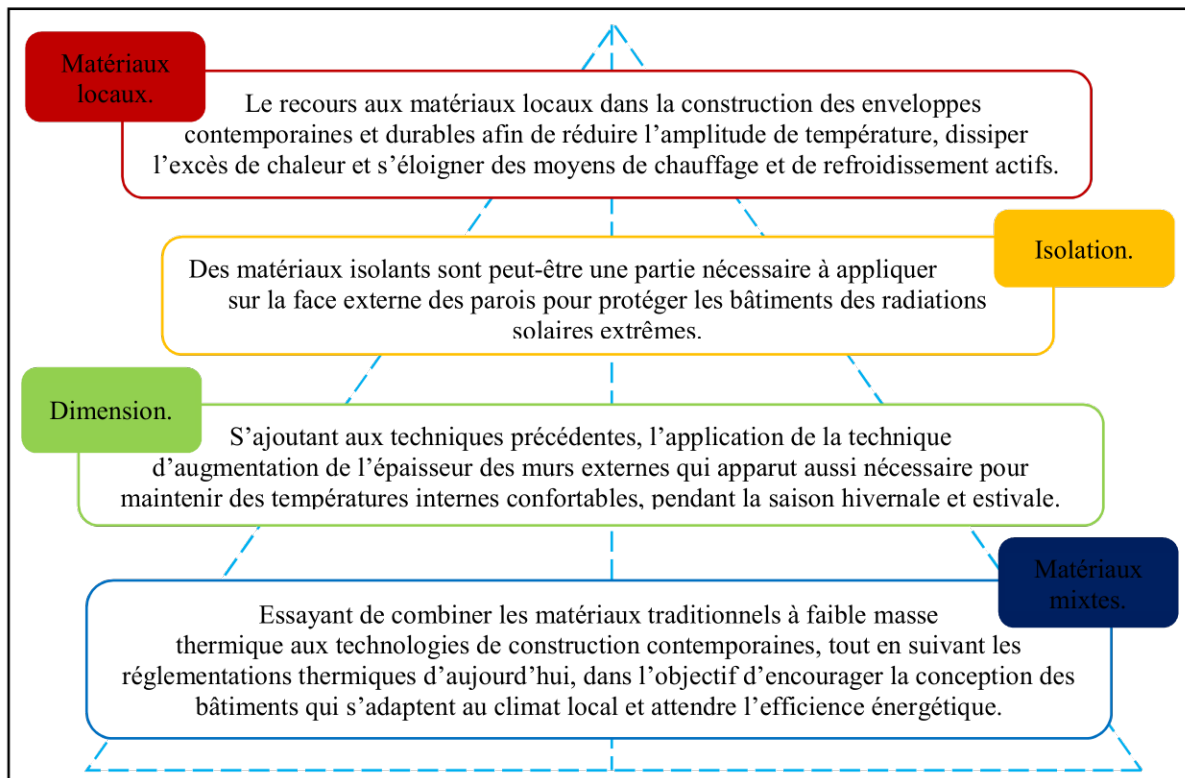


Figure 7. 5 : Certaines recommandations pour atteindre le bien-être et d'améliorer le comportement thermique et hygrométrique à l'intérieur des futurs logements vernaculaires contemporains.

Source : Auteur, 2021.

7.2.2 Dispositifs vernaculaires passifs comme profils / modèles fructueux de la ventilation naturelle des bâtiments néo-vernaculaires

Généralement, le comportement aéraulique d'un logement peut être atteint sans le besoin de la climatisation active, si on opte à l'intégration des dispositifs de ventilation passifs qui s'adaptent parfaitement aux conditions climatiques locales.

A cet effet, cette sous-section interprète en détail l'avantage de l'utilisation de ces dispositifs passifs sur la pertinence de la ventilation naturelle à l'intérieur des pièces des logements néo-vernaculaires.

- **La cour : un dispositif traditionnel passif à réadapter dans l'architecture actuelle**

En prévision de lutter contre la chaleur incidente d'été, les frères El Miniawy ont fait recours à l'utilisation des dispositifs passifs des anciennes maisons de la vieille ville de M'Sila (Kersenna et al, 2021). Dans cette perspective, les résultats d'analyse de l'influence de la cour sur la quantité et la qualité de la ventilation naturelle montrent que la vitesse d'air la plus élevée était de 1,98 m/s. Cette quantité de distribution du flux d'air naturel permettait

de réduire la valeur de température ambiante jusqu'à 20,81 °C. Ces deux paramètres ont contribué, ensemble, à assurer un environnement de vie saine et confortable à l'intérieur des pièces principales du duplex. En même temps, nous notons que l'enquête par questionnaire, auprès d'une proportion élevée des habitants de logements duplex, consolide ces résultats où la plupart des enquêtés ont été optimistes quant au refroidissement naturel. Les habitants ont déclaré qu'ils savaient instinctivement que les vitesses d'air et les températures sont plus confortables que celles de l'extérieur. C'est pour cette raison qu'ils ont décidé de ne pas utiliser souvent le ventilateur mécanique et le climatiseur en favorisant la cour qui fournit une source d'entrée d'air frais, un meilleur écoulement de celui-ci à l'intérieur de leur logement et induit des températures très basses et efficaces (Tab.7.2).

Tableau 7. 2 : Synthèse des résultats d'évaluation de la qualité de ventilation naturelle, cas logement duplex.

Paramètre / Approche		La vitesse de l'air	Température ambiante de l'air	Observation
		En été	En été	
Enquête		72,73 %.	72,73 %.	Une bonne sensation.
Mesure	Exter	11,88 m/s.	34,29 °C.	Une bonne sensation.
	Inter	1,98 m/s.	20,81 °C.	
Simulation	Exter	1,90 m/s.	34,44 °C.	La ventilation naturelle est bien garantie dans le logement duplex.
	Inter	2,00 m/s.	20,96 °C.	

Source : Auteur, 2021.

Dans l'ensemble, l'étude a montré que le logement duplex est conçu pour garantir une meilleure ventilation naturelle par l'intégration d'une petite cour juste à son entrée. Cependant, il est significatif de noter que les frères El Miniawy ont appliqué ce dispositif sur la base des rencontres, des enquêtes entreprises intelligemment au stade antérieur de la conception de ce logement. Ce dispositif passif qui existe dans les maisons vernaculaires de la région de M'Sila a été utilisé par les habitants en tant que régulateur thermo-aéraulique. A cet effet, cet élément architectural typique s'envisage, aujourd'hui par les chercheurs, comme étant une technique passive et prometteuse d'une construction durable et écologique. Quand un architecte décide d'incorporer cet élément pour des raisons d'efficacité du bâtiment, la ventilation naturelle y est systématiquement, comparativement aux autres de bâtiments standards. Les publications scientifiques récentes font état de résultats satisfaisantes quant à cette technique qui est considérée comme une solution très optimale

pour la conception des bâtiments, dans les régions où les conditions climatiques sont chaudes et arides (Moosavi et al, 2015 ; Saadatjoo et al, 2016 ; Ahmed et al, 2019 ; Julio et al, 2020 ; Taleb et al, 2020 ; Izadpanahi et al, 2021). Rappelons que ces climats sont connus par des intensités solaires très fortes qui sont dues principalement aux rayonnements solaires directs. Ainsi, l'intégration d'une cour permettra de changer le microclimat des logements. Grâce à son système de fonctionnement qui permet un bon écoulement de l'air frais accumulé dans son volume en couches laminaires puis le dirige et l'engouffrer dans les pièces adjacentes en remplaçant l'air chaud. Ce dernier qui remonte progressivement en haut et s'évacue à travers les portes et les fenêtres vers l'extérieur. D'autre part, les flux d'air frais pénétrant à l'intérieur des pièces, favorisent une nette amélioration des valeurs de température et une meilleure sensation du confort aux occupants (Heschong, 1979 ; Aldawoud, 2008 ; Abdullahi et al, 2020 ; Spentzou et al, 2021).

Concernant les ouvertures, elles peuvent jouer un énorme rôle dans le développement de la ventilation naturelle suffisante à l'intérieur du logement. Leurs tailles (longueurs et largeurs) influent directement sur la forme et la vitesse des flux d'air entrants, en permettant parfois de les accélérer ou de les réduire. La disposition d'un espace de deux ouvertures (fenêtre/porte ou bien porte-fenêtre) assure la circulation de l'air dans les deux sens (entrée/sortie). De plus, le rapprochement des ouvertures à la cour influe positivement sur le rendement et la quantité de l'air entrant à l'intérieur du logement. Aussi, l'orientation correcte des ouvertures et du bâtiment change considérablement les conditions météorologiques.

A cet effet, nous soulignons, que l'application de tous ces dispositifs passifs contribue à économiser une quantité importante de l'énergie électrique non renouvelable car en la présence de ces techniques, les utilisateurs de l'espace évitent le recours aux moyens de ventilation mécanique (Yakubu et al, 2019).

Finalement, un modèle n'est pas fait de choses banales, mais il désigne un ensemble de solutions créées pour atténuer les problèmes récurrents associés aux conditions climatiques. Pour établir un modèle d'une construction efficace, les concepteurs doivent commencer par choisir des techniques locales, et aller de l'avant en réformant des relations entre ces techniques et les technologies contemporaines, tester leur efficacité et aboutir à des conceptions vernaculaires contemporaines et durables.

Afin de rendre les résultats de cette sous-section efficaces, il semble très utile, à ce stade, de suggérer l'ensemble des recommandations suivantes (Fig.7.6) :



Figure 7. 6 : Quelques recommandations suggérées pour assurer la ventilation naturelle à l'intérieur des futurs logements.

Source : Auteur, 2021.

- **Le chebek, terrasse et mur masque comme des meilleurs dispositifs de refroidissement passif dans les climats arides**

Dans sa conception des logements Siddi Abbaz en climat aride, Ravéreau voulait faire un pacte avec ce climat contrairement aux travaux des autres architectes. L'architecte s'est basé sur les techniques précédentes des maisons mozabites. Il a été attiré par l'efficacité de certains dispositifs vernaculaire qui fournissent de l'ombre et facilitent la filtration de la ventilation naturelle. Ainsi, cette sous-section s'intéresse à l'interprétation des résultats de

l'étude de l'effet de l'utilisation de ces dispositifs sur la qualité et la quantité de la ventilation naturelle pénétrant à l'intérieur des logements mentionnés en dessus.

A cet égard, les résultats indiquent qu'en période de surchauffe (juin/juillet/août), la vitesse de l'air la plus élevée à l'intérieur du logement atteint le 1,99 m/s. Cette dernière était suffisante pour rétablir les conditions du confort interne le matin et la nuit, en offrant une température (22,6 °C) proche à celle de la plage du confort déterminée par la charte psychométrique de Givoni et la norme ASHRAE Standard 55-2010. En parallèle, les réponses des interrogés des logements Siddi Abbaz confirment la présence d'un meilleur refroidissement naturel à l'intérieur des pièces principales, dans lesquelles ils passent la plupart de leurs journées. D'après les habitants, le confort est assuré à l'intérieur de leur logement grâce à la disponibilité d'un chebek au niveau du plafond du salon. Aussi, ils ont apprécié l'emplacement d'une terrasse au premier étage, qui leur permet de passer toute la nuit en famille et profiter de la fraîcheur nocturne. De même, ils ont été très impressionnés quant à la technique du mur masque qui a été appliquée pour la première fois dans ce type de logement collectif (Tab.7.3).

Tableau 7. 3 : Synthèse des résultats d'évaluation de la qualité de ventilation naturelle, cas Siddi Abbaz.

Paramètre / Approche		La vitesse de l'air	Température ambiante de l'air	Observation
		En été	En été	
Enquête		56,25%	56,25%	V. air. Une bonne sensation.
Mesure	Exter	3,89 m/s.	36,80 °C.	Ta. Une bonne sensation.
	Inter	1,99 m/s.	22,60 °C.	
Simulation	Exter	3,90 m/s.	37,00 °C.	Ventilation naturelle. La ventilation naturelle est bien garantie dans le logement Siddi Abbaz.
	Inter	2,00 m/s.	22,80 °C.	

Source : Auteur, 2021.

Au sens large, ces résultats attestent que le logement Siddi Abbaz a été créé pour garantir une meilleure ventilation naturelle par l'intégration de plusieurs méthodes passives telles que le chebek, la terrasse, le mur masque.

En fait, le chebek n'est pas un concept étranger sur l'architecture de la région de Ghardaïa, mais au contraire, il symbolise la méthode simple et durable la plus adoptée dans les anciennes constructions des Ksour mozabites. Cette technique traditionnelle est utilisée au

lieu du percement de grandes ouvertures sur les façades, en vue de bloquer les rayons solaires directs avant qu'ils ne puissent pénétrer dans la construction. De nombreuses maisons mozabites installent le chebek pour générer la ventilation naturelle et réduire les gains solaires. En utilisant cette solution de conception bioclimatique, les espaces restent souvent protégés de la chaleur estivale, se refroidissent par l'air en mouvement rentrant à travers cette ouverture à l'intérieur et provoquent une ventilation naturelle efficace.

En outre, la terrasse est un espace privé où se déroulent toutes les activités (manger, fêter, passer la soirée et dormir) de la famille mozabite, durant la nuit. Il fonctionne comme une approche de refroidissement passif nocturne qui permet de réduire la chaleur à l'intérieur du logement, renforce et diffuse les flux d'air frais dans les espaces proches. Ce dispositif est souvent saillant dans le niveau supérieur de la maison mozabite pour mieux capter le vent, ce qui offre une considérable qualité de ventilation naturelle, pendant les chaudes journées d'été.

Quant au mur masque, celui-ci reste une approche nouvelle inventée par Ravéreau et testée par la première fois dans la réalisation des parois isolées dans le projet de l'hôtel de poste, afin de déterminer son efficacité et le généraliser dans la construction des divers logements à Ghardaïa. Cette technique consiste à créer un vide de 15 cm entre la paroi externe et interne, tout en perçant des petits creux au niveau inférieur du mur. Ce principe de conception écologique fait rentrer les flux d'air chaud de la partie inférieure du mur et l'emprisonne un moment dans le vide jusqu'à ce qu'ils se refroidissent et puis le filtrent doucement à l'intérieur des zones du logement. De ce fait, il participe dans l'augmentation du confort, et l'amélioration de la productivité des occupants.

De ces interprétations, nous envisageons des solutions clés, les plus adoptées pour optimiser la ventilation naturelle dans les climats arides, et qui peut être récapitulées de la manière suivante (Fig.7.7) :

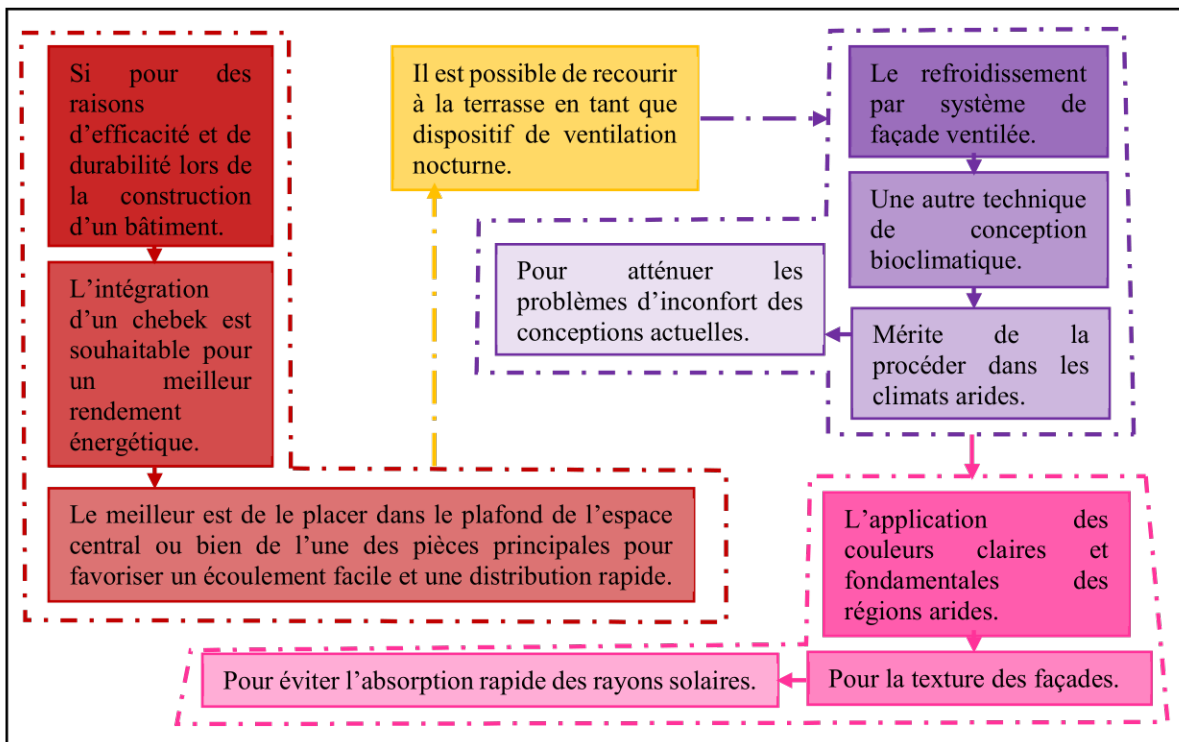


Figure 7. 7 : Solutions clés envisagées pour l'optimisation de la ventilation naturelle dans les climats arides. Source : Auteur, 2021.

7.2.3 Mécanismes traditionnels passifs en tant que spécimens avantageux du confort visuel des constructions néo-vernaculaires

La qualité du confort visuel d'une construction obtenue habituellement sans le recours aux systèmes d'éclairage mécaniques, si les concepteurs acceptent d'y reproduire certains mécanismes d'éclairage passif des régions auxquelles ils construisent.

Dans cette sous-section, nous tentons d'interpréter les résultats de l'évaluation de l'impact de l'incorporation de ces mécanismes sur la réflexion de la lumière directe du soleil, ainsi que sur la qualité, la pertinence et la diffusion de la luminosité au sein des zones des bâtiments néo-vernaculaires.

- **La cour : un mécanisme d'éclairage passif à réintroduire dans la conception contemporaine**

L'exploitation de la lumière du soleil est l'une des ambitions décisives des architectes ayant travaillé sur le développement d'un style d'architecture néo-vernaculaire, en s'appuyant sur les sources primitives d'éclairage naturel. En particulier ceux qui réalisent des projets dans les climats semi-arides où le soleil est présent toute l'année, comme c'est le cas de la région de M'Sila. Dans ce contexte, la création de différents éléments couverts et ouverts, exposés

directement aux rayonnements solaires, a permis aux habitants de profiter de la lumière du jour (Makani et al, 2012 ; Kersenna et al, 2021). Concernant les dimensions, l'orientation, la disposition et la composition de ces éléments, ils se diffèrent selon la taille, le type et la fonction de la construction (Kersenna et al, 2021).

À travers la mesure et la simulation de la sous-stratégie de l'éclairage naturel dans le cas du logement duplex, nous attestons que la qualité d'éclairage est très satisfaisante. Nous remarquons que l'éclairage intérieur hivernal dans les pièces principales du logement duplex est à son pic durant la séquence horaire de (10h et 13h). Or, à partir de 16h celui-ci commence à s'affaiblir jusqu'à ce qu'il devienne nul à cause du coucher du soleil (18 h), obligeant ainsi les habitants de recourir à l'utilisation des systèmes d'éclairage artificiel aux environs de 17h. Tandis que'en été, nous constatons que le niveau d'éclairage est plus performant que celui enregistré durant la saison hivernale, car ses valeurs commencent à descendre à partir de 19h jusqu'au coucher du soleil où elles deviennent presque nulles. En effet, ce décalage entre l'hiver et l'été et cette variation dans la quantité de la lumière du jour qui pénètre à l'intérieur des espaces, s'expliquent par la course, la position et l'angle du soleil tout au long de l'année (Kersenna et al, 2021) (Tab.7.4).

Tableau 7. 4 : Récapitulatif des résultats d'évaluation de la sensation d'éclairage naturel, « logement duplex ».

Paramètre / Approche	Niveau d'éclairage (lux)				Observation
	En hiver		En été		
Enquête	68,18 %.		68,18 %.		satisfaisant.
Mesure	Max	Min	Max	Min	Niveau d'éclairage satisfaisant.
	Exter	1050,00 lux.	660,00 lux.	1256,00 lux.	
Simulation	Max	Min	Max	Min	Niveau d'éclairage satisfaisant.
	Exter	720,00 lux.	149,14 lux.	1189,00 lux.	
Simulation	Max	Min	Max	Min	L'éclairage naturel est bien fourni dans le logement duplex.
	Exter	1053,00 lux.	663,00 lux.	1261,00 lux.	
Simulation	Max	Min	Max	Min	L'éclairage naturel est bien fourni dans le logement duplex.
	Exter	723,00 lux.	152,14 lux.	1194,00 lux.	

Source : Auteur, 2021.

Par ailleurs, l'analyse des données de l'enquête menée avec les usagers des duplex confirme qu'ils bénéficient d'un confort visuel agréable et d'un environnement interne flexible. La diffusion de la lumière avec une forte intensité facilite leur quotidien. En même temps, la plupart d'entre eux apprécient l'éclairage naturel et se sentent instinctivement mieux sous la lumière du jour que sous la lumière artificielle.

Par conséquent, l'obtention de ces résultats n'est pas, manifestement, occasionnelle, mais au contraire les architectes El Miniawy ont appliqué, consciemment, « la cour » en tant que dispositif architectural original et écologique observé dans les anciennes maisons de la région de M'Sila. Également, la grande disponibilité de la lumière naturelle est due, probablement, à une distribution interne très efficace, en fonction de la juxtaposition des pièces à la cour et au nombre et aux dimensions des ouvertures. Comme avantage aussi, l'absence des persiennes en bois sur les fenêtres contribue à une pénétration directe de la lumière du jour (Kersenna et al, 2021).

De point de vue bioclimatique, l'incorporation de la cour comme une priorité élevée dans la conception des bâtiments modernes engendre plus de zones internes éclairées naturellement. Les espaces adjacents à la cour peuvent, souvent, afficher un éclairage naturel agréable tout au long de l'année, notamment en saison estivale où la lumière du jour dure longtemps (Michael et al, 2017). Ce découvert révèle profondément la logique pour laquelle la cour constitue une partie fonctionnelle vitale dans les maisons vernaculaires de M'Sila en fournissant une place centrale avantageuse. L'enrichissement d'une cour par les ouvertures laisse entrer la lumière du jour, lorsque cela est possible, à une seule pièce de nombreux côtés. D'autre part, les logements qui introduisent ce mécanisme sont plus efficaces et nécessitent moins d'éclairage artificiel par rapport à d'autres typologies standards. Donc, ils permettent d'économiser l'énergie électrique non renouvelable.

Par ailleurs, la disposition des fenêtres sur les façades externes joue souvent un rôle hautement secondaire. Elles remplissent le fonctionnement d'un capteur de rayons solaires directs. Dans cette logique, elles doivent être conçues et placées dans des bonnes positions pour assurer leurs fonctions efficaces, sinon elles réagissent comme des obstacles à la pénétration de la lumière naturelle.

En somme, les mécanismes de conceptions passives présentent, aujourd'hui, une expérience judicieuse qui nécessite plus de reconnaissance en vue d'une généralisation auprès des architectes qui s'intéressent au développement des typologies vernaculaires contemporaines. En conséquence, nous mettrons en œuvre une série de recommandations utiles qui visent à améliorer les performances lumineuses des futurs bâtiments (Fig.7.8).

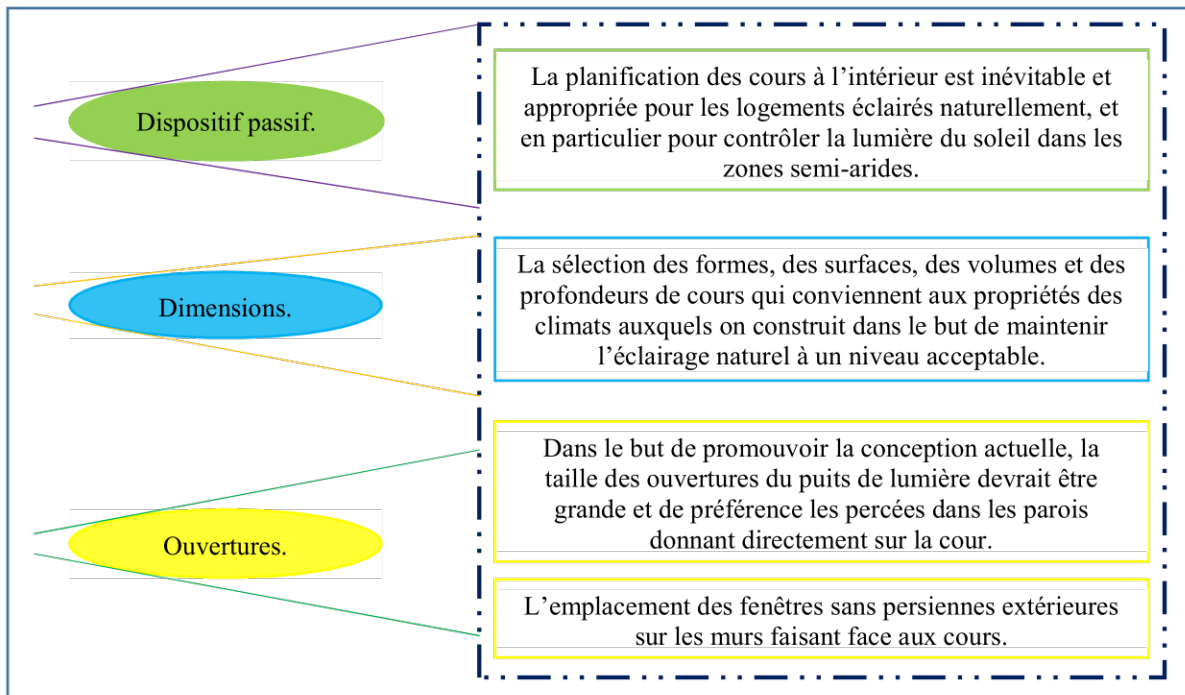


Figure 7. 8 : Une série de recommandations utiles pour atteindre un éclairage naturel performant.

Source : Auteur, 2021.

- **Le chebek ; un procédé passif à reconduire en vue d'un éclairage naturel**

Ghardaïa représente pour André Ravéreau l'une des meilleures villes qu'il a visitées, et dans laquelle il a tenté de concevoir plusieurs projets, y compris les logements de Siddi Abbaz. Il a dressé ces derniers dans un style d'architecture néo-vernaculaire en fonction des connaissances et des techniques de l'époque. A travers des solutions traditionnelles qui fournissent des meilleures conditions d'éclairage naturel.

A cet égard, les résultats de l'évaluation de l'impact de l'introduction des dispositifs passifs dans le cas de ces logements seront interprétés dans cette sous-section, pour une confirmation indicative de la façon dont ceux-ci pourraient avoir un bon rendement du confort visuel. Nous certifions que les espaces principaux représentent un niveau d'éclairement acceptable tant qu'en hiver (varié de 599,49 à 290,75 lux) qu'en été (1131,88 lux). Ceci, signifie systématiquement que le logement Siddi Abbaz jouissait des performances de la lumière naturelle à travers les meilleures techniques de conception passive. De plus, diverses tranches d'âge et sexes d'occupants de ces logements insistent sur l'importance d'utilisation des systèmes passifs de contrôles d'éclairage naturel. D'après certains, ces systèmes participent à réduire le besoin d'éclairer artificiellement les espaces où se déroule le plus leur activité journalière, et donc consommer moins d'énergie électrique. Aussi, les habitants refusent l'utilisation des systèmes d'éclairage artificiels qui suscitent le

réchauffement de l'espace, des dommages physiques (fatigant les yeux), en plus de leurs frais très élevé (Tab.7.5).

Tableau 7. 5 : Récapitulatif des résultats d'évaluation de la sensation d'éclairage naturel, « logement Siddi Abbaz ».

Paramètre / Approche	Niveau d'éclairage (lux)				Observation
	En hiver		En été		
Enquête	68,18 %.		68,18 %.		satisfaisant.
Mesure	Max	Min	Max	Min	Niveau d'éclairage satisfaisant.
	Exter	760,00 lux.	1612,00 lux.	459,00 lux.	
Simulation	Exter	762,50 lux.	1616,1 lux.	463,10 lux.	L'éclairage naturel est bien fourni dans le logement Siddi Abbaz.
	Inter	293,25 lux.	1135,98 lux.	185,90 lux.	

Source : Auteur, 2021.

Par ailleurs, l'éclairage naturel est dans la plage du confort fixée par le conseil national des recherches du Canada. Grâce à l'intégration d'un élément architectonique, du type vernaculaire mozabite « chebek », la lumière du soleil s'étend presque sur la moitié du salon. A travers les ouvertures, la lumière ressort pour éclairer les autres pièces, surtout celles qui y sont proches.

En examinant de près le dispositif, on trouve que l'installation d'un chebek dans le plafond juste au-dessus de la cour principale de la maison (amas an tadart) avait un impact considérable sur le contrôle de la lumière du soleil. Ce dispositif a une signification profonde dans l'architecture mozabite car il connecte les espaces internes de la maison à l'environnement extérieur, mais d'une manière isolée par un système de bardage quadrillé réalisé en troncs de palmiers. Ceci dans le but de créer un obstacle contre les rayons solaires qui pénètrent directement et de répondre aux conditions de lumière (quantité et qualité) dans le climat désertique de Ghardaïa. Egalement, le chebek permet de faire rentrer la lumière directe du jour à l'intérieur de la cour, puis la diffuser d'une manière équitable pour remplir les autres pièces de la lumière naturelle, en facilitant aux habitants d'effectuer les différentes tâches quotidiennes. Ces pièces qui possèdent des portes et des fenêtres ouvrent sur cette cour privée. Alors que Ravéreau a positionné ce dispositif dans le plafond du salon, l'utilisation des couleurs douces et claires était fondamental dans les maisons pour influencer la réflexion d'éclairage.

Aussi, l'adoption correcte de ces dispositifs passifs dans une conception contemporaine était pour promouvoir une amélioration du confort visuel et thermique. Elle joue un rôle efficace dans le perfectionnement de son efficacité énergétique et la prévention du gaspillage de l'électricité.

A travers les interprétations décrites ci-dessus, une gamme de mesures pourrait être prise en compte afin de répondre aux besoins écologiques des conceptions contemporaines en matière d'éclairage naturel. Celles-ci se présentent sous formes des recommandations susceptibles de diriger les architectes intéressées au développement des typologies vernaculaires contemporaines performantes, en particulier dans les régions arides (Fig.7.9).

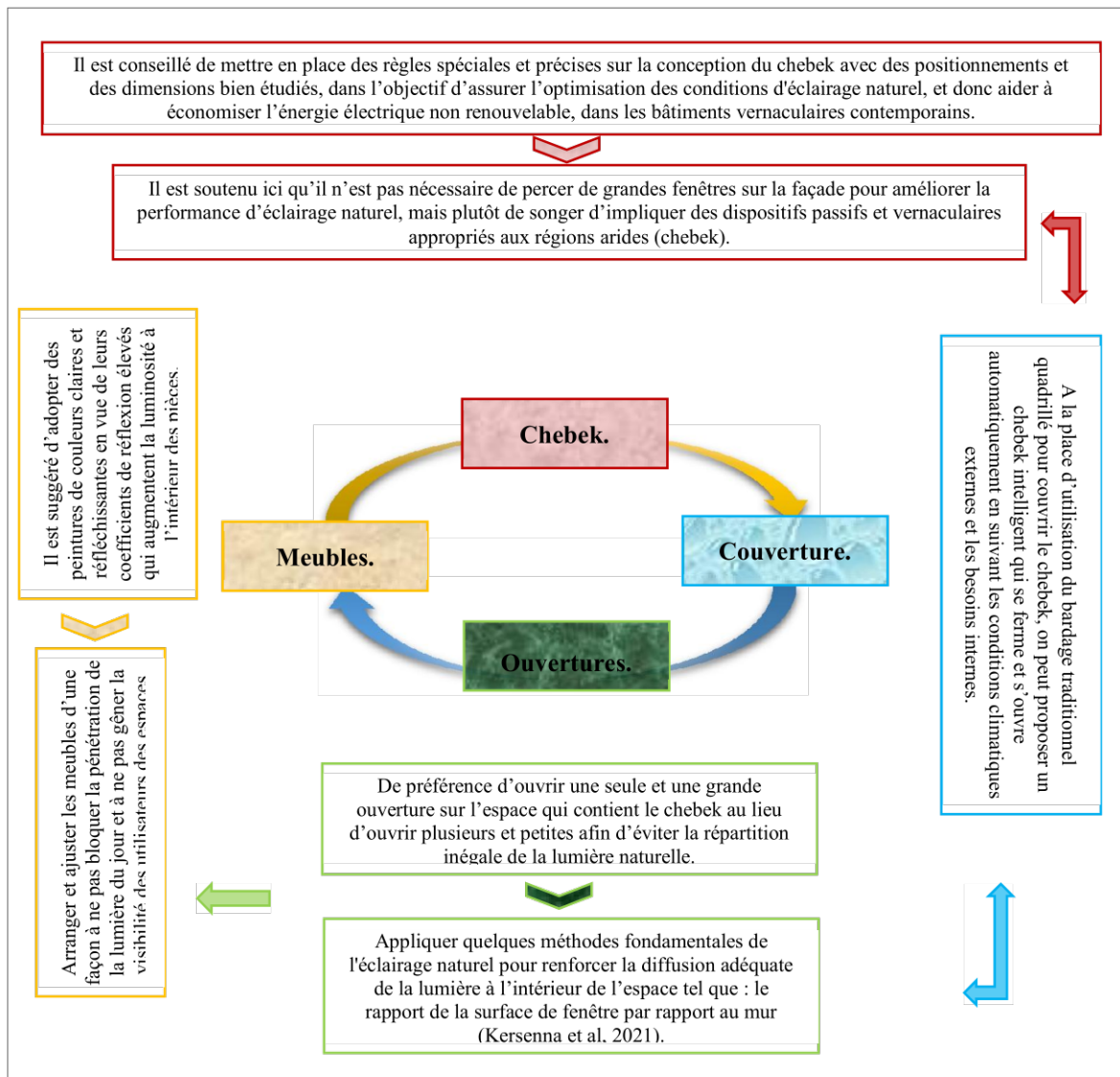


Figure 7. 9 : Recommandations en vue d'une performantes en matière d'éclairage naturel.

Source : Auteur, 2021.

7.3 Raisonnements et approches du développement d'une conception vernaculaire contemporaine en Algérie

Selon les recherches actuelles, la grande majorité des villes algériennes partagent des principes de conceptions similaires malgré la diversité des paysages, des environnements et des degrés de complexités des climats. Cela a eu des répercussions directes sur la sensation d'inconfort chez les habitants, mais aussi sur l'environnement. Ces répercussion qui se matérialisent par les émissions de gaz à effet de serre, s'aggravent et s'accélèrent au détriment de l'environnement local. Ceux-ci ne sont que quelques exemples de cette situation difficile dans notre pays, car il existe d'autres qui sont liés à la non exploitation des ressources naturelles renouvelables et à la surconsommation des énergies non renouvelables, ce qui a conduit à leur épuisement dans la nature.

A la lumière de la discussion des résultats illustrés plus haut, nous comprendrons que les architectes El Miniawy et André Ravéreau ne cherchent pas seulement à préserver l'histoire à travers l'incorporation de certains éléments architectoniques spécifiques pour chaque région dans lesquelles ils construisent, mais au contraire, ils voulaient abstraire ces éléments et les utiliser en tant que des mécanismes créatifs d'instauration des nouveaux bâtiments respectueux de l'environnement local. C'est dans ce cadre qu'ils ont réfléchi d'introduire les techniques de construction traditionnelles dans les pratiques modernes de leur époque. Ainsi, ils ont incité les architectes à prendre conscience du génie de combiner la tradition à l'innovation, dans le développement d'une approche de réflexion écologique et durable.

En outre, les résultats de cette recherche soutiennent les arguments antérieurs, selon lesquels les dispositifs passifs utilisés dans les maisons vernaculaires anciennes sont non seulement réalisables dans la construction contemporaine, mais également, elles demeurent efficaces pour l'environnement et le bien-être de l'homme.

La troisième section de ce chapitre explore le rôle que peut jouer le raisonnement et les approches de concepteurs modernes dans le développement des conceptions du style vernaculaire contemporain. Grâce aux résultats de la réinterprétation des œuvres de ces architectes par la méthode des stratégies environnementales présentées dans les chapitres IV, V et VI et discutées au début de ce chapitre, il est possible dans cette section de cerner les aspects des bâtiments néo-vernaculaires qui peuvent contribuer à de meilleures conceptions au niveau environnemental. De même, elle indique comment ceux-ci devraient

être considérés en tant qu'initiatives à mettre en avant dans l'identification des lignes directrices nécessaires ; lors de la prise de décision dans le processus de conception et de réalisation d'un projet et lors d'établissement des cahiers de charges. Ces aspects peuvent également, constituer une base de données sur lesquelles les futures architectes vont s'appuyer afin de mieux reconstruire le cadre bâti de nos villes.

7.3.1 Néo-vernaculaire ; adaptation du vocabulaire vernaculaire et des ressources naturelles dans la réalisation des logements par les concepteurs modernes

Les architectes El Miniawy et André Ravéreau reconnaissent la nécessité de trouver des solutions de conception efficaces aux problèmes de logements standards en Algérie, notamment dans les zones semi-arides et arides. Ces architectes ont constaté que notre pays est riche par la diversité de ses paysages, ses climats et ses environnements, et pourtant on trouvait la plupart des villes algériennes sont dominées par d'innombrables bâtiments de style standard. Ces derniers fonctionnent en opposition aux particularités des richesses citées auparavant.

A cet égard, la chose importante à faire pour ces architectes était de découvrir les alternatives qui peuvent remplacer ce style et diminuer les menaces de l'époque modernes. A cet effet, ils ont pensé à piocher dans la compréhension du processus d'évolution de multiples éléments d'architecture vernaculaire locale. Ceux-ci ont été également étudiés et analysés d'une manière plus détaillée l'un après l'autre avant de les employer dans leurs projets. En aspirant, de ce fait à pouvoir sous-traiter les meilleurs de ces aspects, et savoir comment bénéficier de leur utilisation, une autre fois, dans la construction des logements modernes. Cela les a aidé à être les premiers à encourager les acteurs de l'architecture vernaculaire algérienne. Ils sont convaincus qu'une grande partie de ces principes est encore valable dans les conceptions modernes comme de meilleurs moyens de défense d'une architecture écologique.

Par ailleurs, travailler avec des techniques de construction traditionnelles peut être une tâche intimidante, qui demande des compréhensions profondes du système de fonctionnement de celles-ci. En parallèle, le logement étant l'espace où les personnes passent la plupart de leur temps et dans lequel se déroulent les activités de leur vie quotidienne, la philosophie de ces architectes est de donner la liberté à leur esprit de concevoir des logements à partir des

solutions alternatives et abordables pour répondre aux besoins des habitants en matière de confort. Ainsi, ils ont développé des dispositifs qui s'adaptent avec le climat et l'environnement des régions au sein desquelles ils construisent.

Dans le cadre du respect du site et de l'exploitation des ressources naturelles locales, l'étude révèle qu'une visite et une analyse des subtilités du paysage entourant le site ont été parmi les préoccupations fondamentales des deux architectes, tant sur le plan urbain et que sur le plan architectural. Les enseignements captés à travers cette analyse ont été mis en œuvre dans la détermination d'une forme, d'un volume et d'un type de logements qui connectent l'environnement interne à celui externe. D'autres approches fondamentales ont été aussi abordées par les architectes lors de leur travail sur le terrain. On citera la compréhension de la course du soleil, la direction des vents dominants, le sens de la pente du terrain. Ces éléments ont été observés sur le site et, supplémentairement, revisités à travers la consultation des fichiers climatiques et urbanistiques spécifiques à chaque approche. Ce processus d'analyse permettait l'application d'une grande partie de ces approches dans la décision de l'orientation optimale des pièces des logements duplex et Siddi Abbaz. Cela inclut l'intégration de certaines techniques pour avoir un bon passage de la lumière du jour et de la ventilation naturelle dans les divers espaces des logements. D'après cette étude il y a une force et une beauté dans la façon dont les éléments architectoniques se diversifient principalement en réponse directe aux conditions géomorphologiques, géographiques et climatiques de chaque région. Il semblait que ces architectes aient su équilibrer entre ces conditions et les dispositifs passifs les plus évidemment tirés de l'architecture vernaculaire de M'Sila et Ghardaïa.

En outre, les matériaux de construction apparaissent essentiels aux principes des architectes étudiés, avec une certaine importance en termes de matériaux locaux, où ils ont insisté sur l'utilisation de ces derniers dans leurs réalisations en Algérie. Ceci s'agit de leur conviction de l'efficacité de ces matériaux qui demeurent utiles dans la couverture de défi des techniques de construction moderne. Cependant, les logements duplex et Siddi abbaz ont fait preuve de pragmatisme de la combinaison des matériaux locaux à ceux nouveaux dans la réalisation de quelques mesures, y compris, la réduction des impacts environnementaux négatifs.

En ce qui concerne la qualité du bien-être régnant dans les logements, la recherche souligne qu'une grande importance a été accordée par les architectes en question pour tenir compte

de l'incorporation de quelques dispositifs passifs de l'architecture vernaculaire des régions pour lesquelles ils bâtissent. De même, ils ont amélioré la qualité de l'enveloppe par l'utilisation des matériaux fabriqués sur le site, en associant les matériaux traditionnels à ceux standards. En réalité, la reproduction de ces techniques dans les logements modernes a conduit à une adaptation optimum de ceux-ci au climat et à l'environnement local. Aussi, elle a été faite dans l'objet de promouvoir leur efficacité, et donc fournir des solutions alternatives pour réduire la consommation des énergies non renouvelables, sans sacrifier la qualité du confort thermique et visuel des usagers.

A ce propos, il faut signaler que les œuvres de concepteurs modernes (El Miniawy et André Ravéreau) furent une approche plus réussie de la conception qui conservait certaines spécificités écologiques de l'architecture traditionnelle qui sont souvent perdues dans les projets actuels. Sur la base des connaissances issues de ces discussions, les sections suivantes vont résumer les principes généraux et les mécanismes / orientations environnementales essentiels à tenir compte dans le processus décisionnel de conception sur le style vernaculaire contemporain, pour les appliquer dans la réalisation des logements actuels (Fig.7.10).

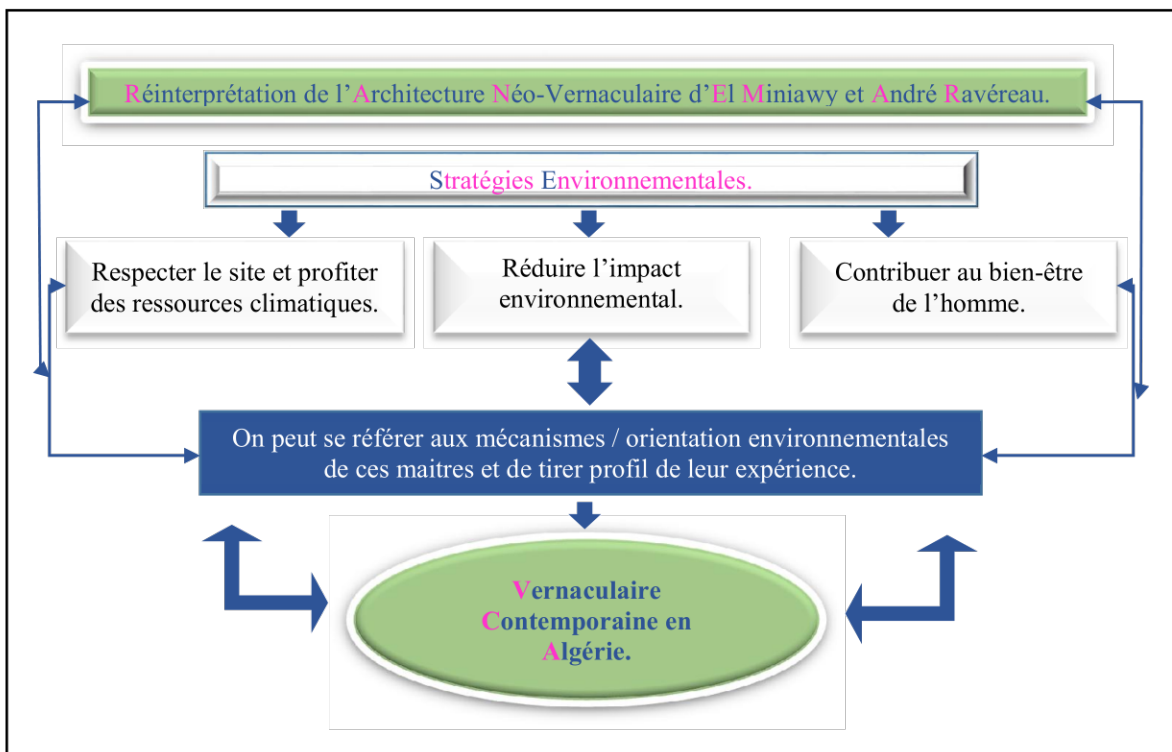


Figure 7. 10 : Processus de développement d'une architecture vernaculaire contemporaine, en Algérie.
Source : Auteur, 2021.

7.3.2 Stratégies environnementales passives comme des nouveaux mécanismes / orientation de développement d'une architecture vernaculaire contemporaine en Algérie

Sur la base de la discussion des résultats de cette étude, il est faisable de cerner une gamme de mécanismes / orientations de bâtiments néo-vernaculaires qui demeurent inconnues actuellement dans les logements contemporains. Nous insistons sur la pertinence de se référer à ceux-ci dans le processus de conception des bâtiments vernaculaires contemporains et durables, en Algérie. A cet effet, ces mécanismes / orientations pourraient être résumés et classés dans les catégories des stratégies environnementales passives qui sont énumérées ci-dessous (Fig.7.11) :

- i) Sensibilité et connexion aux caractéristiques du paysage et du site ;
- ii) Création de la relation entre l'intérieur et l'extérieur ;
- iii) Usage des matériaux de construction locaux, innovants, durables et mixtes ;
- iv) Transmission et exploitation des ressources naturelles ;
- v) Qualité de l'environnement intérieur des bâtiments.

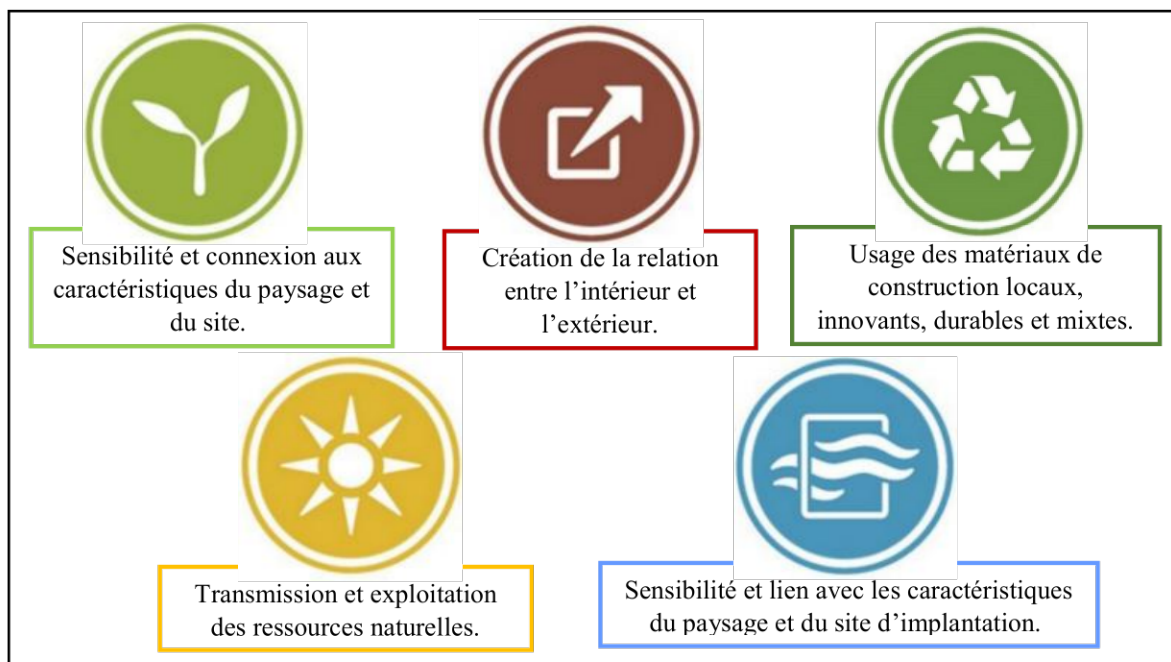


Figure 7. 11 : Catégories des stratégies environnementales passives qui organisent les mécanismes / les orientations nécessaires pour le développement d'une architecture vernaculaire contemporaine en Algérie.

Source : Auteur, 2021.

Le tableau 7.6 concentre sur la description détaillée des mécanismes / orientations, organisées selon les catégories des stratégies environnementales, pour établir comment elles seront appliquées pour créer des logements vernaculaires contemporains (Tab.7.6).

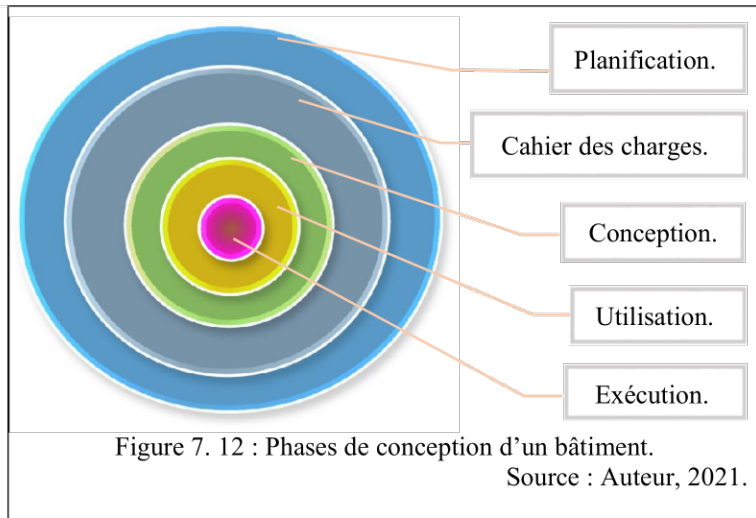
Tableau 7. 6 : Les mécanismes / orientations suggérés au sein de chaque stratégies environnementales passive.

Stratégies environnementales passives	mécanismes / orientations
Sensibilité et connexion aux caractéristiques du paysage et du site.	<p>1. Au départ, les architectes doivent effectuer des visites de site, et passer beaucoup de temps à :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Faire des observations holistiques et approfondies pour comprendre la nature du contexte ; - Prendre des photos et des notes ; - Dessiner des croquis, non seulement pour la forme et le sens de la pente du terrain, mais aussi pour tous les aspects du paysage et les constructions qui entourent le site. <p>2. Analyser rigoureusement toutes les données récoltées sur le terrain pour construire une image claire sur celui-ci.</p> <p>3. Réfléchir aux meilleures solutions a impliqué dans le processus de décision pour assurer une installation et une insertion parfaite du bâtiment dans le paysage.</p> <p>4. La conception des bâtiments doit respecter et mettre en valeur les spécificités physiques du contexte local, tel que la morphologie, la topographie, la géographie, les conditions climatiques dominantes, en particulier lors de réalisation des logements dans des sites complexes.</p> <p>5. L'architecte doit penser à orienter les espaces correctement, d'une façon à permettre un bon fonctionnement de la lumière du soleil et de la ventilation naturelle, au fil des saisons.</p> <p>6. Il est important que les futurs architectes respectent la nature, et ne doivent pas la défigurer.</p> <p>7. La texture des façades du bâtiment doit être réalisée à base de couleurs de peinture qui s'adaptent à l'environnement local.</p> <p>8. Les hauteurs des nouveaux bâtiments ne doivent pas dépasser celles des constructions déjà existantes pour ne pas brusquer le paysage.</p>
Création de la relation entre l'intérieur et l'extérieur.	<p>9. Les architectes doivent renforcer la connexion de l'environnement interne aux potentiels externes du site, grâce au recours aux techniques passives, qui rendent les caractéristiques du paysage perceptibles à partir de l'intérieur du logement.</p> <p>10. Il est pertinent d'analyser les projets néo-vernaculaires pour comprendre le caractère fondamental d'une localité.</p>
Usage des matériaux de construction locaux, innovants, durables et mixtes.	<p>11. Les matériaux de construction devraient être sélectionnés en relation avec le contexte dans lequel ils seront utilisés afin de remplir leur fonctionnement et résister durement aux exigences du site, cela inclut les critères suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Donner une grande faveur à l'utilisation des matériaux locaux tels que la pierre, la terre, le bois...etc, plutôt que des matériaux standards et synthétiques comme le béton, ciment..etc, car les premiers sont disponibles et faciles à s'en procurer localement, traités près du site, manipulable par les constructeurs régionaux sans avoir le besoin de ramener des spécialistes de loin. Aussi, ils dépendent davantage de l'environnement local. Tandis que les seconds sont importés des autres contextes et ont des impacts négatifs significatifs sur l'environnement ; - Utiliser des matériaux écologiques et durables qui sont capables d'être recyclés et réutilisés dans la construction d'autres bâtiments ; - La préférence devrait également donner aux matériaux mixtes qui marient la tradition à l'innovation technologique et contemporaine.
Transmission et exploitation des ressources naturelles.	<p>12. L'Algérie est un pays très riche en ressources naturelles et renouvelables, y compris le soleil, le vent...etc. Pour ce faire, les constructions devraient bénéficier de ces ressources pour améliorer l'efficacité et le bien-être dans les bâtiments, sans faire appel aux moyens actifs, que ce soit pour le refroidissement ou bien le chauffage. A cet effet, il est très utile de considérer certains dispositifs vernaculaires passifs déjà utilisés dans la construction néo-vernaculaire, tels que la cour, le chebek, la terrasse le mur masque.</p> <p>13. Il est temps de s'intéresser à l'application des nouvelles technologies, à l'instar des capteurs solaires thermiques et des panneaux photovoltaïques, parce qu'ils ont une capacité de capter les rayonnements solaires en hiver et les convertir en chaleur bénéfique à l'intérieur du logement.</p>
Qualité de l'environnement intérieur des bâtiments.	<p>14. Idéalement, les bâtiments doivent se construire pour offrir des qualités d'environnements intérieurs confortables, quelles que soient les conditions météorologiques extérieures. Dans ce contexte, il est fondamental de rappeler aux architectes sur l'importance de suivre les orientations suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les enveloppes des bâtiments doivent être efficaces. Pour cela, il faut utiliser des matériaux locaux et compatibles avec les conditions climatiques, pour fournir le confort thermique nécessaire aux occupants du bâtiment, au lieu de les obliger à utiliser le chauffage à gaz ou bien l'électrique. - Aujourd'hui, l'exigence d'atteindre des hauts degrés d'efficacité énergétique dans l'enveloppe du bâtiment incite les architectes à combiner entre les matériaux locaux et les innovations technologiques de l'architecture contemporaine / durable. - L'application de nouvelles techniques d'isolations thermiques au niveau des parois et vitrages des fenêtres du logement. - Le logement est l'endroit où les propriétaires vivent la plupart de leur temps, et il doit être bien pensé pour qu'il réponde à leur confort et bien-être. C'est pour cette raison, qu'il est recommandé d'incorporer certains dispositifs de ventilation et d'éclairage passifs, dans la mesure du possible, à l'intérieur des logements tels que la cour, le chebek et le mur masque / façade ventilée naturellement. - Il faut respecter les normes de ratio ouverture / mur dans chaque région. Cependant, la taille, le nombre et la hauteur d'ouverture doivent correspondre aux besoins de la quantité et la qualité de la lumière et du vent qu'on souhaite capter hiver comme été. - Orienter les ouvertures et les espaces ouverts des bâtiments de façon qu'elles puissent bénéficier de la lumière du soleil et des vents dominants froids. - Les couleurs des façades et des couvertures externes doivent être claire pour réduire le gain et les rapports de chaleur, surtout durant les jours les plus chauds de la saison estivale. Alors que, celles de l'intérieur doivent être choisies en fonction de leur taux de réflexion de la lumière naturelle.

Source : Auteur, 2021.

7.3.3 Guide manuel comme référence à poursuivre dans la conception des bâtiments à caractère vernaculaire contemporain

Nous rappelons, dans cette sous-section, que la conception d'un bâtiment passe par de nombreuses phases, en commençant par la planification et l'établissement de son programme et en terminant par son exécution et son utilisation (Fig.7.12). A cet



effet, les mécanismes / orientations expliquées plus haut, visaient à soutenir la prise de décision des responsables / décideurs / planificateurs du secteur du bâtiment, des ingénieurs et des architectes, qui défendent la nécessité de créer une relation intégrative entre l'environnement spécifique local et les nouvelles constructions, en Algérie. De plus, nous jugeons que ces mécanismes / orientations dérivées de la réinterprétation des œuvres néo-vernaculaires, sont très intéressants à poursuivre dans le processus décisionnel de différentes phases de conception et de réalisation des bâtiments, car elles vont aider les responsables à promouvoir l'implantation des constructions à caractère vernaculaire contemporain et respectueux de l'environnement local.

En même temps, il faut reconnaître que certains mécanismes / orientations sont davantage axés sur d'autres en fonction de leur applicabilité et de leur utilité dans chaque phase. C'est pour cette raison qu'il est possible, à chaque étape du processus de planification, de conception et de réalisation des nouveaux bâtiments, de choisir les stratégies environnementales passives les plus élémentaires.

Cependant, nous mettrons à la disposition des responsables, un diagramme qui pourrait être comme un guide manuel d'aide à la décision. Celui-ci illustre les phases de conception du bâtiment, en indiquant les stratégies environnementales passives de chacune des phases (Fig.7.13).

Par conséquent, les stratégies possibles à prendre en considération dans les phases fondamentales de conception des bâtiments sont discutées dans ce qui suit.

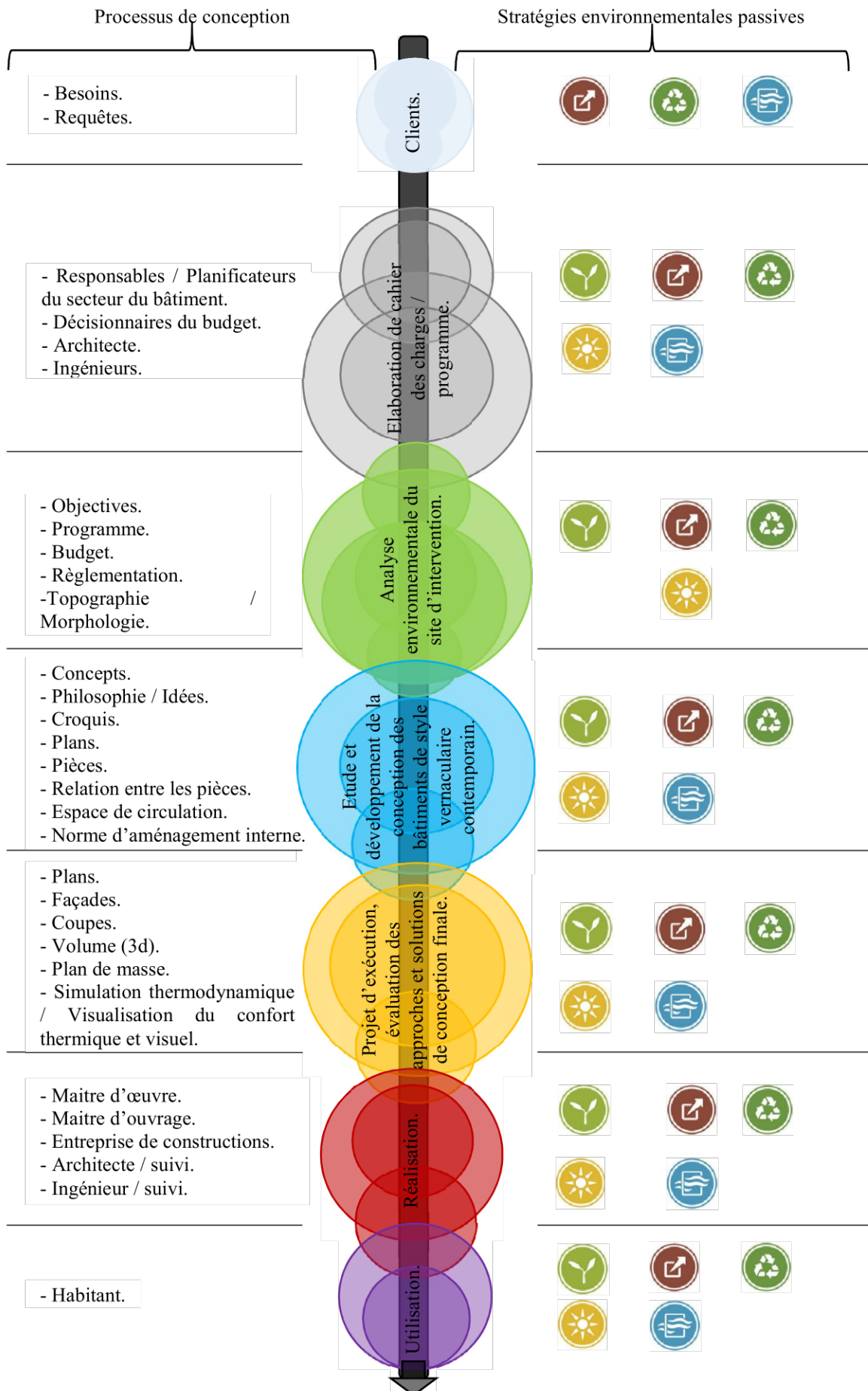


Figure 7. 13 : Guide manuel d'aide à la prise de décision sous forme d'un diagramme.

Source : Auteur, 2021.

- **La première phase : élaboration de cahier des charges / programme**

Les responsables du secteur du bâtiment et les décisionnaires du budget doivent écouter et suivre les requêtes / besoins des propriétaires / clients lors de la planification et d'élaboration d'un cahier des charges. Mais, les avis de ceux-ci ne sont pas vraiment suffisants, car ils ne sont pas conscients cent pour cent à tous les détails qu'il doit contenir un cahier des charges. En revanche, ce dernier doit mettre l'accent sur l'ensemble des stratégies environnementales passives significatives qui influencent les nouvelles conceptions, y compris la sensibilité et la connexion aux caractéristiques du paysage et du site, la création de la relation entre l'intérieur et l'extérieur, l'usage des matériaux de construction locaux, innovants, durables et mixtes, la transmission et l'exploitation des ressources naturelles et dernièrement, la qualité de l'environnement intérieur des bâtiments. Toutes ces stratégies devraient être traitées et décrites avant de les impliquer dans le cahier des charges, afin que les concepteurs ne soient pas perdus lors de la conception des nouveaux bâtiments.

Par ailleurs, le processus d'établissement d'un cahier des charges pourrait être interrogé par des enquêtes et une étude sociologique qui dépendent fortement du but d'identification des lacunes et des aspects manquants dans les logements existants. Comme il peut s'appuyer sur la réinterprétation particulière de meilleures pratiques des architectes précédents.

- **La deuxième phase : analyse environnementale du site d'intervention**

Il est fondamental dans la deuxième phase de la prise de décision que les architectes se réfèrent aux stratégies environnementales passives suivantes ; la sensibilité et connexions aux caractéristiques du paysage et du site et la création de la relation entre l'intérieur et l'extérieur. De même, l'usage des matériaux de construction locaux, innovants, durables et mixtes et la transmission et exploitation des ressources naturelles sont très importants d'un point de vue environnemental et en termes de construction écologique. Par contre, la stratégie qualité de l'environnement intérieur des bâtiments n'est pas très forte dans cette phase.

Cependant, la profondeur de cette étude environnementale du site d'intervention s'illustre dans l'ensemble des enseignements que les architectes vont tirer vers la fin pour les appliquer, avec succès, dans le développement des nouvelles conceptions de style vernaculaire contemporain.

- **La troisième phase : étude et développement de la conception des bâtiments de style vernaculaire contemporain**

L'une des prémisses de cette phase est qu'elle aide au développement de la philosophie et des concepts initiaux de composition de la forme des bâtiments. Il est donc évident de dire que celle-ci est très essentielle dans le processus de conception, étant donné qu'elle résume toutes les leçons et les solutions acquises à partir des étapes précédentes. A cet effet, cette phase cible toutes les stratégies environnementales passives à l'instar de la sensibilité et la connexion aux caractéristiques du paysage et du site, la création de la relation entre l'intérieur et l'extérieur, l'usage des matériaux de construction locaux, innovants, durables et mixtes, la transmission et l'exploitation des ressources naturelles et la qualité de l'environnement intérieur des bâtiments.

Enfin, ces stratégies seront à la base des dispositifs efficaces qui seront proposés et intégrés par les architectes dans les nouvelles constructions, d'une manière créative et sans perdre la relation avec l'environnement local.

- **La quatrième phase : projet d'exécution, évaluation des approches et solutions de conception finale**

La chose importante à faire dans cette étape est de vérifier et d'évaluer l'efficacité des approches et des solutions architectoniques réfléchies par les concepteurs dans la phase précédente, et savoir par la suite comment le logement pourrait être mieux adapté aux conditions climatiques et environnementales du site d'intervention. Cette évaluation repose sur la conception du logement en trois dimensions à l'aide des logiciels de simulation thermodynamique (Trnsys, EnergyPlus, Comfie Pleiades, DesignBuilder, Fluent...etc), et la visualisation des degrés de températures, des vitesses d'air et des niveaux d'éclairage à l'intérieur de toutes les pièces du logement. Ainsi, cette phase confirme que le processus de conception ne suit pas seulement le cahier des charges, mais l'architecte peut aussi intervenir, par certaines mesures et modifications, afin d'assurer que le dossier du projet final soit approprié à l'environnement dans lequel il va se réaliser.

D'après ce qui précède, si les architectes appliquent ces mécanismes / orientations avec conscience dans toutes les phases du processus de la conception des bâtiments, cela aidera à prolonger leur durée de vie et empêcher la production d'impacts environnementaux négatifs.

Conclusion

Généralement, pour améliorer la qualité d'une construction, son confort et régler les problèmes liés à la non exploitation des ressources naturelles renouvelables et à la surconsommation des énergies fossiles, il est nécessaire de réinterpréter les meilleurs exemples des architectes précédents. Surtout lorsqu'il s'agit d'apprendre de l'expérience de l'architecture vernaculaire et néo-vernaculaire, comme des designers néo-vernaculistes d'une renommée internationale, tels que El Miniawy et André Ravéreau. A partir de leurs œuvres, des leçons incontestables de références vernaculaires et passives ont été tirées dont l'interprétation et la discussion sont présentées dans les chapitres analytiques (IV, V et VI).

A travers ce dernier chapitre, nous aspirons construire un guide d'aide à la décision pour les futures architectes afin de les aider à assoir une tradition dans les conceptions de typologie vernaculaire contemporaine dans notre pays. C'est toute la problématique de régler les difficultés relatives à l'inadéquation de la construction aux exigences climatiques et environnementales locales. Afin d'atteindre cet objectif, nous nous sommes focalisés sur la discussion des résultats obtenus au chapitre IV. A cet effet, nous avons pu comprendre la meilleure façon d'utiliser les ressources naturelles et locales dans le choix de la forme et l'orientation optimale du logement, qui se différent d'un contexte à l'autre. Pareillement, nous avons apporté un éclairage sur les techniques performantes de l'architecture vernaculaire qui peuvent se marier à la technologie durable pour répondre aux exigences de la vie contemporaine.

Aussi, nous nous sommes concentrés sur l'interprétation des résultats des enquêtes et des tests (mesures et simulations) concernant le niveau de satisfaction des habitants vis-à-vis du confort thermique, de la ventilation naturelle et de l'éclairage naturel à l'intérieur des logements en question, tout en insistant sur la performance et l'efficacité des dispositifs appliqués à la conception néo-vernaculaire. A travers ces discussions, nous sommes parvenus à déterminer les sources d'inspiration des architectes en question, lesquels se sont appuyés, dans leurs conceptions, sur les techniques et les dispositifs passifs, comme les matériaux locaux, la cour, le chebek, le mur masque, afin de réaliser des logements qui s'adaptent parfaitement aux contraintes climatiques de la ville de M'Sila et de Ghardaïa. Au-delà, nous avons préconisé des solutions clés sous forme d'un ensemble de recommandations que nous jugeons susceptibles d'atteindre le bien-être et d'améliorer le comportement

thermique, hygrométrique, aéraulique et visuel à l'intérieur des futurs logements vernaculaires contemporains.

Enfin, nous avons cerné une gamme de mécanismes / orientations de bâtiments néo-vernaculaires qui demeurent inexistantes, actuellement, dans les constructions contemporaines. En effet, ces mécanismes / orientations ont été discutés selon trois temps. En premier, on a regroupé, suivant des catégories, des stratégies environnementales passives comme ; sensibilité et connexion aux caractéristiques du paysage et du site, création de la relation entre l'intérieur et l'extérieur, usage des matériaux de construction locaux, innovants, durables et mixtes, transmission et exploitation des ressources naturelles et qualités de l'environnement intérieur des bâtiments. En second temps, on a décrit, détaillé et établi leur possibilité d'application pour créer des logements vernaculaires contemporains. Alors que dans un troisième temps, nous avons construit un guide manuel d'aide à la décision sous forme d'un diagramme qui illustre les stratégies environnementales à prendre en considération lors de chaque phase de conception et de réalisation d'un bâtiment. Ce guide sera mis à la disposition des responsables / décideurs / planificateurs du secteur du bâtiment, des ingénieurs et des architectes pour les encourager à concevoir des bâtiments à caractère vernaculaire contemporain en Algérie, tout en améliorant la qualité du bien-être des occupants et en limitant les impacts environnementaux négatifs.

En somme, on soulignera que ces résultats constituent une confirmation des hypothèses émises au début de cette recherche tout en démontrant la faisabilité de la méthode combinatoire utilisée.

CONCLUSION GENERALE

Le caractère vernaculaire d'une région est une propriété nécessaire de chaque architecture authentique. Comme les bâtiments font partie d'un endroit concret, ils ne peuvent pas être partout les mêmes.

Ils doivent représenter les qualités particulières du lieu. Depuis les temps les plus anciens, cette qualité a été reconnue comme le « *genius loci* » (le génie du lieu).

L'architecture aidait l'homme à s'identifier avec l'esprit de l'endroit et lui offrait ainsi un sentiment d'appartenance et de sécurité.

Une architecture vernaculaire contemporaine sous-tend quelque chose qui va plus loin qu'une simple recherche du contexte : en premier lieu, elle veut faire partie d'une tradition, dans le sens où elle veut offrir une nouvelle interprétation à certains objets d'identification humaine, et garantir ainsi une continuation et une survie de la tradition. Ainsi, tradition veut dire continuation et développement.

Une architecture vernaculaire veut rendre habitable l'espace dans lequel se trouve l'homme. Elle veut capter l'atmosphère du lieu et le rendre vivable pour lui. Nos ancêtres avaient un don quasi naturel pour arriver à ce résultat. Ils savaient utiliser la topographie, les matériaux, la végétation, le climat et la lumière. Ils savaient établir une relation saine avec leur environnement. Ils savaient interpréter et ainsi renforcer le génie du lieu. Ainsi, l'environnement immédiat de l'homme est aussi bien le point de départ de toute architecture que son but.

De nos jours, l'action de la création architecturale n'a, trop souvent, plus aucune relation avec l'environnement. Toute architecture authentique doit comprendre la transformation d'un simple site en un lieu, un endroit à vivre. Nous pensons que l'architecture doit faire preuve d'imagination pour arriver à créer des lieux adéquats. Pour cela, il n'existe pas de recette préétablie, la société d'aujourd'hui demande une réponse aux nouvelles fonctions.

Vouloir garder et renforcer le caractère de l'environnement n'est pas un problème intellectuel, il faut plutôt être ouvert aux qualités de l'endroit et il faut être capable de traduire les informations émanant du site afin d'arriver à un environnement bâti ayant un sens.

Depuis l'apparition de l'homme sur la terre, il cherchait toujours à se protéger des contraintes climatiques et environnementales. Pour se faire, il a réfléchi à construire son abri avec les peu moyens disponibles dans son contexte local, en créant des constructions solides qui demeurent, jusqu'à ce jour, comme de meilleurs exemples d'architecture vernaculaire et durable. A l'heure actuelle, le bouleversement dans les techniques de construction a marqué plusieurs secteurs dont le plus touché reste celui du logement. En fait, nous assistons à la prolifération de nouveaux matériaux et systèmes constructifs qui sont utilisés au détriment des matériaux locaux et anciennes méthodes de construction. Cependant, un bilan lourd en matière de consommation d'énergie fossile et non renouvelable a été enregistré suite à la généralisation de ces systèmes standards qui ont généré de nombreux problèmes concernant, notamment, l'inconfort des occupants et les impacts négatifs qu'ils ont engendré sur l'environnement local. De ce constat, on peut affirmer que le recourir aux matériaux locaux et systèmes de construction traditionnels devient une nécessité pour pouvoir régler et gérer tous ces problèmes.

Dès lors, cette problématique est placée au cœur des préoccupations des grands chercheurs dans le monde entier. Ces derniers insistent sur l'importance d'investir dans le passé pour développer de nouvelles idées qui associent la tradition et l'innovation dans un contexte à la fois vernaculaire et contemporain. A cet effet, l'architecture néo-vernaculaire semblait comme une phase de transition entre la modernité et la tradition, pour la réalité d'un style architectural qui se réfère directement au passé spécifique et lointain d'une région donnée afin de créer un style présent. Les architectes créateurs de ce style ont réussi à fusionner les deux styles en créant une nouvelle tendance, appelée « architecture néo-vernaculaire », laquelle demeure, jusqu'à présent, un témoin concret de leur capacité de contrer les conflits de l'époque moderne. A cet effet, le néo-vernaculaire, par sa définition, ne vise pas une véritable réutilisation de la tradition telle qu'elle est existé dans le passé. Mais au contraire, les concepteurs ont été, intellectuellement, conscients de la façon de faire revivre cette tradition pour répondre aux besoins de la société moderne. En outre, cette architecture utilise certaines techniques et dispositifs passifs qui exploitent les ressources naturelles en générant moins d'effets néfastes sur l'environnement, d'où son apport écologique et durable.

En parallèle, l'architecture vernaculaire contemporaine est synonyme de meilleures techniques de construction associées aux conditions de vie contemporaine et de confort, etc... Aussi, cette architecture qui se révèle par les technologies durables combinées à des

méthodes traditionnelles et performantes, assure un fonctionnement satisfaisant en s'inscrivant positivement dans son environnement. De plus, les conceptions réalisées dans le style vernaculaire contemporain sont efficaces, car elles appellent à l'exploitation des ressources renouvelables (soleil et vent), en intégrant différemment les dispositifs vernaculaires et passifs.

Dans ce présent travail, nous sommes partis du postulat que les principes néo-vernaculaires des frères El Miniawy et d'André Ravéreau pourraient être comme des exemples d'inspiration des architectes contemporains qui aspirent à concevoir des constructions de caractère vernaculaire contemporain en Algérie. A cet effet, le survol bibliographique sur cette problématique nous a amené à adopter une approche réinterprétative de quelques œuvres des architectes en question, dont l'objectif principal est de tirer les meilleures leçons et mettre en place un guide référant pour les décideurs et les acteurs du bâtiment, tantôt, en les encourageant, tantôt, en les incitant, à développer et enraciner ce style architectural dans notre pays.

Pour atteindre les objectifs émis dans l'introduction générale, il a été question de fournir une méthodologie de recherche qui combine entre plusieurs approches scientifiques. Pour mener à bien cette étude, nous avons décidé de nous concentrer sur le passage de l'architecture néo-vernaculaire vers l'architecture vernaculaire contemporaine par la méthode de réinterprétation des stratégies environnementales. A cet égard, nous avons organisé notre travail de thèse en sept parcours complémentaires.

Tout d'abord, nous avons formé l'assise théorique de cette recherche par une revue de littérature autour de la tendance du vernaculisme conservateur et la tendance du néo-vernaculaire. Celles-ci ont émergé au sein des débats entre le mouvement internationaliste et le régionalisme, qui ont été lancés à l'occasion de la remise en cause des principes du mouvement moderne par certains architectes régionalistes. En fait, la tendance vernaculiste est défendue par Hassan Fathy et Abdelwahed Alwakeel. Ces deux architectes, qui rejetaient complètement l'utilisation des techniques de construction modernes, soutenaient toujours l'application exclusive des matériaux et systèmes de construction locaux / traditionnels. Aussi, cette tendance maintient la continuité historique et exprime l'identité locale à travers l'imitation des formes et motifs traditionnels dans la réalisation des nouvelles constructions modernes. Tandis que, la tendance néo-vernaculaire pousse les architectes à concilier la tradition vernaculaire aux progrès technologiques modernes. A cet effet, la vocation de cette

architecture est d'ériger des bâtiments qui s'adaptent parfaitement à leur contexte local, tout en assurant le confort de la majorité des usagers. En outre, la revue de littérature a exploré les modèles des bâtisseurs néo-vernaculaires, en général, et de ceux qui ont donné naissance à cette tendance en Algérie, en particulier. De ces modèles, nous avons constaté que Roland Simounet, Fernand Pouillon, André Ravéreau et les frères Hani Hassan et Abdel Rahman El-Miniawy ont proposé des alternatives aux problèmes de logement de masse à travers le territoire algérien. Ils ont tenté, à cet effet, de renouer avec les principes de l'architecture vernaculaire, à des degrés et manières divers, tout en insistant sur les aspects spécifiques tels que le paysage naturel, les conditions météorologiques, et les matériaux locaux.

Ensuite, nous nous sommes focalisés sur la relation entre l'architecture néo-vernaculaire, l'architecture vernaculaire contemporaine et l'environnement, à travers l'analyse des références bibliographiques. A partir de celles-ci, nous avons constaté que notre planète se heurte à de grands problèmes liés à la mondialisation et aux maux pratiques des architectes contemporains. Ces dernières ont engendré des incidences sur différentes échelles compartimentales de l'environnement, dont les conséquences peuvent être non seulement néfastes, mais dévastatrices pour tous les êtres vivants. Face à cela, plusieurs interventions ont été menées par plusieurs acteurs du bâtiment, afin de minimiser ces impacts négatifs et améliorer les conditions de vie des occupants de l'espace. Dans le même contexte, on a abordé la notion de l'architecture vernaculaire contemporaine comme un terme général, puis on l'a discuté selon les perspectives / les philosophies de certains théoriciens d'architecture, en renvoyant directement aux architectes pratiquant les principes de cette notion dans des contextes différents. Plus largement, il est important de rappeler, le rôle crucial que peut jouer l'architecture vernaculaire dans le développement des approches durables, dont le vocabulaire d'architecture vernaculaire durable est devenu le plus répondu dans le monde, et précisément, dans les pays qui aspirent à réaliser des projets énergétiquement performants. A ce stade, il est essentiel de souligner que la tendance néo-vernaculaire et vernaculaire contemporaine s'accomplissent absolument, tant dans leur définition et leurs principes de concrétisation. Ainsi, le développement de l'architecture vernaculaire contemporaine s'appuie sur la réinterprétation de l'architecture néo-vernaculaire, cela par le biais d'une méthode scientifique pertinente.

Depuis quelques années, nous assistons à des avancées scientifiques sur la thématique de la réinterprétation de l'architecture néo-vernaculaire et plus particulièrement ceux qui touchent

l'aspect environnemental. A cet effet, pour répondre à la première hypothèse qui consistait à l'élaboration d'une méthode de réinterprétation des conceptions néo-vernaculaires, innovante et convenable à notre problématique, nous avons orienté notre travail sur une analyse approfondie des modèles les plus employés dans l'étude des bâtiments néo-vernaculaires, à l'instar du projet de recherche VerSus, le travail de Day Heidi et de Salman Al-Zubaidi. Cependant, le développement de notre méthode est basé sur la combinaison des stratégies environnementales des modèles en question, dont nous avons fixé ceux dépendant aux trois modèles, à savoir : le respect du site et le profit des ressources climatiques, la réduction d'impact environnemental et la contribution au bien-être de l'homme, où chaque stratégie environnementale représente une variance des autres sous-stratégies environnementales. En outre, nous avons remarqué lors du traitement de ces sous-stratégies que leur application sur les cas d'étude renvoie à l'utilisation de l'approche des méthodes mixtes de Creswell, qui convergent les données qualitatives (l'observation, les lectures précises et les entretiens) et quantitatives (les enquêtes, les logiciels de statistiques et de simulation thermodynamique et l'instrumentation in situ).

Après avoir tracé notre processus et démarche méthodologique, il a été question de passer en parallèle à son application sur le terrain d'étude, afin d'arriver à des résultats efficaces, qui répondent aux objectifs de la thèse. A cet égard, nous avons orienté notre réflexion sur la sélection des terrains d'investigation qui se situent sous des contextes variés allant du climat semi-aride au climat aride. De ce fait, nous nous sommes fixés sur le cas des 50 logements duplex d'El Miniawy à M'Sila et celui de 19 logements de Sidi Abbaz d'André Ravéreau à Ghardaïa. Ces deux cas ont été choisis à partir des visites sur le terrain et des consultations de centres d'archives, qui ont révélé que ces deux cas englobent toutes les particularités d'une architecture néo-vernaculaire. D'autant plus que ces logements n'ont pas subi de transformations de la part des habitants tant à l'intérieur qu'à l'extérieur. La présentation des informations détaillées sur l'organisation spatiale, les conditions météorologiques régnant dans les régions en question et les propriétés thermo-physiques des matériaux de construction constituant l'enveloppe des logements cas d'étude a permis de soumettre les ingrédients essentiels à l'application des différentes techniques de la méthode de recherche envisagée.

Par ailleurs, nous avons mené, en premier lieu, une étude qualitative sur le logement duplex et Sidi Abbaz, laquelle a été focalisée sur la réinterprétation de leur conception, selon les

sous -stratégies environnementales relatives au choix du site et à son intégration, à l'organisation du site (extérieur/ intérieur), à la masse du bâtiment, à l'orientation appropriée du bâtiment, à la conciliation des matériaux locaux aux nouvelles technologies de construction et à l'exploitation des sources d'énergie renouvelable. En fait, nous nous sommes appuyés dans cette étude, à la fois, sur les visites et les observations directes, sur l'analyse des documents bibliographiques et sur des interviews avec l'ensemble des ingénieurs impliqués dans l'opération de réalisations de ces logements. A cet égard, il ressortait de cette analyse une adaptation des logements avec le contexte géographique, morphologique, topographique et climatique propres au lieu d'implantation de chacun. Aussi, nous avons révélé que les logements ne sont pas simplement conçus pour les distinguer esthétiquement, mais ils ont dressé un panorama de techniques constructives comme ; les matériaux locaux, les dispositifs passifs (passage couvert, petites ouvertures sur les façades, cour, chebek), la prise en compte de la direction du vent et du soleil dans le choix de l'orientation optimale des pièces. En fait, des dispositions qui sont prises en compte afin de réaliser des constructions sensibles aux exigences météorologiques de M'Sila et Ghardaïa. Cette première phase a permis, ainsi, de confirmer la première hypothèse selon laquelle, la réinterprétation des œuvres d'El Miniawy et d'André Ravéreau exigerait la combinaison de plusieurs méthodes, pour permettre de sélectionner les stratégies environnementales qui répondraient le mieux aux objectifs de notre recherche. Donc, à travers ces résultats nous avons pu prouver le souci des architectes El Miniawy et Ravéreau à concevoir des projets efficaces en répondant aux stratégies environnementales du respect du site, du profit des ressources climatiques et de la réduction d'impact environnemental.

Pour revenir à l'étude quantitative, le processus a été effectué au moyen d'une enquête de type questionnaire au porte-à-porte, distribué auprès des habitants des logements cas d'étude, dont nous avons tenté de rassembler les données indispensables liées à l'estimation de la satisfaction des habitants vis-à-vis le confort thermique, la ventilation et l'éclairage naturel à l'intérieur de leurs habitations. Les déclarations des habitants ont dévoilé que la plupart d'entre eux ont été satisfaits de la qualité de la température ambiante de l'air, de l'humidité relative de l'air, de la vitesse de l'air et le niveau d'éclairement naturel. Aussi, les interrogés ont été favorables à l'idée d'associer les matériaux locaux aux nouvelles techniques de construction moderne et de l'incorporation de certains dispositifs vernaculaires tels que la cour et le chebek à l'intérieur de leur logement moderne. D'après leurs témoignages, ces dispositifs leur ont épargné le recours à l'utilisation des moyens actifs de réchauffement et

de climatisation, ainsi que l'éclairage artificiel. De ce fait, les résultats obtenus nous renvoient à la confirmation de la deuxième hypothèse émise selon laquelle, les principes néo-vernaculaires appliqués dans les logements duplex par El Miniawy et dans ceux de Sidi Abbaz par André Ravéreau, pourraient être le résultat, à la fois, d'une bonne connexion au paysage, au site d'implantation et à l'exploitation des ressources naturelles / renouvelables et aussi de la maîtrise de l'association des matériaux locaux associés à certains dispositifs passifs de l'architecture vernaculaire aux techniques de l'architecture moderne.

Conjointement, une investigation quantitative des sous stratégies du bien-être de l'homme a été conduite par une étude réelle d'instrumentation (Enregistreur de données climatiques TROTEC, BL30, Anémomètre GM816 et Luxmètre TROTEC, BF06) au sein des pièces des logements en question. Aussi, cette technique a constitué le cœur de ce travail de thèse, vue l'exactitude et la fiabilité de ces résultats. A cet effet, les résultats de la première campagne de mesure ont démontré que le confort thermique et hygrométrique des logements duplex et Sidi Abbaz, est fortement assuré. De la sorte, nous concevons que les habitants n'ont pas besoin d'utiliser les systèmes actifs pour aboutir à une bonne sensation thermique. Quant aux résultats de la deuxième campagne de mesure, ils ont révélé que l'air circule avec de grandes vitesses en favorisant des conditions de vie agréables à l'intérieur des espaces principaux, et cela durant les journées très chaudes de l'été. Quant à la troisième campagne de mesure, elle a apporté que tous les espaces des logements cas d'étude ont été généralement caractérisés par des niveaux d'éclairage naturel efficace, surtout ceux placés en juxtaposition à la cour, grâce à l'enseulement direct, ceci a donné un environnement de vie et de travail adopté aux besoins quotidiens des occupants. Par conséquent, les résultats de cette étude ont permis de compléter les résultats obtenus de l'enquête, confirmant, ainsi, la troisième hypothèse de cette recherche, qui stipule qu'un retour à l'architecture vernaculaire, selon la vision des architectes néo-vernaculaires constituerait un moyen incontournable pour régler les problèmes énergétiques et les impacts environnementaux négatifs recensés dans les logements en Algérie.

Afin de valider les données mesurées, nous avons proposé comme une dernière étape d'application de notre méthode, une étude de simulation thermodynamique via des modèles numériques du logement duplex et du logement Sidi Abbaz. Cette étape a été accomplie par le truchement des logiciels « Google Sketch-Up Pro 2018 », « Meteonorm 7 », « EnergyPlus V9.1.0 » et « OriginPro 8 ». En fait, nous avons pris en considération les mêmes paramètres

et les mêmes périodes du déroulement de la campagne de mesure et parfois en allongeant la durée pour avoir des informations plus détaillées. Cependant, la calibration des résultats mesurés et simulés à l'aide des équations internationales (l'indice de pourcentage d'erreur, l'MBE, le CV (RMSE) et l'IC) a confirmé que les données obtenues, lors de la prise des mesures, sont suffisamment précises et sont capables de répondre aux objectifs de notre problématique. De même, l'étude a saisi que les températures mesurées et simulées des logements en question s'intègrent parfaitement dans les zones du confort thermique de la plage prédéfinies dans la charte de Givoni et d'ASHRAE Standard 55-2013. De plus, nous avons constaté que les niveaux d'éclairage dans les deux logements sont toujours au-delà de la norme fixée par le conseil national de recherche du Canada. En conséquence, cette dernière étape a fait ses preuves, non seulement dans la démonstration de la pertinence et la fiabilité de notre méthode combinatoire, mais aussi en consolidant l'affirmation de la seconde et la troisième hypothèse de ce travail par les étapes précédentes.

De ce fait, ces résultats ont été soutenus par les propriétés efficaces et isolantes des matériaux exploités, essentiellement, au niveau des enveloppes des logements étudiés. Il faut rappeler, dans ce contexte, que la présence d'une meilleure sensation thermique à l'intérieur des pièces des logements est liée à la masse et à la résistance thermique élevée de la terre, dans le cas du logement duplex, et de la pierre dans le cas du logement Sidi Abbaz. Ces matériaux ont contribué à régler le phénomène du transfert de la chaleur, en évitant les chutes brutales de températures en hiver et en atténuant leur grande fluctuation l'été, tout en minimisant les besoins énergétiques de chauffage et de climatisation. En outre, ils ont joué le rôle de régulateur hygrométrique, vu leur capacité à absorber la vapeur d'eau en cas d'excès. De même, la confirmation de l'épaisseur des parois externes aux spécificités climatiques de chaque zone, offre une protection thermique efficace, où les grandes épaisseurs des murs leur ont permis d'agir considérablement comme des accumulateurs de chaleur. Ces discussions affirment que la technique de couplage, des propriétés thermo-physiques des matériaux locaux à ceux moderne appliquée par les architectes El Miniawy et Ravéreau, reste la plus adaptée au climat semi-aride et aride.

A propos de la stratégie de la ventilation naturelle, la discussion des résultats confirme que la cour, le chebek et le système du mur masque, ont une influence énorme sur la circulation de l'air frais à l'intérieur des espaces principaux des logements. Ces dispositifs passifs permettent de contrôler les températures des logements en refroidissant l'air entrant, puis en

le distribuant équitablement au reste des pièces de la maison, en maintenant les températures basses durant la saison estivale très chaude. Concernant la stratégie d'éclairage naturel, la discussion des résultats confirme l'impact positif de la cour et le chebek sur la pénétration et la diffusion de la lumière du jour à l'intérieur des logements en question. Ces dispositifs passifs ont suffi, amplement, à offrir un confort visuel optimal, en matière de consommation d'énergie active. Aussi, les dimensions des ouvertures ont agi sur la qualité de la lumière qui traverse directement le vitrage en l'absence des persiennes, dans le cas du logement duplex. A cet égard, nous déduisons que les dispositifs passifs, discutés auparavant, ont été incorporés consciemment par les architectes dans le but d'exploiter les énergies renouvelables (vent et soleil). Ainsi, ces architectes ont donné aux occupants l'occasion de vivre dans des logements modernes, qui regroupent les mêmes fonctionnalités bioclimatiques, révélées précédemment dans les maisons de leurs ancêtres.

Par voie de conséquence, la lecture de ces résultats nous a permis de cerner une gamme de mécanismes / orientations de bâtiments néo-vernaculaires qui demeurent inexistantes actuellement dans les constructions contemporaines. Ces mécanismes / orientations ont été rassemblés dans cinq catégories de stratégies environnementales passives, telles que ; la sensibilité et la connexion aux caractéristiques du paysage et du site, la création de la relation entre l'intérieur et l'extérieur, l'usage des matériaux de construction locaux, innovants, durables et mixtes, la transmission et exploitation des ressources naturelles et la qualité de l'environnement intérieur des bâtiments. Celles-ci ont été impliquées dans la construction d'un guide manuel, explicite et plus simple pour faciliter la décision. Ce dernier a été présenté dans notre travail de thèse sous forme d'un diagramme qui met en évidence les stratégies environnementales passives à mettre en œuvre dans le processus de conception des bâtiments, et cela depuis les phases de conception jusqu'aux dernières phases d'exécution et d'utilisation. Ce guide constructif est destiné à tous les responsables/ décideurs/ planificateurs du secteur du bâtiment, des ingénieurs et des architectes, pour les inciter à développer des conceptions vernaculaires contemporaines en Algérie.

A propos de la réalité du cadre bâti algérien et la problématique de l'identité culturelle nationale, comment envisageons-nous de résoudre le problème actuel de la construction ?

Que pouvons-nous encore sauver de l'héritage de nos ancêtres ?

Quel sera le devenir de l'architecture vernaculaire algérienne ?

A une époque de retour vers les cultures spécifiques de chaque pays, nous nous demandons si, malgré tout, la transposition de modèles architecturaux issus d'autres cultures, n'est pas possible, sinon fructueuse, voire même nécessaire au renouvellement du langage architectural moderne, essoufflé et appauvri par des décennies de fonctionnalisme.

Nous sommes convaincus qu'il y a un certain nombre d'enseignements à tirer des modèles traditionnels, surtout pour ce qui est de leurs qualités spatiales, fonctionnelles et bioclimatiques. Nous estimons que, dans ce domaine, la transposition peut s'effectuer de manière assez directe, et qu'ainsi il est possible de surmonter cette crise de l'architecture.

Pour ce faire, il est primordial d'opérer des refontes fondamentales dans les programmes dispensés dans nos instituts et école d'architecture afin de réhabiliter l'importance de l'architecture vernaculaire et néo-vernaculaire en vue de concevoir l'architecture vernaculaire contemporaine aux générations d'architectes qui feront face aux menaces de la mondialisation en conservant leur identité.

Car, nonobstant le fait que nous allons inéluctablement vers la mondialisation avec ce que cela implique comme corollaire, une mobilité des êtres plus accrue, une uniformisation des méthodes et des moyens plus généralisés, des échanges commerciaux et des services plus soutenus, Il est essentiel d'affirmer ses différences et les promouvoir. Il est donc nécessaire, voire vital, de repenser de fond en comble l'acte de bâtir en tant qu'expression d'un savoir-faire sous-tendu par un patrimoine commun, dimension latente d'une certaine mémoire collective.

Nous devons d'abord prendre conscience de la grandeur et de la complexité des enjeux. S'ensuit l'effort collectif nécessaire que nous devons consentir pour empêcher notre dissolution dans des systèmes culturels plus agressifs et plus enclins à nous imposer leurs modèles.

Il y va de notre survie en tant qu'entité géographique, culturelle et même physique. Nous devons aspirer à un monde où les différences s'affirment sans se confronter, où la diversité est perçue, comme source de richesse et d'enrichissement mutuel, où tout être humain ou peuple a le droit de participer à la construction du patrimoine universel et non se contenter d'un rôle passif de consommateur.

Le monde d'aujourd'hui, techniciste et pressé du 21^{ème} siècle, redécouvre le patrimoine, et la nécessité de s'appuyer sur le passé pour mieux comprendre le présent, et éventuellement préparer l'avenir à bon escient.

Engager une réflexion sur le devenir de l'architecture algérienne est plus que nécessaire...
Vers une architecture vernaculaire contemporaine.

Limites et perspectives de la recherche.

N'ayant pas pu étudier tous les paramètres agissant sur la thermique de la construction en zone aride et semi-aride dans cette recherche et cela vu la complexité du thème. De ce fait, nous proposons quelques pistes, lesquelles pourraient ouvrir la voie à de nouvelles recherches scientifiques qui peuvent se résumer comme suit :

Piste 1 : Il apparaît fructueux de généraliser l'application de la méthode combinatoire de manière à ce qu'elle touchera d'autres types de constructions dans des environnements et des zones climatiques différentes, notamment les équipements touristiques, culturels et administratifs.

Piste 2 : La seconde piste de recherche propose l'élargissement du champ de cette méthode afin d'atteindre d'autres aspects et d'autres stratégies et sous stratégies sociales, culturelles et économiques importantes et inconnues dans le design contemporain.

Piste 3 : La troisième réflexion se concentre sur l'inclusion dans cette démarche méthodologique les autres types de confort olfactif et acoustique, ainsi que le calcul de la consommation énergétique.

BIBLIOGRAPHIE

Abbasi, B; Mohammad Ali Khan Mohammadi, M; Mahmoudi, M; (2014), Evaluating Environmental Sustainability in Iranian Primary Schools through Design Principle Approach, Published by Canadian Center of Science and Education, Asian Social Science, pp.206-219.

Abbou, D ; (2014), Architecture de terre en Algérie : Un patrimoine à conserver et à développer, mémoire de Magister en Architecture, Université de Mostaganem, 183 p.

Abdel Aziz, T.M; Shawket, I; (2011), New strategy of upgrading slum areas in developing countries using vernacular trends to achieve a sustainable housing development, Elsevier, Energy Procedia 6, pp.228–235.

Abdelsalam, T; Mohamed Rihan, G; (2013), The impact of sustainability trends on housing design identity of Arab cities, HBRC Journal, 14 p.

Abdulbasit, A; Norhati, I; Sabarinah, S.A; Josmin, Y; (2015), Thermal Performance Analysis of Courtyards in a Hot Humid Climate using Computational Fluid Dynamics CFD Method, ScienceDirect, ELSEVIER, pp.474-483.

Abdullahi, Y; (2020), Evaluation of Bioclimatic Principles in Design of office Building in Hot-Dry Climate Region of Nigeria, International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT),pp.820-826.

Abraham, H; (1968), Maslow, Toward a Psychology of Being, New York: Van Nostrand Reinhold, pp.25-31.

Agnès, F ; (2003), Les Sablettes : 1950-1953, Fernand Pouillon, architecte, un modèle de station balnéaire dans le Var, 20 p.

Ahmed, A; Freewan, Y; (2019), Advances in Passive Cooling Design: An Integrated Design Approach, chapter in, Book Citation Index, Zero and Net Zero Energy, 25 p.

Ahmed, F; Ahmed, S; Muhammad, H; (2016), Computational design as an approach to sustainable regional architecture in the Arab world, Social and Behavioral Sciences, pp.180-190.

Ahmed, R.M; (2014), Lessons Learnt from the Vernacular Architecture of Bedouins in Siwa Oasis, Egypt, The 31st International Symposium on Automation and Robotics in Construction and Mining, 8 p.

Akadiri, O.P.A; Chinyio, E.O; Olomolaiye, P; (2012), Design of A Sustainable Building: A Conceptual Framework for Implementing Sustainability in the Building Sector, Buildings , pp.126-152.

Al Haroun, Y; (2015), Contemporary Attitudes to Vernacular Elements in Kuwait's Domestic Architecture: A Mixed Method Study, School of Architecture University of Sheffield, A thesis submitted to the University of Sheffield in partial fulfilment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy, 441 p.

Alam Al Bena'a, Sidi Abbas Housing Ghardaia, Algeria Architect André Ravéreau Aubenas, France, From the Archive of the AgaKhan Award of Architecture, pp.8-10.

Alary, V; Daoud, I; Abdelzaher, M; Salama, O ; Aboul-Naga, A ; Merveille, N ; Tourrand, J.F ; Dury, S ; (2012), *Adaptation des Sociétés Bédouines de la Côte Nord-Ouest de l’Égypte au Changement Global*, CAIRN.INFO, matières à réflexion, pp.183-200.

Aldawoud, A; (2008), *Thermal performance of courtyard buildings*, *Energy and Buildings* 40(5), pp.906-910.

Al-Hemiddi, N.A; Megren Al-Saud, K.A; (2001), *The effect of a ventilated interior courtyard on the thermal performance of a house in a hot–arid region*, *Renewable Energy* 24, pp.581-595.

Al-Jokhadar, A ; Jabi, W; (2016), *Towards a Contemporary Vernacular High-rise Residential Development in the Middle-East and North-Africa: Learning from the Socio-Spatial Qualities of the Vernacular Model*, *Conference: The Fifth Architectural Jordanian International Conference: Contemporary Architecture in the Arab World; Opportunities and Challenges at: Amman, Jordan*, 12 p.

Almusaed, A; Almssad, A; (2015), *Building materials in eco-energy houses from Iraq and Iran*, *Elsevier, Case Studies in Construction Materials* 2, pp.42-54.

Amar Bennadji; (1999), *Adaptation climatique ou culturelle en zones arides. Cas du sud-est algérien*, *Géographie. Université de Provence - Aix-Marseille I, Français*, pp.233.

Amraoui, K; Sriti, L; Di Turi, S; Ruggiero, F; Kaihoul, A; (2021), *Exploring building’s envelope thermal behavior of the neo-vernacular residential architecture in a hot and dry climate region of Algeria*, *Building Simulation*, 18 p.

Annalisa, C ; (2014), *Cultures constructives vernaculaires et résilience, Entre savoir, pratique et technique : appréhender le vernaculaire en tant que génie du lieu et génie parasinistre*, *Thèse de doctorat à l’Université de Grenoble*, 539 p.

ANSI/ASHRAE; (2014). *ASHRAE Guideline 14-2014: Measurement of Energy, Demand, and Water Savings*. Atlanta, GA, USA: American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 4 p.

ANSI/ASHRAE; (2001), *Standard 5-2000R-Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*, Atlanta: ASHRAE Inc, 30 p.

Arif Kamal, M; (2014), *The morphology of traditional architecture of Jeddah: Climatic design and environmental sustainability*, pp.4-26.

Ashok, L; (2012), *Vernacular traditions contemporary architecture*, Published by : The Energy Resources Institute, India, 217 p.

ASHRAE ; (2010), *ANSI/ASHRAE (American National Standards Institute /American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, Thermal environmental conditions for human Occupancy, Standard 55-2004 2010*, Atlanta, 3 p.

ASHRAE; (2013), *Ventilation for Acceptable Indoor AirQuality*, Atlanta, ASHRAE, 58 p.

ASHRAE; (1992), *ASHRAE. ANSI/ASHRAE Standard 55-1992, Thermal environmental conditions for human occupancy. American Society of Heating, Refrigerating, and AirConditioning Engineers, Inc*, 5 p.

ASHRAE; (2010), *INTERPRETATION IC 55-2004-3 OF ANSI/ASHRAE Standard 55-2004. Thermal environmental conditions for human occupancy*. Atlanta, 34 p.

- Asquith, L; Vellinga, M; (2006), *Vernacular Architecture in the Twenty-First Century: Theory, Education And Practice*, Taylor & Francis, London, UK, 294 p.
- Aydin Gezer, N; (2003), *The effects of construction materials on thermal comfort in residential buildings; an analysis using Ecotect 5.0*, In partial fulfillment of the requirements for the degree of master of science in the department of architecture, Middle East Technical University, 119 p.
- Azadi, S; Haghghatbin, M; (2016), *The role Sustainable Architecture in Iranian Traditional Architecture*, *International Journal of Advanced Biotechnology and Research*, pp.1335-1343.
- Babbie, E; (1990), *Survey research methods (2nd ed)*, Belmont, CA: Wadsworth, 395 p.
- Balocco, C; Petrone, G; Maggi, O; Pasquariello, G; Albertini, R; Pasquarella, C; (2016), *Indoor microclimatic study for Cultural Heritage protection and preventive conservation in the Palatina Library*, *Journal of Cultural Heritage*, 12 p.
- Bantanur, S; Bharathish, S.P; (2016), *Day lighting analysis in vernacular houses of rural karnataka, india*, *Journal of architecture, planning & construction management*, 11 p.
- Barazzetta, G ; (2017), *A l'ombre de Pouillon*, Traduit en Français par Patrono et Catherine Sayen, Editions Transversales, Toulouse, France, 79 p.
- Barton, H; (1999), *Sustainable Communities: The potential for eco-neighbourhoods*, Earthscan Publications Ltd, London, 328 p.
- Batier, C ; (2016), *Confort thermique et énergie dans l'habitat social en milieu méditerranéen*, Thèse pour obtenir le grade de docteur à l'Université de Montpellier, 291 p.
- Baudouï, R ; Potié, P ; (2003), *André Ravéreau : l'atelier du désert*, éditions parenthèses Marseille, 190 p.
- Bédarida, M ; (2012), *Fernand Pouillon*, Editions du Patrimoine, Centre des monuments nationaux, Paris, 203 p.
- Bekkouche, A ; (2011), *Vies de Villes*, 107 p., n° 15, Alger, novembre 2010, Dossier : Habitat, *Revue Des Revues, Insaniyat* n°s 51-52, pp.315-319.
- Belkacem, N ; (2017), *Contribuer à l'évaluation des performances énergétiques et environnementales d'un habitat individuel bioclimatique : Cas de la maison pilote de Souidania*, thèse de doctort, à l'université de Chlef-Algérie, 340 p.
- Bellal, T; (2010), *Housing as an Expression of Self-Identity in Contemporary Algeria: The Work of El-Miniawy Brothers*, *Journal of Islamic Architecture* Volume 1, Setif, Algeria, pp. 87-93.
- Bencheikh, D; Bederina, M; (2019), *Assessing the duality of thermal performance and energy efcieny of residential buildings in hot arid climate of Laghouat, Algeria*, *International Journal of Energy and Environmental Engineering*, pp.143-162.
- Benchekroun, M; Chergui, S; Ruggiero, F; Silvia, D.T; (2019), *Indoor Microclimate Conditions and the Impact of Transformations on Hygrothermal Comfort in the Old Ottoman Houses in Algiers*, *International Journal of Architectural Heritage*, 25 p.
- Bendjemila, I ; (2018), *L'estimation de la vulnérabilité urbaine, clé de la gestion des risques, cas de Skikda*, Thèse de doctorat soutenue à l'Université de Constantine3, 451 p.

- Bennadji, A ; (1999), Adaptation climatique ou culturelle en zones arides. Cas du sud-est algérien, Géographie. Université de Provence - Aix-Marseille I, Français, 233 p.
- Berghout, B ; (2019), Intégration des Aspects Énergétiques et du Confort Ambient Passif dans la Conception de L’habitat en Milieu Aride, Thèse par Articles Présentée à L’école de Technologie Supérieure Comme Exigence Partielle à L’obtention du Doctorat en Génie, Université de MONTRÉAL, 191 p.
- Bernard, M ; (2010), Fernand Pouillon, l’homme à abattre, Editions du Linteau, 113 p.
- Bertaud du Chazaud, V ; Rarvéreau, M ; (2007), André Ravéreau du locale à l’universel, Editions de linteau, 52 rue du doui, 75009 Paris, 155 p.
- Bhochhibhoya, S; Zanetti, M; Pierobon, F; Gatto, P; Maskey, R.K; Cavalli, R; (2017), The Global Warming Potential of Building Materials : An Application of Life Cycle Analysis in Nepal, Mountain Research and Development, pp.47-55.
- Bianco, L; (2016), Rural and Urban Vernacular Architecture of the ,Mediterranean, A source for contemporary, contextual, architectural design solutions, The 5th Electronic International Interdisciplinary Conference, History and Archaeology, pp.126-131.
- Bodach, S; Lang, W; Hamhaber, J; (2014), Climate responsive building design strategies of vernacular architecture in Nepal, Energy and Buildings, pp.227-242.
- Bonillo, J.L ; (2001), Fernand Pouillon ; architecte méditerranéenne, Les éditions Imbernon à Marseille, 256 p.
- Born, F.J; Clarke, J.A,C; Johnstone, M; (2001), Development and demonstration of a renewable energy based energy demand/supply decision support tool for the building design profession, In: Proceedings of the 7th International IBPSA Building Simulation Conference, Rio de Janeiro, Brazil, pp.245-250.
- Bouchon, M ; (2009), Collecte de données, Méthodologie qualitative, Médecins du monde, 12 p.
- Boumedién, M ; (2019), Evaluation environnementale de projets d’habitats inspirés de l’architecture vernaculaire, cas des projets réalisés par El Miniawy dans le sud Algérien, mémoire de Master en Architecture, Université Mohamed Khider de Biskra, 86 p.
- Bounekraf, A ; (1997), Document Technique Réglementaire (D.T.R.C3-2), Réglementaire thermique des bâtiments d’habitation, Règles de calcul des déperditions calorifiques, Fascicule 1, Ministère de l’habitat, 72 p.
- Broome, B; (2010), Ace in the hole, in Architectural Record, pp.56-61.
- Brundland, G; (1987), Our Common Future, World Commission on Environment and Development, Oxford: Oxford University Press, 420 p.
- BS EN ISO 7730; (2005), Ergonomics of the thermal environment –Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria, BSI Publication, 52 p.
- Bullen, P.A; Love, P.E; (2010), The rhetoric of adaptive reuse or reality of demolition: Views from the field. Cities27 (4), pp.215-224.

Buratti, C; Moretti, E; Belloni, E; Cotana, F; (2013), Unsteady simulation of energy performance and thermal confort in non-residential buildings, *Building and Environment*, pp.482-491.

By-Anju, P; (2013), *The Integration of Occupant Comfort, Energy and Daylighting in the Non-Domestic Buildings*, Loughborough University, 84 p.

Caimi, A ; (2014), *Culture Constructive Vernaculaire et résilience. Entre savoir, pratique et technique : appréhender le vernaculaire en tant que génie du lieu et génie parasinistre*, Thèse de doctorat présenté à l'Université de Grenoble, 539 p.

Caimi, A; Hofmann, M; (2014), Learning from vernacular building practices : A starting point for risk mitigation, in *Vernacular Heritage and Earthen Architecture : Contributions for Sustainable Development*, eds. M. Correia, G. D. Carlos, S. Rocha, Taylor & Francis Group, London, pp.703-709.

Calautit, J.K; Hughes, B.R; Ghani, S.A; (2012), A numerical investigation into the feasibility of integrating green building technologies into row houses in the Middle East, *Architectural Science Review*, 18 p.

Canan, F; Sayin, S; Korumaz, M; (2017), Cultural identity in contemporary turkish architecture case study in KONYA, *International Journal of Architecture and Planning*, pp.44-62.

Candy, L; (2006), *Practice Based Research: A Guide* Sydney: University of Technology, 19 p.

Cantika, C; Nurhikmah, B.H; Mohammad Ali, T; (2020), Net-Zero Energy Building Application In NeoVernacular Architecture Concept, *International Journal Of Scientific & Technology Research* Volume 9, ISSUE 03, pp. 2056-2060.

Cantin, B ; Moujalled, B ; Guarracino, G ; (2005), Complexité du confort thermique dans les batiments. Communication présentée au 6ème Congrès Européen de science des systèmes, Paris, France, 10 p.

Carabaño, R.M; Hernando, S; Ruiz, D; Bedoya, C; (2017), Life Cycle Assessment (LCA) of building materials for the evaluation of building sustainability: the case of thermal insulation materials, pp.22-32.

Cataldi, G.C; Abde Lham, I.R; Selva, F; (1996), The Town of Gharda "ia in M'zab, Algeria: Between Tradition and Modernity, *Tdsr* Volume Vii Number II, pp.63-74.

Caue ; (2006), *L'exposition : André Ravéreau, l'atelier du désert à Rhône*, dossier de presse, 20 p.

Chabi, M ; (2009), *Etude bioclimatique du logement social-participatif de la vallée du M'Zab : cas du Ksar de Tafilelt*, Mémoire de Magister, Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou, 325 p.

Chensé, L; Duforestel, T; Roux, J.J; Rusaouen, G; (2012), Energy saving and environmental resources potentials: Toward new methods of building design, *Building and Environment* 58, pp.199-207.

Chicaro Jimenez, D ; (2017), *El Acto de la observacion experiencia de la transmision de un ethos subyacente*, Tese de Doutorado, Pontificia Universidade Catolica DO Rio De Janeiro, 341 p.

- Clare, N; (2016), Contemporary vernacular design, how British housing can rediscover its soul, Published by RIBA publishing, 240 p.
- Coch, H; (1998), Bioclimatism in vernacular architecture, *Renew and Sustain Energy Reviews*, no.2, pp.67-87.
- Connelly, S; (2007), Mapping sustainable development as a contested concept, *Local Environment*, pp.259-278.
- Correia, M; (2009), Sustentabilidade: Conceito e Desenvolvimento, in *Energias Renováveis*, Atelier Pã, Porto, pp.68-76.
- Correia, M; Carlos, G; Merten, J; Viana, D; Rocha, S; (2014), VerSus: Vernacular heritage contribution to sustainable architecture, in *Vernacular Heritage and Earthen Architecture: Contributions for Sustainable Development*, eds. M. Correia, G.D. Carlos, S. Rocha, Taylor & Francis Group, London, pp.833-838.
- Correia, M; Carlos, G; Rocha, S; (2014), *Vernacular Heritage and Earthen Architecture Contributions for Sustainable Development*, Published by: CRC Press/Balkema, Taylor & Francis Group, London, UK, 896 p.
- Correia, M; Dipasquale, L; Mecca, S; (2011), *Terra Europae : Earthen Architecture in the European Union*, Edizioni ETS, Pisa, 220 p.
- Correia, M; Dipasquale, L; Mecca, S; (2014), *Versus Heritage For Tomorrow, Vernacular Knowledge for Sustainable Architecture*, European Research Project, 292 p.
- Costanzo, V; Evola, G; Marletta, L; (2017), *A Review of Daylighting Strategies in Schools: State of the Art and Expected Future Trends*, Buildings, 21 p.
- Coullenot, S ; (2015), *L'architecture vernaculaire, un modèle pour l'architecture de demain ? Une étude de cas islandaise*, l'Université Jean Monnet, Saint-Étienne, 13 p.
- Creangă, E; Ciotoiu, I; Gheorghiu, D; Nash, G; (2010), Vernacular architecture as a model for contemporary design, *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, Vol 128, pp.158-171.
- Creswell, J.W; (2009), *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches-3rd ed*, by sage publications. Inc, 295 p.
- Cruet, S ; (2018), *Pouillon, une architecture durable : les deux cents colonnes et autres brefs essais*, Edition Transversales, Belcastel, Toulouse-France, 91 p.
- Da Cunha, A ; Knoepfet, P ; Leresche, J.P ; Nahrath, S ; (2005), *Enjeux du développement urbain durable/ transformations urbaines, gestion des ressources et gouvernances*, ppur (presse polytechnique et universitaires Romandes), 471 p.
- Dalel, K ; (2017), *Elaboration et application d'une méthode d'évaluation des impacts environnementaux des bâtiments hôteliers par analyse du cycle de vie*, Thèse pour l'obtention du diplôme de doctorat en sciences, Université de Jijel, 452 p.
- Damirchi Loo, L; Mahdavejad, M; (2017), The Concept of Sustainability in Contemporary Architecture and Its Significant Relationship with Vernacular Architecture of Iran, *Journal of Sustainable Development*, pp.132-141.

- Day, H; (2013), The vernacular as a model for design : Design studies for the contemporary Welsh house, A dissertation submitted in The Welsh School of Architecture, Cardiff University. In candidature for the degree of Philosophiae Doctor, Cardiff University, 481 p.
- Dayaratne, R; (2018), Toward sustainable development: Lessons from vernacular settlements of Sri Lanka, *Frontiers of Architectural Research*, 13 p.
- De Dear, R; Brager, G.S; (1998), Developing an Adaptive Model of Thermal Comfort and Preference, *Indoor Environmental Quality (IEQ)*, Center for the Built Environment, Center for Environmental Design Research, UC Berkeley, 19 p.
- De Lasso, J; França, J; Espirito Santo, K; Assed; (2016), Case Study: LCA Methodology Applied to Materials Management in a Brazilian Residential Construction Site ,*Hindawi Publishing Corporation Journal of Engineering*, 9 p.
- De Vries, J.M.B; Petersen, C.A; (2009), METHODS Conceptualizing sustainable development An assessment methodology connecting values, knowledge, worldviews and scenarios, *Ecological Economics*, pp.1006-1019.
- Delorme, C ; (2001), Fernand Pouillon, un urbaniste intimiste, in revue *Urbanisme*, n° 320, 12 p.
- Derradji, L ; Boudali Errebai, F ; Amara, M ; Maoudj, Y ; Imessad, K ; Mokhtari, F ; (2013), Etude expérimentale du comportement thermique d'une maison prototype en période d'été, *Revue des Energies Renouvelables Vol. 16 N°4*, pp.709-719.
- Dipasquale, L; Mecca, I; (2016), L'architettura vernacolare come modello codificato per il progetto contemporaneo sostenibile, *Ricerca E Sperimentazione, Research and Experimentation*, pp.190-198.
- Djongyang, N; Tchinda, R; Njomo, D; (2010), Thermal Comfort: A Review Paper. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 14, no. 9, pp.2626-2640.
- Domer, D; (1997), Alfred Caldwell: The Life and Work of a Prairie School Landscape Architect, The Johns Hopkins University press, Virginia, 336 p.
- Dominic, S; (2007), *Rural: Open to all, beginners welcome*, Published by Mermaid Turbulence, Ireland, 192 p.
- Dubor, B.F ; (1986), Fernand Pouillon, Edition Electa Moniteur, 144 p.
- Ecologi, K ; (2012), *architecture, ville, société, énergie*, N°27, pp.1-83.
- El Miniawy, H; Mark, F; Tobah, S; (1990), Qars Rural development project , Development plan-Phase II Draft report development strategy, The Egyptian Environmental Affairs Agency (EEAA), Le Caire, 147 p.
- El, C; (2005), Eduardo Souto de Moura 1995-2005, *The Naturalness of Things (El Croquis)* Paperback, El Croquis Editorial, no, 124 p.
- El-Darwish, I; Gomaa, M; (2017), Retrofitting strategy for building envelopes to achieve energy efficiency, *Alexandria Engineering Journal*, pp.579-589.
- El-Deeb, K; Sherif, A; El-Zafarany, A; (2014), Effect of Courtyard Height and Proportions on Energy Performance of Multi-Storey Air-Conditioned Desert Buildings, 30th International Plea Conference , CEPT University, Ahmedabad, 8 p.

- Elkington, J; (1999), Triple Bottom Line revolution: Reporting for the Third Millennium, Australian CPA, 75 p.
- Ellis, J; Schwartz, J; Mora, R; (2016), Assessment of natural ventilation effectiveness for an active NetZero energy house, *International Journal of Ventilation*, 19 p.
- Ellis, J; Schwartz, J; Mora, R; (2016), Assessment of natural ventilation effectiveness for an active NetZero energy house, *International Journal of Ventilation*, pp.1-18.
- Elvina, M.N; Vinky, R; (2019), The Design of Resort Hotel in Tuktuk (Neo-Vernacular Architecture), *Jurnal Koridor: Jurnal Arsitektur dan Perkotaan* vol. 10 no. 02, pp.103-108.
- El-Wakil, L ; (2013), *Penser la tradition / Pratiquer le patrimoine*, Unité d'histoire de l'art, UNIGE, Université de Genève, <http://archive-ouverte.unige.ch/unige:31467>, 13 p.
- El-Wakil, L ; (2016), Hassan Fathy (1900–1989) et André Ravéreau (1919-) : destins croisés, *archive-ouverte unige*, 20 p.
- EnergyPlus, V; (2019a), *Guide for Interface Developers* U.S. Department of Energy, 38 p.
- EnergyPlus, V; (2019b), *EnergyPlus Essentials*, U.S. Department of Energy, 57 p.
- Erdiono, D; (2011), *Arsitektur Mordern (Neo) Vernakular di Indonesia*, Sabua, vol. III, no. 2085-7020, pp. 2-39.
- Exizidou, P; Christoforou, E; Fokaides, P.A; (2017), Numerical assessment of night ventilation impact on the thermal comfort of vernacular buildings, *J Build Rehabil*, Springer, 11 p.
- Fabrizio, E; Monetti, V; (2015), Methodologies and Advancements in the Calibration of Building Energy Models. *Energies*, pp.2548-2574.
- Fajer, A.T; Luis, B; Ricardo, M; (2019), Contribution of the Vernacular Architecture to the Sustainability: A Comparative Study between the Contemporary Areas and the Old Quarter of a Mediterranean City, *Sustainability*, 20 p.
- Fallman, D; (2007), Why Research-Oriented Design Isn't Design Oriented Research: On the Tensions Between Design and Research in an Implicit Design Discipline, *Know Techn Pol*, pp.193-200.
- Fares, K ; (2012), « L'industrialisation du logement en France (1885-1970) : De la construction légère et démontable à la construction lourde et architecturale », Thèse de doctorat, école doctorale Abbe Grégoire, CNAM, 164 p.
- Farhad, A ; (2020), *Grandir sous la Révolution iranienne*, Editions : L'harmattan, 252 p.
- Farjami, G; (2015), Reinterpreting the Concept of Emptiness as Central Courtyards in Contemporary Iranian Architecture, *Space and Culture*, 12 p.
- Fathy, H ; (1970), *Construire avec le peuple*, Histoire d'un village d'Egypte : Gourna, Quatrième édition, Sindbad : 1 et 3 rue Feutrier Paris 18, 429 p.
- Fathy, H; (1973), *Architecture for the Poor: An Experiment in Rural Egypt*, Published by the University of Chicago Press, Chicago, 366 p.
- Fathy, H; (1986), *Natural Energy and Vernacular Architecture. Principles and Examples with Reference to Hot Arid Climates*, The University of Chicago Press, Chicago and London, 195 p.

- Feizabadi, M; Rezaei, N; Raisianzadeh, F; (2016), Investigation of Cultural Eco-Technology in Iranian Traditional Architecture: The way of Achieving a Comprehensive Viewpoint Regarding Contemporary Architecture of Iran, *Current World Environment*, pp.500-516.
- Fernandes, J; Mateus, R; Bragança, L; (2014), The potential of vernacular materials to the sustainable building design, in *Vernacular Heritage and Earthen Architecture : Contributions for Sustainable Development*, eds. M. Correia, G. D. Carlos, S. Rocha, Taylor & Francis Group, London, pp.623-629.
- Fernandez, P ; Lavigne, P ; (2009), *Concevoir des bâtiments bioclimatiques ; fondements et méthode*, Edition le moniteur, France, 430 p.
- Ferreira, T.L ; (2014), *Architectures vernaculaires et processus de production contemporains : formation, expérimentation et construction dans une communauté rurale au Brésil*. Thèse de doctorat présenté à l'université de Grenoble, 359 p.
- Firman, E; Yuni An Sari, N; (2018), Design of Sipiso-Piso resort Hotel with “Neo Vernacular Architecture Approach” In Karo, *International Journal of Architecture and Urbanism* Vol. 02, No.03, pp.226-234.
- Fokaides, P.A; Christoforou, E; Ilic, M; Papadopoulos, A; (2016) Performance of a Passive House under subtropical climatic conditions. *Energy Build*, pp.14-31.
- Foura, M ; (1999), *Le mouvement moderne de l'architecture : Naissance et déclin du concept de L'architecture autonome*. *Revue Sciences et technologie A*, pp.90-105.
- Freund, R ; Beauné, A ; Khaneboubi, M ; Baron, G.L ; (2012), *Analyse de données et logiciels : quelques pistes de réflexion*. *Adjectif.net*, 172 p.
- Fromonot, F; (1995), *Glenn Murcutt: Works and Projects*, Editeur : Thames & Hudson Ltd, London, 164 p.
- Fromonot, F; (2005), *Glenn Murcutt: Buildings and Projects 1962-2003*, Thames, Hudson, London/New York, 326 p.
- Galal, A; Ibrahim, H; (2016), Regeneration of sustainability in Contemporary Architecture: Approach Based on Native Function and Activities to Strengthen Identity, *Elsevier, Procedia - Social and Behavioral Sciences* 216, pp.800-809.
- Gauthier, B ; (2009), *Recherche social : De la problématique à la collecte des données*, Québec : Presses de l'Université du Québec, 767 p.
- Gauzin-Müller, D ; (2006), *25 maisons écologiques*, Éditeur : le Moniteur, Paris, 160 p.
- Gebregziabhier, T; (2008). *Durability problems of 20th century reinforced concrete heritage structures and their restorations*. Ph.D. Thesis. Technical University of Catalonia. Barcelona, 120 p.
- Gede, I; Dede, M; Nyoman, I; Widya, P; Ketut, I.M; (2018), Application of the Neo Vernacular Theme in the Redesign of Banjar Nyuh Port in Nusa Penida, Bali, *Journal of A Sustainable Global South*, Vol. 2 No. 2, pp.8-10.
- Ghaffarianhoseini, A; Berardi, U; Dahlan, N.D; Ghaffarianhoseini, A; (2014), The essence of Malay vernacular houses : Analysis of the socio-cultural and environmental values, *Sustainable Cities and Society, SCS G Model* 177, 14 p.

- Ghaffour, W ; (2014), Patrimoine architectural, entre technicité, confort et durabilité : Cas de la maison de L'Oukil du Sanctuaire de Sidi Boumediene, Mémoire de Magister en Architecture, 201 p.
- Ghanbari Chahanjiri, J ; Golabchi, M ; Bemanian, M.R ; Pourmand, H; (2014), Developing Neo-Vernacular Building Technologies to Integrate Natural and Built Environments: A Model Tourist Village in Qeshm Island, Research Journal of Recent Sciences, pp.78-86.
- Giancarlo, C; Rasid, A; Fabio, S; (1996), The Town of Gharda "ia in M'zab, Algeria : Between Tradition and Modernity, Tdsr Volume Vii Number II, pp.63-74.
- Gissen, D; (2003), Big and Green: towards Sustainable Architecture in the 21st Century, National Building Museum, Princeton Architectural, New York, USA, 6 p.
- Givoni, B ; (1978), L'homme, l'architecture et le climat, Paris : Edition du Moniteur, 250 p.
- Gorji Mahlabani, Y; Mofrad Boushehri, A; (2017), The Analysis of Daylight Factor and Illumination in Iranian Traditional Architecture, Case Studies: Qajar Era Houses, Qazvin, Iran, Armanshahr Architecture & Urban Development, pp.35-45.
- Grace, K.C.D; (2004), The development of a multi-criteria approach for the measurement of sustainable performance for built projects and facilities, A thesis submitted in fulfilment of the requirements for the award of Doctor of Philosophy of the University of Technology, Sydney, 404 p.
- Groat, L; Wang, D; (2013), Architectural Research Methods, Second Edition Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 480 p.
- Gruet, S ; Sayen, C ; Marfaing, J.L ; (2013), Fernand Pouillon : Humanité et grandeur d'un habitat pour tous, éditions Poïésis, France, 141 p.
- Gueliane, N; (2017), The Vernacular Architectural Heritage, Lever of the Development of a Sustainable Architecture, International Journal of Human Settlements, pp.25-35.
- Guené, F ; (2009), De l'idée architecturale aux lieux de l'architecture. L'approche du lieu comme révélateur de la posture et du regard de l'architecte sur le monde, Thèse de doctorat en architecture, Université de Strasbourg, 363 p.
- Hagan, S; (1998) the good, the bad and the juggled: the new ethics of building materials, The Journal of Architecture, 108 p.
- Haj Hussein, M ; (2012), Investigation sur la qualité des ambiances hygrothermiques et lumineuses des habitats palestiniens. La cour : contribution environnementale et socioculturelle, Thèse présenté à Université Bordeaux 1, 338 p.
- Hall, M.R; (2010), Materials for energy efficiency and thermal confort in buildings (1ère éd) New Delhi: Woodhead Publishing, 760 p.
- Hamuda, O; (1987), Architectural Character Between Authenticity and Modernism, Al-Dar Al-Masriah A Lubnaniah, Cairo, 12 p.
- Hancock, T; (1993), Social Sustainability The "soft infrastructure" of a Healthy Community, 10 p.
- Hegazy, S.M; (2015), Continuity and Change of Muscat House - Influencing Factors and Responses, International Journal of Advanced Research, Volume 3, Issue 9, pp.95-107.

- Henriett, Jean-Marc, D.C ; Pierre, M ; (1986), *Habiter le désert, les maisons mozabites*, Editions Pierre MARDAGA. Bruxelles, 256 p.
- Hernandez, O ; (2014), *Etude et analyse de la ventilation et de la qualité des environnements intérieurs (QEI) dans les bâtiments de bureaux à faible demande énergétique le cas de la tour Elithis à Dijon*, Thèse de doctorat à l'Université de La Rochelle, France, 211 p.
- Heschong, L; (1979), *Thermal delight in architecture*, MIT press, 150 p.
- Hitchcock, H.R ; Johnson, P ; (2001), *Ouvrage publié avec le concours du Centre national du Livre, Editions Parenthèses, Marseille, France, Les styles international*, 165 p.
- Hoare, A; (2006), *Forms and meanings of mobility, The dwellings and settlements of sedentarized Irish Travellers Anna Hoare*, In: *Vernacular Architecture in the Twenty-First Century: Theory, Education And Practice*, Taylor & Francis, London, UK, pp.63-80.
- Hockey, J; (2003), *Practice-Based Research Degree Students in Art and Design: Identity and Adaptation*. *Journal of Art & Design Education* February, pp.82-91.
- Holst, J.N; (2003), *Using whole building simulation models and optimizing procedures to optimize building envelop design with respect to energy consumption and indoor environment*, Eighth International IBPSA Conference, Eindhoven, Netherlands, pp.507-514.
- Hosseini, E; Mursib, G; Nafida.R, Shahedi, B; (2014), *Malay Vernacular Architecture: Mirror of The Past, Lessons for The Future*, The Proceedings of 8th SEATUC Symposium: Architecture, Urban Planning and Design, pp.10-14.
- Hosseini, E; Mursib, G; Shamninan, R; (2016), *Implementation of Traditional Malay Design Values in Contemporary Malay Houses*, *International Journal Of Built Environment And Sustainability*, pp.93-101.
- Huebner, G.M; Shipworth, D.T; Gauthier, S; Witzel, C; Raynham, P; Chan, W; (2016), *Saving energy with light. Experimental studies assessing the impact of colour temperature on thermal comfort*, *Energy Research and social science*, pp.45-57.
- Huet, B ; (1996), *L'héritage de Fernand Pouillon*, in revue *Architecture Mouvement Continuité*, n° 7, 12 p.
- Hui, P; Xiaomin, H; (2012), *From Traditional Building to Modern Architecture a Study on Sustainable Development of Architecture Engineering*, *Advanced Materials Research Vols 433-440*, pp.1377-1379.
- Hussain, S; Oosthuizen, P.H; (2012), *Validation of numerical modeling of conditions in an atrium space with a hybrid ventilation system*, *Building and Environment*, pp.152-161.
- Hyginus, C.E; (2019), *Popper's Piecemeal Engineering and Social Reform in Africa*, *International Journal of Advanced Engineering, Management and Science*, pp.73-79.
- Ibrahim, N; (2010), *Appropriate Building Patterns for Saint Catherine, Egypt A Building Guidebook*, Published by Centre of Building Crafts, St. Catherine, 43 p.
- Ilha, M.S.O; Oliveira, L.H; Gonçalves, O.M; (2009), *Environmental assessment of residential buildings with an emphasis on water conservation*, *Build. Serv. Eng. Res. Technol*, pp.15–26.

- Imam Faisal, P; Hilda Masito, T; (2018), Youth and Creativity Center Medan-Selayang (With Neo-Vernacular Architecture Design Approach), International Journal of Architecture and Urbanism Vol. 02, No. 01, pp.11-20.
- Izadpanahi, P; Mahmoudi, F.L; Nikpey, R; (2021), Lessons from Sustainable and Vernacular Passive Cooling Strategies Used in Traditional Iranian Houses, Journal of Sustainability Research, 23 p.
- Jedidi, M ; Benjeddou, O ; (2016), La thermique du bâtiment : du confort thermique au choix des équipements de chauffage et de climatisation, DUNOD : éditeur de savoirs, 208 p.
- Jindong, W; (2015), Thermal comfort and Occupant Behaviour in office buildings in south-east china, Thèse de doctorat, Université de Nottingham, Angleterre, 12 p.
- João, L ; Josué, F ; Kárida, E.S ; Haddad, A ; (2016), Étude de cas : Méthodologie de l'ACV appliquée à la gestion des matériaux dans un chantier de construction résidentiel au Brésil. Hindawi Publishing Corporation Journal of Engineering Volume 2016, 9 p.
- Johnson, R.B; Onwuegbuzie, A.J; (2004), Mixed Methods Research : A Research Paradigm Whose Time Has Come, Educational Researcher, pp.14-26.
- Joo-Hwa, B; Boon-Lay, O; (2006), Tropical Sustainable Architecture: Social and Environmental Dimensions, Published by Elsevier, 312 p.
- Julio, I; Callejas, A; Durante, L.C; Diz-Mellado, E; Galán-Marín, C; (2020), Thermal Sensation in Courtyards: Potentialities as a Passive Strategy in Tropical Climates, Sustainability, 20 p.
- Kaoula, D ; (2017), Elaboration Et Application d'une Méthode d'évaluation des Impacts Environnementaux des Batiments Hoteliers par Analyse du Cycle de Vie, Thèse pour l'Obtention du Diplôme de Doctorat en Sciences Option : Architecture, 452 p.
- Kaoula, D; Bouchair, A; (2016), Evaluation of environmental impacts of hotel buildings having different envelopes using a life cycle analysis approach, Indoor and Built Environment, 20 p.
- Kasbadji, N.M ; (1999), Carte des Vents de l'Algérie - Résultats Préliminaires -, Rev. Energ. Ren. : Valorisation, pp.209-214.
- Kebaili, N ; (2006), L'architecture de terre contemporaine en Algérie, Evaluation post-occupation d'habitations rurales dans la région centre des hauts plateaux, Mémoire de Magister en Architecture, Epau, Alger, 250 p.
- Kenzo, T; Walter, G; Yasuhiro, I; Katsura; (1960), Tradition and creation in japanese architecture, Publisher: Yale University Press, 140 p.
- Kenzo, T; Yoshio, W; Noboru, K; (1965), ISE Prototype of Japanese Architecture, The M.I.T. Press, Cambridge, Massachusetts, 212 p.
- Kersenna, S; Chaouche, S; (2018), When the neo-vernacular architecture inspires the contemporary conception, Vernacular and Earthen Architecture: Conservation and Sustainability – Mileto et al. (Eds) © 2018 Taylor & Francis Group, London, pp.605-610.
- Kersenna, S; Chaouche, S; Bencherif, M; (2021), Evaluation Environmental Strategies in a Semi-Arid Region : Case Of The 50 Duplex Dwellings of the El-Miniawy Brothers in M'sila, Journal of Fundamental and Applied Sciences, pp.107-136.

- Khadraoui, M.A ; (2019), Etude et optimisation de la façade pour un confort thermique et une efficacité énergétique, Cas des bâtiments tertiaires dans un climat chaud et aride, Thèse présentée en vue de l'obtention du diplôme de doctorat en architecture, Université de Biskra, 351 p.
- Kim, J.J; Rigdon, B; (1998), Sustainable Architecture Module: Introduction to Sustainable Design, National Pollution Prevention Centre for Higher Education, Michigan, USA, 28 p.
- Kimouche, N ; (2018), Utilisation des méthodes CFD pour Simuler le Phénomène de la Ventilation Naturelle dans les Locaux, Thèse de Doctorat à l'Université de Constantine 1, 123 p.
- Klaus-Peter, G; (2007), Modern Traditions Contemporary Architecture in India, Birkhäuser Verlag AG Basel · Boston · Berlin, 125 p.
- Koenig, P ; (1980), Technique et Architecture, Revu Bimestrielle, publier par les éditions régionaux-France 62, Rue Ampère 75017 Paris, N° : 329, Algérie, 146 p.
- Kottas, D ; (2016), Matériaux : Architecture et construction (1ère éd), France, Links, 254 p.
- Kuma, K; (2008), Anti-object: The Dissolution and Disintegration of Architecture, Éditeur: Architectural Association, 151 p.
- Kumiko, S ; (2005), La réalisation de la nouvelle agglomération de Timgad pendant la guerre d'Algérie : Roland Simounet et sa « mission impossible » (1958-1960), In : Livraisons d'histoire de l'architecture, n°9, 1er semestre, pp.149-159.
- Kumiko, S ; (2011), Roland Simounet, architecte (1927-1996) : œuvres et rayonnement, Thèse de doctorat en Histoire de l'art à l'université de Paris 04, Sous la direction de Bruno Foucart. 4 vol, 1293 p.
- Labbouz, D ; (2015), Bâtiments tertiaires performants et comportements favorables à l'environnement : Le rôle de variables psychosociales et du contexte organisationnel, Thèse de doctorat, Université Paris Ouest Nanterre, la défense, France, 346 p.
- Lalaina, R ; Génis, L ; Cartier, S ; Garnier, P ; (2015), Décrypter SHERPA : Un outil pour évaluer la durabilité des projets d'habitats, 4èmes Rencontres Scientifiques Internationales de la Cité des Territoires Grenoble, 14 p.
- Lamrhari, M.L ; (2018), Comportement thermique et économie d'énergie dans un appartement avec différentes mesures d'efficacité énergétique dans les six zones climatiques du Maroc, Thèse de doctorat, Université Cadi Ayyad-Marrakeche, 129 p.
- Lefèvre, N ; (2010), Méthodes et techniques d'enquête, université de lil2, France, 23 p.
- Lescrive ; (2011), Architecture en terre à new Gournia, Hassan Fathy, le maître de la terre, déménagement du Consulat général de France, Union des Français de l'étranger-Egypte, N°145, pp.26-33.
- Liébard, A ; De Herde, A ; (2005), Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques, Concevoir, édifier et aménager avec le développement durable, Editeur, Observ'ER, Observatoire des énergies renouvelables, 778 p.
- Lim, S.W; Hock Beng, T; (1998), Contemporary Vernacular, evoking traditions in Asian architecture, Published by, Select Books Pte Ltd, 170 p.

- Lindarto, D; Pasaribu, J; (2019), Application Of Neo Vernacular Architecture In Tongging Agrotourism Planning, *Jurnal Koridor: Jurnal Arsitektur dan Perkotaan*, pp.79-84.
- Lindarto, D; Solihin, R; (2020), Mall & Market Design; a Neo-Vernacular Approach, *International Journal of Architecture and Urbanism*, pp.87- 98.
- Lissofsky, N; (1996), *Making Peace With the Land: Designing Israel's Landscape*, Editeur: Spacemaker Press,U.S, 160 p.
- Lloyd Jones, D ; (2002), *Atlante di bioarchitettura: 13 (Italiano) Copertina rigida*, UTET, Milano, 256 p.
- Luisa, M; Gil, M; Mari, J; Gonza'lez, L; Alejandro, L.G; Armando, S.N; Mark, A.A; Enrique, H.M; (2012), Toward the production of future heritage structures: Considering durability in building performance and sustainability – A philosophical and historical overview, *International Journal of Sustainable Built Environment*, pp.269-273.
- Maachi Maïza, M ; (2008), *L'architecture de Fernand Pouillon en Algérie*, *Insaniyat, revue d'anthropologie et de sciences sociales*, pp.13-26.
- Mahar, W.A; Verbeeck, G; Singh, M.K; Attia, S; (2019), An Investigation of Thermal Comfort of Houses in Dry and Semi-Arid Climates of Quetta, Pakistan, *Sustainability*, 23 p.
- Mahlabani, Y.G, Boushehri, A.M; (2017), The Analysis of Daylight Factor and Illumination in Iranian Traditional Architecture, Case Studies: Qajar Era Houses, Qazvin, Iran, *Armanshahr Architecture & Urban Development*, pp.35-45.
- Maile, T; Bazjanac, V; Fischer, M; (2012), A method to compare simulated and measured data to assess building energy performance, *Building and Environment*, pp.241-251.
- Makani, V; Khorram, A; Ahmadipur, Z; (2012), *Secrets of Light in Traditional Houses of Iran (Hot and Dry Climate)*, *International Journal of Architecture and Urban Development*, pp.45-50.
- Mamun, R; Dilshad, R.A; (2014), *Modernity in tradition: Reflections on building design and technology in the Asian vernacular*, Elsevier, *Frontiers of Architectural Research*, 10 p.
- Marc, O ; Danet, G ; Sinama, F ; Lucas, F ; (2010), *Modélisation dans l'environnement EnergyPlus et éléments de validation expérimentale d'une installation de rafraîchissement solaire couplée au bâtiment*, Conférence Ibpsa France – Moret-Sur Loing, 14 p.
- Mariani, S; Rosso, F; Ferrero, M; (2018), *Building in Historical Areas: Identity Values and EnergyPerformance of Innovative Massive Stone Envelopes with Reference to Traditional Building Solutions*, buildings, 19 p.
- Martin, J; (2011), *Genius of Place: The Life of Frederick Law Olmsted*, Da Capo Press, Cambridge, MA, 496 p.
- Mashary, N; (2007), *Tafeltes Tajdite Ghardaia, Algeria, On Site Review Report*, 60 p.
- Masrouf, M.M; Karbaschi, M.J; (2015), *Comprehending Vernacular Architecture in the Architectural Educational System in Iran*. *American Journal of Civil Engineering and Architecture*, pp.45-51.
- Mazari, M ; (2012), *Etude et évaluation du confort thermique des bâtiments à caractère public : Cas du département d'architecture de Tamda « Tizi-Ouzou »*, *Mémoire de Magister, Université de Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou*, 167 p.

- Mazouz, S ; (2015), La crise identitaire dans l'architecture en Algérie, 19 p.
- Mazzari, M ; (2012), Etude et évaluation de confort thermique des bâtiments à caractère public, Mémoire de magistère en architecture, à l'Université Mouloud Mammeri, Tizi ouzzou, 167 p.
- Medjelekh, D ; (2015), Caractérisation multi-échelle du comportement thermo hydrique des enveloppes hygroscopiques, Thèse pour obtenir le grade de docteur des universités de Limoge, Constantine, Spécialité : Génie civil, Architecture Bioclimatique, 300 p.
- Mezrag, H ; (2016), Le logement social collectif : Entre la conception et l'usage Cas de la ville de M'sila, Thèse présentée en vue de l'obtention Du diplôme de : Doctorat en Sciences, option : Architecture, Université Mohamed Khider-Biskra, 716 p.
- Michael, A; Heracleous, C; Thravalou Philokyprou, M; (2017), Lighting performance of urban vernacular architecture in the East-Mediterranean area: Field study and simulation analysis, *Indoor and Built Environment*, pp.471-487.
- Mileto, C; Vegas, F, Soriano, L.G; Cristini, V; (2007), Vernacular Architecture: Towards a Sustainable Future, Taylor & Francis Group, London, 804 p.
- Miquey, D ; (2010), La prise en compte de l'énergie du climat dans l'urbanisme, l'approche bioclimatique dans l'aménagement, 200 p.
- Misse, A ; (2010), Stratégie du chaud/ stratégie du froid, les grands principes, Note du cours, 2^{ème} cole nationale supérieure d'architecture de Grenoble, France, 20 p.
- Mohammad Arif, K; (2014), The morphology of traditional architecture of Jeddah: Climatic design and environmental sustainability, pp.4-26.
- Mohammed, C ; (2009), Etude bioclimatique du logement social-participatif de la vallée du M'Zab : cas du Ksar de Tafilelt, Mémoire de Magister, Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou, 325 p.
- Mohammed, C ; Mohammed, D ; (2011) Le Ksar de Tafilelt dans la vallée du Mzab : Une expérience urbaine entre tradition et modernité, eBox Editions L'esprit à l'état numérique, 14 p.
- Mohammed, C ; Mohammed, D ; (2017). Le patrimoine : Un référent pour le renouvellement urbain ? Cas des ksour du M'Zab. Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, Algérie, 13 p.
- Mohebbi, L; Kazemi, E; (2014), Explaining the Role of Material in Vernacular Architecture and its Comparison with Modern Materials Architecture and Utilizing Nanotechnology, *The SIJ Transactions on Advances in Space Research & Earth Exploration (ASREE)*, pp.29-37.
- Mokhtar El-Wassimy, M; (2011), High Performance Buildings, A Thesis Presented to Faculty of Engineering, Alexandria University In partial fulfillment of the Requirements for the Degree, 229 p.
- Molinar-Ruiz, A; (2017), Cold-Arid Deserts: Global Vernacular Framework for Passive Architectural Design, University of Hawai'i, 150 p.
- Moosavi, L; Mahyuddin, N; Ab Ghafar, N; (2015), A comparison between atrium and courtyard cooling efficiency in hot tropical climate, implementing different passive cooling strategies, *journal of renewable and sustainable energy*, 16 p.

- Moser, G ; (2009), *Psychologie environnementale, les relations homme environnement*. Bruxelles : de Boeck, 298 p.
- Moujalled, B ; (2007), *Modélisation dynamique du confort thermique dans les batiments naturellement ventilés*, Thèse de doctorat à 'institut national des sciences appliquées de Lyon, France, 330 p.
- Muhaisen, A.S; (2006), *Shading simulation of the courtyard form in different climatic regions*, *Building and Environment*, pp.1731-1741.
- Mukherjee, N; (1993), *Participatory rural appraisal: Methodology and applications (Studies in rural participation)*, New Delhi: Concept publishing company, *Studies in rural participation*, 160 p.
- Namias, O ; (2011), *Entretien avec Kengo Kuma. Yusuhara, l'architecture du futur ?*, *Ecologik* 21, pp.128-138.
- Neila-González, F.J ; (2004), *Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible*, Editorial Munilla-Lería, Madrid, pp.89-99.
- Nguyen, A.T; Reiter, S; (2012), *An investigation on thermal performance of a low-cost apartment in hot humid climate of Danang*. *Energy and Buildings*, pp.237-246.
- Niki, A; (2016), *Modernism and Postmodernism in Architecture, an Emphasis on the Characteristics, Similarities and Differences*, *The Turkish Online Journal of Design, Art and Communication - Tojdac*, pp.1626-1634.
- Noweir, S; (1983), *The El-Miniawy Architects in Algeria*, In *Mimar Architecture in Development*, pp.7-17.
- Oliver, P; (1997), *Encyclopedia of the Vernacular Architecture of the World*, Cambridge University Press. New York, 1616 p.
- Oliver, P; (1999), *Encyclopedia of Vernacular Architecture of the World*, Cambridge University Press, Cambridge, 2500 p.
- Oliver, P; (2003), *Dwellings: The Vernacular Architecture World Wide*, Phaidon Press, London, 288 p.
- Oliver, P; (2006), *Built to meet needs: cultural issues in vernacular architecture*, Architectural Press is an imprint of Elsevier, 475 p.
- Origin, G; (2009), by OriginLab Corporation, OriginLab Corporation One Roundhouse Plaza Northampton, MA 01060 USA, 133 p.
- Origin, U; (2018), by OriginLab Corporation, OriginLab Corporation One Roundhouse Plaza Northampton, MA 01060 USA, 334 p.
- Ortiz, O; Pasqualino, J.C; Castells, F; (2010), *Environmental performance of construction waste: Comparing three scenarios from a case study in Catalonia, Spain*, *Waste Manag*, pp. 646-654.
- Ozkan, S ; (1992), *Régionalisme et mouvement moderne- a la recherche d'une architecture contemporaine en harmonie avec la culture*, *Arch. & Comport./ Arch. & Behav.*, Vol. 8, no. 4, pp.353-366.

- Pagliano, L; Carlucci, S; Causone, F; Moazami, A; Cattarin, G; (2016), Energy retrofit for a climate resilient child care centre, *Energy and Buildings*, pp.1117-1132.
- Parsons, K; (2014), *Human thermal environments: the effects of hot, moderate, and cold environments on human health, confort, and performance* (3ème éd). Etats-Unis : CRC Press, 635 p.
- Paul Wakawa, Y; Halil Zafer, A; (2018), Performance of courtyard systems of housing in hot and humid climate (Bauchi, Nigeria), *International Journal of Civil and Structural Engineering Research*, pp.128-139.
- Pearson, D; (1994), *Earth to Spirit: In Search Of Natural Architecture*, New York: Abbeville Press Publishers, 159 p.
- Picard, A ; (1994), *Architecture et urbanisme en Algérie : D'une rive à l'autre (1830-1962)*, *Revue des mondes musulmans et de la Méditerranée*, pp.121-136.
- Pilar Abreu, L; Joana, M; Clara, P; (2016), *Rammed Earth Construction Nowadays – Comparing Methodologies and Design Between Portugal and USA*, Teraa, Lyon, 9 p.
- Pouillon, F ; (1964), *Les pierres Sauvages*, Edition : Aux Editions du Seuil, France, 313 p.
- Pouillon, F ; (1968), *Mémoire d'un Architecte, Maison d'édition : Imprimé en France par Brodard et Taupin 6.place d'Alleray. Paris .22 avenue Pierre 1er de Serbie. Paris, 624 p.*
- Pouillon, F ; Dubor,F ; Raynaud,M; (1988), *Indiscutablement les architectes se sont laissés manœuvrer... mais ils étaient contentes*, Edition Connivences, Paris, 92 p.
- Praseeda, K.I; Monto, M; Venkatarama Reddy, B.V; (2014), Assessing impact of material transition and thermal comfortmodels on embodied and operational energy in vernacular dwellings (India), *Energy Procedia*, pp.342-351.
- Punpairoj, P; (2013), *The changing use of materials in construction of the vernacular thai house, A thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy. University of Bath. Department of Architecture and Civil Engineering, 274 p.*
- Rachieri, F ; (2008), *Développement et paramétrage de contrôleurs d'ambiance multicritères*, Thèse de doctorat à l'institut national des sciences appliquées de Lyon, France, 306 p.
- Radha, C.H; Kistelegdi, I; Radha, C.H; (2016), *Efficient Natural Ventilation in Traditional and Contemporary Houses in Hot and Dry Climate*, *Proceedings of 2016 International Conference on Architecture & Civil Engineering*, 10 p.
- Rapoport, A; (1969), *House form and culture, Foundations of cultural geography series, by prentice-Hall, inc, Englewood Cliffs, N.J, 150 p.*
- Ravéreau, A ; (1981), *Le M'zab, une leçon d'architecture*, Edition : Sindbad 1 et 3 rue Feutrier Paris 18, 279 p.
- Ravéreau,A ; (2003), *Le M'zab, une leçon d'architecture*, Edition : Sindbad 1 et 3 rue Feutrier Paris 18, 221 p.
- Ravéreau, A ; (2004), *Le sens et l'équilibre : Chapiteaux du monde méditerranéen*, *Etudes & Communication Editions*, 165 p.

- Renzo, P; (1999), Sustainable Architectures / Arquitecturas Sostenibles, Publisher : Gingko Press, 63 p.
- Richard, K ; (2000), Roland Simounet à l'œuvre, Architecture 1951-1996, Edition musée d'art moderne, Lille métropole, Villeneuve d'Ascq et Institut français d'Architecture, 167 p.
- Richeux, M ; (2017), Climats de France, Edition : Sabine Wespieser, Paris, France, p.261.
- Rincón, L; Carrobé, A; Martorell, I; Medrano, M; (2019), Improving thermal comfort of earthen dwellings in sub-Saharan Africa with passive design, Journal of Building Engineering, 21 p.
- Roberts, P; Downes, N; Cooke, L; Heiner, I; Caffery, J; (2014), Education, Place and Sustainability: A Literature Review and Overview of Curriculum and Policy in the States and Territory of the MurrayDarling Basin, University of Canberra, 152 p.
- Robillart, M ; (2015), Etude de stratégies de gestion en temps réel pour les bâtiments ENERGETIQUEMENT performants, Thèse de doctorat, Ecole nationale supérieure des mines de Paris, France, 259 p.
- Ronald, S ; (1997), Ronald Simounet, d'une architecture juste, Edition : Groupe Moniteur, Paris, 207 p.
- Ronald, S ; (2017), Dialogues sur l'invention, les productions du Effa, Paris, 176 p.
- Rudofsky, B; (1977), Architecture sans Architectes, Editions du Chêne, Paris, 156 p.
- Rudy, T; Fermanto, L; (2020), Function-Form Relation of NeoVernacular Architecture of Salib Suci Church, Jakarta, Indonesia, Journal of the International Society for the Study of Vernacular Settlements, ISVS e-journal, pp.49-54.
- Saadatjoo, P; Mahdavinejad, M; Khosravi, S.N; Kaveh, N; (2016), effect of courtyard proportion on natural ventilation efficiency, International Journal of Advances in Mechanical and Civil Engineering, pp.92-97.
- Sahar, S.B; (2014), Towards Low Energy Buildings through Vernacular Architecture of Arab Cities, Egyptian Regions, 26 p.
- Salama, A; (2001a), 200 Units Housing Project, Wilal Djallal, Biskra, Algeria. Technical Review Summary, 2596. ALG: Aga Khan Award for Architecture reports' book, 12 p.
- Salama, A; (2001b), 400 Units Housing Project, El Oued, Algeria, Technical Review Summary, 2595. ALG: Aga Khan Award for Architecture reports' books, 21 p.
- Salgin, B; Bayram, O.F; Akgün, A; Agyekum, K; (2017), Sustainable Features of Vernacular Architecture: Housing of Eastern Black Sea Region as a Case Study, Arts, 14 p.
- Salman Al-Zubaidi, M.S; (2007), The Sustainability Potential of Traditional Architecture in the Arab World With Reference to Domestic Buildings in the UAE, University of Huddersfield Repository, 45 p.
- Sánchez-Montañés Macías, B.A ; (2007), Estrategias medioambientales de la arquitectura vernácula como fundamento de sostenibilidad futura. Necesidad de la aplicación de los principios científicos de la arquitectura, Arquitectura vernácula en el mundo ibérico: actas del congreso internacional sobre arquitectura vernacular, Universidad Pablo Olavide, Sevilla, pp.406-414.

- Sassine, E ; (2013), Analyse typologique et thermique des maisons anciennes de Lille. Etude expérimentale et numérique des parois verticales. Thèse de doctorat, Université d'Artois, France, 300 p.
- Sayen, C ; (2014), L'Architecture par Fernand Pouillon, Edition : Aux Editions Transversales 29 rue des princes-31500 Toulouse-France, 200 p.
- Scrivener, S; (2002), The Art Object Does Not Embody a Form of Knowledge, Working Papers in Art and Design, Journal: Working papers in Art & Design, p.1466-4917.
- Sebayang, A; Siagian, M; (2019), Berastagi Hotel Resort Design (Neo-Vernacular Architecture Design Approach), Jurnal Koridor: Jurnal Arsitektur dan Perkotaan, pp.6-11.
- Semahi, S; Zemmouri, N; Singh, M.K; Attia, S; (2019), Comparative bioclimatic approach for comfort and passive heating and cooling strategies in Algeria, Building and Environment 161, 19 p.
- Semahi, S; Benbouras, M.A; Mahar, W.A; Zemmouri, N; Attia, S; (2020), Development of Spatial Distribution Maps for Energy Demand and Thermal Comfort Estimation in Algeria, Sustainability, 25 p.
- Seo, R.J; Saari, O; Young, E.K; (2012), Modernization of the vernacular Malay house in Kampong, Kuala Lumpur, Journal of Asian Architecture and Building Engineering, pp. 95-102.
- Shaofu, L; (2018), Ecological Design of Lighting and Ventilation in Traditional Shophouses in Urban Southeast Asia, Thesis for the degree of Doctor of Philosophy, Welsh School of Architecture, Cardiff University, pp.348.
- Siti Rohamini, Y; Mohd Sabri, A.R; Ruzana, A.K; (2010), The Role Of Resort In Promoting Traditional Malay Architecture And Heritage Awareness Among Tourist In Malaysia, Arte-Polis 3 International Conference on Creative Collaboration and the Making of Place, 10 p.
- Snelder, R; (1983), Maader Experimental Village Maader, M'Sila, Algeria, Technical Review Summary, 12 p.
- Soolyeon, C; Nooshafarin, M; (2013), Thermal Comfort Analysis of a Traditional Iranian Courtyard for the Design of Sustainable Residential Buildings, Proceedings of BS2013: 13th Conference of International Building Performance Simulation Association, Chambéry, France, August 26-28, pp.2326- 2333.
- Spentzou, E; Cook, M.J; Emmitt, S; (2021), Low-energy cooling and ventilation refurbishments for buildings in a Mediterranean climate, Architectural Engineering and Design Management, 22 p.
- Spitz, C ; (2012), Analyse de la fiabilité des outils de simulation et des incertitudes de métrologie appliquée à l'efficacité énergétique des bâtiments. Thèse du doctorat, Spécialité : Génie Civil et Sciences de l'Habitat, Université de Grenoble, 196 p.
- Sriti, L ; (2013), Architecture domestique en devenir. Formes, usages et représentations : Le cas de Biskra, Thèse de doctorat, Université Mohamed Khider-Biskra, 409 p.
- Stang, A; Hawthorne, C; (2005), The green house new directions in sustainable architecture, Published by Princeton Architectural Press, New York, 192 p.
- Steele, J; (1992), Architecture for a Changing World, Academy Editions, London, 210 p.

- Stefanizzi, P; Fato, I; Turi, S.D; (2016), Energy and Environmental Performance of Trullo Stone Building. An Experimental and Numerical Survey, *International Journal of Heat and Technology*, pp.396-402.
- Strange, T; Bayley, A; (2008), Sustainable Development: Linking economy, society and environment, Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD), 24 p.
- Subhi Alshamrani, O; Ashraf1, N; Esam Shaawat, M; Abdulwahab, M; Al-Ghonamy, A; Aichouni, M; (2015), Significance of Life-Cycle Costing for Selection of Building Construction Materials, *Proc. of the Second Intl. Conf. on Advances in Civil, Structural and Construction Engineering – CSCE*, pp.94-98.
- Sudha, P.R; Nishanth, K; (2016), Sustainable Practices in Vernacular Architecture-Rejuvenating Trends, *Indian Journal of Science and Technology*, 7 p.
- Tadao, A ; (2000), Tadao Ando et la question du milieu, Éditeur : Le Moniteur, 280 p.
- Takhar-Lai, A; Ghorbani, A; (2015), Market Research, Methodologies: Multi-Method and Qualitative Approaches, Published in the United States of America by Business Science Reference, 262 p.
- Taleb, H.M; Wriekat, T; Hashaykeh, H; (2020), Optimising natural ventilation using courtyard strategies: CFD simulation of a G + 1 office building in Madinah, *International Journal of Sustainable Energy*, 26 p.
- Tap, M.M; Kamar, H.M; Marsono, A.K; Kamsah, N; Mohd Salimin, K.A; (2011), Simulation of Thermal Comfort of a Residential House IJCSI *International Journal of Computer Science Issues*, pp.200-208.
- Tchoudi, B ; (1992), La tradition dans l'œuvre architecturale de Kenzo Tange : Quelques points de convergence avec la linguistique, Doctorat en Sciences du langage, Université de Nancy II, U.F.R des Sciences du Langage, 173 p.
- Tehami, M ; (2018), La qualité Architecturale entre conception et construction : cas des cités d'habitation algériennes de Fernand Pouillon, Thèse présentée en vue de l'obtention du diplôme de: Doctorat, Université d'Oran, 274 p.
- Tehmi, M ; Anouche, K ; (2017), Présences des préoccupations énergétiques dans l'approche conceptuelle de Fernand Pouillon dans les années 50, Cas d'étude de la cite Climat de France de Pouillon à Alger, *Revue des Energies Renouvelables*, pp.11-24.
- Tehmi, M; Anouche, K; (2017), Presence of energy concerns in the conceptual approach of Fernand Pouillon in the in the 50s: The Case Study of Pouillon's Housing Estate in Algiers, *Plea 2017 Edinburgh, Design to Thrive*, 8 p.
- Tellier, F ; Monchoux, F; Bedrune, J.P ; (2011), Le confort dans le bâtiment : n'oublions pas l'habitant !, *ResearchGate*, 13 p.
- Tesoriere, Z ; (2004), De l'habitat au logement : Thèmes, procédés et formes dans la poésie architecturale de Roland Simounet, Université de Palerme, 12 p.
- Trachte, S ; (2012), Matériau, matière d'architecture soutenable : choix responsable des matériaux de construction, pour une conception globale de l'architecture soutenable, thèse de doctorat, université catholique de Louvain, Belgique, 538 p.
- Tremblay, M.A ; (1968), Initiation à la recherche dans les sciences humaines, Editeur : McGraw-Hill, Montréal, 443 p.

- Trombadore, A; Visone, F; (2019), Vernacular Architecture as Model to Design a Prototype for Affordable Housing in Mosul, Springer Nature Switzerland, A. Sayigh (ed.), Sustainable Vernacular Architecture Innovative Renewable Energy, pp.181-205.
- Turkušić, E; (2011), Neo-Vernacular Architecture – Contribution to The Research on Revival of Vernacular Heritage Through Modern Architectural Design, Conference Paper, Architectural Topics, Sustainable Re-Use in disused buildings and abandoned sites , Faculty of Architecture in Sarajevo, pp.506- 518.
- Tutorials. O; (2010), by OriginLab Corporation* OriginLab Corporation One Roundhouse Plaza Northampton, MA 01060 USA www.OriginLab.com, 245 p.
- Utaberta, N; Tajuddin, M, Mohamad; Rasdi, M; (2014), Evaluating The Discontinued Traditions Of Malay Wood Carvings In Malaysia : A Failure To Develop The Discourse On Modern And Post Modern Ornamentation In Architectural Works. Malaysia. American Journal of Engineering and Applied Sciences, pp.241-254.
- Utzon, J; (2004), The Courtyard Houses: v. I: Jorn Utzon Logbook, Vol. 1, edition Blondal, 180 p.
- Vellinga, M; Oliver, P; Bridge, A; (2007), Atlas of Vernacular Architecture of the World, Routledge, Taylor et Francis Group, London, 150 p.
- Vincent, C; (2007), Architectural Regionalism: Collected Writings on Place, Identity, Modernity and tradition, New York, 464 p.
- Vincent, du Chazaud, S ; (2015), Djenan-el Hassan, Climat de France, Aéro-habitat, trois architectures de logements sociaux à Alger dans les années 50, Association Algérienne pour la sauvegarde et la Patrimoine Archéologique. Kosim Numéro 4, pp.99-109.
- Vissilia, A.M; (2009), Evaluation of a sustainable Greek vernacular settlement and its landscape : Architectural typology and building physics, Building and Environment 44, pp.1095-1106.
- Voldman, D ; (2006), Fernand Pouillon, Architecte, Editions Payot et Rivages, Paris, 359 p.
- Vyas, A; (2017), Developing Neo-Vernacular Housing in Indore, International Journal of Architecture, 11 p.
- Wahyuni, Z; Ade Syahputra, A; (2019), The Design Museum of Mount Sinabung with NeoVernacular Architecture Approach, International Journal of Architecture and Urbanism, pp.160-168.
- Wanga, Y; Li, X; Gan, Y; (2016), Study on the Green Design Strategies of “Neo-Vernacular Architecture”, Elsevier, Procedia Engineering , pp.367-374.
- Wasilah, W; Hildayanti, A; Hamzah, H; (2019), Green Building with Nature Concept on Lakeside Resort Design, Environmental Science and Sustainable Development, pp.31-43.
- Wignacourt, A ; (2009), Caractérisation, mesure et évaluation des indicateurs techniques, économiques et financiers des éco-matériaux : Application au secteur du bâtiment, Doctorat Delivre par L’ecole Centrale de Lille, Spécialité : Génie Industriel, 286 p.
- Willi, W; Simos, Y; (2014), Lessons From Vernacular Architecture, Routledge, Taylor and Francis Groupe, London and New York, 236 p.

- Williamson, T.Y.A; (1995), Confirmation technique for thermal performance simulation models,” in: Building Simulation ‘95. IBPSA, Madison, WI, pp.268-275.
- Wines, J; (2000), *L'architecture verte*, Editions: Taschen, Paris, 240 p.
- Xi, T; Chen, Y; Ang, J; (2012), The Inspiration of Traditional Chinese Created Conception on the Eco-design of Modern Architecture, *Advanced Materials Research*, pp.1699-1703.
- Xiaodong, X; Fenlan, L; Wei, W; Tianzhen, H; Xiuzhang, F; (2018), Performance-Based Evaluation of Courtyard Design in China’s Cold-Winter Hot-Summer Climate Regions, *Sustainability*, 19 p.
- Xu, X; Luo, F; Wang, W; Hong, T; Fu, X; (2018), Performance-Based Evaluation of Courtyard Design in China’s Cold-Winter Hot-Summer Climate Regions, *Sustainability*, 20 p.
- Xuan, H; Wu, C; Su, W; (2014), Daylighting Analysis of Vernacular Architecture in Guizhou Province, China, 30th International Plea Conference , CEPT University, Ahmedabad, 8 p.
- Yakubu, P.W; Alibaba, H.Z; (2019), Performance of courtyard systems of housing in hot and humid climate (BAUCHI, NIGERIA), *International Journal of Civil and Structural Engineering Research*, pp.128- 139.
- Yates, T; (2010), Sustainable Refurbishment: A key Component of the Built Heritage’ in Tradition and Sustainability, ed. by The Prince’s Foundation for the Built Environment, London: Compendium Publishing Ltd, pp.112-125.
- Yi, R; Shao, L; Su, Y; Riffat, S; (2009), Daylighting performance of atriums in subtropical climate, *International Journal of Low-Carbon Technologies*, pp.230-237.
- Yousuf, W.A; (2011), The Challenge Of Sustainability In Developing Countries And The Adaptation Of Heritage-Inspired Architecture In Context, *Archnet-IJAR, International Journal of Architectural Research*, pp.106-118.
- Zabihi, H; Habib, F; Mirsaedie, L; (2012), Sustainability in Building and Construction: Revising Definitions and Concepts, *Int. J. Emerg. Sci*, pp.570-578.
- Zhao, M; Gao, W; (2013), Design Languages of Contemporary Neo-vernacular Architecture in China, *Applied Mechanics and Materials*, pp,75-80.
- Zhao, X; Greenop, K; (2019), From ‘neo-vernacular’ to ‘semi-vernacular’: a case study of vernacular architecture representation and adaptation in rural Chinese village revitalization, *International Journal Of Heritage Studies*, 20 p.
- Zineddine, S ; (2019), *La sensorialité dans l'architecture de Fernand Pouillon en Algérie indépendante*, Thèse présentée en vue de l’obtention du diplôme de : Doctorat, Université de Biskra, 585 p.
- Zographaki, S.G; (1986), *Neo-Vernacular Trends Towards the Recent Past in Greece*, Master of Science in Architecture Studies, University of Athens Athens, Greece, 131 p.
- Zurbrügg, P ; (2010), *Simulation des phénomènes de dégradation d'éléments de construction. : Application d'une méthode basée sur la modification des performances de matériaux et la propagation des contraintes, pour l'obtention du grade de docteur ès sciences*, 251 p.

LISTE DES ANNEXES

Annexe A : Grille du Groupe CIAM Alger

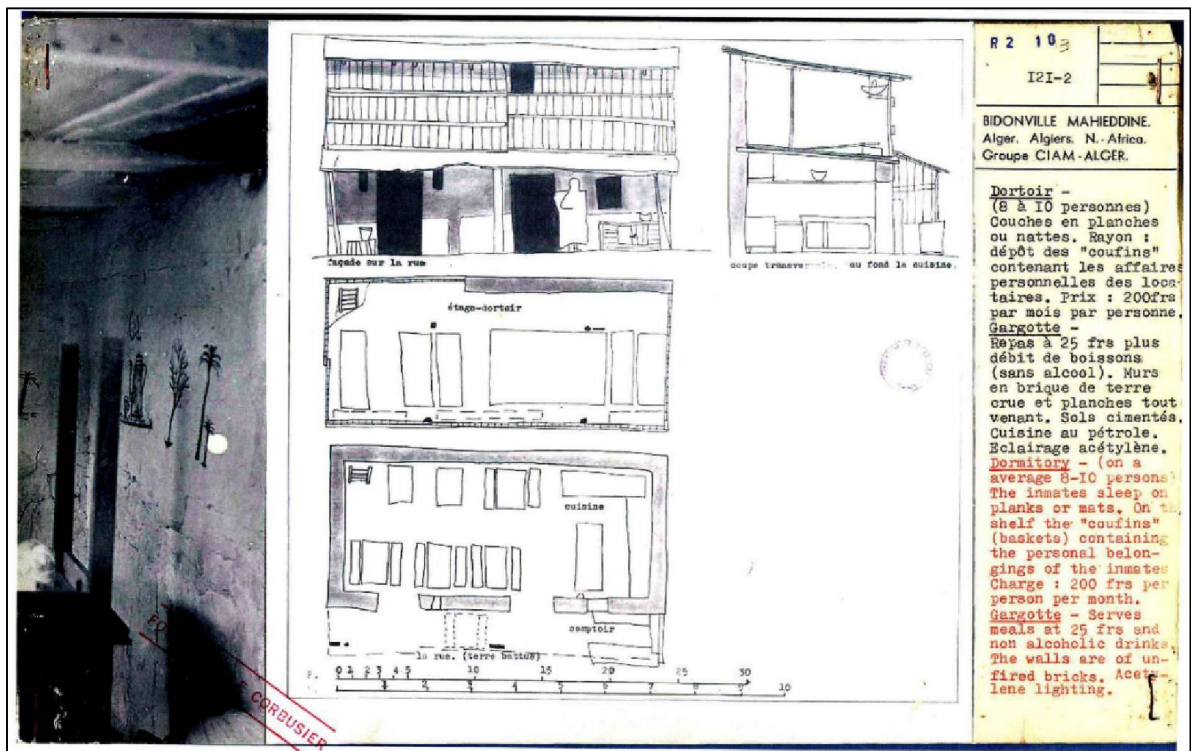


Figure 1 : CIAM 9, Grille du Groupe CIAM Alger, Gargote et dortoir à Mahieddine, 1954

Source : Tesoriere, 2004.

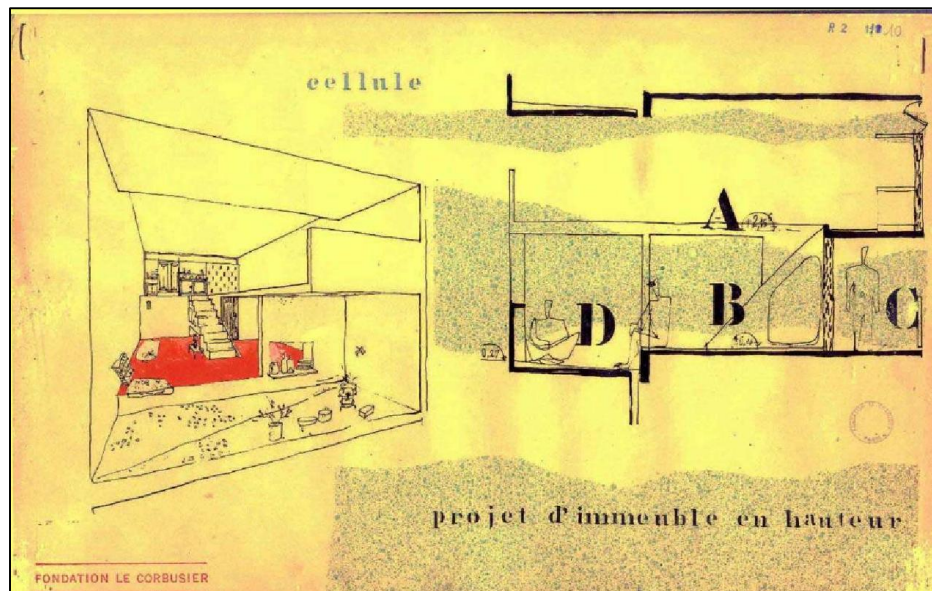







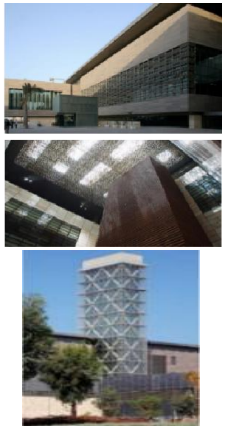



Figure 2 : CIAM 9, Grille du Groupe CIAM Alger, Croquis de projet, 1954.







Source : Tesoriere, 2004.

Annexe B : Les projets de concepteur vernaculaire contemporaine

Tableau 1 : Une séries de projets de conception contemporaine influencés par la tradition vernaculaire.

Architecte / projet	Image	Réponse au contexte	Utilisation des matériaux	Techniques de construction
Complexe résidentiel, Doha, Qatar (Abdelsalam. et Mohamed Rihan, 2013).		L'incorporation d'une série de stratégies passives dérivées de la tradition locale du vieux Doha pour refléter les influences environnementales.	Alliance des matériaux naturels aux dernières technologies de construction contemporaine.	Le concept a été inspiré de la cour traditionnelle. Les façades sont décorées avec des Moucharabieh.
Tanjong Jara, Kampung, Malaisie (Siti Rohamini et al, 2010).		Le bâtiment construit sur un terrain de luxuriance de la nature, pour créer un sens de l'environnement et de l'architecture traditionnelle malaisienne.	Le bois est le matériau de base dans la construction tous les détails du projet.	Des systèmes constructifs à la fois innovant avec des détails spécialement développés et apportés par une appréciation du patrimoine local et une proximité de la nature.
Senan Abdelqader. Maison à moucharabie Palestine (Abdelsalam. et Mohamed Rihan, 2013).		La maison a été conçue comme une réplique aux ambitions environnementales, offrant des solutions nouvelles et imaginatives apportées de l'interprétation de certains éléments traditionnels de l'architecture vernaculaire arabe.	L'enveloppe a été réalisée en pierre massive qui agit comme un tampon climatique car elle aide à gérer l'opération de transfert de la chaleur entre l'intérieur et l'extérieur de la construction. L'intégration d'un écran en bois tout autour du bâtiment.	La reproduction de certaines techniques traditionnelles, à savoir : -Les terrasses et les murs de soutènement. -Les cours renfoncées jouant le rôle de puits de lumière. - Le Moucharabieh créatif permet d'obtenir un effet flottant.
Masdar City Institute Housing, EAU (Abdelsalam et Mohamed Rihan, 2013).		L'architecte est parvenu à inventer un lieu totalement contemporain tout en puisant ses références dans la tradition régionale d'EAU. Les conditions environnementales locales ont été aussi respectées par le concepteur.	L'utilisation de matériaux de construction locaux est autant de caractéristiques de la tendance.	Le projet présente un exemple parfait de vernaculaire contemporaine. Cela se manifeste à travers l'utilisation de la cour comme modificateur climatique, l'utilisation excessive du moucharabieh dans la façade extérieure ainsi que dans la cour et le toit voûté.
Jones Studio. Desert Outpost House, USA (Pilar Abreu et al, 2016).		Les formes linéaires ont été dictées par des circonstances désertiques du site et les conditions météorologiques.	L'utilisation de la terre et du bois disponible sur place.	Une maison luxueuse inspirée de la beauté des gestes désertiques mariés aux technologies contemporaines.

<p>Le campus de l'université des sciences et technologie du Roi Abdullah situait à la ville de Jadah. (Arif Kamal, 2014).</p>		<p>Un paradigme de design contemporain incorporant des stratégies innovantes empruntées à l'architecture vernaculaire traditionnelle de Jadah.</p>	<p>Associer les matériaux locaux aux nouveaux matériaux afin de minimiser les effets néfastes sur l'environnement et améliorer le confort des occupants tout au long de l'année.</p>	<p>L'intégration des Moucharabieh comme des dispositifs d'ombrage du campus pour réduire la charge thermique. La cheminée solaire qui a été inspirée du Malqaf pour créer passivement des allées piétonnes aériennes.</p>
<p>Ksar de Tafilalte, Algérie (Mashary, 2007).</p>		<p>La conception du Ksra a été faite en adaptation avec les reliefs, le climat de la région de Ghardaïa.</p>	<p>La pierre a été adoptée dans la construction des murs porteurs, par contre le parpaing a été limité à la réalisation des cloisons. Quant au mortier de chaux et de sable a été approprié aux revêtements.</p>	<p>Les architectes ont essayé de répéter quelques symboles traditionnels Mozabites avec une touche du modernisme ; Terrasse ; Voûtains ; Arcades ; Chebeck ; Ouast Eddar.</p>
<p>Maison vernaculaire contemporaine (Hosseini et al ,2016).</p>		<p>Ce type de synergie entre la construction et son environnement a été assuré par la mobilité des valeurs traditionnelles dans une conception créative.</p>	<p>Insérer les matériaux locaux indigènes de la région pour minimiser les effets négatifs du transport sur l'environnement.</p>	<p>La maison se caractérise par son surplomb profond qui fournit de l'ombre. Des vérandas qui agissent comme des zones de transition.</p>
<p>Iles Perraudin. Musée des vins à Pamponio, Haute-Corse (EcologiK, 2012).</p>		<p>L'architecte est parvenu à inventer un lieu totalement contemporain tout en puisant ses références dans la tradition régionale des pagghiaghji. Les conditions environnementales locales ont été aussi respectées par le concepteur.</p>	<p>Les pavillons se sont composés d'un socle en béton cyclopéen, construit avec de gros morceaux de schiste trouvés sur le site, sur lequel se dressent des murs en pierre massive. La charpente est réalisée avec le bois local non traité, couvert par la terre et de végétation.</p>	<p>Les techniques de construction sont faites avec des matériaux dans leur état naturel mais en les appliquant de manière non traditionnelle.</p>

<p>Raj Rewal. Lowcost Housing New Mumbai (Klaus-Peter, 2007).</p>		<p>Les blocs développent un environnement domestique simple mais de qualité.</p>	<p>La combinaison d'une série de matériaux durables et efficaces à savoir : les blocs de béton creux, de plâtre apparent, de carreaux de terre cuite fabriqués à la main et de pierres de granit brut disponibles localement.</p>	<p>L'interprétation des Moucharabiehs dans la réalisation des façades des résidences.</p>
<p>La bibliothèque de Kony (Canan et al, 2017).</p>		<p>En harmonie avec le paysage et les formes et les expressions du passé.</p>	<p>Matériaux traditionnels détaillés de manière contemporaine.</p>	<p>Des portails en arcades Le Moucharabieh en référence aux éléments historiques.</p>
<p>Maison vernaculaire moderne à Kampong (Seo et Young 2012).</p>		<p>La forme suit celle des maisons traditionnelles avec une réponse au climat local.</p>	<p>Soubassement composé de piliers en béton. Murs en pierre. Planche en bois.</p>	<p>Des détails simples, des techniques de construction familiarisées dans anciennes maisons.</p>
<p>Anil laul Maison individuelle en Inde (Ashok, 2012).</p>		<p>Le bâtiment a été construit en suivant les contours naturels du site, le long des différentes ondulations et conformément aux niveaux existants.</p>	<p>Le site d'implantation est très riche en pierre naturelle qui a été exploitée pour créer des murs auto-stables.</p>	<p>La cour a été placée au centre de la maison de sorte que les autres pièces qui l'entourent profitent de la ventilation et de l'ensoleillement nature. La réinsertion des colonnes et les arcs.</p>
<p>Abdel-Halim Université américaine du Caire, à New Cair (Ahmed et al, 2016).</p>		<p>Le projet a été réfléchi d'une façon à mieux répondre aux exigences topographiques et climatologiques de la région.</p>	<p>L'utilisation de matériaux existant sur place tout en faisant appel à certains matériaux modernes.</p>	<p>Mashrabiya pour la protection solaire. Mulqafs pour faire circuler l'air frais dans les bâtiments. Dômes ventilés pour éliminer l'air chaud.</p>
<p>Pouya Khazaeli. Villa Dervish, Iran (Farjami, 2015).</p>		<p>L'architecte a utilisé des espaces ouverts centraux comme outil de liaison entre la maison et son entourage.</p>	<p>Des matériaux naturels associés aux technologies contemporaines durables.</p>	<p>Une interprétation moderne de la cour à travers une combinaison des caractéristiques introverties traditionnelles iraniennes aux celles extraverties des bâtiments modernes.</p>

Source : Auteur, 2018.

Annexe C : Les enjeux des piliers de la durabilité

Tableau 2 : Le tableau suivant explique en détail les différents enjeux de chaque pilier de la durabilité.

Pilier	Principaux enjeux
Environnemental	<p>La durabilité environnementale est le pilier qui considère l'environnement naturel et bâti comme une partie importante du contexte dans lequel nous vivons. Les grands soucis de cette approche est de maintenir les qualités valorisées dans l'environnement physique et éviter d'utiliser des systèmes préjudiciables à l'environnement (Gueliane, 2017). Désormais, ce pilier incite les architectes à construire des projets efficaces grâce à de bonnes pratiques durables telles que : la conservation des sites et de l'air intérieur, la minimisation des déchets, prévenir les incidents de pollution et protéger ainsi les écosystèmes sensibles.</p> <p>A ce propos, Edward Mazria a déclaré que : « <i>les constructions durables devraient être en mesure de recueillir, de transférer, de stocker et finalement, de convertir des phénomènes naturels de l'environnement dans un milieu de vie intérieure sécuritaire, sain et confortablement, dans la zone de confort de l'homme prescrit, pendant au moins trente générations</i> » (Haj Hussein, 2012).</p> <p>En conséquence nous pouvons déduire que la conception d'un environnement écologique et durable demande d'établir une continuité avec le passé par l'intermédiaire de certaines stratégies passives ancestrales à savoir : l'insertion de la construction dans le contexte concerné, l'orientation optimale des espaces, l'utilisation de fournitures et de matériaux locaux à faible énergie intrinsèque et recyclable, tout en accordant une attention particulière à l'utilisation adéquate et rationnelle des ressources naturelles.</p>
Sociale	<p>Le pilier social peut être interprété comme étant les relations, les réseaux et les normes qui facilitent les actions collectives visant à améliorer la qualité de vie (Hyginus, 2019). Dans cette perspective, ce pilier s'intéresse à la structure spatiale de l'environnement en tant que communicateur, qui permettrait l'interaction sans pour autant négliger l'individualité et l'identité.</p> <p>Hancock, dans son argumentation sur le développement de la durabilité sociale, suggère le pilier de la durabilité sociale comme suit (Hancock, 1993) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - répond aux conditions de vie et de travail sécuritaires; - est équitable, en veillant à ce que les avantages du développement soient répartis équitablement dans la société; - améliore, ou du moins n'altère pas, le bien-être physique, mental et social de la population; - préserve le patrimoine culturel et biologique de la société, renforçant ainsi son sentiment d'appartenance à son histoire et à son environnement; - favorise la convivialité, avec des personnes qui cohabitent harmonieusement et se soutiennent mutuellement; favorisant la participation des citoyens.
Economique	<p>Le pilier économique repose sur le principe d'accroître le bien-être de la société grâce à une utilisation optimale des ressources naturelles (matériaux et énergie). Ce pilier favorise la fourniture des services qui offrent la meilleure valeur aux clients, en produisant des projets à moindre coût, et dont le délai d'achèvement est plus court et plus prévisible.</p> <p>La contribution clé du secteur de la construction à la durabilité économique se manifeste par (Sultan, 2008) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - utilisation durable et efficace des ressources et du matériel; - des opportunités d'emploi durables grâce à la construction formelle; - un emploi soutenu grâce à l'exploitation et à la maintenance pendant la durée de vie économique des bâtiments. <p>Elkington, a relié entre l'économie et l'environnement pour créer une nouvelle approche économique : « <i>le programme de durabilité, longtemps compris comme une tentative d'harmoniser les résultats financiers traditionnels avec une réflexion émergente sur les résultats environnementaux, s'avère beaucoup plus compliqué que ne l'imaginaient les premiers entrepreneurs</i> » (Elkington, 1999).</p>
Culturel	<p>L'inclusion de la culturelle comme quatrième pilier de la durabilité est un phénomène récent qui a été fondé sur l'idée de l'intégration des données, des acquisitions et des connaissances culturelles comme étant les mieux ajustées aux conditions locales, afin d'impliquer un respect de l'environnement culturel, des modes de construction locaux, en assurant ainsi une harmonisation entre l'architecture projetée et le milieu naturel et humain (Feizabadi et al,2016).</p> <p>De même, ce concept a été interprété comme étant « <i>le concept de cultures constructives lie les termes de culture et de construction, et ainsi les sphères anthropologiques et le domaine technique appliqués à l'acte de bâtir. Il permet ainsi de considérer l'architecture et la construction comme un acte social, au-delà de la sphère uniquement technique. Il interroge l'"agir", l'expérience plutôt que la forme, en liant le projet de bâtir à celui d'habiter. Il permet de qualifier les objets techniques et les objets construits dans leur dimension éthique et responsable, intégrant le lien au territoire, aux ressources, aux savoir-faire, savoirs et compétences locaux et à l'environnement</i> » (Lalaina et al,2015).</p>

Source : Auteur, 2019.

Annexe D : Les stratégies environnementales fondamentales du projet VerSus

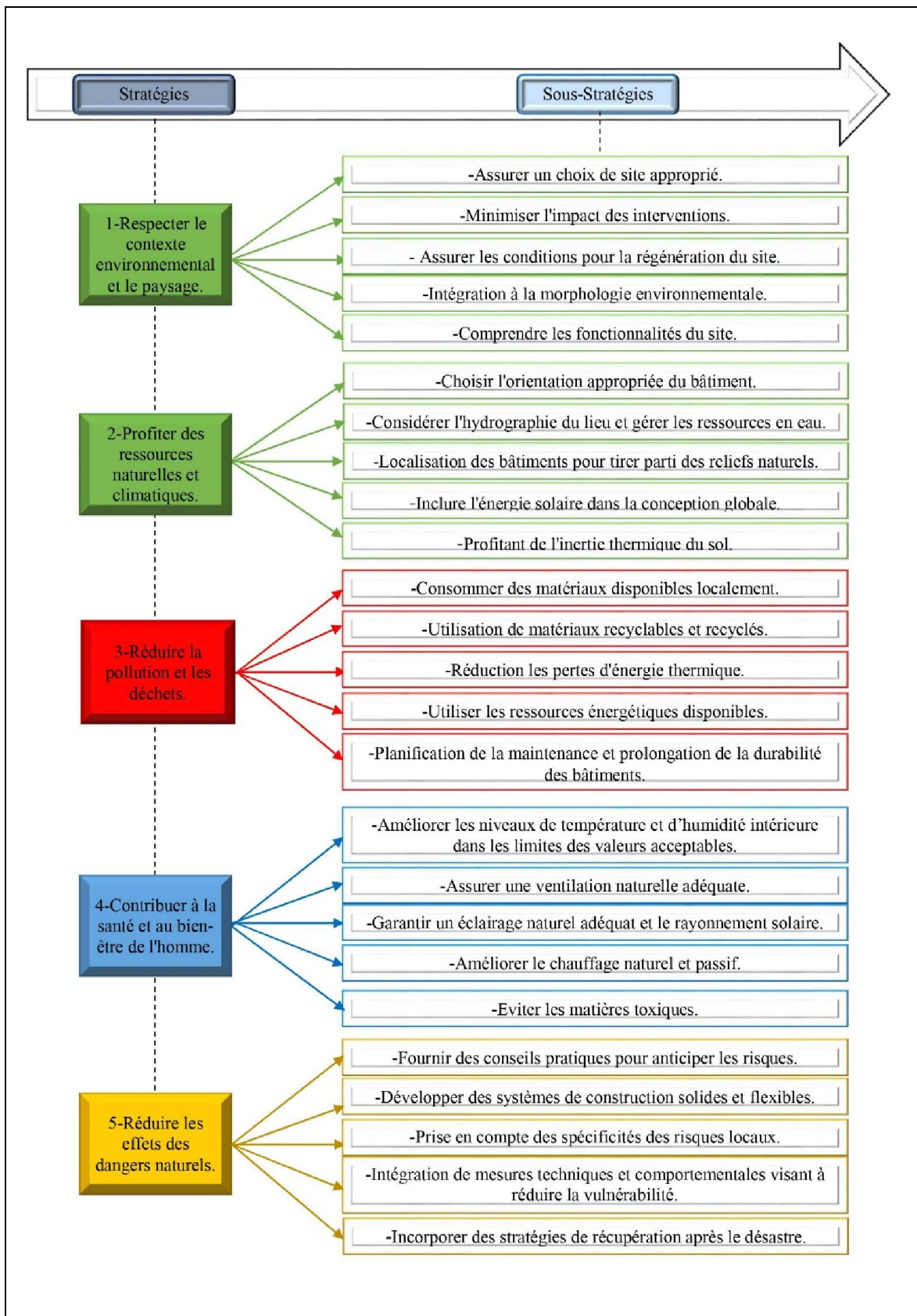


Figure 3 : Schéma représentatif des stratégies environnementales fondamentales du projet VerSus.

Source : Auteur, d'après Correia et al, 2014.

Annexe E : Les stratégies environnementales déterminées par Salman Al-Zubaidi.

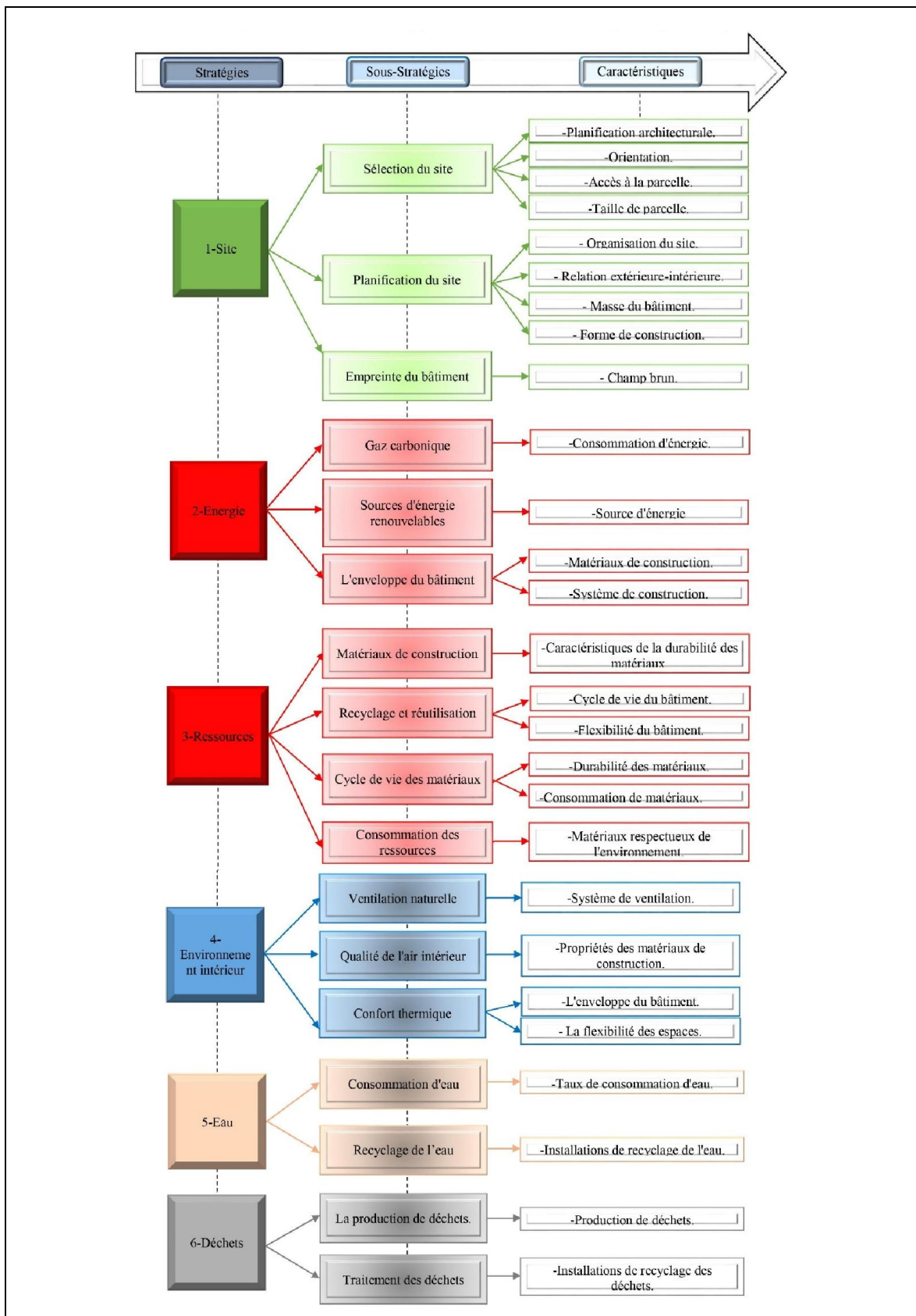


Figure 4 : Schéma présentatif d'ensemble des stratégies environnementales déterminées par Salman Al-Zubaidi.

Source : Salman Al-Zubaidi.M.S, 2007 ; l'interprétation de l'auteur.

Annexe F : Données climatiques de la ville de M'Sila

Tableau 3 : D'autres données climatiques nécessaires pour l'analyse pour la ville de M'Sila

Mois	Ta	Td	RH	P	DD	FF	Lg
L'unité	[°C]	[°C]	[%]	[hPa]	[deg]	[m/s]	[W/m2]
Janvier	9.8	3.0	63	958	248	3.2	13943
Février	12.0	2.4	52	959	270	3.4	16643
Mars	16.6	3.9	43	960	270	4.0	23787
Avril	20.1	4.5	36	960	270	4.7	27673
Mai	25.6	8.2	33	961	269	3.9	32388
Juin	31.5	9.3	25	962	68	3.4	35094
Juillet	34.9	11.1	24	963	68	2.9	36070
Aout	33.7	11.7	26	962	68	2.7	32345
Septembre	27.2	12.3	40	961	69	2.7	25371
Octobre	22.3	10.7	48	961	270	2.2	19971
Novembre	14.9	6.3	56	959	270	2.9	15057
Décembre	10.9	4.7	65	959	270	3.2	12058

Source : <https://go.meteotest.ch/meteonorm-license>

Annexe G : Données climatiques de la ville de Ghardaïa

Tableau 4 : D'autres données climatiques nécessaires pour l'analyse pour la ville de Ghardaïa

Mois	Ta	Td	RH	P	DD	FF	Lg
L'unité	[°C]	[°C]	[%]	[hPa]	[deg]	[m/s]	[W/m2]
Janvier	10.7	1.3	52	960	232	3.4	17164
Février	13.2	0.6	42	960	248	3.5	20412
Mars	17.9	2.0	34	961	205	3.9	27313
Avril	21.5	3.3	30	962	270	4.7	32366
Mai	26.5	5.6	26	962	205	4.4	35069
Juin	31.5	7.5	22	963	52	3.6	35916
Juillet	35.4	9.1	20	964	52	3.5	35275
Aout	34.0	10.0	23	964	52	3.3	32360
Septembre	28.7	10.9	33	963	52	3.4	28052
Octobre	23.6	9.4	40	962	205	3.0	22557
Novembre	16.1	4.8	47	961	248	3.0	18703
Décembre	12.1	2.7	53	960	248	3.6	15654

Source : <https://go.meteotest.ch/meteonorm-license>

Annexe H : Questionnaire et lettre de motivation

Questionnaire et lettre de motivation

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université de Constantine 3 Salah Boubnider
Faculté d'Architecture et d'Urbanisme
Département d'Architecture

Recherche doctorale

(Questionnaire)

La satisfaction des habitants vis-à-vis le confort thermique, la ventilation naturelle et l'éclairage naturel.

De : Kersenna Soumaya

Directeur : Pr. Chaouche Salah

Cher (e) Madame, Monsieur,

Je me permets de solliciter votre soutien afin de bien vouloir m'aider au bon déroulement et à la réussite de mon travail de recherche doctorale, qui se déroule au sein de l'université de Constantine3. Par se faire, je vous invite à remplir le questionnaire joint qui vise à obtenir des informations concernant le degré de votre satisfaction vis-à-vis du confort thermique, la ventilation naturelle et l'éclairage naturel.

Je tiens à vous préciser que votre participation à ce questionnaire sera anonyme et que celui-ci ne va pas prendre beaucoup de temps pour le compléter (entre quinze et vingt minutes), aussi nous informons que nous allons revenir pour le récupérer après deux jours de sa distribution.

Nous vous demandons ainsi, de répondre aux questions qui vous sont posées en mettant, s'il vous plaît, une croix (X) dans la parenthèse ou bien la case correspondante et en justifiant dans le cas où cela vous est demandé.

Je vous remercie profondément pour votre participation et le temps que vous avez consacré pour répondre attentivement à notre questionnaire.

Pour plus de détails sur ce questionnaire, vous pouvez me contacter sur ce numéro : 06.96.15.69.14.

1- Informations générales sur les occupants du logement

- 1-1- Qui êtes-vous ? : Homme () Femme ()
- 1-2- Votre âge ? de 20-40 ans () de 41-60 ans ()
Plus de 60 ans ()
- 1-3- Quel est votre diplôme ? Bac () Universitaire () Autres ()
- 1-4- Quelle est votre profession ? Employé () Non-employé ()
- 1-5- En semaine, combien d'heures passez-vous à l'intérieur de votre logement (y compris lorsque vous dormez) ?

Heures	9-12h	12-14h	14-18h	18-20h	20-9h
Dimanche- jeudi	()	()	()	()	()
Vendredi	()	()	()	()	()
Samedi	()	()	()	()	()

2- Information générale sur le logement

- 2-1- Vous habitez à quel étage ?
- 2-2- Quel est le numéro de votre logement ?
- 2-3- Quel est le type de votre logement ?
- 2-4- Vous êtes dans le logement depuis ? Moins de 1 an () De 1 à 5 ans ()
De 6 ans à 10 ans () De 11 ans à 10 ans ()
De 21 ans à 30 ans () plus de 30ans ()
- 2-5- Déterminer l'orientation principale de votre logement ? N () N/E () S/E ()
S () S/O () O () N/O ()
- 2-6- Comment qualifiez-vous l'orientation des pièces suivantes ?

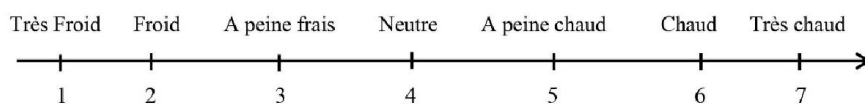
Pièces	Bien orienté	Mal orienté
Logement	()	()
Cour	()	()
Séjour	()	()
Chambre 1	()	()
Chambre 2	()	()
Chambre 3	()	()
Cuisine	()	()

3- L'hiver et le confort thermique dans votre logement

- 3-1- En hiver, comment évaluez-vous votre satisfaction vis-à-vis du confort thermique dans votre logement (dans des conditions naturelles) ?

Très bonne	Bonne	Acceptable	Mauvaise	Très mauvaise

3-2- Durant l'hiver, la température intérieure de votre logement est :



3-3- D'après votre expérience

- En hiver, la pièce la plus froide est :

Cuisine	Séjour	Chambres			Salle de bain	Cour	Ne sais pas
		ch1	ch2	ch3			
()	()	()	()	()	()	()	()

- En hiver, la pièce la plus chaude est :

Cuisine	Séjour	Chambres			Salle de bain	Cour	Ne sais pas
		ch1	ch2	ch3			
()	()	()	()	()	()	()	()

3-4- En hiver, la qualité d'air à l'intérieur de votre logement est :

Sec	1	2	3	4	5	6	7	Humide
-----	---	---	---	---	---	---	---	--------

3-5- Comment qualifiez-vous la qualité de l'air à l'intérieur de votre logement en ce moment ?

Tout à fait acceptable	Juste acceptable	Juste inacceptable	Tout à fait inacceptable

3-6- Avez-vous l'habitude d'ouvrir les fenêtres pour améliorer la qualité de l'air dans votre logement ? Si oui quand ?

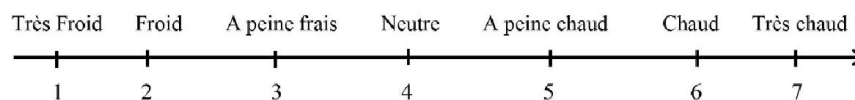
Toujours	Souvent	Parfois	Jamais

4- L'été et le confort thermique dans votre logement

4-1- En été, comment évaluez-vous votre satisfaction vis-à-vis du confort thermique dans votre logement (dans des conditions naturelles) ?

Très bonne	Bonne	Acceptable	Mauvaise	Très mauvaise

4-2- Durant l'été, la température intérieure de votre logement est :



4-3- D'après votre expérience

- En été, la pièce la plus fraîche est :

Cuisine	Séjour	Chambres			Salle de bain	Cour	Ne sais pas
		ch1	ch2	ch3			
()	()	()	()	()	()	()	()

- En été, la pièce la plus chaude est :

Cuisine	Séjour	Chambres			Salle de bain	Cour	Ne sais pas
		ch1	ch2	ch3			
()	()	()	()	()	()	()	()

4-4- En Eté, la qualité d'air à l'intérieur de votre logement est :

Sec	1	2	3	4	5	6	7	Humide
-----	---	---	---	---	---	---	---	--------

4-5-Comment qualifiez-vous la qualité de l'air à l'intérieur de votre logement en ce moment ?

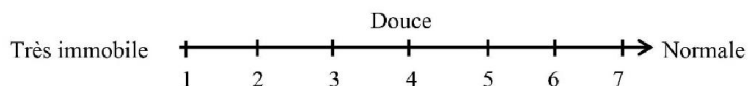
Tout à fait acceptable	Juste acceptable	Juste inacceptable	Tout à fait inacceptable

4-6-Avez-vous l'habitude d'ouvrir les fenêtres pour améliorer la qualité de l'air dans votre logement ? Si oui quand ?

Toujours	Souvent	Parfois	Jamais

5- L'été et la ventilation naturelle dans votre logement

5-1- Mouvement d'air :



5-2-Etes-vous satisfait de la vitesse de l'air à l'intérieur de votre logement ?

Très peu satisfaisante	Peu satisfaisante	Moyennement satisfaisante	Satisfaisante	Très satisfaisante

5-3-Les Pièces naturellement ventilées :

Cour	Séjour	Salle à manger	Chambres	Cuisine	Hall

5-4-Habituellement, quel type de dispositif de ventilation préférez-vous utiliser pour la circulation de l'air à l'intérieur de votre logement en été ?

Naturelle		Mécanique	
Ouvrir les fenêtres et les portes qui donnent sur la cour	Ouvrir les fenêtres et les portes fenêtres qui donnent à l'extérieur	Utiliser un ventilateur	Utiliser un climatiseur
Autres..... (veuillez l'écrire)			

5-5- Trouvez-vous la cour / chebek/ mur masque suffisante pour assurer la ventilation naturelle dans toutes les pièces du logement ? Oui () Non ()

6- L'éclairage naturel à l'intérieur de votre logement

6-1- Comment qualifiez-vous le niveau d'éclairage naturel les pièces suivantes ?

Les Pièces	Très bien	Bien	Acceptable	Mauvais	Très mauvais	Très bien
Cour						
Séjour						
Salle à manger						
Chambre 1						
Chambre 2						
Chambre 3						
Cuisine						
Hall						

6-2- Habituellement, quel style d'éclairage préférez-vous utiliser à l'intérieur de votre logement ?

Naturelle		Utiliser les moyens d'éclairage artificiel
Ouvrir les fenêtres et les portes qui donnent sur la cour	Ouvrir les fenêtres et les portes fenêtres qui donnent à l'extérieur	
Autres..... (veuillez l'écrire)		

6-3- Trouvez-vous la cour / chebek suffisant pour assurer l'éclairage naturel dans toutes les pièces du logement ? Oui () Non ()

Annexe I : Questionnaire

Respecter le site et profiter des ressources climatiques

1-Etes-vous satisfait du côté paysager de la parcelle du logement ?	①	②	③	④	⑤
	Très peu satisfaisant	Peu satisfaisant	Moyennement satisfaisant	Satisfaisant	Très satisfaisant
2-Trouvez vous votre logement bien adopté à la topographie et la morphologie du site ?	Oui ()				
	Non ()				
3-Comment évaluez-vous l'apparence de la façade de ce logement ?	①	②	③	④	⑤
	Très bien	Bien	Acceptable	Mauvaise	Très mauvaise
4-Trouvez-vous la couleur du matériau utilisée pour le revêtement de la façade extérieure bien adoptée à l'environnement local ?	Oui ()				
	Non ()				
5-Etes-vous satisfait sur l'organisation du plan de masse des logements ?	①	②	③	④	⑤
	Très peu satisfaisant	Peu satisfaisant	Moyennement satisfaisant	Satisfaisant	Très satisfaisant
6-Etes-vous satisfait des accès aux logements ?	①	②	③	④	⑤
	Très peu satisfaisant	Peu satisfaisant	Moyennement satisfaisant	Satisfaisant	Très satisfaisant
7-Appréciez-vous les cours et les passages couverts intégrés par l'architecte entre les bâtiments ?	Oui ()				
	Non ()				
8-Si oui, celui-là est-il efficace ?	Oui ()				
	Non ()				
9-Comment trouvez-vous la taille des fenêtres dans votre logement ?	Très grande	Grande	Moyenne	Petite	Très petite

Concilier les matériaux locaux aux nouvelles technologies de construction

4-Vous utilisez la (terre, pierre) actuellement dans la construction ? Si, oui est ce que vous la combinez à d'autres matériaux ; (citez les matériaux) Si, non vous expliquez pourquoi ?	Oui () Non () Oui () Non () (.....) Pourquoi (.....)										
5-Selon vous, quels sont les avantages environnementaux de la construction en matériaux locaux (terre et pierre) ? (Vous pouvez cocher plusieurs réponses)	<input type="checkbox"/> Protection de l'environnement et minimiser les impacts négatifs. <input type="checkbox"/> La durabilité de la construction. <input type="checkbox"/> Réduire la pollution et les émissions dégagées. <input type="checkbox"/> Minimiser l'impact écologique des bâtiments. <input type="checkbox"/> Réduction des déchets. <input type="checkbox"/> Amélioration de la qualité de l'environnement intérieur. <input type="checkbox"/> Réduire la consommation énergétique. <input type="checkbox"/> Minimisation des déchets. Autre(s)..... Veuillez préciser.										
6-A votre avis, l'utilisation des matériaux locaux de la région va contribuer à la protection de votre environnement ?	<table style="width: 100%; text-align: center; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Pas du tout d'accord</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 20px;">①</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 20px;">②</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 20px;">③</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 20px;">④</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 20px;">⑤</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Tout à fait d'accord</td> </tr> </table>	Pas du tout d'accord	①	②	③	④	⑤	Tout à fait d'accord			
Pas du tout d'accord	①	②	③	④	⑤	Tout à fait d'accord					
7-Vous pensez que l'utilisation de matériau (terre, pierre) dans la construction, est une alternative pour une solution durable ?	Oui () Non () Je ne sais pas ()										
8-L'utilisation des matériaux locaux de la région vous permet de régler la température à l'intérieur de votre logement et donc assurer le confort	<table style="width: 100%; text-align: center; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Pas du tout d'accord</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 15px;">1</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 15px;">2</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 15px;">3</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 15px;">4</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 15px;">5</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Tout à fait d'accord</td> </tr> </table>	Pas du tout d'accord	1	2	3	4	5	Tout à fait d'accord			
Pas du tout d'accord	1	2	3	4	5	Tout à fait d'accord					
9-A votre avis quel est l'impact de l'utilisation des matériaux locaux sur la réduction de la consommation énergétique ?	<table style="width: 100%; text-align: center; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 15%;">1</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 15%;">2</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 15%;">3</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 15%;">4</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 15%;">5</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Très grand</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Grand</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Moyen</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Faible</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Très faible</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	Très grand	Grand	Moyen	Faible	Très faible
1	2	3	4	5							
Très grand	Grand	Moyen	Faible	Très faible							
10-Si vous aurez le choix entre le béton et (la terre et la pierre), avec quoi construirez les futurs logements ?	<input type="checkbox"/> Terre et pierre <input type="checkbox"/> Béton										
11-Connaissez-vous les formes modernes du matériau (terre, pierre) ?	Oui () Non ()										
12-Pensez-vous que la (terre, pierre) peut-elle fournir un matériau de contemporanéité?	Oui () Non () Je ne sais pas ()										
13-Quel est votre degré de satisfaction concernant les constructions qui combine les anciennes matériaux (terre, pierre) avec les nouveaux matériaux de construction (béton, ciment) ?	<table style="width: 100%; text-align: center; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 15%;">①</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 15%;">②</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 15%;">③</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 15%;">④</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 15%;">⑤</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Très peu satisfaisant</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Peu satisfaisant</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Moyennement satisfaisant</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Satisfaisant</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Très satisfaisant</td> </tr> </table>	①	②	③	④	⑤	Très peu satisfaisant	Peu satisfaisant	Moyennement satisfaisant	Satisfaisant	Très satisfaisant
①	②	③	④	⑤							
Très peu satisfaisant	Peu satisfaisant	Moyennement satisfaisant	Satisfaisant	Très satisfaisant							
1-Connaissez-vous (la terre, la pierre) en tant que matériaux de construction ?	Oui () Non ()										
2-Acceptez-vous d'habiter aujourd'hui dans des logements construits en (terre, pierre) ?	Oui () Non ()										
3-Pensez-vous que le matériau de (la terre, pierre) est dépassé par le temps ?	Oui () Non ()										

Annexe J : Paramètres et appareils de mesure

Tableau 5 : Dates, paramètres et appareils de mesure par cas d'étude

Cas d'études	Dates	Paramètres	Appareils
Logement duplex d'El Maniawy à M'Sila	21 décembre 2019.	Eclairage naturel.	Luxmètre
	29-30-31 janvier 2019.	Confort thermique.	Thermo hygromètre
	21 juin 2019.	Eclairage naturel.	- Luxmètre
	juin 2019.	Ventilation naturelle.	Anémomètre
	14-15-16 juillet 2019.	Confort thermique.	Thermo hygromètre
	02 aout 2019.	Ventilation naturelle.	- Anémomètre
Logements de Sidi Abbaz d'André Ravéreau à Ghardaïa	21 décembre 2019.	Eclairage naturel.	Luxmètre
	21 juin 2019.	Eclairage naturel.	- Luxmètre
	21-22-23 janvier 2019.	Confort thermique.	Thermo hygromètre
	21 juin 2019.	Eclairage naturel.	- Luxmètre
	22 juin 2019.	Ventilation naturelle.	Anémomètre
	10-11-12 juillet 2019.	Confort thermique.	Thermo hygromètre
	09 aout 2019.	Ventilation naturelle.	Anémomètre

Annexe K : Equation de la norme du confort adaptatif ASHRAE Standard 55-2010

- Logement duplex d'El Miniawy à la ville de M'Sila :

- Pour le confort lié à la période froide :

$$T_{\text{moyenne}} = (T_{\text{moyenne de décembre}} + T_{\text{moyenne de janvier}} + T_{\text{moyenne de février}}) / 3.$$

$$T_{\text{moyenne}} = (8.61 \text{ °C} + 6.22 \text{ °C} + 7.72 \text{ °C}) / 3 = 7.5 \text{ °C}.$$

$$T_{\text{confort}} = 0,31 \times 7.5 \text{ °C} + 17.8 = 18 \text{ °C}.$$

$$T_{\text{confort}} = 18 \text{ °C} (+ou- 2.5 / 15.5 \text{ °C} - 20.5 \text{ °C}).$$

- Pour le confort lié à la période chaude :

$$T_{\text{moyenne}} = (T_{\text{moyenne de juin}} + T_{\text{moyenne de juillet}} + T_{\text{moyenne de aout}}) / 3.$$

$$T_{\text{moyenne}} = (28.6 \text{ °C} + 27.86 \text{ °C} + 27.54 \text{ °C}) / 3 = 28 \text{ °C}.$$

$$T_{\text{confort}} = 0,31 \times 28 \text{ °C} + 17.8 = 26.5 \text{ °C}.$$

$$T_{\text{confort}} = 26.5 \text{ °C} (+ou- 2.5 / 24 \text{ °C} - 29 \text{ °C}).$$

- Logement Sidi Abbaz d'André Ravéreau à la ville de Ghardaïa :

- Pour le confort lié à la période froide :

$$T_{\text{moyenne}} = (T_{\text{moyenne de décembre}} + T_{\text{moyenne de janvier}} + T_{\text{moyenne de février}}) / 3.$$

$$T_{\text{moyenne}} = (8.4 \text{ °C} + 6.7 \text{ °C} + 7.8 \text{ °C}) / 3 = 7.6 \text{ °C}.$$

$$T_{\text{confort}} = 0,31 \times 7.6 \text{ °C} + 17.8 = 19.5 \text{ °C}.$$

$$T_{\text{confort}} = 19.5 \text{ °C} (+ou- 2.5 / 17 \text{ °C} - 22 \text{ °C}).$$

- Pour le confort lié à la période chaude :

$$T_{\text{moyenne}} = (T_{\text{moyenne de juin}} + T_{\text{moyenne de juillet}} + T_{\text{moyenne de aout}}) / 3.$$

$$T_{\text{moyenne}} = (37.57 \text{ °C} + 40.39 \text{ °C} + 40.77 \text{ °C}) / 3 = 39.58 \text{ °C}.$$

$$T_{\text{confort}} = 0,31 \times 39.58 \text{ °C} + 17.8 = 30.5 \text{ °C}.$$

$$T_{\text{confort}} = 30.5 \text{ °C} (+ou- 2.5 / 28 \text{ °C} - 33 \text{ °C}).$$



**EVALUATION ENVIRONMENTAL STRATEGIES IN A SEMI-ARID REGION :
CASE OF THE 50 DUPLEX DWELLINGS OF THE EL-MINIAWY BROTHERS IN
M'SILA**

S. Kersenna*, S. Chaouche, M. Bencherif

Laboratoire Urbanisme et Environnement, Faculté D'architecture & D'urbanisme, Université
Salah Boubnider Constantine 3, Algérie

Received: 26 March 2020/ Accepted: 25 September 2020 / Published online: 01 January 2021

ABSTRACT

This study aims to evaluate the 50 duplex dwellings of the El Miniawy brothers in M'Sila, using methods of analysis of environmental strategies in order to verify their application by the architects in the construction of these dwellings. A duplex dwelling was selected to undertake an analysis using a mixed methodological approach, combining a qualitative and quantitative method, some of whose strategies were evaluated using the EnergyPlus software and validated by in situ measurements. The results showed that duplex housing has been subject to the application of the strategies in question. We therefore deduce that the construction is efficient and that it ensures the comfort of the user and reduces the negative environmental impact.

This study could constitute an alternative for architects, building designers, planners and decision-makers in order to encourage them to adopt these neo-vernacular environmental strategies of El Miniawy in the development of similar projects in M'sila, and to launch other projects with a contemporary vernacular character.

Keywords: Neo-vernacular architecture, Environmental strategies, The El Miniawy brothers; Mixed methods; EnergyPlus simulation, M'sila.

Author Correspondence, e-mail: soumaya.kersenna@univ-constantine3.dz

doi: <http://dx.doi.org/10.4314/jfas.v13i1.7>

1. INTRODUCTION

L'architecture néo-vernaculaire désigne un nouveau type de bâtiments créés par des concepteurs modernes, qui interprètent quelques aspects durables de l'architecture vernaculaire traditionnelle ancestrale. Les créateurs de ce mouvement architectural ont soigneusement développé de nouvelles stratégies environnementales variant d'une région à une autre. Ces stratégies ne se limitent pas seulement à l'utilisation des matériaux locaux mais à un ensemble de stratégies environnementales, pour garantir un confort agréable aux usagers et limiter les impacts environnementaux négatifs du bâtiment [1].

En Algérie, ce style a été adopté dès l'indépendance par quelques architectes étrangers, de renommée internationale, qui ont été sollicités par le gouvernement et ont choisi de s'installer et d'exercer en ce pays. Cependant, l'aspect le plus critiqué de cette architecture moderne était sa standardisation, son internationalisation et sa négligence du contexte local. Malgré cela, certains d'entre eux ont poursuivi la réalisation des œuvres contextualisées à l'instar de deux architectes égyptiens, Hany et Abderrahmane El Miniawy, dans la région de M'sila. Il s'agit des 50 logements duplex où ces derniers ont produit une architecture néo-vernaculaire qui place l'homme et son environnement local au centre de sa préoccupation [2,3].

Suite à l'abandon des structures ancestrales en terre et en bois, le phénomène de modernisation qui s'est manifesté par l'utilisation excessive du béton armé, d'acier et du verre, a considérablement bouleversé les procédés de construction, plaçant ainsi la production du logement dans une logique de standardisation [4]. Ces matériaux, privilégiés par les organismes chargés du logement en tant que raccourci vers la préfabrication lourde de grands ensembles résidentiels, ne s'adaptent pas aux exigences climatiques et environnementales de M'sila. Ainsi, l'inadaptation des constructions a généré une surconsommation énergétique en matière de chauffage et de climatisation pour atteindre le seuil du confort souhaité [5].

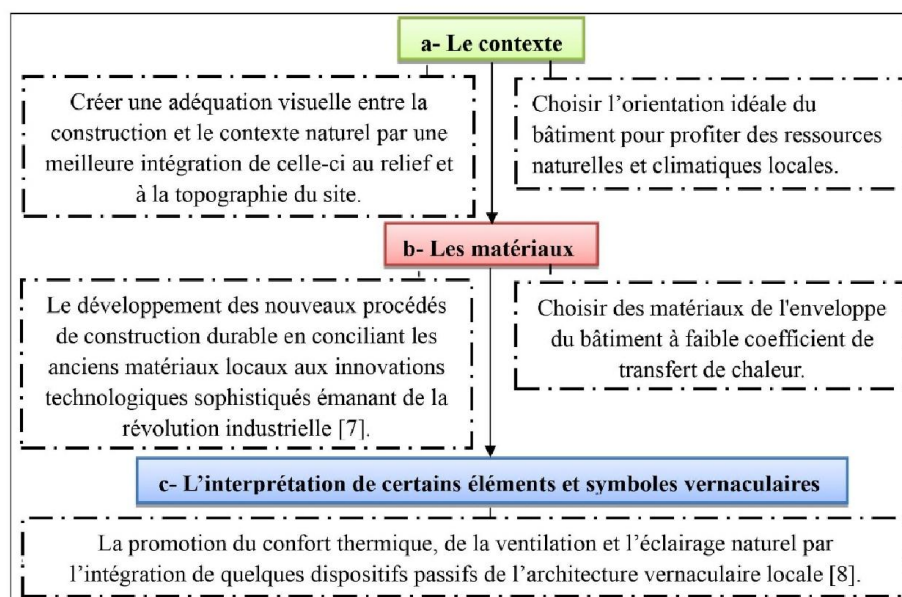
A cet effet, nous proposons dans ce papier, l'évaluation des 50 logements duplex, selon une méthode d'analyse des stratégies environnementales où nous utilisons la simulation réalisée avec le logiciel EnergyPlus (VersionV9-1-0). Ensuite, nous vérifions si ces stratégies environnementales néo-vernaculaires ont été appliquées réellement par El Miniawy et nous démontrons l'efficacité de ces stratégies dans la réalisation de bâtiments respectueux de

l'environnement local. Par ailleurs, notre étude vise à élaborer des synthèses qui nous permettent d'envisager de futures recommandations aux spécialistes du bâtiment.

2. REVUE DE LITTÉRATURE

2.1. Développement des stratégies environnementales de « l'architecture néo-vernaculaire »

Clé de la réussite de tout projet, les caractéristiques environnementales et climatiques locales imposent le choix des matériaux et les techniques constructives. Ainsi, l'exécution d'un bâtiment en harmonisation avec l'environnement local, nécessite l'étude précise des données géo-naturelles, météorologiques et l'interprétation des principes de l'architecture vernaculaire de la région, en vue d'une conception architecturale appropriée [6]. Certaines stratégies environnementales d'une architecture néo-vernaculaire se résument selon la figure 1.



Source : Auteurs, 2019

Fig.1. Les stratégies environnementales de l'architecture néo-vernaculaire

2.2. Approche d'évaluation des stratégies environnementales

Sur les nombreuses recherches qui ont été menées sur la question d'évaluation des stratégies environnementales, il y a le projet de recherche VerSus [9] de Linda Candy qui a testé la théorie d'Amos Rapoport : l'architecture vernaculaire comme modèle de conception contemporaine [10], et le travail de thèse de Salman Al-Zubaidi ; le potentiel de la durabilité de l'architecture traditionnelle dans le monde arabe [11]. Dans chaque travail l'approche adoptée est différente, en vue d'entreprendre les stratégies environnementales à intégrer dans l'évaluation des projets d'architecture néo-vernaculaire dont certains principes relatifs à ces stratégies figurent dans le tableau 1.

Table 1. Les principes relatifs aux stratégies environnementales de trois modèles

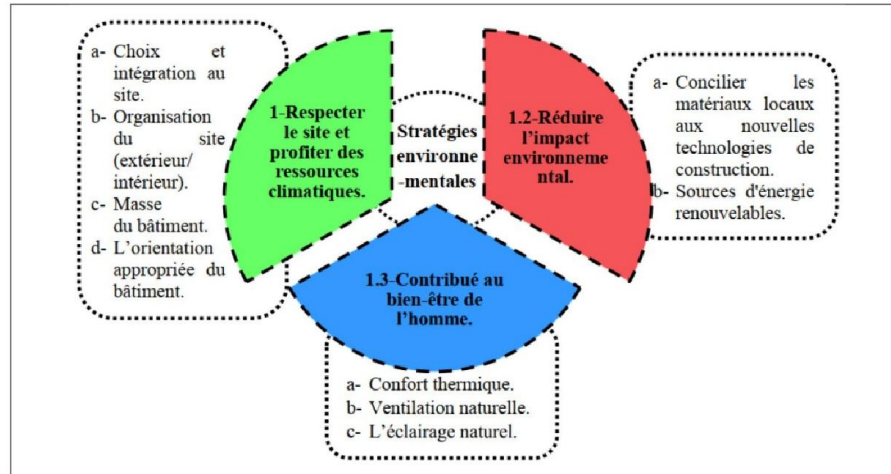
Les stratégies environnementales					
Le modèle VerSus	1-Respecter le contexte environnemental et le paysage.	Le modèle de Day Heidi	1- Paysage	Le modèle de Maha Sabah Salman Al-Zubaidi	1-Site.
	2-Profiter des ressources naturelles et climatiques.		2- Matériel		2-Energie.
	3-Réduire la pollution et les déchets.				3-Ressources.
	4-Contribuer à la santé et au bien-être de l'homme.				4-Environnement intérieur.
	5-Réduire les effets des dangers naturels.				5-Eau.
					6-Déchets.

Source : [9-11], Interprétation des auteurs,2019

3. MÉTHODOLOGIE

3.1 Combinaison de méthodes

Le profil des stratégies environnementales que nous avons mises en œuvre dans l'évaluation des 50 logements duplex, ont été sélectionnées en combinant les trois modèles mentionnés ci-dessus. Nous soulignons que les principes d'évaluation retenus sont ceux appartenant aux trois modèles à savoir : le respect du site et le profit des ressources climatiques, la réduction d'impact environnemental et la contribution au bien-être de l'homme (Fig. 2). En revanche, les principes observés dans l'une des méthodes ont été exclus de cette recherche (Réduction des effets dus aux dangers naturels, Eau et Déchets).



Source : Auteurs,2019

Fig.2. Schéma récapitulatif des stratégies environnementales retenues

Au cours de la sélection de ces stratégies environnementales, il a été constaté que les outils d'analyse variaient en fonction du type de stratégie. A cet effet, nous optons pour l'approche des méthodes mixtes définies par Creswell. La méthode donne la possibilité aux chercheurs de converger à la fois les données qualitatives et quantitatives pour fournir une analyse complète du problème de recherche [12], (Fig. 3).

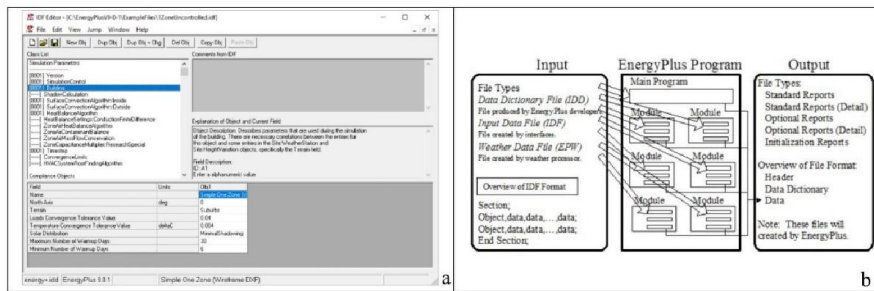


Source : Auteurs,2019

Fig.3. Flux de travail de la recherche

Par le biais des méthodes mixtes, certaines stratégies pourraient être vérifiées directement à travers des observations, des sorties sur terrain, des photographies ainsi des lectures précises, afin de décrire le phénomène architectural. Bien que d'autres nécessitent des simulations numériques (Trois paramètres ont été choisis afin d'évaluer le confort thermique, la ventilation naturelle et l'éclairage naturel à savoir : la température ambiante de l'air, la

vitesse de l'air et l'éclaircement) à l'aide du logiciel EnergyPlus (V9-1-0), (Fig. 4). Ce logiciel s'avère plus adapté pour la conformité des objectifs de notre étude, étant donné qu'il a démontré sa performance et sa précision dans l'évaluation des paramètres thermiques à travers de nombreuses validations. Il s'agit d'un outil de simulation thermique dynamique, qui permet un large éventail d'analyses du confort thermique, de traiter du multizone, de gérer la ventilation et l'éclairage naturel [13]. De nombreux chercheurs [14–18] ont aussi utilisé ce logiciel pour évaluer les configurations de conception requise dans leurs études.



Source : [19-20]

Fig.4. a- L'interface du logiciel EnergyPlus, b- Présentation des entrées / sorties EnergyPlus

En outre, les résultats de simulations ont été validés par une prise de mesures à l'aide d'un Enregistreur de données climatiques (TROTEC, BL30) pour mesurer la température ambiante de l'air et un Luxmètre (TROTEC, BF06) pour mesurer l'éclaircement (Fig. 5).



Source : Auteurs,2019

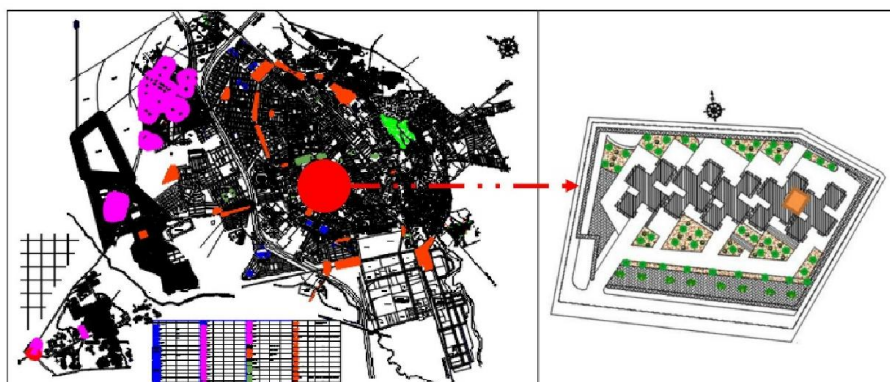
Fig.5. Instruments de mesure ayant servi pour les campagnes de mesures sur le site d'étude

Concernant le fait que seuls les plans des bâtiments étaient disponibles, des interviews auprès des ingénieries ayant participé à la réalisation de ces logements, serviraient à reconnaître les volumes et les matériaux constituant l'enveloppe des bâtiments.

3.2 Présentation de cas d'étude

Les 50 logements duplex, furent construits en 1979 par les architectes égyptiens El Miniawy. Ces logements se situent exactement au Nord-Est de la région de M'sila. L'idée principale de la conception de ces bâtiments était de proposer des solutions de construction technique BTS (Béton de terre stabilisé) afin d'implanter des modèles de construction qui s'intègrent parfaitement à l'environnement local de M'sila, tout en luttant contre l'invasion des modèles standards [21]. Les concepteurs ont également exploité l'élément « cour » omniprésent dans les anciennes maisons de la région. Toutes ces solutions et techniques constructives appliquées dans la réalisation de ces logements, les rendent idéaux pour l'étude de cas.

La figure 6 présente le plan de masse du logement choisi pour l'étude de cas. Celle-ci a été sélectionnée parmi tant d'autres, car il est le seul à garder son état initial, le logement étudié est de type F 5 aménagé sur un plan de forme carrée et d'un volume cubique.

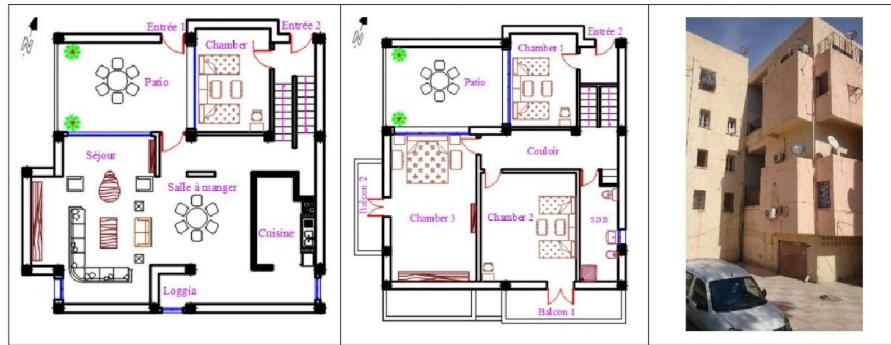


Source : Auteurs, 2019

Fig.6. Localisation du logement duplex choisi

Il se compose de trois niveaux articulés autour d'une petite cour semi-ouverte. Le niveau inférieur est utilisé comme un espace d'activité constitué d'une cuisine annexée par une loggia, deux espaces polyvalents, un séjour et une salle à manger. Alors que le niveau supérieur regroupe l'ensemble des espaces de nuit ; deux chambres de surface variées, la salle de bain et

d'autres annexes. Le niveau intermédiaire comporte la chambre d'invités (Fig. 7).

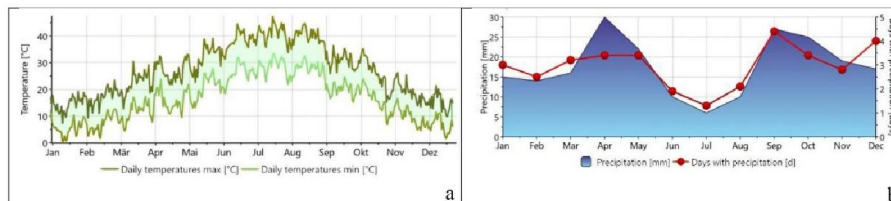


Source : Auteurs, 2019

Fig.7. Plans et façade du logement

3.3 Climat de M'sila : dominance du type présaharien

En raison de sa situation, la ville de M'sila est dominée par un climat de type présaharien. Il est caractérisé par un été sec et chaud, alors que l'hiver est très froid. Le graphe suivant montre les taux de températures journalières de la ville sur toute l'année. La température hivernale la plus basse enregistrée en mois de janvier était de 6° C avec des températures nocturnes allant jusqu'à 5° C, tandis que, la température estivale la plus élevée enregistrée en mois de juillet était de 40°C, avec des températures nocturnes allant de 20 à 24°C. Sur le plan pluviométrique, le volume des précipitations mensuelles varie considérablement d'une année à l'autre, la chute la plus importante a été enregistrée au mois d'avril (30mm) et le pourcentage le plus faible enregistré au mois de juillet (7 mm), (Fig. 8).



Source : <https://go.meteotest.ch/meteonorm-license>

Fig. 8. a- Graphe des températures de l'air à M'Sila, b- Graphe de précipitation

D'autres données climatiques nécessaires pour l'analyse ont été présentées dans le tableau 2 tel que la température de l'air, la température du point de rosée, la pression de l'air, la direction et

la vitesse du vent et la luminance globale.

Par conséquent, un fichier climatique de la ville en question a été téléchargé sur le site web du logiciel meteonorme sous format "epw" et intégré dans le logiciel Energyplus.

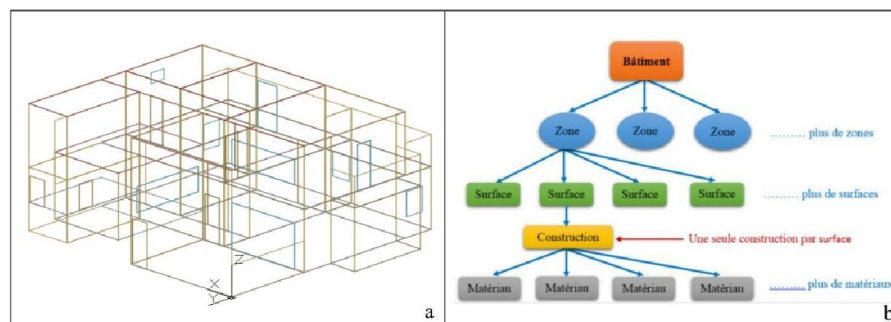
Table 2. D'autres données climatiques nécessaires pour l'analyse

Mois	Ta	Td	P	DD	FF	Lg
L'unité	[°C]	[°C]	[hPa]	[deg]	[m/s]	[W/m2]
Janvier	9.8	3.0	958	248	3.2	13943
Février	12.0	2.4	959	270	3.4	16643
Mars	16.6	3.9	960	270	4.0	23787
Avril	20.1	4.5	960	270	4.7	27673
Mai	25.6	8.2	961	269	3.9	32388
Juin	31.5	9.3	962	68	3.4	35094
Juillet	34.9	11.1	963	68	2.9	36070
Aout	33.7	11.7	962	68	2.7	32345
Septembre	27.2	12.3	961	69	2.7	25371
Octobre	22.3	10.7	961	270	2.2	19971
Novembre	14.9	6.3	959	270	2.9	15057
Décembre	10.9	4.7	959	270	3.2	12058

Source : <https://go.meteotest.ch/meteonorm-license>

3.4 Description du modèle de simulation

La création de la géométrie de notre modèle d'étude a été effectuée au moyen du logiciel EnergyPlus (V9-1-0) qui permet de diviser la construction en une série d'espaces individuels appelés «zones» comme le démontre la figure 9.



Source : Auteurs, 2019

Fig. 9. a- Le modèle 3D EnergyPlus du bâtiment, b- Hiérarchie des composants d'enveloppe

Par ailleurs, la simulation réalisée par ce logiciel tient compte de l'ensemble des paramètres relatifs au bilan thermique, notamment les propriétés thermo-physiques des matériaux de construction, la masse volumique, la conductivité thermique et la chaleur spécifique (tableau 3).


Table 3. Caractéristiques thermo-physiques des matériaux

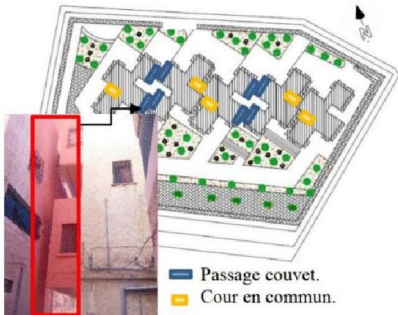
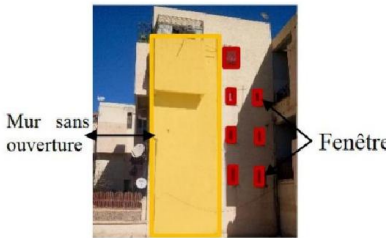
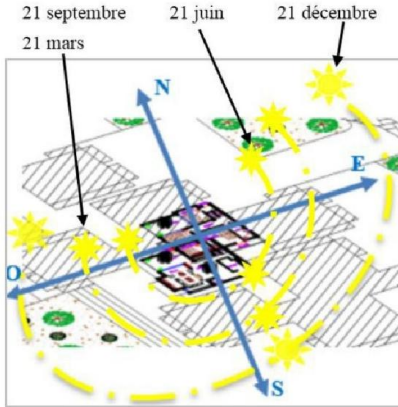
Matériaux	Epaisseurs [cm]	Masse Volumique [kg/m ³]	Conductivité Thermique [w/m.°C]	Chaleur Spécifique [J / kg.°C]
Enduit ciment et granulat.	3	2200	1,4	1080
Béton de terre stabilisé.	20-15	1892	0,762	936
Enduit plâtre gâché serrée.	2	1300	0.50	936
Béton.	15-40-35	2500	1,75	1080
Carrelage en granito.	1	2200	2,1	936
Bois.	5	500	0,14	1800
Vitrage.	1	2700	1,10	792

Source : [22].

4. ANALYSE DES STRATÉGIES ENVIRONNEMENTALES DU LOGEMENT SÉLECTIONNÉ

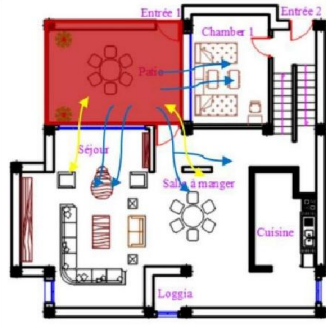
4.1 Respecter le site et profiter des ressources climatiques

Stratégie	Analyse	Illustration
a- Choix et intégration au site	<p>Construit sur un terrain plat sans contour naturel, le logement est conçu pour tirer parti de la géographie, la morphologie et la topographie du site.</p> <p>La hauteur du gabarit, le type et la couleur du matériau utilisé pour la texture des murs extérieurs permettent d'obtenir une intégration visuelle avec l'environnement.</p>	

<p>b- Organisation du site (extérieur/intérieur)</p>	<p>L'aménagement du plan de masse a été conçu selon le principe de la hiérarchisation des espaces, en plaçant les espaces publics (Parkings, détente, air de jeu) dans les abords du terrain, alors que la transition intérieur/extérieur est assuré par des cours, des passages couverts entre les bâtiments.</p>	
<p>c- Masse du bâtiment</p>	<p>Les concepteurs ont conçu des logements durables [23] adaptés aux longs mois d'hiver et d'été, et leurs solutions ont été basées sur l'utilisation des matériaux disponibles sur le site, la minimisation du nombre et de la taille des ouvertures placées sur les façades extérieures afin de protéger les espaces intérieurs du climat rigoureux.</p>	
<p>d- Orientation appropriée du bâtiment</p>	<p>L'orientation Nord-Sud, décidée par les architectes est la plus adaptée au microclimat de la région de M'sila. En raison de cette orientation optimale les différentes pièces du logement permettent un meilleur contrôle de chaleur particulièrement en saison chaude, en assurant ainsi une température interne réduite pendant la journée la plus chaude de l'année et en fournissant des espaces de vie à l'ombre et donc confortables [24].</p>	

4.2 Réduire l'impact environnemental

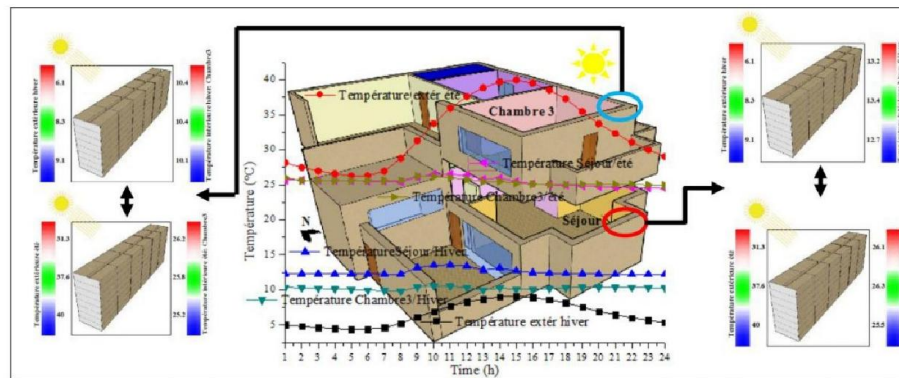
Stratégie	Explication
a- b- Concilier les matériaux locaux aux nouvelles technologies de construction	<p data-bbox="501 479 1323 703">Le terrain choisi est de nature argileuse, favorisant ainsi la création d'un modèle local BTS. La combinaison de la terre et le sable au ciment et béton armé peut être qualifiée de technologie durable avancée [25]. La terre rappelle les techniques vernaculaires locales de la région et la protection de l'environnement [26]. Alors que le ciment et le béton armé reflètent les avancées technologiques qui ne peuvent être, ni ignorées ni évitées [27].</p> <p data-bbox="501 712 1323 987">Le logement présente une structure en poteau-poutre en béton armé coulé manuellement sur le site. Des murs de 40 cm d'épaisseur en BTS, liés à la chaux de calcaire local, constituent l'enveloppe. Pour accroître les propriétés thermiques des murs extérieurs, une technique de revêtement est utilisée consistant en la combinaison d'enduit-ciment et granulats. Certains cloisons (épaisseur 15 cm) sont réalisés en BTS et d'autres en béton armé en guise de contreventements pour renforcer la structure du duplex. Quant au bois il cadre les portes et les fenêtres.</p> <div data-bbox="520 1039 1315 1420" style="text-align: center;"> </div> <p data-bbox="868 1429 954 1451" style="text-align: center;">Synthèse</p> <p data-bbox="501 1460 1323 1733">Ces techniques traduisent la volonté des architectes de fournir des enveloppes écoénergétiques, car la plupart de ces matériaux sont disponibles localement ou fabriqués sur le chantier. Chaque matériau a ses propres propriétés physiques. L'assemblage de deux matériaux, l'un local traditionnel et l'autre moderne permet de renforcer l'enveloppe et donc de modifier l'environnement interne en fonction du climat extérieur et de minimiser la consommation énergétique [25]. Un autre avantage de cette technologie est l'éviction du transport, ce qui est un avantage écologique,</p>

	<p>protection de l'environnement local et absence de déchets, en comparaison aux bâtiments dont les matériaux sont industrialisés [28].</p>
<p>a- Sources d'énergie Renouvelables</p>	<p>Dans la région de M'Sila, les systèmes de réchauffement et de refroidissement passifs utilisés sont principalement la cour, l'emplacement et la taille réduite des ouvertures. Le logement duplex intègre les deux systèmes, ce qui le rend durable et confortable du point de vue énergétique, car la cour permet d'évacuer la chaleur et de faire circuler l'air dans les deux sens en été comme en hiver.</p> 

4.3 Contribuer au bien-être de l'Homme

4.3.a Simulation de confort thermique

Deux zones (séjour, chambre3) ont été sélectionnées pour comparer les résultats des températures ambiantes de l'air maintenus à l'intérieur et à l'extérieur de l'appartement. Les jours sélectionnés durant chaque période correspondant à la journée extrêmement froide (31 janvier) et la journée extrêmement chaude (14 juillet) de l'année.



Source : Auteurs, 2019

Fig.10. Variation de la température ambiante de l'air, interne et externe, des pièces principales du logement duplex pour chaque heure des jours les plus froids (31 janvier) et les plus chauds (14 juillet)

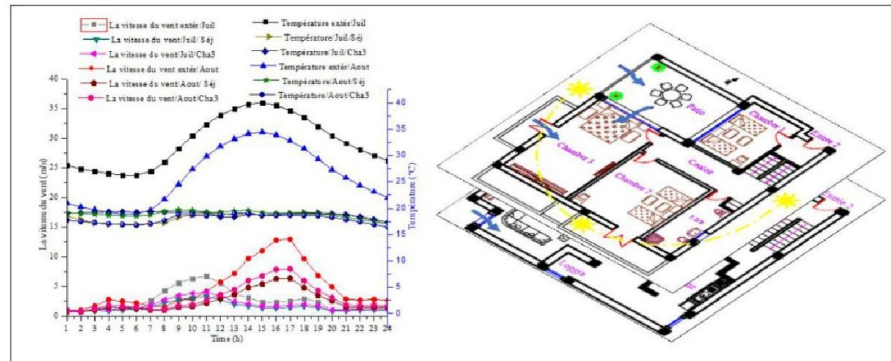
Les résultats obtenus à partir des graphes présentés ci-dessus (Fig.10) montrent que la température ambiante de l'air interne hivernale du séjour est presque constante toute la journée avec une amplitude de 2,8°C entre la température maximale (20°C) marquée vers 17h et la minimale (17,2°C) marquée à 7h. Cette stabilité est également remarquée dans la chambre 3 située au premier étage du duplex où l'amplitude est égale à 3,72°, alors que les températures extérieures ont une amplitude élevée : 4,7°C. Durant la saison estivale, nous constatons que la température interne du séjour est stable avec une légère amplitude de 1,46° C entre une maximale (26,5°C) enregistrée entre 07h et 14h et une minimale de (25,04°C) enregistrée entre 15h et 17h. Il a été également observé dans la chambre 3 où l'amplitude est de 1,2°C, contrairement aux températures extérieures fluctuantes qui sont marquées par une forte amplitude de 13,76°C.

De ce fait on constate que le confort thermique est presque garanti dans les deux zones pendant la période la plus chaude de l'année, car les températures ambiantes de l'air à l'intérieur de ces pièces se situent dans la plage du confort déterminée par Givoni de 18-27°C en hiver et de 20-29°C en été [29]. Également, ses températures s'ajustent dans la plage des températures de confort saisonnières de la ville de M'sila calculées par l'équation de la norme ASHRAE-2010 et qui comprise entre 15,5 °C et 20,5 °C l'hiver et entre 24 °C et 29 °C l'été [30]. En conséquence, les deux zones ne nécessitent pas l'utilisation des systèmes du chauffage et de climatisation mécanique.

4.3.b Simulation numérique de la ventilation naturelle moyennant la cour

Afin d'analyser l'effet de la ventilation naturelle en refroidissement pendant les mois les plus chauds de l'année, les simulations ont été effectuées au cours de la journée la plus chaude au mois de Juillet et du mois d'Aout, représentant la période estivale typique.

Deux pièces principales ont été choisies pour présenter les résultats de l'influence de la cour sur le comportement de la ventilation naturelle et le confort de l'utilisateur.



Source : Auteurs, 2019

Fig.11. A gauche - Représentation du profil de la vitesse de l'air intérieur à l'intérieur des pièces principales du logement duplex en saison estivale. A droite : Distribution de flux d'air à l'intérieur du séjour et chambre 3

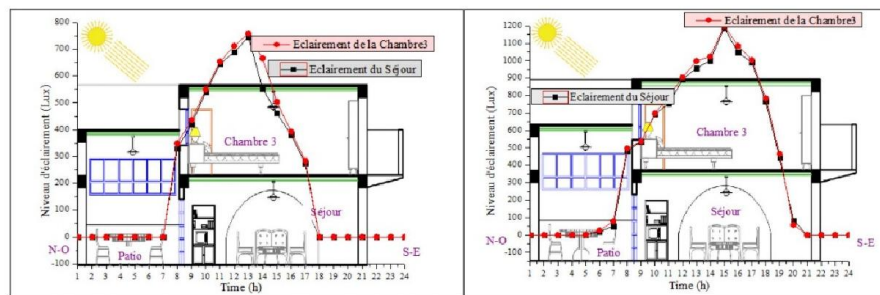
La variation de la vitesse de l'air à l'intérieur des pièces en question lorsqu'elles sont ventilées naturellement, est illustrée dans la figure 11. Nous constatons que la vitesse d'écoulement de l'air dans le séjour et la chambre 3 augmente en proportion avec la vitesse du vent extérieur où la valeur de la vitesse de l'air se situe dans la plage de (0,3 m/s à 2 m/s) en mois de Juillet et d'Aout. Néanmoins, en considérant les températures simulées lors de ces mois et aux heures où le soleil est au zénith (de 12h à 16h), nous pouvons dire à ce stade que les valeurs de la vitesse moyenne de l'air entrant à l'intérieur, à la fois du séjour et de la chambre 3, peuvent atteindre le niveau de confort thermique acceptable spécifié par la norme ASHRAE-Standard-62.1 [31]. Selon l'interprétation des résultats de simulation, la ventilation naturelle des pièces est due principalement à l'aspiration de l'air frais à travers les ouvertures qui donnent directement sur la cour. En outre la taille de l'ouverture a un effet significatif sur la vitesse de l'air, plus on augmente la taille de l'ouverture plus on augmente le courant d'air frais ce qui offre un refroidissement naturel à l'intérieur des zones. Ce phénomène améliore également la température à l'intérieur des espaces, réduisant ainsi l'utilisation des moyens de refroidissement mécaniques pendant les journées chaudes d'été.

4.3.c Simulation du niveau d'éclairage naturel : cers l'analyse quantitative

Les simulations d'éclairage naturel ont été exécutées, principalement sous ciel clair, pendant le

solstice d'hiver (21 décembre) et le solstice d'été (21 juin). Afin d'obtenir avec précision la distribution de la luminosité de la lumière du jour dans les pièces choisies, trois heures de la journée (9h, 12h et 15h) ont permis d'évaluer les effets le matin, à midi et l'après-midi.

Le séjour et la chambre 3, où les habitants passent la plupart de leur temps, sont considérés comme les principaux espaces pour estimer la quantité d'éclairage naturel.



Source : Auteurs, 2019

Fig.12. Graphes indiquent le niveau d'éclairage intérieur des pièces principales du logement duplex, pour les journées représentatives de 21 décembre et 21 juin de 9h00 à 15h00

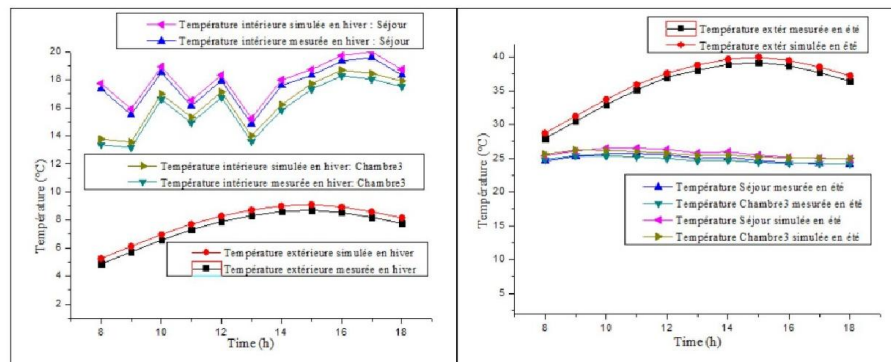
La figure 12 démontre l'influence de l'intégration de la cour sur, à la fois, le niveau, la quantité et la distribution d'éclairage à l'intérieur des espaces du logement duplex. Pendant le solstice d'hiver et d'été, on constate que le niveau d'éclairage reçu à l'intérieur du séjour est monté progressivement de 9h 00 à 11h 00 et atteint un maximum de 746 lux le mois de décembre et 1189 lux le mois de juin entre 12h00 et 15h00. Ensuite l'éclairage est commencé à descendre rapidement à partir de 16h 00 à une valeur minimale de 381 lux le mois de décembre, et 766 lux le mois de juin à partir de 18h 00. Par ailleurs, on a remarqué le même principe de répartition d'éclairage naturel dans la chambre 3, mais avec des valeurs différentes.

Selon le seuil d'éclairage acceptable à 150 lux dans les pièces principales, déterminé par le conseil national de recherches du Canada [32], on a relevé dans notre cas, que la quantité de la lumière infiltrée est supérieure à cette valeur. Ceci, signifie systématiquement que les espaces sont bien éclairés naturellement, et donc les habitants n'ont pas besoin d'utiliser l'éclairage artificiel pendant la journée pour le confort visuel.

5. VALIDATION DU MODELE DE SIMULATION

5.1 Comparaison des variations de température mesurées et simulées

Afin de valider les résultats du modèle de simulation développé dans le logiciel EnergyPlus, les températures ambiantes de l'air maintenu à l'intérieur et à l'extérieur du séjour et de la chambre3 ont été mesurées manuellement (de 8 h à 18 h) pendant les mêmes périodes (31 janvier et 14 juillet 2019) à l'aide d'un enregistreur de données climatiques (TROTEC, BL30). Cet instrument a été placé dans la partie centrale des deux zones et à une hauteur de 1,10 m au-dessus du niveau du sol.



Source : Auteurs, 2019

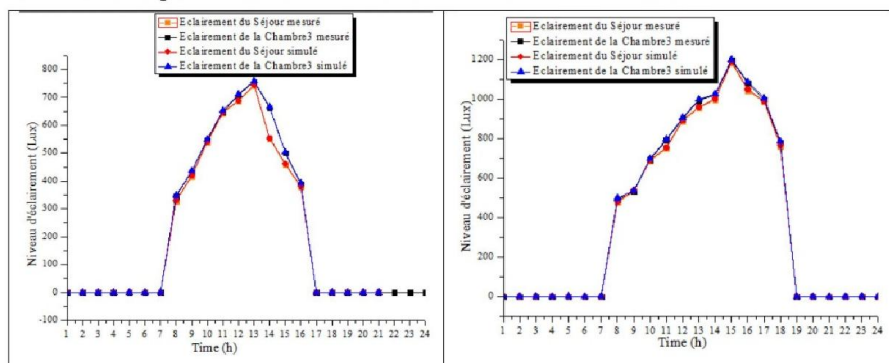
Fig.13. Comparaison des variations de température mesurées sur le site et simulées numériquement

Cependant, la comparaison de variation des températures ambiantes de l'air mesurées et simulées montre une légère différence de 0,4 °C entre la température intérieure la plus élevée en hiver et de 0,8 °C la température intérieure la plus basse en été. Ce qui prouve la fiabilité du notre modèle de simulation (Fig. 13).

5.2 Comparaison des variations d'éclairement mesurés et simulés

Pour valider les résultats du modèle de simulation développé dans le logiciel EnergyPlus, une surveillance du niveau d'éclairement a été réalisée manuellement (de 8 h à 16 h le 21 décembre et de 8 h à 18 h le 21 juin 2019) à l'aide d'un Luxmètre (TROTEC, BF06), ce dernier a été fixé à une hauteur de 1,5 m du niveau du plancher. Lors des mesures d'éclairage naturel in situ, les conditions du ciel étaient principalement nuageuses pendant le solstice d'hiver et intermédiaire

au solstice d'été. De plus les espaces étaient libres, par d'occupants, l'éclairage artificiel n'a pas été utilisé et les parties ouvertes et vitrées des fenêtres étaient fermées.



Source : Auteurs, 2019

Fig.14. Comparaison des données d'éclairage entre mesure et simulation

Par conséquent, la figure 14 montre une comparaison entre les mesures réelles des niveaux d'éclairage (le séjour et la chambre 3) et les valeurs simulées. On remarque que la simulation EnergyPlus donne un éclairage plus élevé que la prise de mesure in situ. L'écart entre les deux est de 3 pour l'éclairage d'hiver et 5 pour l'éclairage d'été. En revanche, l'accord entre les deux est en général acceptable.

6. RÉPONSE DE L'ARCHITECTURE NÉO-VERNACULAIRE

Les résultats présentés dans cet article sont originaux étant donné que, jusqu'à ce jour, aucune étude ne s'est penchée sur l'évaluation des 50 logements duplex El Miniawy. La discussion des résultats de cette recherche est très importante vu la qualité des leçons à tirer sur la conception néo-vernaculaire qui concilie les caractéristiques des bâtiments anciens et modernes.

Grâce à l'évaluation environnementale stratégique présentée dans la section précédente, il est possible de cerner certains aspects des bâtiments néo-vernaculaires, situés au centre-ville de M'sila et qui peuvent contribuer à de meilleures conceptions au niveau environnemental. Néanmoins, la conception adéquate du bâtiment est la source d'une bonne corrélation des aspects du bâtiment traditionnel et moderne. Par exemple, certains aspects des anciennes constructions peuvent être interprétés dans la conception de nouveaux bâtiments, car ils correspondent bien aux exigences et contraintes du contexte régional.

Compte tenu des résultats de cette étude, il est possible de mettre en évidence certaines stratégies qui demeurent inconnues actuellement dans la conception des bâtiments contemporains dans la région de M'sila. Ces stratégies sont résumées et discutées ci-dessous.

6.1 Avantages d'intégration au site et l'exploitation des ressources microclimatiques

L'emplacement du logement duplex a été le résultat de nombreuses considérations à différentes échelles. Dans la plus grande échelle, il est bien évident que les frères El Miniawy ont bien porté leur choix sur les caractéristiques géographiques, morphologiques et topographiques du site d'implantation pour établir une bonne connexion du logement au contexte local de la région de M'sila. Ceci est révélé dans la hauteur du logement (R+3) dont la différence est légère par rapport à celui des anciennes constructions de la région. La couleur claire a été utilisée en particulier sur les murs des façades pour réduire le gain de chaleur pendant les journées chaudes de l'année, tout en garantissant une meilleure fusion visuelle avec l'environnement local. Au niveau de l'échelle du plan de masse on perçoit que la transition entre l'intérieur et l'extérieur a été assurée par l'adaptation des cours, des passages couverts entre les bâtisses en vue de susciter une micro-atmosphère à l'intérieur ou autour du bâtiment.

Parallèlement au respect des spécificités géo-naturelles, l'aménagement approprié du plan de masse, s'ajoute un autre aspect plus fondamental, lors de la conception, c'est celui de l'analyse et de la surveillance du microclimat du site (à savoir le soleil et le vent qui est une pratique ancienne courante). Ce facteur pris en considération par les architectes dans la détermination et la décision de l'orientation idéale des pièces du logement dans le but de bénéficier de l'ombre en été et de l'ensoleillement adéquat en hiver.

Quant aux ouvertures, ces dernières sont aussi très importantes dans le processus de conception, à savoir leur superficie, leur emplacement, leur orientation et leur nombre. Etant donné que dans les anciennes maisons de M'sila nos ancêtres considéraient que les ouvertures sont très importantes pour les stratégies de refroidissement passif et l'éclairage naturel. En général, les concepteurs ont opté de poursuivre les mêmes pratiques traditionnelles dans le choix de la position, le nombre et les dimensions des fenêtres placées sur les façades extérieures en prévision de la direction du vent, de la de la position et la lumière du soleil en été et en hiver. Tous ces critères ont pour but de contrôler les gains et les pertes de chaleur, améliorer la

performance thermique du bâtiment, recueillir la brise fraîche nécessaire pendant les journées chaudes de l'année et bénéficier de la lumière du soleil.

Par conséquent, cette recherche recommande aux futurs concepteurs les solutions suivantes :

- Le respect impératif du relief, de la topographie et des contraintes climatiques régionales dans la construction des logements adaptables à l'environnement local.
- L'utilisation des couleurs et matériaux en harmonie avec l'environnement local afin d'ancrer le bâtiment dans le sol sur lequel il est érigé.
- La position du soleil et la direction du vent doivent être bien prises en considération quant à l'orientation des espaces ainsi que l'emplacement des ouvertures du logement pour permettre aux occupants de profiter davantage de la lumière diurne.

6.2 Profiter des ressources naturelles et limiter les impacts environnementaux

L'approche de l'architecture néo-vernaculaire met l'accent sur la notion de la conception environnementale ainsi que la priorité d'opter pour les matériaux locaux au lieu des matériaux standards. L'avantage des produits locaux est la disponibilité, l'efficacité et la facilité de la mise en œuvre dans l'exploitation et le recyclage.

A cet effet, les matériaux utilisés dans la construction du logement duplex sont locaux, disponibles et à moindre coût. Aucun matériau n'a été importé de l'extérieur de la région mais tous les matériaux ont fait l'objet d'une préfabrication sur le chantier de réalisation, tel que le béton de terre stabilisé pour l'enveloppe. Le BTS est composé, entre autres, d'un mélange de sable et d'argile avec une faible proportion de ciment [33]. Aujourd'hui, la terre présente de nombreux avantages qui ont été déjà indiqués dans les exemples d'architecture vernaculaire. La terre est un matériau renouvelable, biodégradable et recyclable, il nécessite peu de traitements avant sa mise en exploitation [34]. En outre, le béton armé a été choisi à des fins de structures porteuses solides. Par ailleurs, le bois est utilisé dans les cadres des fenêtres et les portes, ce matériau est toujours omniprésent dans l'architecture vernaculaire de M'sila en raison de sa disponibilité locale [35]. La plupart de ces matériaux sont écologiques et assurent, par conséquent, le comportement thermique du logement et contribuent à la réduction de consommation énergétique durant tout le cycle de vie du duplex. Nous pouvons également confirmer que l'utilisation de ces matériaux présente un avantage consistant en la diminution

des déchets de construction et le besoin de moyens de transport pour leur évacuation.

En réalité, ce logement spécifique intègre dans sa conception un élément architectonique écologique qui est la « cour », ce qui a permis aux habitants de bénéficier davantage des ressources énergétiques renouvelables et naturelles.

En bref, nous attestons que ces résultats confirment l'avantage de l'utilisation des matériaux locaux combinés aux nouvelles techniques de construction moderne améliorant ainsi le confort thermique et l'efficacité énergétique des constructions dans un climat chaud et un environnement particulier comme celui de M'sila. Toutefois, et au vu de cette expérience il est recommandable, dorénavant, d'intégrer la « cour » dans les résidences contemporaines.

6.3 L'application de la solution traditionnelle combinée à la technologie moderne

Lors de la construction du logement, les architectes El Miniawy ont pris en considération tous les facteurs climatiques extérieurs.

L'interprétation des résultats obtenus relatifs aux températures affirme, qu'en dépit des fluctuations de la température extérieure de l'enveloppe du logement El Miniawy, celui-ci traduit un meilleur comportement thermique intérieur, tant en hiver qu'en été. Ce modèle de logement permet d'augmenter la température ambiante interne jusqu'à 12.72° C en hiver et de minimiser la température ambiante interne jusqu'à 23.75° C en été. Si on néglige les grandes fluctuations de températures et on réduit la température ambiante de l'air à l'intérieur du duplex, ceci entraînera une influence favorable du point de vue confort des usagers. Cet état de fait est justifié par les propriétés thermiques des matériaux constituant l'enveloppe ainsi les autres parties de l'habitation. Ce qui signifie aussi que les murs épais en BTS jouent un grand rôle dans l'isolation thermique, en atténuant les conditions extérieures extrêmes pendant la saison hivernale et estivale. Ce matériau dont le pouvoir isolant retarde la transmission de la chaleur et le déphasage de l'onde thermique dans le temps, maintenant ainsi un bon niveau de confort à l'intérieur.

En conséquence, il semble très bénéfique d'assembler les matériaux et les techniques de construction locale aux nouvelles techniques de construction moderne pour améliorer le confort thermique et réduire la demande d'énergie [36].

6.4 Effet de l'intégration des stratégies vernaculaire sur le profil de ventilation naturelle

des bâtiments modernes

En prévision de lutte contre la chaleur d'été, les frères El Miniawy ont fait recours à l'utilisation des stratégies passives des anciennes maisons de la vieille ville de M'sila. Dans cette analyse, nous avons traité les effets de ces stratégies et leur influence sur la ventilation naturelle. Dans l'ensemble, l'étude a montré que le logement duplex est conçu pour garantir une meilleure ventilation naturelle tout en respectant l'orientation adéquate de la construction et l'intégration de la cour en tant que dispositif passif important de l'architecture vernaculaire de la région de M'sila. Cet élément architectural permet un meilleur écoulement de l'air frais à l'intérieur avec une nette amélioration des valeurs de température et en favorisant une remarquable sensation de confort aux occupants. Aussi, la cour a permis aux habitants d'éviter l'utilisation des moyens de ventilation mécanique et d'économiser, de ce fait, une quantité importante d'énergie.

De la sorte, l'interprétation des résultats de cette évaluation nous permet de prédire les solutions les plus adoptées pour une meilleure ventilation naturelle qui se résument comme suit :

- Lors de la construction d'un bâtiment, il est plus efficace d'adopter une stratégie de ventilation naturelle (la cour) comme une alternative attrayante pour atténuer les problèmes d'inconfort associés aux bâtiments standards, en procurant une meilleure atmosphère.
- Il faut orienter les ouvertures directement sur la cour afin de favoriser la ventilation naturelle à l'intérieur des pièces et déterminer judicieusement leurs dimensions (longueur et largeur) et leur position.

6.5 Impact de l'introduction de la cour sur les performances lumineuses du logement

En général, l'exploitations de la lumière du soleil est l'une des préoccupations majeures des architectes travaillant sur le style néo-vernaculaire, en particulier dans les climats semi-arides comme celui de la région de M'sila. À cet effet, la création de différents éléments couverts et ouverts exposés directement à la lumière du soleil a permis aux habitants de profiter de la lumière du jour dans leur vie quotidienne. Concernant les dimensions, l'orientation, la disposition et la composition de ces éléments, ils diffèrent selon la taille et la fonction de construction.

À travers cette étude, nous remarquons que l'éclairage intérieur hivernal dans les pièces

principales du logement duplex est à son pic durant la séquence horaire de (12h à 13h). Or, à partir de 16h celui-ci commence à s'affaiblir jusqu'à ce qu'il devienne nul à cause du coucher du soleil (18 h), obligeant ainsi les habitants à recourir à l'utilisation des systèmes d'éclairage artificiel aux environs de 17h. En été, nous constatons que le niveau d'éclairement est plus performant que celui simulé durant la saison hivernale, car les valeurs de celui-ci commencent à descendre à partir de 19h jusqu'au coucher du soleil où elles deviennent presque nulles. En effet, ce décalage du temps entre l'hiver et l'été et cette variation dans la quantité de la lumière du jour qui pénètre à l'intérieur des espaces, s'explique par la course, la position et l'angle du soleil tout au long de l'année.

À cet effet, l'obtention de ces résultats n'est pas, manifestement, occasionnelle, mais au contraire les architectes El Miniawy ont appliqué, consciemment, « la cour » en tant que dispositif architectural écologique observé dans les anciennes maisons de la région de M'sila. Par conséquent, les usagers de ces logements duplex bénéficient d'un confort visuel et d'un environnement flexible qui leur facilite les activités quotidiennes dans des conditions favorables car la plupart des usagers préfèrent l'éclairage naturel et se sentent mieux sous la lumière du jour [37]. Ce dispositif permet également d'économiser l'énergie électrique, car le duplex nécessitera moins d'éclairage artificiel. Également, la grande disponibilité de la lumière naturelle est due, probablement, à une distribution interne très efficace, en fonction de la juxtaposition des pièces à la cour et au nombre et des dimensions des ouvertures. Comme avantage aussi, l'absence des persiennes en bois sur les fenêtres qui favorise une pénétration directe de la lumière du jour.

En somme, et afin d'assurer de meilleures conditions d'éclairage naturel dans les constructions contemporaines, il est conseillé, selon les résultats de cette recherche, de ne pas percer de grandes ouvertures sur la façade, mais plutôt d'intégrer un dispositif passif de l'architecture vernaculaire « la cour » appropriée à la région de M'sila, en l'occurrence, « la cour ». De même, il est recommandé de reconnaître certains aspects fondamentaux de l'éclairage naturel tel que : le rapport de surface de fenêtre par rapport au mur.

7. CONCLUSION

Les stratégies environnementales de l'architecture néo-vernaculaire se caractérisent par leur adaptabilité aux conditions environnementales locales des régions dans lesquelles les concepteurs y ont exercé. Celles-ci sont le résultat de la réinterprétation et la mise à jour de quelques aspects écologiques piochés dans l'architecture vernaculaire ancestrale.

L'un des prémices de la présente étude est de vérifier l'application de ces stratégies environnementales dans la construction des 50 logements duplex de M'sila. Pour cela, un logement duplex a été sélectionné et analysé à l'aide des approches qualitatives et quantitatives. D'abord, des observations sur terrain et des prises de photos ont été accomplies afin de vérifier les stratégies adoptées. Ensuite, des modélisations approfondies, par le logiciel EnergyPlus, ont été élaborées pour comparer les résultats obtenus aux mesures in situ et aux normes internationales.

À cet égard, les résultats atteints au cours de cette recherche ont prouvé que les particularités géo-naturelles et microclimatiques du site d'implantation sont bien respectées par les architectes notamment dans l'insertion de la construction au sein de l'environnement adéquat et local dans le but de réduire l'impact environnemental négatif dû à l'usage des matériaux standards. En outre, la comparaison des résultats obtenus à partir de la campagne de mesure à ceux du modèle de simulation, a montré que l'utilisation des matériaux locaux à forte inertie thermique entraîne une grande influence sur le comportement thermique du logement duplex pendant la saison hivernale et estivale. Aussi, ces résultats traduisent l'importance et le rôle de la cour sur le contrôle de l'ensoleillement et de la lumière du jour. Cet élément qui a permis une protection du soleil d'été, une limitation de la surchauffe et l'abaissement de la température qui favorise la circulation d'air frais, garantissant ainsi un éclairage naturel performant à l'intérieur des pièces.

Par ailleurs, les résultats de ce travail ont confirmé que, le logement duplex révèle l'application de toutes les stratégies environnementales. Ces résultats ont indiqué également que les stratégies qui y sont utilisées conviennent très bien à la construction dans la région de M'sila, où il est primordial d'adopter une approche de conception compatible avec son environnement spécifique et particulier. De ce fait, les principes d'El Miniawy peuvent se généraliser dans les

pratiques actuelles du logement, afin de remédier aux problèmes de l'architecture standard. Enfin, on peut affirmer que, ce papier fournirait une aide informative à la prise de décision par les architectes, concepteurs de bâtiment, planificateurs et décideurs, qui luttent pour réaliser une relation intégrative entre l'environnement spécifique local et les nouvelles constructions. Nous préconisons également, à tous les professionnels et /ou spécialistes qui s'intéressent à concevoir des bâtiments à caractère vernaculaire contemporain de se référer aux stratégies environnementales dérivées de l'architecture néo-vernaculaire.

8. RECOMMANDATIONS

Ainsi, plusieurs recommandations pertinentes issues de cette évaluation, peuvent être envisageables. Celles-ci sont susceptibles d'améliorer, sensiblement, la conception des constructions vernaculaires contemporaines dans un environnement présaharien. Il s'agit de :

- Prendre en considération, dans la conception du bâtiment, le relief, la topographie ainsi que les données météorologiques locales, afin d'assurer un meilleur fusionnement au site et une orientation optimale.
- Les matériaux de construction devraient dépendre davantage de l'environnement local, en sélectionnant des matériaux durables et locaux et de préférence utiliser des matériaux locaux associés aux nouvelles technologies de construction pour assurer le confort thermique de l'utilisateur, diminuer considérablement la consommation énergétique, et réduire ainsi l'impact négatif sur l'environnement.
- Interprétation de quelques dispositifs écologiques passifs « la cour », combinée à une conception contemporaine intelligente, conduirait à un meilleur contrôle de la ventilation naturelle et de l'éclairage naturel.

9. RECONNAISSANCE

Les auteurs remercient « EnergyPlus™ » pour l'autorisation de l'utilisation du logiciel EnergyPlus à des fins de recherche. / Department of Energy's (DOE) Building Technologies Office (BTO), and managed by the National Renewable Energy Laboratory (NREL). Également, les chercheurs du laboratoire « Energie & Environnement, Faculté d'Architecture et d'Urbanisme, Université de Constantine 3, Algérie » pour la mise à la disposition des

appareils de mesure.

10. REFERENCES

- [1] Zhao. M,Gao. W, (2013), Design Languages of Contemporary Neo-vernacular Architecture in China, Applied Mechanics and Materials Vols. 253-255, pp.75-80.
- [2] Salama.A, (2001), 200 Units Housing Project, WilalDjallal, Biskra, Algeria.Technical Review Summary, 2596.ALG: Aga Khan Award for Architecture reports' book, pp.1-12.
- [3] Salama.A, (2001), 400 Units Housing Project, El Oued, Algeria, Technical Review Summary, 2595.ALG: Aga Khan Award for Architecture reports' books, pp.1-21.
- [4] Mezrag.H, (2015), Le logement social collectif : Entre la conception et l'usage Cas de la ville de M'sila, Thèse présentée en vue de l'obtention Du diplôme de : Doctorat en Sciences, option : Architecture, Université Mohamed Khider – Biskra, pp.716.
- [5] Mili.M., Farhi.A, &Boutabba.H,(2015), évaluation post occupationnelle des logements sociaux transformés en copropriété cas de la ville de m'sila en Algérie, Courrier du Savoir – N°20, pp.141-158.
- [6] Vyas. A, (2017), Developing neo-vernacular housing in Indore, International Journal of Architecture (IJA), 3(1), pp.1-11.
- [7] GhanbariChahanjiri.J, Golabchi.M, Bemanian.M.R, &Pourmand. H, (2014), Developing Neo-Vernacular Building Technologies to Integrate Natural and Built Environments: A Model Tourist Village in Qeshm Island, Research Journal of Recent Sciences ISSN 2277-2502 Vol. 3(12), pp.78-86.
- [8] Wanga.Y, Li. X, &Gan.Y, (2016), Study on the Green Design Strategies of“Neo-Vernacular Architecture”, Elsevier, Procedia Engineering 169, pp.367-374.
- [9] Correia.M,Dipasquale.L, Mecca.S,(2014), Versus Heritage For Tomorrow Vernacular Knowledge for Sustainable Architecture, European Research Project, pp292.
- [10] Day. H, (2013), The vernacular as a model for design: Design studies for the contemporary Welsh house, A dissertation submitted in The Welsh School of Architecture, Cardiff University. In candidature for the degree of Philosophiae Doctor, Cardiff University, pp. 481.
- [11] Salman Al-Zubaidi.M.S.(2007). The Sustainability Potential of Traditional Architecture in

the Arab World With Reference to Domestic Buildings in the UAE. University of Huddersfield Repository. P 393.

[12] Creswell.J.W, (2009), Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches-3rd ed, by SAGE publications. Inc, pp.295.

[13] Pitz.C, (2012), Analyse de la fiabilité des outils de simulation et des incertitudes de métrologie appliquée à l'efficacité énergétique des bâtiments. Thèse du doctorat, Spécialité : Génie Civil et Sciences de l'Habitat, Université de Grenoble,p.196.

[14] Semahi.S,Zemmouri.N, Singh.M.K,Attia.S,(2019), Comparative bioclimatic approach for comfort and passive heating and cooling strategies in Algeria, Building and Environment 161,p.19.

[15] Rincón.L, Carrobé.A,Martorell.I, Medrano.M, (2019), Improving thermal comfort of earthen dwellings in sub-Saharan Africa with passive design, Journal of Building Engineering,p.21.

[16] Ellis.J, Schwartz.J,Mora.R, (2016), Assessment of natural ventilation effectiveness for an active NetZero energy house, International Journal of Ventilation,p.19.

[17] Gorji Mahlabani.Y, Mofrad Boushehri.A, (2017), The Analysis of Daylight Factor and Illumination in Iranian Traditional Architecture, Case Studies: Qajar Era Houses, Qazvin, Iran, Armanshahr Architecture & Urban Development, 10, 35-45.

[18] Shaofu.L, (2018), Ecological Design of Lighting and Ventilation in Traditional Shophouses in Urban Southeast Asia, Thesis for the degree of Doctor of Philosophy, p.348.

[19] EnergyPlus™ Version 9.1.0 Documentation,(2019), EnergyPlus Essentials, U.S. Department of Energy,p.57.

[20] EnergyPlus™ Version 9.1.0 Documentation, Guide for Interface Developers U.S. Department of Energy,p.38.

[21] Koenig.P, (1980), Technique et Architecture, Revu Bimestrielle, publier par les éditions régionaux-France 62, Rue Ampère 75017 Paris, N° : 329, Algérie, pp.146.

[22] Bounekraf.A, (1997), Document Technique Réglementaire (D.T.R.C3-2), Réglementaire thermique des bâtiments d'habitation, Règles de calcul des déperditions calorifiques, Fascicule I, Ministère de l'habitat, p.72.

- [23] Tahar Bellal, (2010), Housing as an Expression of Self-Identity in Contemporary Algeria : The Work of El-Miniawy Brothers, *Journal of Islamic Architecture* Volume 1, Setif, Algeria, pp.87-93.
- [24] Liébard.A, De Herde.A, (2005), *Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques, Concevoir, édifier et aménager avec le développement durable*, Editeur, Observ'ER, Observatoire des énergies renouvelables, p.778.
- [25] Derradji.L, Boudali Errebai.F, Amara.M, Maoudj.Y, Imessad, K, Mokhtari.F, (2013), Etude expérimentale du comportement thermique d'une maison prototype en période d'été, *Revue des Energies Renouvelables* Vol. 16 N°4, pp.709-719.
- [26] Almusaed.A, Almssad.A, (2015), Building materials in eco-energy houses from Iraq and Iran, *Case Studies in Construction Materials* 2, pp.42-54.
- [27] PUNPAIROJ.P, (2013), The changing use of materials in construction of the vernacular thai house, A thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy. University of Bath. Department of Architecture and Civil Engineering, p.274.
- [28] Fernandes, J., Mateus, R., Bragança, L. 2014, 'The potential of vernacular materials to the sustainable building design' in *Vernacular Heritage and Earthen Architecture: Contributions for Sustainable Development – Correia, Carlos & Rocha (Eds) © 2014 Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-1-138-00083-4, pp.623-629.*
- [29] Praseeda.K.I, Monto.M, Venkatarama Reddy.B.V, (2014), Assessing impact of material transition and thermal comfort models on embodied and operational energy in vernacular dwellings (India), *Energy Procedia*, pp.342- 351.
- [30] Medjelekh.D, (2015), *Caractérisation multi-échelle du comportement thermo hydrique des enveloppes hygroscopiques*, Thèse pour obtenir le grade de docteur des universités de Limoge / Constantine, Spécialité : Génie civil /Architecture Bioclimatique, p.300.
- [31] ASHRAE, ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2013: Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, Atlanta, ASHRAE, 2013.
- [32] Alrubaih. M.S, Zain.M.F.M, Alghoul. M.A, Ibrahim. N.L.N, Shameri. M.A, Elayeb.O, (2013), Research and Development on Aspects of Daylighting Fundamentals, *Renew. Sustain Energy Rev*, 21, pp.494-505.

-
- [33] Koenig.P,(1980), *Technique et Architecture*, Revu Bimestrielle, publier par les éditions régionaux-France, Paris, N° : 329, p.146.
- [34] Fernandes.J,Mateus.R,Bragança.L, (2014), *The potential of vernacular materials to the sustainable building design*, *Vernacular Heritage and Earthen Architecture: Contributions for Sustainable Development – Correia, Carlos & Rocha (Eds) © Taylor & Francis Group, London*, pp. 623- 629.
- [35] Wasilah.W,Hildayanti.A,Hamzah.H, (2019),*Green Building with Nature Concept on Lakeside Resort Design*, *Environmental Science and Sustainable Development*,pp,31-43.
- [36] Mariani.S, Rosso.F, Ferrero.M, (2018), *Building in Historical Areas: Identity Values and Energy Performance of Innovative Massive Stone Envelopes with Reference to Traditional Building Solutions*, *buildings*,p.19.
- [37] Makani.V,Khorram.A,Ahmadipur.Z, (2012),*Secrets of Light in Traditional Houses of Iran (Hot and Dry Climate)*, *International Journal of Architecture and Urban Development*, pp.45-50.

RESUME

À travers cette étude, nous cherchons à évaluer les 50 logements duplex des frères El Miniawy à M'Sila, par le biais de méthodes d'analyse des stratégies environnementales afin de vérifier l'application de ces derniers par les architectes dans la construction de ces logements. C'est pour répondre à cet objectif, un logement duplex a été sélectionné en vue d'entreprendre une analyse selon une approche méthodologique mixte, associant une méthode qualitative et quantitative, dont certaines stratégies ont été évaluées au moyen du logiciel EnergyPlus et validées par des mesures in situ.

Les résultats obtenus de cette analyse, ont prouvé que le logement duplex a fait l'objet de l'application des stratégies en question. On déduit donc, que la construction est performante, et il permet d'assurer le confort de l'utilisateur et de réduire l'impact environnemental négatif.

Cette étude pourrait constituer une alternative pour les architectes, concepteurs du bâtiment, planificateurs et décideurs aux fins de les encourager à adopter ces stratégies environnementales néo-vernaculaires d'El Miniawy dans le développement des projets similaires à M'sila, et lancer d'autres projets à caractère vernaculaire contemporain.

Mots clés : Architecture Néo-vernaculaire, Stratégies environnementales, Les frères El Miniawy ; Méthodes mixtes ; Simulation EnergyPlus, M'sila.

Kersenna S, Chaouche S, Bencherif M. Evaluation environmental strategies in a semi-arid region : case of the 50 duplex dwellings of the El Miniawy brothers in M'Sila. *J. Fundam. Appl. Sci.*, 2021, *13(1)*, 107-136.



Nom et Prénom : Soumaya KERSENNA

Titre : Réinterprétation de l'architecture néo-vernaculaire d'El Miniawy et d'André Ravéreau ; pour une architecture vernaculaire contemporaine.

Cas des logements à M'Sila et à Ghardaïa

Thèse en vue de l'obtention du diplôme de doctorat 3ème cycle LMD en Architecture,
Option : Projet Architecturale et Nouvelles technologies

Résumé

Depuis l'indépendance, l'Algérie a cherché à régler le problème de la crise du logement en procédant à l'industrialisation des systèmes constructifs dans la production des logements en série. En considérant le logement comme un produit industriel plutôt qu'un objet architectural, cette démarche s'est accompagnée d'un abandon des techniques de construction vernaculaires en faveur des techniques modernes. Cet état de fait, a conduit à la généralisation d'un seul type de constructions sur l'ensemble du territoire national malgré la diversité des environnements et la multiplicité des zones climatiques. Aussi, ce type de bâtiments est caractérisé par ses impacts négatifs sur l'environnement et par l'absence de confort et du bien-être. Simultanément à cette tendance industrielle, les frères El Miniawy et André Ravéreau ont intervenus en réalisant des logements dans un style d'architecture néo-vernaculaire. Ces architectes ont adopté une stratégie qui consiste en l'interprétation de l'architecture vernaculaire des régions dans lesquelles ils ont réalisé, mais en procédant dans une perspective novatrice. Ce travail s'interroge sur l'éventualité d'un nouveau regard sur la construction d'une architecture juste, respectueuse de l'environnement local et moins énergivore.

A cet effet, l'objectif est de réinterpréter les œuvres des architectes néo-vernaculistes (El Miniawy et Ravéreau) afin de comprendre la façon avec laquelle ils ont associé les dispositifs passifs de l'architecture vernaculaire aux nouvelles techniques modernes de leur époque, avec une focalisation sur l'aspect environnemental. L'objectif est de mettre l'accent sur les leçons qui pourraient être tirées de cette réinterprétation pour développer une architecture vernaculaire contemporaine. A cet égard, le choix du cas d'étude s'est porté sur les 19 logements de Sidi Abbaz de Ravéreau à Ghardaïa situés en climat aride et les 50 logements duplex d'El Miniawy à M'Sila, en climat semi-aride. L'outil méthodologique utilisé dans la réinterprétation des cas d'étude est fondé sur la combinaison de trois modèles de stratégies environnementales. L'application de cette méthode repose sur l'approche des méthodes mixtes de Creswell, qui convergent les données qualitatives et quantitatives. Si la première approche est utilisée dans l'analyse des sous-stratégies liées au respect du site, profit des ressources climatiques et à la réduction d'impact environnemental à travers des observations directes, des lectures précises et des entretiens, la seconde évalue la stratégie du bien-être de l'homme par l'enquête sur terrain, la campagne de mesures in situ et la simulation thermodynamique numérique « EnergyPlus V9.1.0 ».

Les résultats obtenus montrent que les logements en question ont fait un usage intelligent des méthodes de constructions vernaculaires comme la bonne connexion au paysage, au site d'implantation et à l'exploitation des ressources naturelles / renouvelables. Aussi, ils ont fait un meilleur exemple de l'association des matériaux locaux (pierre et terre) aux nouvelles techniques modernes et de l'intégration des dispositifs passifs de l'architecture vernaculaire algérienne (cour, chebek et mur masque).

A la lumière des résultats de cette recherche, plusieurs mécanismes / orientations de bâtiments néo-vernaculaires ont été identifiés et classés dans les catégories des stratégies environnementales passives suivantes : sensibilité et connexion aux caractéristiques du paysage et du site, création de la relation entre l'intérieur et l'extérieur, usage des matériaux de construction locaux, innovants, durables et mixtes, transmission et exploitation des ressources naturelles et qualité de l'environnement intérieur des bâtiments. Finalement, ces mécanismes / orientations ont été utilisés dans l'élaboration d'un guide manuel qui a été présenté sous forme d'un diagramme qui met, en avant, les stratégies environnementales passives à mettre en œuvre, en amont, des phases de la conception des bâtiments. Un guide qui servira d'un outil d'aide à la décision pour les responsables/ décideurs/ planificateurs du secteur du bâtiment, des ingénieurs et des architectes, en vue d'une conception écologique de typologie vernaculaire contemporaine en Algérie, dont les impacts environnementaux seront réduits et le confort / bien-être seront bien préservés.

Mots clés : Néo-vernaculaire, El Maniawy, André Ravéreau, Stratégies Environnementales, Méthodes mixtes, Vernaculaire Contemporaine, Ghardaïa, M'Sila.

Directeur de thèse : Pr CHAUCHE Salah-Université Constantine 3

Année Universitaire : 2021/2022