

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE SAAD DAHLAB BLIDA -1-
INSTITUT D'ARCHITECTURE ET D'URBANISME
Département d'Architecture
LABORATOIRE ETAP BLIDA -1-

Mémoire de Master en Architecture.

Thème de l'atelier : ARCHITECTURE ET HABITAT.

ETUDE COMPARATIVE DE L'EFFICACITE ENERGETIQUE ENTRE UNE ANCIENNE ET NOUVELLE
MAISON A GHARDAIA A L'AIDE DE LOGICIEL DE SIMULATION THERMIQUE DYNAMIQUE
DESIGN BUILDER

**P.F.E : LA CONCEPTION D'UN ENSEMBLE HID A HAUTE PERFORMANCE ENERGITIQUE
A UN NOUVEAU QUARTIER A GHARDAIA**

Présenté par :

Larachi Roumaissa

Daidi Hiba

Groupe : 06.

Encadré(e)(s) par :

Dr. Dahmani. Krime

Co-encadré par :

Mlle Zatout Amina

Mlle Nekhailia Fatima

Membres du jury :

Président : Dr Aouissi .k

Examineur : Dr Chaouati. A

Rapporteur : Dr Dahmani Krime

Année universitaire : 2020/2021

Remerciements

Nous remercions le Dieu tout puissant de nous avoir donné la force et le courage pour accomplir ce modeste travail

Nous remercions nos parents, sœurs, frères ...pour tout votre amour, votre Encouragement, et votre soutien ...

Notre profonde reconnaissance va en premier lieu à Mr DAHMANI. Krimo , Enseignant à l'Université de Saad Dahleb Blida

Pour l'orientation, la confiance, la patience qu'ils nous a donné sans lequel ce travail n'aurait pas pu être mené au bon port, pour leurs bonnes explications qui nous ont éclairées le chemin,

A nos enseignants, qui nous ont guidés tout au long de non périple en quête du savoir. A l'ensemble de la communauté architecturale.

On voudrait également remercier les membres du jury pour

Avoir accepté d'évaluer ce travail et pour toutes leurs

Remarques et critiques...

Enfin, à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin,

D'une manière directe ou indirecte à l'élaboration de ce modeste travail

De fin d'étude

Merci à tous.

Dédicace

Avant tout nous remercions DIEU Allah le Tout Puissant, de nous avoir donné la volonté et la patience et surmonter l'ensemble des difficultés. Afin finaliser ce modeste travail.

A Mes parents : Ma mère LEILA, qui m'a soutenu, par son amour, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.

Mon père RABIE, qui va être fier de moi et de mes résultats de longues sacrifices. Je le remercie pour tous qui a fait pour moi et je souhaite le rencontrer au paradis incha allah Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit et le rendre fière pour toujours Merci pour les valeurs nobles, l'éducation impeccable de sa part.

A Mon frère ABDALLAH son soutien moral et financière, mes sœurs ARWA, AICHA, qui n'ont pas cessé d'être pour moi des exemples de persévérance, de courage et de générosité Nous voudrions aussi exprimer notre profonde gratitude à nos familles pour leur soutien ainsi que leurs encouragements.

A Mes amis : merci d'être toujours à mes côtés, par votre Présence, pour donner du goût et du sens à notre vie d'amitié, merci pour l'encouragement permanent et le soutien moral, merci pour tous les aides que vous m'avez donnés depuis notre 1 ère année jusqu'à aujourd'hui.

A Ma binôme ROUMUSSA Un grand merci à toi pour être mon bras droit le long de ce chemin. Merci pour les sacrifices, la ponctualité, la patience, l'esprit de groupe, et vos travaux magnifiques. Je souhaite une vie pleine de succès, d'avancement, et de bénéfices pour toi et ta famille, Que DIEU te préserve.

DAIDI HIBA

Dédicace

A ma très chère mère, affable, honorable, aimable : tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi.

A mon cher père, aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être.

A mes très chères sœurs RAYANE, HAFSSA, TASSNIME ; A mon très cher frère SOHAIB, les mots ne suffisent guère pour exprimer l'amour, l'attachement et l'affection que je porte pour vous.

A ma binôme HIBA, la personne que je suis toujours heureuse de connaître, avec qui j'ai partagé des moments spéciaux ; une compréhension, bienveillante qui sait me faire du bien.

A ma très chère amie KENZA, merci d'être toujours à mes côtés, par ta présence, par ton amour dévoué, merci pour ton encouragement et ton soutien durant tous ses années.

A toutes mes très chères amies, à toutes personnes qui m'ont aidé de près ou de loin tout le long de ma vie.

LARACHI ROUMAISSA

Résumé

Les performances climatiques des formes urbaines dans les régions arides chaudes commencent à l'échelle de la ville, en arrivant à celle du bâti afin d'assurer la protection, l'inertie et l'ombre. En dépit des conditions contraignantes du site d'implantation, les mozabites ont toujours implanté leurs établissements humains selon leurs références culturelles, à partir d'éléments dominants et ordonnateurs et de milieu naturel dans lequel ils vivent. Tout le long de leur histoire, les établissements humains du M'zab ont toujours préservé leur identité incarnée dans leur typologie, le climat, le site et leurs pratiques sociales. Même les ksour nouvellement édifiés font perdurer la tradition millénaire sans pour autant renier les exigences de la vie contemporaine. Le langage architectural, qui sous-tend cette production, n'a pas connu de profonds bouleversements. Les mozabites ont tiré avantage de leur patrimoine, La tradition ancestrale, qui a jadis présidé à la constitution d'un domaine bâti très particulier, demeurerait puissante.

Le présent travail s'intéresse à l'aspect bioclimatique dans l'habitat à travers une étude comparative de l'efficacité énergétique du nouveau ksar de Tafilelt avec l'ancien ksar d'El atteuf. Il s'agit aussi d'étudier le coté bioclimatique de l'habitat. Nous traiterons des différentes mesures les formes architecturales, de la ventilation, d'inertie thermique, le choix des matériaux de construction ...etc. Ainsi que le mode de vie particulier adopté dans une tentative d'adaptation climatique.

Mots clés : bioclimatique, habitat, architecture du M'zab, développement durable, performance énergétique, simulation thermique dynamique.

ملخص

يبدأ الأداء المناخي للأشكال الحضرية في المناطق القاحلة الحارة على نطاق المدينة، ويصل إلى النطاق المبني لتوفير الحماية والقصور الذاتي والظل. على الرغم من الشروط التقييدية لموقع الاستيطان، فقد أسس المزابيون دائمًا مستوطناتهم البشرية وفقًا لمراجعهم الثقافية، من العناصر المهيمنة والنظامية ومن البيئة الطبيعية التي يعيشون فيها. على مدار تاريخها، حافظت المستوطنات البشرية في مزاب دائمًا على هويتها المتجسدة في تصنيفها ومناخها وموقعها وممارساتها الاجتماعية. حتى القصور المبني حديثًا يحافظ على التقليد الألفي على قيد الحياة دون إنكار متطلبات الحياة المعاصرة. لم يعرف المفهوم المعماري، التي يقوم عليها هذا الإنتاج، أي اضطرابات كبيرة. استغل المزابيون تراثهم، سيظل تقليد الأجداد، الذي أشرف في يوم من الأيام على تكوين ملكية مبنية خاصة جدًا، قويًا.

يهتم العمل المقدم بالجانب المناخي الحيوي في الموطن من خلال دراسة مقارنة لكفاءة الطاقة في قصر تافيلالت الجديد مع قصر العطف القديم. يتعلق الأمر أيضًا بدراسة الجانب المناخي الحيوي للسكن. سنتعامل مع مختلف الإجراءات، الأشكال المعمارية، التهوية، القصور الذاتي الحراري، اختيار مواد البناء، إلخ. وكذلك أسلوب الحياة المعتمد في محاولة للتكيف مع المناخ.

الكلمات المفتاحية: مناخ حيوي، موطن، معمارية مزاب، تنمية مستدامة، أداء الطاقة، محاكاة حرارية ديناميكية

Abstract

The climatic performance of urban forms in hot arid regions begins at the city scale, arriving at the built scale to provide protection, inertia and shade. Despite the restrictive conditions of the settlement site, the Mozabites have always established their human settlements according to their cultural references, from dominant and ordering elements and from the natural environment in which they live. Throughout their history, the human settlements of M'zab have always preserved their identity embodied in their typology, climate, site and social practices. Even the newly built ksour keep the millennial tradition alive without denying the demands of contemporary life. The architectural language, which underlies this production, has not known any major upheavals. The Mozabites took advantage of their heritage, The ancestral tradition, which once presided over the constitution of a very particular built estate, would remain powerful.

The present work is interested in the bioclimatic aspect in the habitat through a comparative study of the energy efficiency of the new ksar of Tafelalt with the old ksar of El atteuf. It is also a question of studying the bioclimatic side of the habitat. We will deal with the various measures, architectural forms, ventilation, thermal inertia, the choice of construction materials, etc. As well as the particular way of life adopted in an attempt to adapt to the climate.

Keywords: bioclimatic, habitat, M'zab architecture, sustainable development, energy performance, dynamic thermal simulation.

Table des matières :

Chapitre I :

1	Introduction :	2
2	Problématique générale :	3
3	Problématique spécifique :	4
4	Hypothèses :	4
5	Objectifs :	4
6	Outils méthodologiques :	5

Chapitre II:

Partie I: définition des concepts

1	Introduction :	8
2	Thématique environnementale :	8
2.1	Architecture durable :	8
2.2	Architecture Ecologique :	9
2.2.1	L'éco-quartier :	9
2.3	Architecture bioclimatique :	12
2.3.1	Introduction à la bioclimatique :	12
2.3.2	Définition de l'architecture bioclimatique :	13
2.3.3	Les stratégies de la conception bioclimatique :	14
2.4	Confort thermique :	16
2.4.1	Confort et température :	16
2.4.2	Les modes de transfert thermique :	17
2.5	Efficience énergétique :	19
2.5.1	La démarche d'amélioration de l'efficacité énergétique :	19
2.5.2	Les étapes d'amélioration de l'efficacité énergétique :	20
2.5.3	Principaux labels nationaux et internationaux :	21
2.6	Dispositifs architecturaux et stratégies bioclimatiques :	30
2.6.1	Orientation :	30
2.6.2	L'implantation :	30
2.6.3	La forme :	31
2.6.4	Ventilation :	32

2.6.5	Inertie thermique des matériaux :	33
2.6.6	Les protections solaires :	35
3	Thématique spécifique :	37
3.1	L'habitat :	37
3.2	Habitat individuel : définition	
3.3	Habitat individuel dense :	38
3.3.1	Caractéristiques du HID :	39
3.3.2	Types d'habitat individuel selon la morphologie :	40
3.3.3	Caractéristiques de l'habitat individuel dense :	42
3.4	Habitat ksourien :	44
3.4.1	Les Ksour :	44

Partie II : Etude thermique dynamique entre une ancienne maison et une nouvelle maison. (Etude comparative) :

1	Introduction :	53
2	Evaluation de la performance des cas d'étude :	53
2.1	La simulation thermique dynamique :	53
2.2	Présentation de logiciel :	54
2.3	Modélisations des bâtiments :	54
3	Conclusion :	58

Chapitre III:

1	Présentation de la vallée du M'Zab :	60
1.1	Données géographiques :	60
1.2	Données historiques :	61
1.3	Données urbaines :	63
1.4	Données architecturales :	64
1.5	Analyse climatique :	69
1.5.1	Données climatiques :	70
		70
		73
1.5.2	Conditions environnementales du confort thermique :	75
1.5.3	Indications conceptuelles et selon le diagramme bioclimatique de Givoni :	76
2	Présentation de site d'intervention :	77
2.1	Localisation :	77

2.2	Morphologie :	78
2.3	Topographie :	78
3	Conceptualisation du projet :	79
3.1	Démarche conceptuelle :	86
3.2	Démarche bioclimatique :	--
3.3	Synthèse:.....	88
	3.3.1 Plan d'aménagement de quartier	88
	3.3.2 Projet ponctuel.....	90
4	Evaluation de la performance de projet :	96
5	Conclusion générale :	98

Liste des figures :

Figure 1: Architecture écologique	9
Figure 2 : Un éco-quartier à Marseille.....	10
Figure 3: le quartier de Vauban à Fribourg.	11
Figure 4: : Exemple d'un étalement urbain : quartier de Levittown à New-York, 1985.	11
Figure 5: Croquis de Portzamparc expliquant les principes de la porosité des formes urbaines.	11
Figure 6: utilisation des panneaux photovoltaïques pour la production d'énergie sur les toits des bâtiments du quartier Bedzed.....	12
Figure 7: Le concept de l'architecture bioclimatique.....	13
Figure 8: principes physiques et stratégies de contrôle en architecture climatique.	14
Figure 9: Période froide : les 4 stratégies de base.	15
Figure 10 : stratégie de froid.	15
Figure 11: Diffusion de chaleur entre l'individu et l'ambiance.	16
Figure 12: Conductivités thermiques de quelques matériaux.	17
Figure 13: Modes de transfert thermique dans une paroi verticale (Mur).....	18
Figure 14: Les trois principes de la RT2000.	21
Figure 15: Comparaison entre les indices des performances énergétique en KWh/m ² .an pour les immeubles des habitations.	23
Figure 16: Principes constructifs et technique d'un bâtiment passif en Allemagne (d'après Wolfgang Feist).....	24
Figure 17: Les valeurs limites du standard « Minergie ».....	25
Figure 18 : maison individuelle a Bleienbach (suisse) conçue Selon la standard « Minergie » (architecte Daniele Starkmann)	28
Figure 19: maison à basse énergie à Gembloux.....	28
Figure 20: La maison ZEN	28
Figure 21: : des bâtiments à énergie positive à Freiburg en Allemagne.	29
Figure 22: L'orientation de l'édifice par rapport aux vents et au soleil.	30
Figure 23: L'implantation tient compte du relief, des vents locaux, de l'ensoleillement, etc.	30
Figure 24: La forme du toit, vu l'implantation dans le terrain, minimise la prise au vent du bâtiment.	31
Figure 25: La compacité varie suivant la forme, la taille et le mode de contact des volumes construits.	31
Figure 26: Ventilation par cheminées.	32
Figure 27: Variation des besoins en énergie en fonction des vitrages et de l'inertie.....	33
Figure 28:l'effusivité thermique.....	34
Figure 29 : Un brise-soleil horizontal ajouré permet une meilleure ventilation naturelle. Dans les orientations est et ouest il peut être complété par une toile verticale.....	35
Figure 30: : Dimensionnement d'un brise-soleil horizontal standard (W) en fonction de la hauteur de fenêtre à protéger (H) et de l'orientation de la façade au moyen du rapport d'ombrage (RO)	35
Figure 31: Les différentes méthodes de protection de la toiture, P. Lavigne (1998).....	36
Figure 32: Le concept de l'habitat individuel dense.....	39
Figure 33: Habitat individuel en bande.	40
Figure 34: Habitat individuel jumelées.....	40
Figure 35: Habitat individuel groupé.....	40
Figure 36: de principe de l'habitat individuel intermédiaire.....	41

Figure 37:habitat individuel superposé.	41
Figure 38:les types d'habitat individuel.	41
Figure 39: coefficient d'occupation du sol	43
Figure 40: densité bâtie.....	43
Figure 41: densité nette et densité brute	43
Figure 42:maison mozabite	45
Figure 43: : Rues ou complètement : Timimoune [cliche Cordero, 2012]	46
Figure 44: Rues ombragées	46
Figure 45: Tissu compact a Ouled Rached (Timimoun) (Imesch, 1991).	46
Figure 46: Circuits d'air à travers les maisons à patio (Fardeheb, 1989).	47
Figure 47 : situation de ksar Tafilelt.	48
Figure 48: La compacité du ksar de Tafilelt.....	48
Figure 49 : Le prospect dans le ksar de Tafilelt.	48
Figure 50 : : La forme des ouvertures de maison de Tafilelt.....	49
Figure 51 : implantation de ksar Tafilelt.....	49
Figure 52 : : Le ksar de Tafilelt est soumis à toutes les directions du vent	49
Figure 53:situation de maison d'étude.	50
Figure 54 : maison de Ghadamès à chebaq	51
Figure 55:La typologie de la ville de Ghadames.	51
Figure 56 : La situation de Ghadames.	51
Figure 57:Présentation de logiciel Design Builder.....	54
Figure 58:insertion de fichier climatique.	54
Figure 59: : insertion des matériaux de construction.	55
Figure 60:modélisation de la maison.	55
Figure 61 : Besoin énergétique annuel de la maison.	55
Figure 62 : Modélisation de maison el Atteuf en 2D	56
Figure 63 : Modélisation de la maison ancienne.....	56
Figure 64 : Besoin énergétique annuel de maison el Atteuf.	57
Figure 65 : Besoin énergétique annuel de maison Tafilelt en fonction de l'orientation.	58
Figure 66: Situation de la vallée de M'zab.	60
Figure 67: Situation de la wilaya de Ghardaïa.....	60
Figure 68: la vallée de M'zab.....	62
Figure 69 : Schéma axonométrique d'une maison mozabite.....	64
Figure 70 : Principe de concept de la maison mozabite.....	65
Figure 71:l'intimité dans la maison mozabite.	66
Figure 72 : les matériaux de construction utilisé dans le M'zab.	67
Figure 73 : Les revêtements de façades.	68
Figure 74 : la boiserie dans les portes et les fenêtres	68
Figure 75: Carte du monde avec les différentes zones climatiques chaudes (Construire avec le climat - Groupe de recherches et d'échanges technologiques – Gret).....	69
Figure 76 : le diagramme bioclimatique de givoni de la vallée de M'zab.	76
Figure 77 : Situation de site d'intervention.....	77
Figure 78 : Le site d'intervention.....	77
Figure 79 :la morphologie de site d'intervention.....	78
Figure 80 : carte topographique de terrain.....	78
Figure 81 : Coupe BB de terrain.	78

Figure 82 : Coupe AA de terrain.	78
Figure 83 : Le système viaire du ksar El- Ateuf.....	79
Figure 84 : Le système parcellaire du ksar El- Ateuf.....	80
Figure 85 : Le système bati du ksar El- Ateuf.	81
Figure 86 : plan d'aménagement de nouveau quartier.	88
Figure 87 : 3D de nouveau quartier.....	88
Figure 88:morphologie fonctionnelle de quartier.....	89
Figure 89 : les maisons développées dans le nouveau quartier.	90
Figure 90 : Plan de RDC.	91
Figure 91 : Plan d'étage.	92
Figure 92 : Plan terrasse	92
Figure 93 :la façade principale	93
Figure 94 : traitement de la façade	94
Figure 95 : Matériaux de construction utilise dans le projet.	95
Figure 96 : insertion de fichier climatique.....	96
Figure 97 : insertion des données de construction.	96
Figure 98 : Modalisation de maison.	96
Figure 99 : les besoins énergiques annuel de maison conçue (projet).	97
Figure 100 : Classement selon la performance énergétique	97

Liste des tableaux :

Tableau 01 : les avantages et les inconvénients de l'habitat individuel.....	38
Tableau 02 : Les limites de la température de confort adaptatif de Ghardaïa.....	75
Tableau 03 : programme tiré de l'analyse des exemples.....	90

CHAPITRE I : INTRODUCTIF

Chapitre I : introductif

1 Introduction :

Le climat de la Terre fonctionne comme un moteur thermique, dont le carburant serait le soleil, et le circuit de refroidissement, l'atmosphère. Si le circuit de refroidissement est ralenti, la température du moteur augmente jusqu'à ce qu'un nouvel équilibre soit trouvé. Il existe un équilibre entre le rayonnement qui nous arrive du soleil et le rayonnement qui s'échappe vers l'espace. Un changement climatique se produit lorsque l'énergie solaire totale absorbée n'équivaut pas à l'énergie totale libérée. Le rayonnement absorbé apporte à la planète de la chaleur qu'elle restitue en permanence en direction de l'atmosphère. Ce rayonnement est alors absorbé par les gaz à effet de serre, ce qui réchauffe l'atmosphère. Puis cette chaleur est réémise vers la Terre. Ce rayonnement qui retourne vers la Terre constitue l'effet de serre.¹

L'homme se sent souvent dans la modernité en se forçant à une rupture vis-à-vis de la nature. Négliger l'environnement, glorifier la technologie, rejeter ce qui est ancien, oublier la simplicité et l'humilité, mépriser la mémoire architecturale collective de l'humanité sont malheureusement souvent ses lignes de conduite. La prise de conscience indispensable de la problématique climatique et la raréfaction des énergies fossiles nous amènent à reconsidérer notre manière de juger de ce qui est réellement moderne. Le bioclimatisme fait partie de ces sujets considérés récemment encore comme archaïques, mais qui, dès lors qu'on l'approche un peu, nous montre sa complexité et nous renvoie à notre propre archaïsme vis-à-vis de certaines évidences, admises par nos ancêtres, et que nous avons aujourd'hui du mal à comprendre nous-mêmes sous l'éclairage de la technologie toute puissante et de la « science sans conscience ».

En effet l'histoire du bioclimatisme a commencé le jour où un homme s'est demandé comment construire un toit pour se protéger des éléments climatiques. Les habitats sont devenus permanents à la fin du Dryas récent, lorsqu'un réchauffement cataclysmique a contraint les humains à se fixer près des points d'eau. Jamais, dans les 400 000 ans de relevés glaciaires arctiques, on n'a noté de réchauffement aussi violent et aussi brutal : en quarante ans, vers 10 000 avant notre ère, les températures moyennes se sont élevées de 15 °C ! Pour faire face à cette situation, les humains de l'époque ont inventé, dans l'urgence, un habitat rudimentaire mais thermiquement efficace. Dont L'homme a toujours cherché à se protéger des rigueurs du climat en créant à l'intérieur de son habitat les conditions d'un relatif confort. Les populations soumises à des conditions extrêmes ont été, dans l'histoire, de remarquables inventeurs de dispositifs architecturaux adaptés au milieu, comme l'igloo de l'Eskimo, la maison sur pilotis du Malais ou la maison a patio du sud de la Méditerranée. Dans tous les cas, l'adaptation aux conditions climatiques a suivi un long processus, ou des éléments culturels et religieux se sont insensiblement mêlés au patrimoine technique reposant sur un savoir empirique²

La rareté des ressources naturelles et des énergies fossiles non renouvelables, favorisent ainsi le changement de comportement vers des modes de production et de consommation plus durable.

¹ Christophe Olivier Avryl Colleu ,2016, 12 solutions bioclimatique pour l'habitat construire ou rénover : climat et besoins énergétiques : Editions Eyrolles.

² Bencherif M, Chaouche S, 2013, La maison urbaine a patio, réponse architecturale aux contraintes climatiques du milieu aride chaud. Sécheresse 24 : 203-13.

Chapitre I : introductif

L'amélioration de l'efficacité énergétique dans tous les secteurs économiques, occupe une place importante dans les stratégies énergétiques de tous les pays qui se sont engagés dans des politiques de transition écologique.

A l'échelle planétaire, le secteur du bâtiment est responsable d'environ 30 à 40% de la consommation annuelle mondiale de l'énergie et de près de 30% de l'ensemble des émissions de gaz à effet de serre (GES). Soucieuse de la protection de l'environnement et de la réduction de ces pertes, l'Algérie, consciente de la prédominance de l'énergie conventionnelle dans sa consommation intérieure, a adopté en 1999 une loi sur la maîtrise de l'énergie.³

La préoccupation dominante est de donner aux constructions l'orientation et la forme qui sont les plus aptes à les faire bénéficier des variations saisonnières du soleil, en position et en intensité, tout en répondant aux besoins de chauffage, de climatisation, de ventilation et d'éclairage. Laisser le soleil pénétrer à l'intérieur de l'habitation, pour y stocker sa chaleur, permet d'élever la température ambiante en hiver ; voiler son rayonnement par un écran assure rafraîchissement et ventilation en été ; combiner les deux, donc exposer et cacher alternativement, c'est réaliser la régulation thermique la plus simple et la plus efficace (Alexandroff, 1982).

2 Problématique générale :

Le secteur du bâtiment représente pour l'Algérie un gros potentiel de réduction de la consommation de l'électricité et du gaz. Conscient de cela, le législateur algérien a pris des dispositions réglementaires depuis de longues années avec la promulgation de la Loi n° 99-09 du 28 juillet 1999 relative à la maîtrise de l'énergie et particulièrement le décret exécutif 14-27 du 01 février 2014, fixant les prescriptions urbanistiques, architecturales et techniques applicables aux constructions des wilayas du Sud. Cette volonté politique aura mérité d'être appuyée et soutenue au vu de l'impact positif sur la gestion des ressources naturelles et la création d'emplois.

L'architecture se trouve victime d'une technologie qui ne reflète aucunement les aspirations socioculturelles du citoyen algérien, tout en ignorant les exigences climatiques et économiques des régions concernées⁴. Il a été alors produit des bâtiments non confortables, aux implantations et orientations arbitraires, à l'utilisation de matériaux de constructions inadaptés et à une organisation spatiale standardisée.

- Est-il possible de construire aujourd'hui des logements, confortables thermiquement, économes en énergie, avec le minimum d'impact sur l'environnement ?

³ Guide pour une construction Eco-énergétique en Algérie, l'Agence pour la Promotion de la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie - APRUE ;

⁴ Fezzioui, N. (2003) «Modélisation de la convection forcée lors d'un écoulement d'air chaud à travers un cylindre poreux en vue de stockage de la chaleur sensible de l'habitat » Mémoire de magistère, Centre universitaire de Béchar, 2003. Algérie

Chapitre I : introductif

3 Problématique spécifique :

Dans les régions présahariennes, notamment au M'Zab, le niveau de consommation du secteur de l'habitat pour assurer le confort thermique, notamment en période estivale, est l'une des préoccupations majeures exprimées dans le cadre du modèle de consommation énergétique algérien, malgré que notre pays jouisse d'une position relativement enviable en matière énergétique, où les niveaux actuels de consommation, face aux réserves en hydrocarbures, permettent de rester serein pour quelques temps encore, il est urgent de poser le problème de la conception architecturale et urbanistique complète, tenant compte du climat et recherchant le confort, sans ou avec le minimum de consommation d'énergie. Les ksour de Ghardaïa est conçu, en fonction des données locales (climat, matériaux et traditions constructives et architecturales). Notre intérêt scientifique est alors de vérifier par quelles dispositions architecturales, les k'sour répond aux principes bioclimatiques, offre t-ils des ambiances confortables, respecte-t-il l'environnement !

4 Hypothèses :

Pour répondre à la problématique posée, nous avons construit les hypothèses suivantes :

1. L'architecture vernaculaire représente un répertoire référentiel de stratégies spatiales relatives au confort thermique ou les ksour développe plusieurs niveaux d'adaptation au climat de la région ;
2. Une forme urbaine compacte tel que HID permet de limiter au maximum les déperditions par les parois, cette compacité verticale et horizontale expose une surface minimale au soleil d'été et aux vents froids d'hiver.

5 Objectifs :

Dans ce présent travail, on élabore une analyse bioclimatique de la région de Ghardaïa qui représente le contexte aride et semi-aride en Algérie. Nous comparons en premier, les conditions extérieures de la zone d'étude et les conditions de confort thermiques intérieurs adéquates pour les occupants. Cette comparaison consiste à définir les exigences de conception architecturale de nouveau K'sar Tafilelt et celle des anciens noyaux : k'sar el Atteuf ; qui assurent le maintien des conditions favorables et la protection contre les conditions défavorables. Par conséquent, cela nous conduit aux choix pertinents entre les stratégies conceptuelles.

Donc l'objectif de ce travail consiste à :

- Revaloriser une partie de la vallée tout en favorisant une intégration respectueuse de l'existant et de l'environnement par la conception d'un éco-quartier.
- Concevoir un ensemble de HID performants sur le plan énergétique et confortable en terme thermique.

Chapitre I : introductif

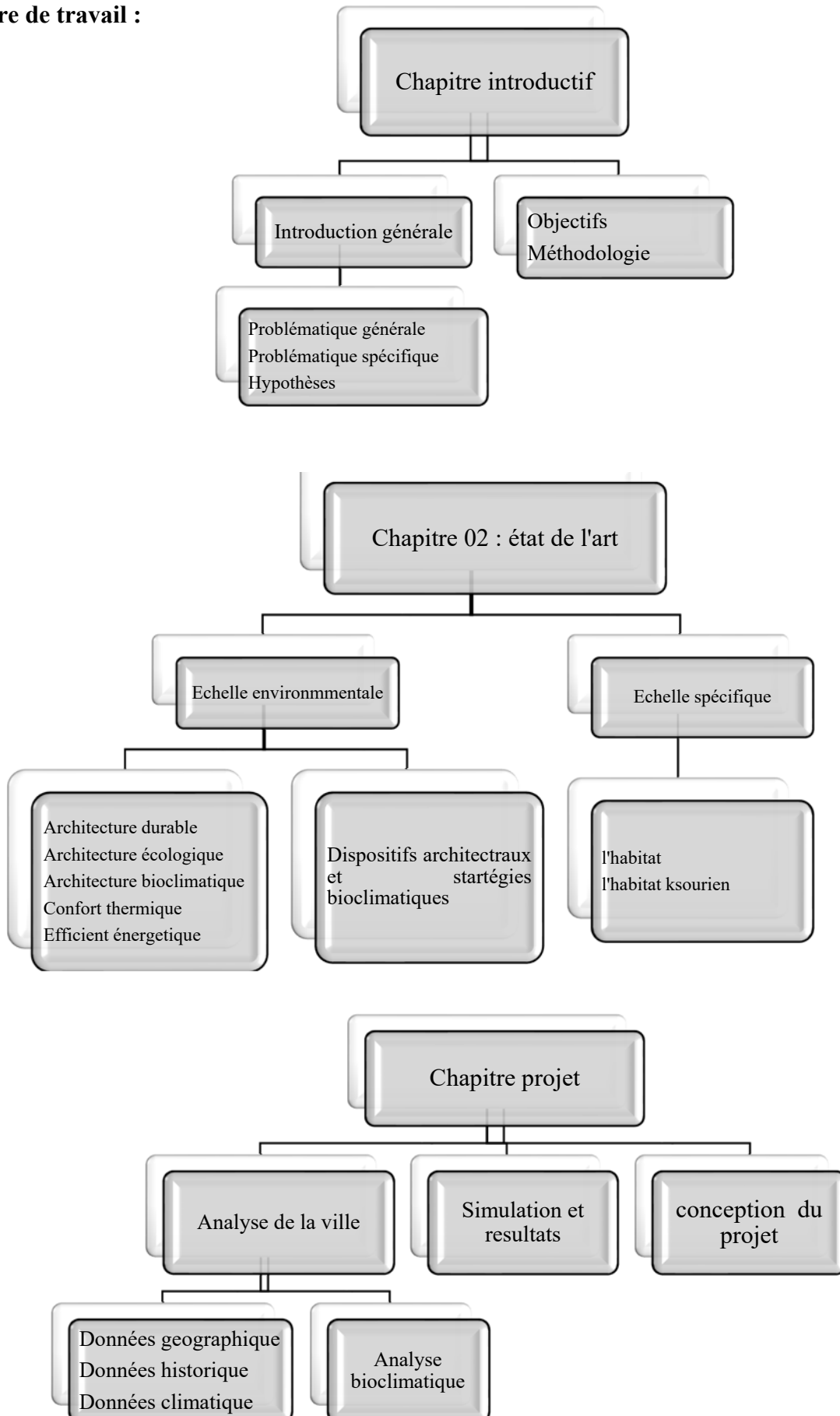
6 Outils méthodologiques :

Pour atteindre notre objectif. Nous avons structuré notre mémoire sur les volets suivant :

- La première s'agit d'introduire notre thème de recherche, à travers un aperçu rétrospectif du développement de la pratique de l'architecture, Cet aperçu est ensuite redéfini dans une problématique générale et une autre spécifique. La mise en place d'hypothèses suivies d'objectifs, constituera le fil conducteur de l'ensemble de l'étude.
- Nous chercherons au niveau de deuxième chapitre à acquérir des notions concernant les sujets traités. Grâce à une lecture bibliographique riche et variée et multidisciplinaire en commençant par l'échelle environnementale qui concerne l'architecture durable et on allons vers l'échelle spécifique qui définit la notion de HID ainsi voir comment cette forme peu s'adaptent au climat désertique à travers une étude bioclimatique de l'architecture traditionnelle (ksourienne); Il s'agit aussi d'analyser des exemples et de faire des synthèses pour les deux échelles urbaine et architecturale à ce niveau Cette partie théorique ou d'état des connaissances nous permettra de se situer dans le contexte théorique pour positionner notre contribution par la suite.
- Nous appliquons la méthode développée à l'étude de deux maisons mozabite, la première qui se trouve dans l'ancien k'sar de El Atteuf et l'autre dans le nouveau k'sar de Tafilelt. L'objectif est de caractériser les paramètres physiques de confort afin de lancer une simulation thermique dynamique à l'aide de logiciel de simulation Design Builder.

Chapitre I : introductif

Structure de travail :



CHAPITRE II: ETAT DE L'ART

Chapitre II : état de l'art

Partie I : Définition des concepts

1 Introduction :

Le développement peut être parfaitement défini comme étant l'utilisation de toutes les ressources et moyens disponibles de toutes sortes à la fois naturels, économiques et sociaux pour assurer à l'homme une vie agréable et confortable au sein du milieu dans lequel il vit.

La durabilité couvre presque toutes les choses qui nous entourent et auxquelles nous sommes confrontés. Cette notion vise à prendre en compte les aspects sociaux (les gens), environnementaux (les lieux et les espaces) ainsi que les aspects et les problématiques financières (l'économie).

La durabilité est, également, définie comme étant l'utilisation harmonieuse des ressources et des potentialités matérielles, naturelles et humaines de façon équilibrée et cohérente de la nature de sorte que l'on puisse profiter de ce qui est mis à notre disposition comme ressources naturelles.

Ces richesses naturelles ne sont pas notre propriété absolue, elles appartiennent également aux générations futures. Il est de notre responsabilité et de notre devoir d'assurer la continuité et la pérennité de la vie sur terre de façon efficace à la fois sur le plan écologique, économique, social et urbain sans abus ni gaspillage des ressources en notre possession [STRANGE AND BAYLEY, 2008].

2 Thématique environnementale :

2.1 Architecture durable :

L'architecture durable c'est au Sommet de la Terre. en 1992, que fut consacré le concept de « développement durable ». Il définit les principes d'un développement conciliant l'économique. Le social (l'accès aux mêmes ressources pour tous) et l'environnemental (la préservation des ressources).⁵

Appliqué au domaine de la construction. il s'agit de:

- Construire pour durer avec les ressources disponibles, sans léser les générations futures. Notre empreinte écologique doit être la plus légère possible, car l'environnement n'a pas la capacité de répondre de façon illimitée à nos besoins actuels et à venir.

- Prendre en compte la notion de coût global. Les matériaux utilisés dans la construction doivent être choisis non seulement pour leurs performances et leur coût. mais aussi en fonction de la disponibilité des matières premières nécessaires à leur fabrication. du coût de la pollution liée à leur transformation et à leur transport de leur longévité et de leur capacité à être recyclés.

⁵ Louise R, 2009 , maison écologique, cas pratique, Paris : Editions Eyrolles .

Chapitre II : état de l'art

■ À une échelle plus vaste, intégrer tout le cycle de vie d'un bâtiment, depuis l'impact de la fabrication des matériaux jusqu'à leur traitement en fin de vie, ainsi que son coût de fonctionnement en s'efforçant de réduire ses besoins en énergie, sans négliger son aspect urbain (offre de transport, gestion des ressources en eau, traitement des déchets. etc.).

Mais le concept de développement durable est parfois critique : ceux pour qui la notion de développement n'est pas compatible avec une gestion durable des ressources pensent que l'idée même de croissance doit être remise en question.

2.2 Architecture Ecologique :

L'écologie faisant appel à de très nombreuses disciplines, souvent regroupées dans ce qu'il est convenu d'appeler les sciences de la vie et de la terre (botanique, biologie, astronomie, géologie, hydrologie, liste destinée à s'allonger au fur et à mesure de notre prise de conscience croissante de la complexité écologique), nous disposons ainsi de tout le savoir scientifique permettant, discipline par discipline, d'intégrer ces paramètres dans une conception écologique du bâti.⁶



Figure 1: Architecture écologique

L'architecture écologique a déjà une histoire : on l'a appelée auparavant : architecture solaire, bioclimatique, on l'appellera architecture durable peut-être demain... Une des meilleures synthèses de cette préoccupation architecturale depuis le XIXe siècle est l'ouvrage de Reyner Banham, *The Architecture of the Well-tempered Environment*, The University of Chicago Press, réimp. 1984.⁷

L'approche écologique empruntée des sciences de la vie souligne le rôle essentiel des communications dans l'adaptation des organisations avec leurs différents environnements.⁸

2.2.1 L'éco-quartier :

2.2.1.1 Définition :

Selon Boutaud (2009), un éco-quartier est une forme d'expérimentation urbanistique initiée dès la fin du XXème siècle essentiellement dans les pays du nord et du centre de l'Europe. La vocation de ces ensembles était de concrétiser, par des nouvelles formes, certains principes environnementaux puis sociaux et économiques regroupés dans les années 1990-2000 dans la notion de développement durable.

⁶ Grégoire, B.(2015) . *Architecture & écologie comment partager le monde habité* : Eyrolles, p16.

⁷ Alain ,L & André ,De H. (2005).*Traite d'architecture et d'urbanisme bioclimatique*, Paris - France , p.179a.

⁸ Solange, T.(2007).*Développement durable et communications* , Presses de l'Université du Québec , p53.

Chapitre II : état de l'art

Par ailleurs, (Emelianoff 2010), spécialiste du thème de la ville durable, pense que l'éco-quartier ne doit pas se contenter juste de l'aspect morphologique et architectural lié à la forme et aux questions d'habitacles, mais doit parallèlement servir de levier pour un changement de mode de vie basé sur une vision commune du respect de l'environnement et de la solidarité sociale.⁹



Figure 2 : Un éco-quartier à Marseille

D'un point de vue chronologique, (Boutaud 2009) distingue trois générations d'éco-quartiers, à savoir :

- **les proto-quartiers** : apparus dans les années 60 à l'initiative de militants écologistes, ils diffèrent des projets actuels par leurs petites tailles, souvent à caractère résidentiel et par leur dissémination loin des villes. Ces opérations ont été observées principalement dans les pays germaniques.
- **les quartiers prototypes** : ce sont des opérations portées par des initiatives publiques, réalisées à la fin des années 80 et au début des années 90. Ils sont peu nombreux et circonscrits aux pays du nord de l'Europe et aux pays germaniques (Fribourg, Malmö, Helsinki, Stockholm par exemple).
- **les quartiers types** : ce sont des opérations développées depuis la fin des années 1990 jusqu'à aujourd'hui. Ces quartiers ne dérogent pas au cadre réglementaire de l'urbanisme classique et moderne. Ils sont très nombreux, principalement localisés dans les pays du nord de l'Europe, mais ils apparaissent aussi désormais dans les pays du sud.

2.2.1.2 Critères de l'éco-quartier :

En dépit de leur appellation commune, les critères et les formes des éco-quartiers varient considérablement d'un pays à l'autre. Cependant, certains critères restent communs et s'affichent dans la majorité des opérations d'aménagement d'éco-quartiers.

▪ Densité et compacité des formes urbaine :

L'une des principales caractéristiques des éco-quartiers est la forte densité et la grande compacité de l'aménagement des quartiers. L'objectif est de surmonter les problèmes posés par l'étalement urbain où la densité du bâti est d'autant plus faible que l'on s'éloigne du cœur des villes. La faible densité est due au caractère pavillonnaire du bâti où les surfaces occupées par un foyer (maison + jardin privatif) est plus importante que celle d'un appartement en immeuble. Les urbanistes et les maîtres d'ouvrage devraient dans les futures opérations d'aménagement d'éco-quartiers réorienter la croissance urbaine et le zonage en proposant des

⁹ Emelianoff, C. (2010). Les pionniers de la ville durable" Récits d'acteurs, portraits de villes en Europe Villes en mouvement, p294.

Chapitre II : état de l'art

nouveaux plans de concentration des fonctions (habitat, loisir, commerce et emploi). Concrètement, cela signifie que la division classique des villes en zones univoques (les centres d'affaires sont localisés dans les centres-villes alors que les quartiers résidentiels, les zones industrielles et commerciales sont éparpillés à la périphérie de la ville) est une source d'étalement urbain qui devrait laisser la place à une mixité spatiale et fonctionnelle où les différentes fonctions de service sont diffusées dans tous les quartiers (Lynch, 1981).



Figure 3: le quartier de Vauban à Fribourg.



Figure 4 : Exemple d'un étalement urbain : quartier de Levittown à New-York, 1985.

■ Connectivité physique et lumineuse :

La connectivité physique en un point correspond à la mesure du nombre de connexions avec ce point. A l'échelle des éco-quartiers, elle correspond aux nombres de connexions qui existent entre le quartier et les transports en commun (Boutté, 2007) ; . En revanche, la connectivité lumineuse est obtenue par une porosité de la forme urbaine dense. En effet, plusieurs urbanistes (De Portzamparc (2006); Boutté, (2007)) ont proposé de nouvelles formes denses basées sur le principe de la porosité ; Selon eux, la porosité constitue le contrepoids de la forte densité, c'est une analogie de la connectivité, non pas la connectivité physique mais relationnelle avec le soleil, la lumière et avec les paysages proches et lointains.¹⁰

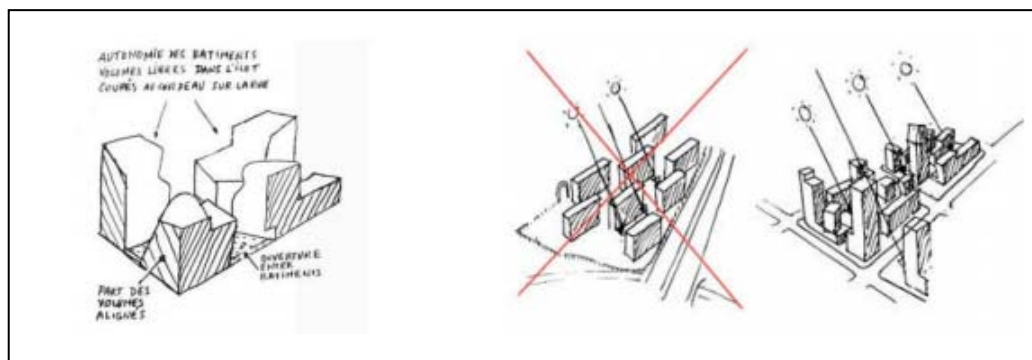


Figure 5: Croquis de Portzamparc expliquant les principes de la porosité des formes urbaines.

¹⁰ De Portzamparc, C. (2006) .Architecture : figures du monde, figures du temps , Leçons inaugurales au Collège de France, Collège de France/Fayard, Paris.

Chapitre II : état de l'art

▪ L'utilisation des ressources naturelles et la réduction de la consommation d'énergie :

L'utilisation des ressources naturelles et la réduction de la consommation d'énergie est probablement l'aspect le plus important caractérisant un éco-quartier. Girardet (1999) propose le concept de « métabolisme » pour expliquer comment utiliser les ressources naturelles d'une ville ou d'un quartier. En effet, le principal problème des grandes villes est lié à leur métabolisme linéaire, contrairement au métabolisme circulaire d'une forêt (les sorties sont recyclées et deviennent de nouvelles entrées). La solution consiste à économiser les ressources et à recycler autant que possible (récupération des eaux par exemple). Les déchets solides, avant d'être enfouis dans des décharges, doivent être recyclés, réutilisés, compostés ou brûlés pour produire de l'énergie.



Figure 6: utilisation des panneaux photovoltaïques pour la production d'énergie sur les toits des bâtiments du quartier Bedzed.

▪ La mixité sociale :

Le bien-être social des habitants est évidemment plus difficile à mesurer, mais ce concept inclut des idées différentes aux sentiments de communautarisme ethnique ou religieux observés dans les cités et les grands ensembles. Bien que le lien entre l'urbanisme et le bien-être social ne soit pas clair (le bien-être d'une communauté crée-t-il un espace réussi ou inversement ?), des évidences montrent qu'un environnement urbain sain est source de bien-être pour les résidents (Putnam, 1995)¹¹

2.3 Architecture bioclimatique :

2.3.1 Introduction à la bioclimatique :

Chaque région climatique du monde a développé un type d'habitat spécifique : chaque fois la structure et les détails constructifs de ces bâtiments correspondent à une adaptation au climat local si efficace que, répétés à l'envi, ils ont défini des styles architecturaux typiques. Ainsi la forme et les proportions d'une avancée de toit, caractéristique des constructions d'une région climatique, est directement liée à la course du soleil et à la puissance des vents dominants.

Cette sélection des meilleures solutions bioclimatiques s'est faite au cours du temps, génération après génération de constructeurs. Quand on trouvait une nouvelle solution, encore mieux adaptée au climat local et aux modes constructifs en vigueur, on l'expérimentait, on la testait encore et encore... Son emploi ne se généralisait que lorsqu'on était certain de sa durabilité et de l'amélioration qu'elle apportait au confort du logement. Il en fut ainsi, par exemple, pour les génoises.¹²

¹¹ Putnam, R. (1995). Bowling Alone: America's Declining Social Capital, Journal of Democracy, 6, 65-78.

¹² Olivier, C., & Collet, A. (2016). 12 solutions bioclimatique pour l'habitat construire ou rénover : climat et besoins énergétiques : Eyrolles.

Chapitre II : état de l'art

« Lorsque le passé n'éclaire plus l'avenir, le présent marche dans les ténèbres. »

Alexis de Tocqueville

Longtemps restreinte aux communautés scientifiques, la problématique des changements climatiques s'est progressivement imposée comme l'un des sujets de politique internationale les plus marquants de la fin du XXe siècle.¹³

L'enseignement que nous apporte l'étude de l'architecture vernaculaire, par exemple, est sa réponse aux contraintes propres au lieu, que ce soit en montagne ou dans les climats désertiques. La récente période, dite « technologique » ou de l'architecture « internationale » a fait abstraction de l'environnement avec les conséquences que l'on connaît.¹⁴

2.3.2 Définition de l'architecture bioclimatique :

L'architecture bioclimatique est une architecture qui cherche à tirer parti de l'environnement plutôt que de la subir, afin de rapprocher au maximum ses occupants conditions de confort.¹⁵

L'architecture bioclimatique utilise le potentiel local (climats, matériaux, main-d'œuvre...) pour recréer un climat intérieur respectant le confort de chacun en s'adaptant aux variations climatologiques du lieu. Elle rétablit l'architecture dans son rapport à l'homme et au climat. C'est pourquoi on ne peut définir une unique typologie de l'architecture bioclimatique : il y en a autant que de climats. Ceci est d'autant plus vrai que le confort de chacun se déplace avec les conditions climatologiques.

L'architecture bioclimatique passe donc inévitablement par une excellente connaissance de son environnement.

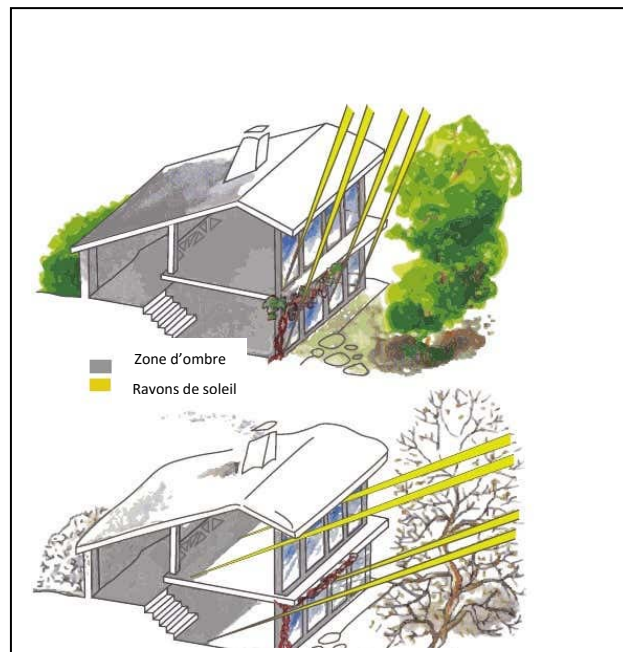


Figure 7: Le concept de l'architecture bioclimatique.

Source : Louise.R .

¹³ Faucheux S., & Joumni H. (2005). Économie et politique des changements climatiques. Paris: La Découverte

¹⁴ Architecture climatique équilibrée Conception, démarche et dimensionnement, Office fédéral des questions conjoncturelles.

¹⁵ Valin, M. (2007). La maison met le cap au sud. article paru dans la revue science & vie, "La maison du XXIe siècle" n° 241. France.

Chapitre II : état de l'art

L'approche bioclimatique permet d'assurer un confort intérieur en tout lieu et en toute saison, Un habitat bioclimatique permet d'utiliser l'environnement, afin d'assurer de façon totalement passive une ambiance maintenant « sans effort » les conditions de confort du corps humain.¹⁶

Une maison bioclimatique vise par sa conception architecturale à optimiser les ressources du milieu pour en profiter de façon passive. Cela permet de limiter les équipements techniques « actifs ». Consommateurs d'énergie primaire : les systèmes de chauffage de transformation de l'énergie solaire en électricité. etc. Les options architecturales diffèrent en fonction du climat, de la latitude, des savoir-faire locaux, des besoins voire des cultures. En climat continental, dans l'hémisphère Nord, elles se traduisent généralement par une orientation des vitrages au sud pour profiter des apports solaires directs en vue d'un chauffage passif en hiver, avec en complément des protections solaires l'été. Un bâtiment compact permet de limiter les surfaces de façades et le refroidissement provoqué par les vents dominants. Entraînant des déperditions de chaleur. Les pièces de service sont situées au nord pour faire office de tampons thermiques.

L'autre aspect de l'architecture « bio »-climatique concerne la prise en compte de critères environnementaux dans le choix des procédés de construction et des matériaux.¹⁷

2.3.3 Les stratégies de la conception bioclimatique :

Pour choisir les principes adéquats et les dimensionner on distingue deux périodes : l'hiver et l'été. En pratique on ne pourra pas aussi facilement séparer ces principes : le choix d'un concept pour la période froide aura des conséquences directes sur le comportement du bâtiment en période chaude.¹⁸

		CONDUCTION	CONVECTION	RAYONNEMENT	EVAPORATION
STRATEGIES DE CONTROLE	HIVER	FAVORISER LES GAINS	Minimiser la vitesse d'air sur la peau externe	Favoriser les gains solaires	
		RESISTER AUX PERTES	Minimiser les flux de chaleur par conduction	Minimiser les infiltrations d'air	
	ETE	RESISTER AUX GAINS (SE PROTEGER)	Minimiser les flux de chaleur par conduction	Minimiser les infiltrations d'air	Minimiser les gains solaires
		FAVORISER LES PERTES (EVACUER)	Favoriser les échanges avec le sol (terre)	Favoriser la ventilation	Favoriser le refroidissement par rayonnement Favoriser le refroidissement par évaporation

Figure 8: principes physiques et stratégies de contrôle en architecture climatique.

¹⁶ Armand ,D . Bioclimatisme et performances énergétiques des bâtiments : Eyrolles ,p 19.

¹⁷ Louise,R.(2009) .Maison écologique, cas pratique. Paris : Eyrolles p6.

¹⁸ Architecture climatique équilibrée Conception, démarche et dimensionnement, Office fédéral des questions conjoncturelles, 3003 Berne, 1996, p 64

Chapitre II : état de l'art

▪ Stratégie de chaud :

Dans un climat tempéré comme celui de la Suisse, l'énergie solaire peut être une contribution importante au chauffage d'un bâtiment. Pour atteindre ce but, il faut maîtriser les quatre principes de base :

- Capter le soleil : le rayonnement solaire est collecté et transformé en chaleur.
- Stocker la chaleur : l'énergie captée est stockée pour une utilisation différée.
- Distribuer la chaleur : la chaleur captée et stockée est distribuée aux parties du bâtiment qui requièrent du chauffage.
- Conserver la chaleur : la chaleur distribuée est retenue dans le bâtiment. On fait une première distinction : selon le mode de captage/stockage/distribution de la chaleur on parle de systèmes solaires passifs à gain direct ou à gain indirect.

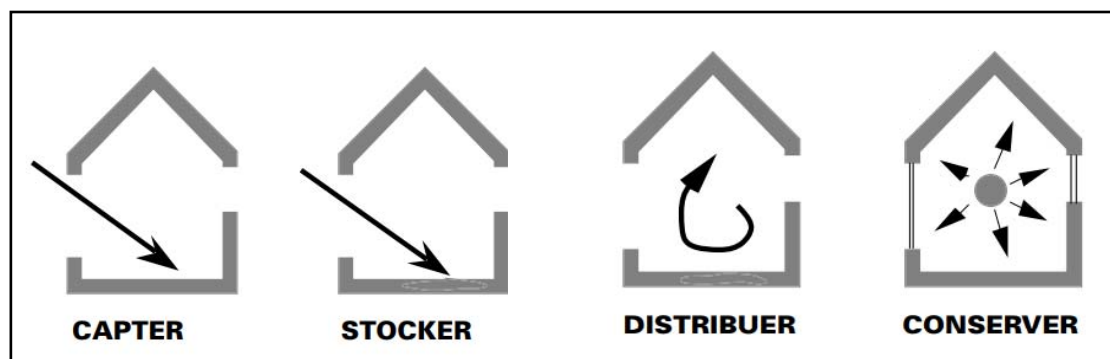


Figure 9: Période froide : les 4 stratégies de base.

▪ Stratégie de froid :

On applique les principes suivants :

- Minimiser les gains solaires : dès que la température extérieure excède la limite inférieure du confort, les gains solaires ne devraient pas rajouter à l'inconfort.
- Minimiser les gains par transmission et infiltration : retenir la chaleur à l'extérieur.
- Favoriser la ventilation : évacuer la chaleur captée en utilisant le renouvellement d'air par effet de cheminée ou par le vent, favoriser les échanges de chaleur entre le corps humain et l'air en augmentant les mouvements d'air.
- Déphaser les gains du jour sur la nuit généralement fraîche même en été.

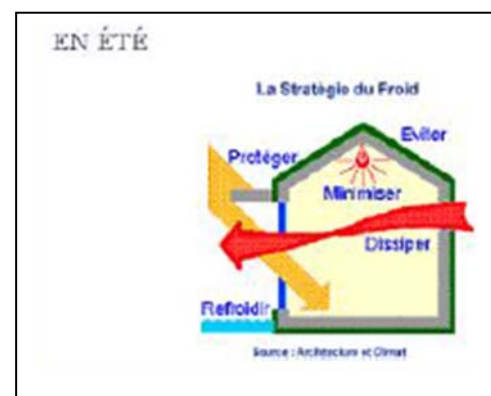


Figure 10 : stratégie de froid.

Le jeu de tous ces principes, à des degrés divers selon le projet, permet généralement de réduire les périodes de surchauffe à quelques jours par été.

Chapitre II : état de l'art

2.4 Confort thermique :

Le confort thermique est défini comme un état de satisfaction du corps vis-à-vis de l'environnement thermique. Il est caractérisé par les six paramètres suivants :

- Le métabolisme, qui est la production de chaleur interne au corps humain permettant de maintenir celui-ci autour de 36,7 °C. Un métabolisme de travail correspondant à une activité particulière s'ajoute au métabolisme de base du corps au repos.
- L'habillement, qui représente une résistance thermique aux échanges de chaleur entre la surface de la peau et l'environnement.
- La température ambiante de l'air Tg.
- La température moyenne des parois Tp.
- L'humidité relative de l'air (HR), qui est le rapport exprimé en pourcentage entre la quantité d'eau contenue dans l'air à la température Tg et la quantité maximale d'eau contenue à la même température.
- La vitesse de l'air, qui influence les échanges de chaleur par convection. Dans le bâtiment, les vitesses de l'air ne dépassent généralement pas 0,2 m/s.¹⁹

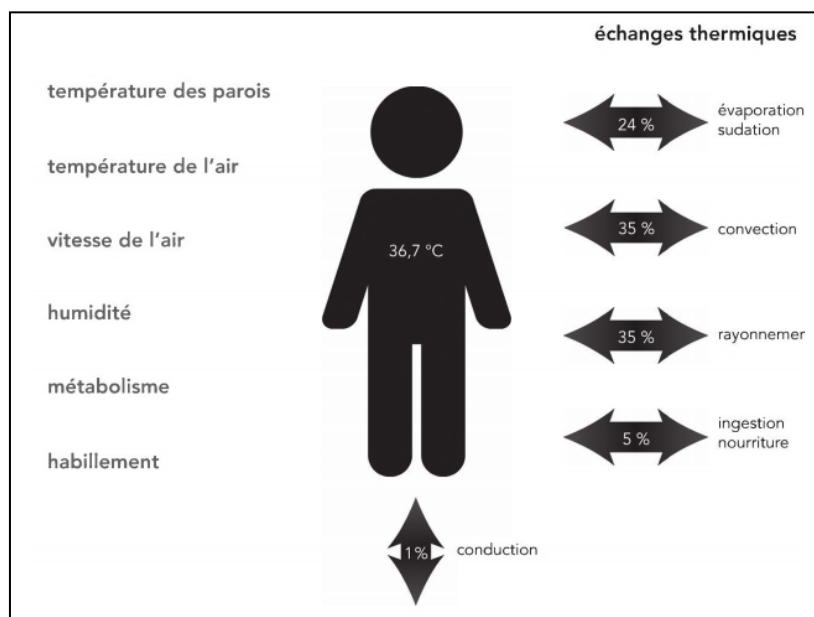


Figure 11: Diffusion de chaleur entre l'individu et l'ambiance.

Source : Jedid ,M & Benjeddou,O

2.4.1 Confort et température :

Le confort est assuré par un équilibre entre l'homme et l'ambiance. Dans les conditions habituelles, l'homme assure le maintien de sa température corporelle autour de 36,7 °C. Cette température est en permanence supérieure à la température d'ambiance, aussi un équilibre doit-il être trouvé afin d'assurer le bien-être de l'individu.

¹⁹ Jedid ,M & Benjeddou,O .(2016). La thermique du bâtiment Du confort thermique au choix des équipements de chauffage et de climatisation : DUNOD, p11.

Chapitre II : état de l'art

2.4.2 Les modes de transfert thermique :

Le transfert de la chaleur peut s'effectuer de trois façons différentes : ²⁰

▪ La conduction :

Transmission de température selon la loi de Fournier, entre deux régions d'un même milieu ou entre deux milieux en contact, sans déplacement de matière. C'est l'agitation thermique qui se transmet de proche en proche, comme une onde ; une molécule ou un atome, cède une partie de son énergie cinétique à son voisin, et la vibration de l'atome se ralentit au profit de la vibration du voisin.

La conductivité thermique (λ) et la capacité calorifique (C_p) sont des propriétés clés de la conduction des matériaux.

Ordre de grandeur de λ (en W/m.°C) :

- Matériaux très conducteurs (métaux) : entre 50 et 450 W/m.°C ;
- Matériaux conducteurs (béton, pierres, etc.): de 1 à 10 W/m.°C

Matériaux mauvais conducteurs (briques, bois, plâtre, etc.) : de 0,1 à 1 W/m.°C

- Matériaux isolants (liège, laine de roche, laine de verre, polystyrène, polyuréthane, etc.): entre 0,03 et 0,1 W/m.°C .

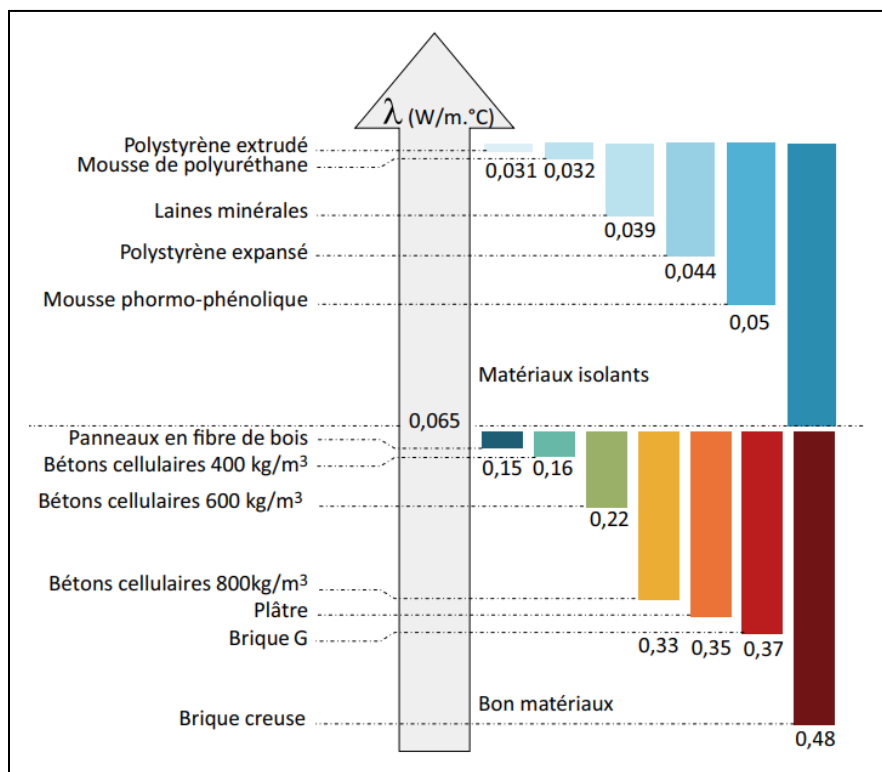


Figure 12: Conductivités thermiques de quelques matériaux.

Source : APRUE .

²⁰ Paul de Haut . Chauffage, isolation et ventilation écologiques : Eyrolles.

Chapitre II : état de l'art

Plus λ est élevé, moins le matériau est isolant. Le coefficient λ dépend de plusieurs facteurs, notamment de l'humidité du matériau ; l'humidité fait croître la valeur de λ puisque l'air est remplacé par l'eau dont la conductivité est 25 fois plus forte. Conséquence : lorsqu'on indique une valeur de λ , il faut toujours préciser la température et le degré d'humidité du matériau lors de la mesure. Pour le bâtiment, on utilise la conductivité thermique dite utile, c'est-à-dire la conductivité thermique qui correspond à un matériau humide tel que rencontré dans la pratique.

▪ La convection :

La chaleur est transportée, ou conduite, par un fluide de type liquide ou gazeux. Le chauffage par radiateur ou par le sol relève de ce principe. La couche d'air en contact avec la source de chaleur, du fait de la dilatation thermique, devient plus légère (relativement) et engendre une circulation d'air dans la maison. Il existe des systèmes de convection naturelle ou forcée.

▪ Le rayonnement :

La chaleur est irradiée par un transfert d'énergie sous forme d'ondes ou de particules, qui peut se produire de façon électromagnétique (infrarouge) ou par désintégration (radioactivité). Le meilleur exemple de rayonnement est celui du soleil dans l'espace et notamment vers la Terre.

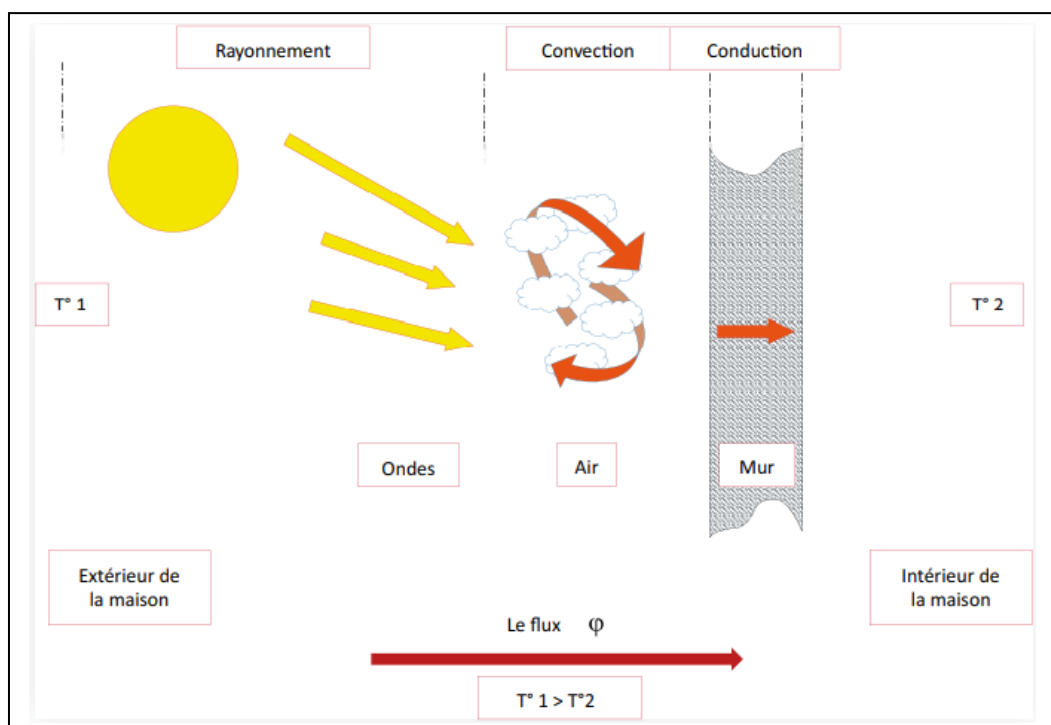


Figure 13: Modes de transfert thermique dans une paroi verticale (Mur).

Source : APRUE .

Chapitre II : état de l'art

2.5 Efficience énergétique :

L'efficacité énergétique est une démarche dont l'objectif est de dégager des marges d'économie d'énergie dans les bâtiments et dans l'industrie, le gisement d'économie étant évalué aujourd'hui à environ 30 % pour les bâtiments existants ! La réduction de 20 % des émissions de gaz à effet de serre, de 20 % de la consommation d'énergie et l'extension à 20 % de la part des énergies renouvelables, tels sont les objectifs européens des « 3 fois 20 » pour 2020 appuyés par le Grenelle de l'Environnement.

L'instauration de la démarche d'efficacité énergétique a ainsi poussé les industriels à proposer des solutions dites « actives » en la matière. Les axes de travail pour une efficacité énergétique active dans l'industrie comprennent les initiatives suivantes :

- La mesure des consommations et l'identification des pertes,
- La gestion de l'énergie à partir de systèmes intégrés,
- La compensation d'énergie réactive,
- La mise en place de systèmes d'automatismes,
- L'utilisation de moteurs à haut rendement et la variation de vitesse.

2.5.1 La démarche d'amélioration de l'efficacité énergétique :

Compte tenu du faible taux de renouvellement du parc immobilier en France, plus de 80 % des gisements d'économies d'énergie et de réduction des émissions de gaz à effet de serre résident dans les bâtiments existants. En matière d'efficacité énergétique, il faut jouer sur deux leviers : diminuer les besoins qui sont relatifs au bâti proprement dit, et améliorer les équipements techniques du bâtiment et leur gestion.²¹



²¹ Robillard ; Y. septembre 2011. Vers un bâtiment durable : les équipements et solutions d'efficacité d'énergétique. Document d'efficacité d'énergétique, 15p

Chapitre II : état de l'art

Objectifs :

Diminuer les besoins : efficacité énergétique « passive »

Superviser et gérer les équipements techniques du bâtiment : efficacité énergétique « active »

Basée sur une offre de produits performants et de systèmes intelligents de régulation, d'automatismes et de mesure, l'efficacité énergétique active permet de :

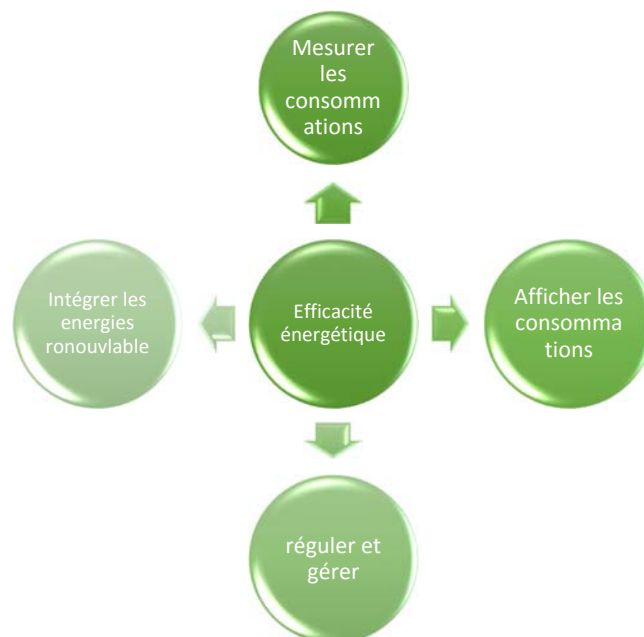
- réduire les consommations d'énergie, donc la facture énergétique ;
- améliorer la qualité et la disponibilité de l'énergie en consommant l'énergie juste nécessaire

2.5.2 Les étapes d'amélioration de l'efficacité énergétique :

Un projet d'amélioration de l'efficacité énergétique d'un bâtiment comporte plusieurs étapes qui vont, à travers des actions cohérentes, permettre des gains énergétiques en agissant sur différents paramètres humains et matériels.

L'approche conceptuelle d'amélioration de l'efficacité énergétique est identique pour les secteurs résidentiel et tertiaire. En revanche la mise en pratique sur le terrain sera différente en raison des divergences liées :

- Aux aspects techniques ;
- Aux matériels à mettre en œuvre ;
- Aux coûts d'exploitation et de maintenance ;
- Aux méthodes de financement ;
- Aux temps de retour sur investissement.



Chapitre II : état de l'art

2.5.3 Principaux labels nationaux et internationaux :

- Les labels associés à la RT 2005 et à la RT existant :

Les exigences de la RT 2005 :

La dernière évolution de la réglementation thermique française date de 2005, d'où l'appellation RT 2005, et elle est applicable à tous les permis de construire dans les secteurs résidentiel (habitat) et non résidentiel (tertiaire), déposés depuis le 1er septembre. Elle renforce les exigences de performance énergétique des bâtiments neufs, par rapport à la réglementation thermique précédente (RT 2000), de 15 %. Ce pourcentage reflète la volonté affichée par le Plan climat 2004 : une amélioration de la performance de la construction neuve d'au moins 15 %, avec une perspective de progrès tous les cinq ans pour atteindre au moins 40 % en 2020. L'objectif final du Plan climat est de réduire par quatre des émissions de CO₂ du secteur du bâtiment à l'horizon 2050.²²

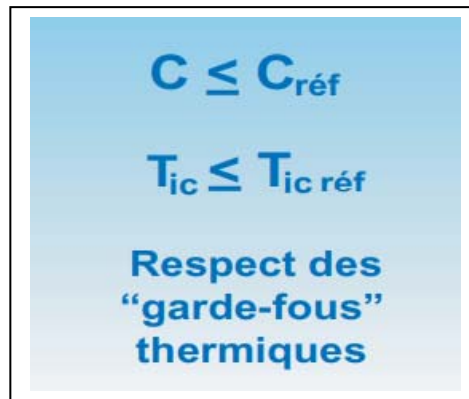


Figure 14: Les trois principes de la RT2000.

Source : Alain. L & André De H

La Réglementation thermique 2005 (RT2005), se fixe cinq priorités :

- Exiger une limite de consommation par rapport au mètre carré construit et par an.
- Introduire une évaluation des émissions de CO₂ liées à la consommation énergétique du bâtiment ;
- Poursuivre la valorisation du recours aux énergies renouvelables et mieux prendre en compte la conception bioclimatique.
- Limiter le recours à la climatisation (renforcement des exigences de confort d'été et calcul des consommations de refroidissement).
- Renforcer les exigences sur certains équipements et matériaux.²³

²² Pascale ,M. Labels d'efficacité énergétique HQE, BBC-EffinErgiE, Maison PassivE, rT 2005/2012, Qualitel , p 19.

²³ Alain. L & André De H.(2005). Traite d'architecture et d'urbanisme bioclimatique. Paris - France, p 52a .

Chapitre II : état de l'art

▪ Le label HPE et ses déclinaisons :

Les maîtres d'ouvrage et promoteurs, obtenant des résultats encore plus performants que les exigences de la réglementation thermique, peuvent les valoriser au moyen de l'un des cinq niveaux de performance du label HPE, dont les contenus sont détaillés dans un arrêté du 27 juillet 2006. On distingue :

- Le label HPE (Haute performance énergétique) : consommation globale d'énergie inférieure de 10 % à la consommation de référence RT 2005 ;
- Le label THPE (Très haute performance énergétique) : consommation globale d'énergie inférieure de 20 % à la consommation de référence RT 2005 ;
- Le label HPE EnR (HPE Énergies renouvelables) : niveau du label HPE et besoins en chauffage assurés à plus de 50 % par une chaudière bois-énergie (ou biomasse) ou un réseau de chaleur alimenté à plus de 60 % par des énergies renouvelables ;
- Le label THPE EnR (THPE Énergies renouvelables) : consommation globale d'énergie inférieure de 30 % à la consommation de référence RT 2005
- Le label BBC (Bâtiment basse consommation) : consommation énergétique globale égale ou inférieure à 50 kWh/an.m², niveau pondéré selon l'altitude et la zone climatique, soit entre 40 et 75 kWh/m².an. L'obtention du niveau BBC peut être validée par le label Effinergie

▪ Le label français BBC-Effinergie :

Créé en mai 2007, le label français BBC-Effinergie est la marque de promotion du label officiel Bâtiment basse consommation énergétique, BBC 2005, mis en place par l'arrêté du 8 mai 2007 (JO du 15 mai 2007). Ainsi, l'obtention du niveau BBC (Bâtiment basse consommation) peut être validée par le label BBC-Effinergie. La finalité affichée par ce label désignant les Bâtiments basse consommation (label BBC) est la division des dépenses énergétiques par quatre par rapport à la consommation actuelle.

Le label EFFINERGIE est un label de performance. Le maître d'ouvrage, ou plus exactement son équipe de maîtrise d'œuvre, doit faire la preuve que la consommation est inférieure à 50 kWh/m²/ an ou à 50 % du niveau de la réglementation thermique en vigueur par : un calcul conventionnel (outil de calcul thermique) ; - une mesure d'imperméabilisation de l'enveloppe.

Chapitre II : état de l'art

▪ Le label allemand Passivhaus :

Créé en 1990, le label allemand Passivhaus est devenu le standard européen des maisons et bâtiments passifs. Le label Maison Passive/Passivhaus s'applique, en neuf ou en rénovation, aux maisons individuelles, logements collectifs et individuels groupés, bâtiments d'enseignement, immeubles de bureaux, bâtiments publics...²⁴

Un bâtiment Passivhaus est caractérisé par trois principes de base :

- des besoins en chauffage minimisés à l'extrême ;
- une enveloppe très étanche ;
- une faible consommation en énergie primaire totale

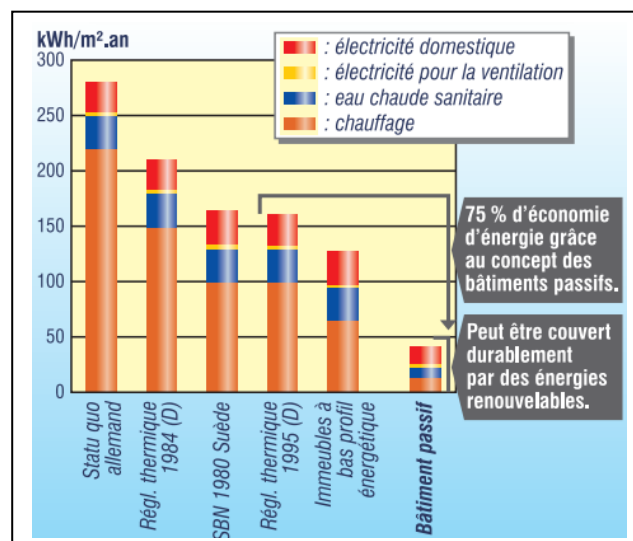


Figure 15: Comparaison entre les indices des performances énergétiques en kWh/m².an pour les immeubles des habitations.

Source : Alain. L & André De H

Renforçant ses objectifs, l'Institut pour l'Habitat Passif de Darmstadt est à l'origine d'un programme européen visant à mettre au point un label européen 'Habitat Passif'. Ce label peut être atteint en suivant, lors de la conception du bâtiment les principes suivants :²⁵

• Assurer une conception solaire Passive des bâtiments :

- la contribution solaire doit être égale à près de 40 % des besoins en chauffage.
- le coefficient de déperdition thermique du vitrage sera inférieur à 0,75 W/m².K Sa valeur g sera au moins de 50 %.
- le coefficient de déperdition thermique des châssis sera au maximum de 0,8 W/m².K .

²⁴ Pascale M . Labels d'efficacité énergétique HQE, BBC-EffinErgiE, Maison Passive, rT 2005/2012, Qualitel , p44.

²⁵ Alain Liébard ,& André De Herde . Traite d'architecture et d'urbanisme bioclimatique. Paris - France : 2005, p 188a.

Chapitre II : état de l'art

Dans ce cas, le bâtiment doit être orienté au sud pour bénéficier des apports solaires. Les fenêtres envisagées sont pourvues d'un triple vitrage calorifuge et d'un châssis super-isolant.

- Renforcer l'isolation des bâtiments :

- le coefficient de déperdition thermique de l'enveloppe doit être d'environ $0,1 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ (valeur k ou u) .
- les ponts thermiques seront limités à $0,01 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ au maximum (valeur y) .
- l'étanchéité à l'air de l'enveloppe sera au maximum de $0,6 \text{ h'}$ à 50 Pascal (valeur n_{50}).

Cette exigence s'accompagne donc de mesures visant à imiter les ponts thermiques et à favoriser une étanchéité maximale à l'air.

- Favoriser la complémentarité entre la récupération et les apports d'appoint de chaleur :

- le débit d'aération d'hygiène est de l'ordre de $30 \text{ m}^3/\text{h}$. personne.
- le rendement de l'échangeur de chaleur air-air doit être supérieur à 80% .
- la puissance calorifique maximale pour la récupération de la chaleur latente doit être de l'ordre de $10 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$.
- la température de l'air frais préchauffé doit être au minimum de 8°C .

Ces exigences conduisent les concepteurs à prévoir une ventilation double flux avec échangeur de chaleur.

- Optimiser l'efficacité électrique des équipements.

- Utiliser les énergies renouvelables en appoint.

L'ensemble de ces mesures devrait conduire à réduire les besoins annuels de chauffage à 15 kWh/m^2 et à $42 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{an}$ au total (chauffage + eau chaude sanitaire + électroménagers).

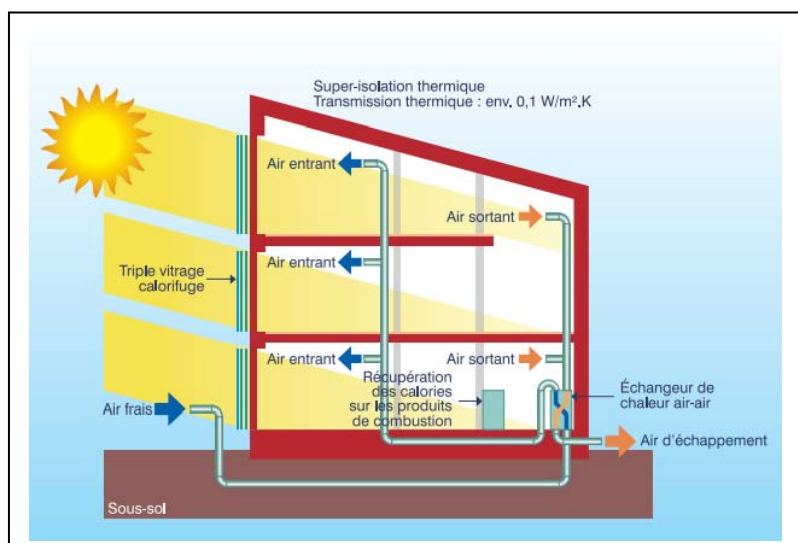


Figure 16: Principes constructifs et technique d'un bâtiment passif en Allemagne

Source : Alain. L & André De H

Chapitre II : état de l'art

■ Le label Suisse Minergie :

Le label suisse Minergie peut s'appliquer, en neuf et en rénovation, à tout type de bâtiment : individuel, collectif, tertiaire, commercial, industriel ; hôpital école, hôtel-restaurant, entrepôt...

Un bâtiment Minergie est caractérisé par trois principes de base :

- Une enveloppe à isolation thermique renforcée et étanche à l'air.
- Une aération automatisée et économe en énergie.
- Une production de chaleur à haut rendement et associée à l'utilisation d'énergies renouvelables (bois, solaire).²⁶

Ce standard fixe pour les immeubles d'habitation les exigences suivantes : chauffage + eau chaude sanitaire : 42 kWh/m².an. L'électricité destinée à la production de chaleur est comptée double électricité pour les appareils électroménagers : 17 kWh/m².an.

Ces **objectifs** peuvent être atteints en respectant les mesures suivantes :

- Optimiser les pains d'énergie passive :
- minimiser les déperditions thermiques :
- Utiliser l'énergie de manière rationnelle :
- utiliser les énergies renouvelables :

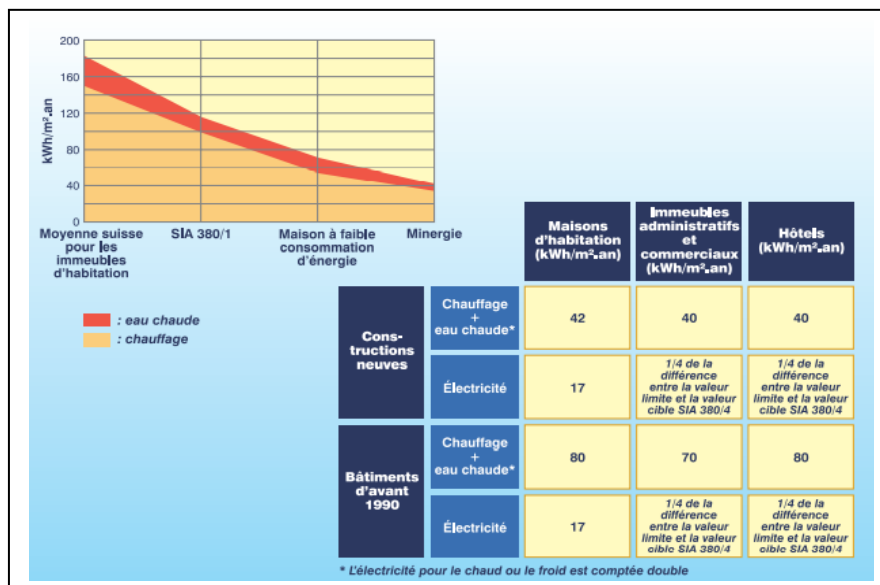


Figure 17: Les valeurs limites du standard « Minergie ».

Source : Alain. L & André De H

²⁶ Pascale, M. Labels d'efficacité énergétique HQE, BBC-EffinErgiE, Maison Passive, rT 2005/2012, Qualitel , p35.

Chapitre II : état de l'art

▪ Normes et labels algériens :

Le secteur résidentiel est à l'origine de 35% de la consommation d'énergie finale en Algérie ; la construction de nouveaux bâtiments progresse rapidement et l'impact sur la demande d'énergie sera énorme et durable.

L'introduction des normes énergétiques dans le code des bâtiments semble n'avoir aucun effet perceptible, mais l'APRU (établissement public à caractère industriel et commercial, crée par décret présidentiel en 1985) a adopté un programme ECO-BAT qui s'adresse au secteur de l'habitat avec pour objectifs :

- L'amélioration du confort thermique dans les logements et la réduction de la consommation énergétique pour le chauffage et la climatisation ;
- La mobilisation des acteurs du bâtiment autour de la problématique de l'efficacité énergétique ;
- La réalisation d'une action démonstrative, preuve de la faisabilité des projets a haute performance énergétique en Algérie
- La provocation d'un effet d'entraînement des pratiques de prise en considération des aspects de maîtrise de l'énergie dans la conception architecturale.

Le programme portera sur la réalisation de 600 logements a haute performance énergétique. Ces logements intégreront les principes de confort thermique et d'économie d'énergie dans la conception architecturale, le choix des matériaux de construction ainsi que dans les détails de mise en œuvre.

La mise en œuvre du programme ECO-BAT sera soutenue par des mesures incitatives sous forme d'expertise et d'un apport financier du Fond National pour la Maîtrise de l'Energie. Elle sera également accompagnée d'une bonne médiation ainsi que du lancement de cycles de formation à destination des bureaux d'études et des maîtres d'ouvrage. Enfin, des journées techniques regroupant l'ensemble des acteurs du secteur du bâtiment seront également organisées.²⁷

²⁷ L'Agence pour la Promotion de la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie - APRUE ; Guide pour une construction Eco-énergétique en Algérie.

Chapitre II : état de l'art

RT 2005	Cette réglementation thermique s'applique aux bâtiments neufs dont le permis de construire a été déposé après septembre 2006. Elle n'impose ni de solutions techniques spécifiques, ni d'atteindre les valeurs de références. Cependant des « garde-fous » et des performances minimales doivent être respectés. Le confort d'été est également pris en compte afin d'éviter les surchauffes estivales.	$\leq 110(f)$ [2] $\leq 190(e)$
HPE	La Haute Performance Energétique est décrite dans la RT2005. L'obtention de ce label requière une baisse de 10% par rapport à la réglementation. Il existe une variante HPE EnR, qui inclue l'utilisation d'énergie renouvelable (EnR). Le chauffage doit provenir au moins à 50% de biomasse ou d'un réseau de chaleur approvisionné par 60% d'énergie renouvelable.	$\leq 99(f)$ [2] $\leq 171(e)$
THPE	Le label Très haute Performance Energétique, basé sur le même modèle que précédemment, demande une baisse de 20% par rapport à la réglementation. De même l'emploi des énergies renouvelables peut être intégré, le label se nomme alors THPE EnR. Dans ce cas l'économie d'énergie est imposé à 30% par rapport à la RT2005.	Sans EnR [2] 88(f) 152(e) Avec EnR 77(f)
Passivhaus	Passivhaus est un label d'origine allemande, concernant les bâtiments passifs. Comme il s'agit de construire un bâtiment passif, l'énergie destinée au chauffage ne doit pas dépasser les 15 kWh/m²/an. De plus l'eau chaude sanitaire et les appareils électriques ne peuvent pas dépasser une consommation de 42kWh/m².an.	≤ 120 [3]
BBC Effnergie	Le label Bâtiment Basse Consommation est décrit dans la RT 2005 et par l'association Effnergie ; Il s'agit de ne pas dépasser une consommation maximale et de respecter une perméabilité à l'air maximum de 0,6 m³/h.m². Le maximum de consommation énergétique décrit dans les BBC est l'objectif que la réglementation veut atteindre en 2012.	≤ 50 [2]
Minergie	D'origine suisse, les labels Minergie sont développés en France par l'association Prioriterre. Minergie ou Minergie Standard est le premier niveau dans l'économie d'énergie chez les labels Minergie. L'un des objectifs est de limiter le surinvestissement à 10%. Il s'agit de réduire de plus de la moitié des besoins énergétique par rapport aux exigences actuelles.	≤ 38 [4]

[1] Consommation maximale (C_{max}) : valeur ne devant pas être atteinte pour obtenir la labellisation ; exprimé en énergie primaire (ep), ce qui permet de prendre en compte les pertes lors de la transformation de l'énergie, elle correspond à l'énergie finale multiplié par 2.58 pour l'électricité, par 0.6 pour le bois et par 1 pour les autres. [2] Valeur prenant en compte le chauffage, le refroidissement, l'eau chaude sanitaire, la ventilation, et l'éclairage. [3] Consommation totale. [4] Valeur prenant en compte le chauffage, le refroidissement, et l'eau chaude sanitaire. (f) Pour les combustibles fossiles. (e) Pour le chauffage électrique y compris pour les pompes à chaleur.

Chapitre II : état de l'art

▪ Maisons « passives » :

L'idée de « maison passive » est attribuée au Professeur Wolfgang Feist de l'institut Habitat et environnement de Darmstadt (Allemagne).

Ce bâtiment très faiblement consommateur d'énergie ne nécessite pas de systèmes de chauffage ou de rafraîchissement actifs : les apports passifs solaires et internes et les systèmes de ventilation suffisent à maintenir une ambiance intérieure confortable toute l'année. Ce concept inclut également une réduction des besoins en électricité spécifique et éventuellement une production d'électricité à base de sources d'énergies renouvelables. En pratique, un petit système d'appoint est nécessaire au maintien du confort thermique durant les jours les plus froids ; il est le plus souvent associé à la ventilation.



Figure 18 : maison individuelle a Bleienbach (suisse) conçue Selon la standard « Minergie » (architecte Daniele Starkmann)

▪ Maisons à basse consommation :

Le terme bâtiment « basse énergie » est en général utilisé pour désigner un bâtiment dont les performances énergétiques sont supérieures à celles d'une nouvelle construction ou à celles des exigences légales, et qui aura dès lors une consommation énergétique faible comparée aux bâtiments standards.

Ce concept peut évoluer dans le temps, dès lors que les exigences légales deviennent plus strictes ou que les performances énergétiques des nouvelles constructions tendent à s'améliorer. Par ailleurs, un bâtiment « basse énergie » dans un pays pourrait bien être un bâtiment peu efficace dans un autre dont les exigences en matière de performances énergétiques seraient supérieures.



Figure 19: maison à basse énergie à Gembloux

▪ Maisons « zéro énergie » :

La maison « zéro énergie » ou « zéro net » est une maison énergétiquement suffisante. Elle produit elle-même la totalité d'énergie dont elle a besoin. Ce bâtiment combine de faibles besoins d'énergie à des moyens de production d'énergie locaux. Sa production énergétique équilibre sa consommation si celle-ci est considérée sur une année. Son bilan énergétique net annuel est donc nul.



Figure 20: La maison ZEN

Chapitre II : état de l'art

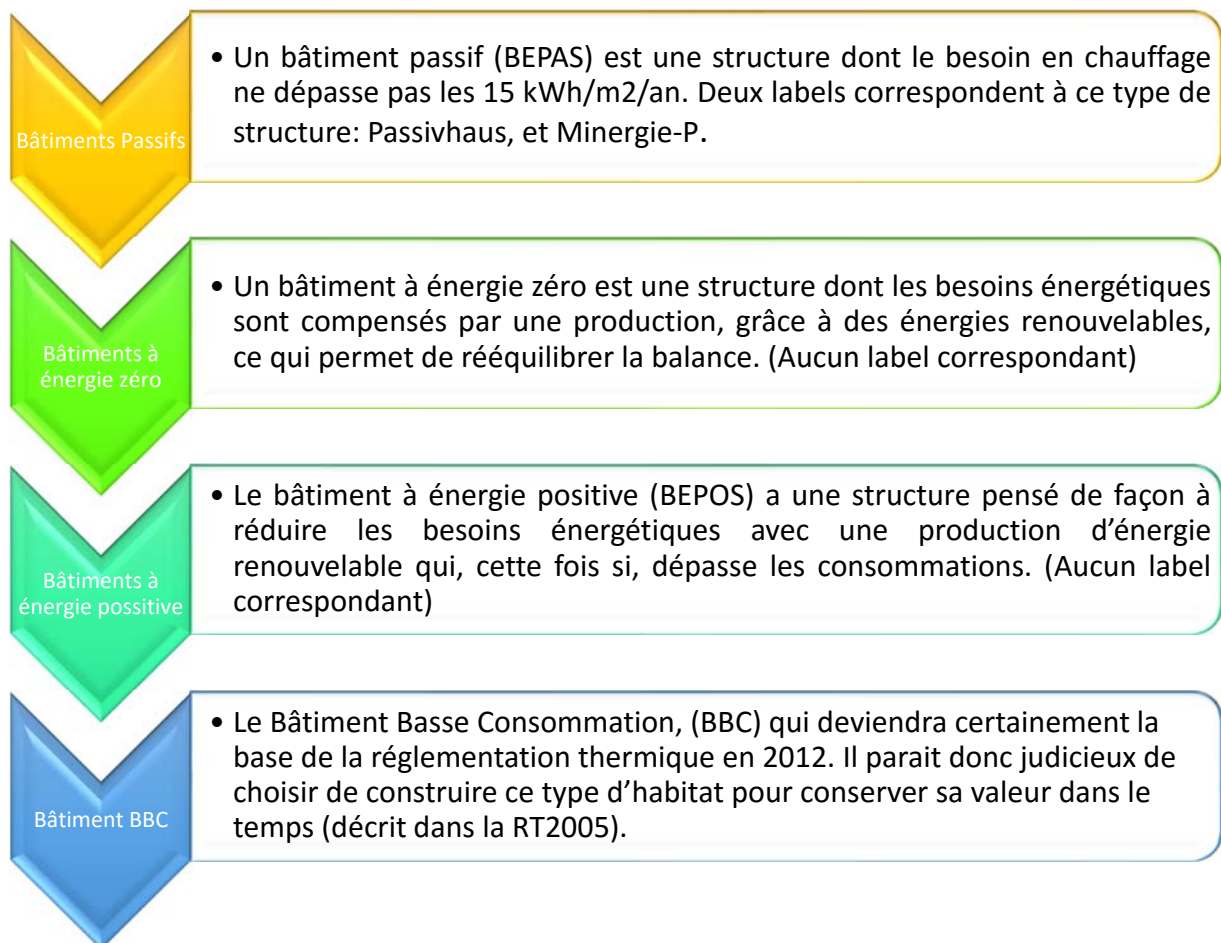
▪ Maisons à énergie positive :

Ce bâtiment producteur d'énergie dépasse le niveau « zéro énergie » : il produit globalement plus d'énergie qu'il n'en consomme. Ce bâtiment est raccordé à un réseau de distribution d'électricité vers lequel il peut exporter le surplus de sa consommation électrique.

Pratiquement, il peut s'agir de maisons passives pourvues de suffisamment de sources d'énergies renouvelables, ou de maisons ne répondant pas spécialement aux critères passifs, tous comme les maisons à zéro énergie, mais présentant malgré tout un surplus de production énergétique global.



Figure 21: des bâtiments à énergie positive à Freiburg en Allemagne.



Chapitre II : état de l'art

2.6 Dispositifs architecturaux et stratégies bioclimatiques :

2.6.1 Orientation :

L'orientation du bâtiment doit être choisie de manière à maximiser les apports solaires. Le sud est à cet égard la meilleure orientation : le soleil y est disponible toute la journée, toute l'année, et la variation de la hauteur solaire fait en sorte que les apports sont plus importants en hiver qu'en été (loi du cosinus), à l'inverse des orientations est et ouest.²⁹

L'orientation d'un édifice répond à sa destination : les besoins en lumière naturelle, l'intérêt d'utiliser le rayonnement solaire pour chauffer le bâtiment ou, au contraire, la nécessité de s'en protéger pour éviter la surchauffe, l'existence de vents pouvant refroidir le bâtiment en hiver ou le rafraîchir en été, sont autant de paramètres importants dans le choix de l'orientation.

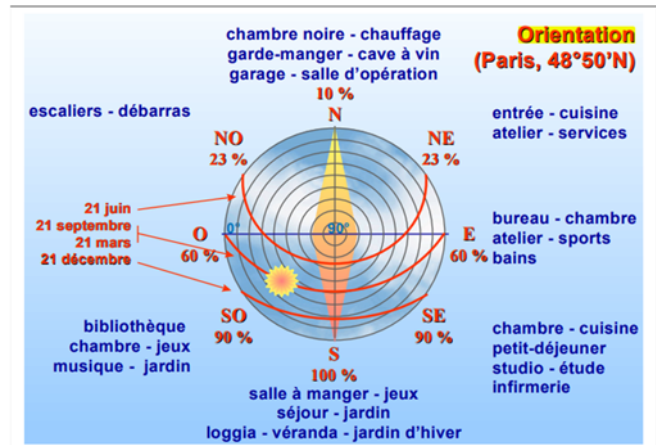


Figure 22: L'orientation de l'édifice par rapport aux vents et au soleil.

Source : Alain. L & André De H

L'orientation et la disposition des bâtiments les uns par rapport aux autres constituent l'aspect essentiel en matière d'utilisation passive de l'énergie solaire. Leur implantation doit être étudiée en fonction de la position du soleil et de l'intensité du rayonnement solaire au cours de l'année et de la journée.³⁰

2.6.2 L'implantation :

L'implantation judicieuse d'un édifice est la tâche la plus importante de l'architecte. Elle détermine l'éclaircement, les apports solaires, les déperditions, les possibilités d'aération, etc., mais aussi les qualités de l'habitat : communications, vues, rapports de voisinage, etc.

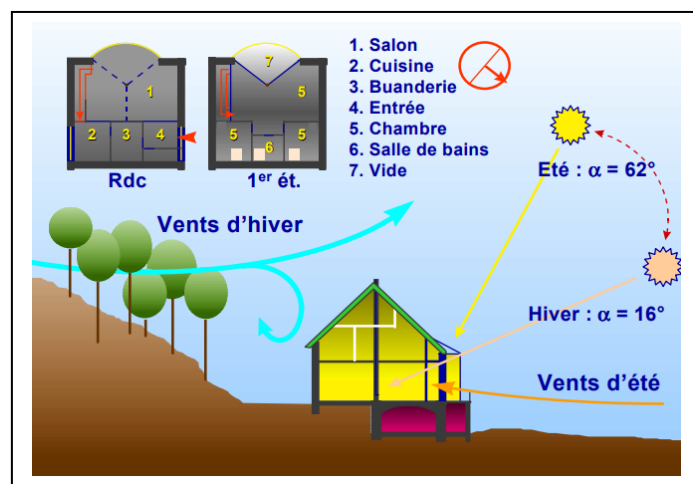


Figure 23: L'implantation tient compte du relief, des vents locaux, de l'ensoleillement, etc.

Tous les facteurs de réussite passent par un diagnostic approfondi des lieux d'implantation complété par un examen spécifique des

²⁹ Alain, L., & André De H. Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique. Paris - France : 2005, p61a.

³⁰ Roberto gonzalo karl j. Habermann. Architecture et efficacité énergétique. birkhauser basel · boston · berlip40.

Chapitre II : état de l'art

forces et des faiblesses du lieu, et par un travail sur l'impact de la construction dans une perspective de qualité environnementale³¹



Figure 24: La forme du toit, vu l'implantation dans le terrain, minimise la prise au vent du bâtiment.

2.6.3 La forme :

Le rapport de la surface d'un bâtiment rapportée à son volume est appelé facteur de forme. Dans une architecture, dont la performance énergétique est basée sur la conservation de la chaleur, réduire ce facteur est fondamental. Ce facteur joue aussi un rôle très important pour des bâtiments dont la peau est peu ou pas isolée (bâtiments anciens). Il devient par contre secondaire avec des enveloppes bien isolées. Ce facteur de forme n'a même aucun sens lorsque l'on veut maximiser les gains solaires en hiver ou l'éclairage naturel. Dans des bâtiments avec de forts dégagements de chaleur interne la minimisation du facteur de forme pourrait même avoir comme conséquence le recours à une climatisation (trop grande compacité des locaux).³²

Le coefficient de forme, ou compacité, mesure le rapport de la surface de l'enveloppe déperditive au volume habitable (m^2/m^3). Il permet de qualifier les volumes construits en indiquant leur degré d'exposition aux conditions climatiques ambiantes.³³

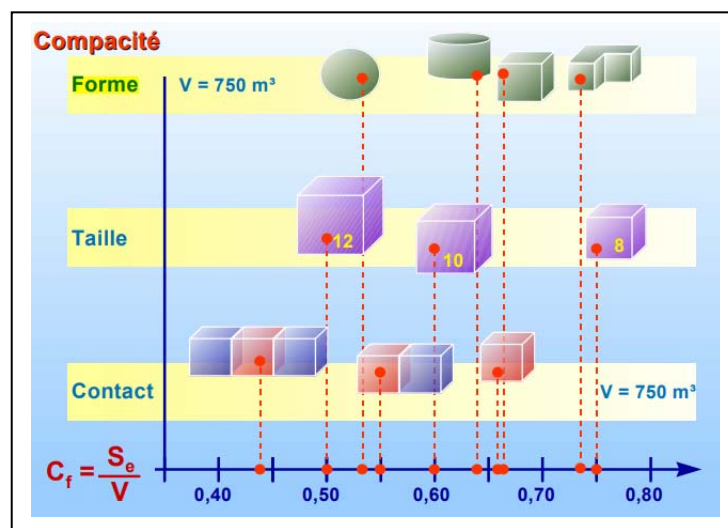


Figure 25: La compacité varie suivant la forme, la taille et le mode de contact des volumes construits.

Source : Alain. L & André De H

Plus la surface déperditive est faible par rapport au volume à chauffer, meilleur est la performance du bâti. La forme idéale est la sphère, offrant le

³¹ Brigitte ,V. Le guide de l'habitat passif : Eyrolles,p35.

³² Architecture climatique équilibrée Conception, démarche et dimensionnement, p89.

³³ Alain L, & André De H .Traite d'architecture et d'urbanisme bioclimatique. Paris - France : 2005, p83a

Chapitre II : état de l'art

maximum de volume pour le minimum de surface déperditive. Mais il n'est pas évident de construire une sphère. La seconde

forme la plus efficace est le cylindre, qui est déjà plus facile à concevoir d'un point de vue architectural.

Pour déterminer la performance de la forme d'un bâtiment, on utilise classiquement le coefficient de forme C , qui est tout simplement le rapport entre la surface déperditive S_d (en mètres carrés) et le volume chauffé V (en mètres cubes), coefficient qu'on appelle en topologie mathématique la compacité. En réalité, il ne s'agit pas d'un coefficient lié uniquement à la forme, mais aussi à la densité du volume. $C = S_d / V$

2.6.4 Ventilation :

La ventilation naturelle remplit plusieurs fonctions :

- Renouveler l'air des locaux pour amener de l'air frais nécessaire à la respiration des occupants ou à l'évacuation des polluants internes : cette fonction est nécessaire aussi bien en hiver qu'en été.
- Evacuer la chaleur : les gains internes et solaires provoquent une élévation de la température interne. En été, cet excès doit être évacué.
- Améliorer l'échange de chaleur entre les personnes et l'air en augmentant la vitesse de l'air et donc l'évaporation cutanée.
- Evacuer, durant la nuit, la chaleur accumulée, durant le jour, dans la masse interne : la ventilation nocturne.

-On distingue deux types de ventilation naturelle :

Celle due à la **pression du vent** et celle due à la différence de densité (température) entre l'air chaud et l'air froid (**effet de cheminée**).

- **Une ventilation transversale** (vent) est deux fois plus efficace qu'une ventilation avec des ouvertures sur une seule face. Les ouvertures devraient donc se trouver sur des faces opposées ou adjacentes.
- **Effet de cheminée** est dû à la différence de pression engendrée par la différence de densité entre l'air chaud et l'air froid : si l'air chauffe, une dépression se créera dans les zones basses d'un espace et une surpression dans les zones hautes. Si des ouvrants sont placés dans ces deux zones, les ouvrants bas aspireront de l'air extérieur plus frais et les ouvrants hauts expulseront vers l'extérieur de l'air intérieur plus chaud.

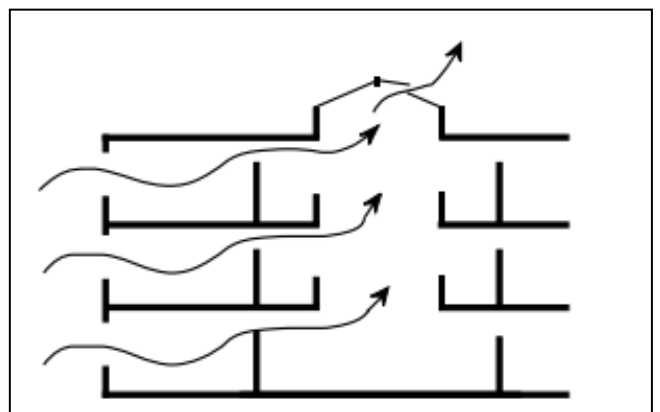


Figure 26: Ventilation par cheminées.

Chapitre II : état de l'art

2.6.5 Inertie thermique des matériaux :

L'inertie thermique est une notion qui recouvre à la fois l'accumulation de chaleur et sa restitution, avec un déphasage dépendant des caractéristiques physiques, dimensionnelles et d'environnement de la paroi de stockage. Une grande inertie thermique permet la récupération de la chaleur du jour afin de la restituer la nuit. Ceci est particulièrement intéressant dans les climats où la différence de température diurne et nocturne est importante.³⁴

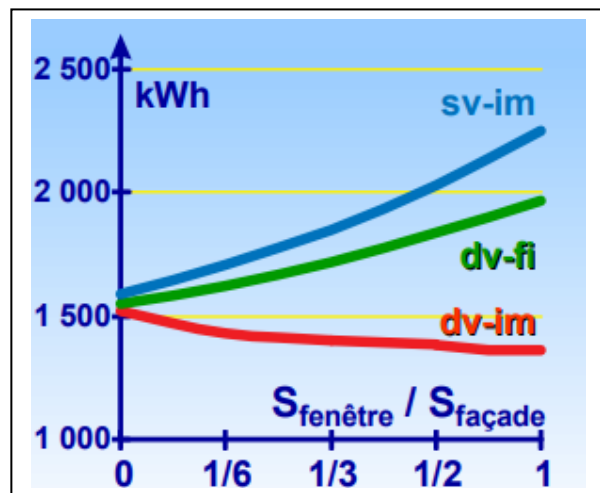


Figure 27: Variation des besoins en énergie en fonction des vitrages et de l'inertie.

Source : Alain. L & André De H

Une enveloppe bien isolée et une construction compacte permettent de réduire la consommation d'énergie. Pour couvrir les besoins restants, L'énergie solaire peut apporter une forte contribution. Durant les journées très ensoleillées et surtout pendant les périodes de transition, L'énergie solaire accumulée de passive ne peut pas être exploitée en totalité. Comme I 'on ne peut ni évacuer la chaleur excédentaire 8 9 ni arrêter le rayonnement solaire, cela entraîne des surchauffes. Meilleure est la capacité de stockage, moins il y aura de déperdition de chaleur.

L'inertie thermique permet en outre le lissage des températures intérieures en hiver comme en été, saison qui connaît les principaux risques de surchauffe surtout dus aux charges internes. Avec l'assistance d'une ventilation nocturne, l'inertie thermique peut aussi servir de « réservoir de froid ». Elle n'est toutefois pas suffisante ; il faudra prendre d'autres dispositions essentielles (comme la protection solaire) au moment de la conception.³⁵

³⁴ Alain L , & André De H. Traite d'architecture et d'urbanisme bioclimatique. Paris - France : 2005, p91a

³⁵ Roberto gonzalo karl j. Habermann ,.Architecture et efficacité énergétique ,p205

Chapitre II : état de l'art

Toutefois, pour que l'inertie thermique puisse jouer pleinement son rôle, les matériaux doivent pouvoir être „vidés“ de l'énergie thermique qu'ils ont emmagasinés. En effet, si pour tous les bâtiments, une forte inertie est presque toujours bénéfique, en période de forte chaleur, notamment dans les climats très chauds et secs, comme le cas du site de notre étude, la structure finit par se charger en chaleur et met plus de temps à se vider des surchauffes stockées, ce phénomène incite alors à associer systématiquement l'inertie forte à une bonne ventilation nocturne, sans omettre la prise en compte des paramètres influents sur cet échange, à savoir :

▪ L'effusivité thermique :

Elle exprime l'aptitude de la surface d'un matériau à stocker ou à restituer de la chaleur (rapidité à absorber la chaleur). Elle croît avec la conductivité et la capacité thermique et s'exprime par l'équation suivante.³⁶

$$Ef = \sqrt{\lambda \cdot \rho \cdot c}$$

c : capacité thermique massique du matériau (en J kg⁻¹ K⁻¹)

ρ : la masse volumique du matériau (en kg m⁻³)

λ : conductivité thermique (W m⁻¹ K⁻¹)

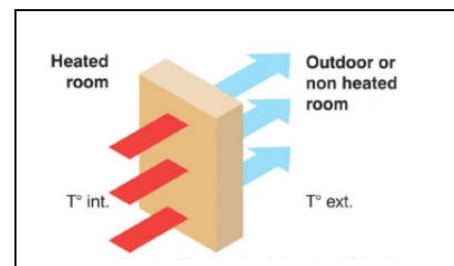


Figure 28: l'effusivité thermique.

▪ Diffusivité thermique :

La diffusivité thermique d'un matériau est associée à la vitesse à laquelle celui-ci monte en température lorsqu'il est soumis à une source de chaleur. Elle se calcule par le rapport $\lambda/\rho c$ et s'exprime en m²/s. Plus la diffusivité thermique est élevée, plus la température du matériau évoluera rapidement.³⁷

³⁶ Izard J-L. (1993). Architecture d'étés – Construire pour le confort d'été .France : EDISUD, page 68,.

³⁷ Sophie ,T. Matériau, matière d'architecture soutenable : Choix responsable des matériaux. Presses universitaires de Louvain, p 69.

Chapitre II : état de l'art

2.6.6 Les protections solaires :

Le rayonnement solaire en été est une des principales causes de surchauffe. Il peut être évité par diverses mesures de protection solaire. Le type de dispositif dépend surtout de l'orientation des ouvertures. Les fenêtres orientées au sud sont les plus faciles à protéger du soleil d'été qui est haut dans le ciel. Les puits de lumière et les surfaces vitrées situées sur des toits-terrasses ou des toitures en pente nécessitent une grande attention. L'orientation à l'est ou à l'ouest pose aussi des problèmes en raison du rayonnement solaire perpendiculaire par rapport aux fenêtres aux premières et dernières heures de la journée.³⁸

Les différents types de protection solaires :

▪ Les brise-soleil :

On peut se protéger des rayons verticaux et chauds d'été par des avancées au sud de la maison. On appelle ces avancées des brise-soleil, car leur rôle est d'empêcher les rayonnements excessifs en été (saison à laquelle le soleil est au plus haut) tout en laissant pénétrer le soleil l'hiver.

Pour intégrer un brise-soleil, il n'est pas obligatoire d'opter pour une avancée classique. Vous pouvez choisir d'insérer un débord de toiture, des pergolas ou autres procédés remplissant ces fonctions.³⁹

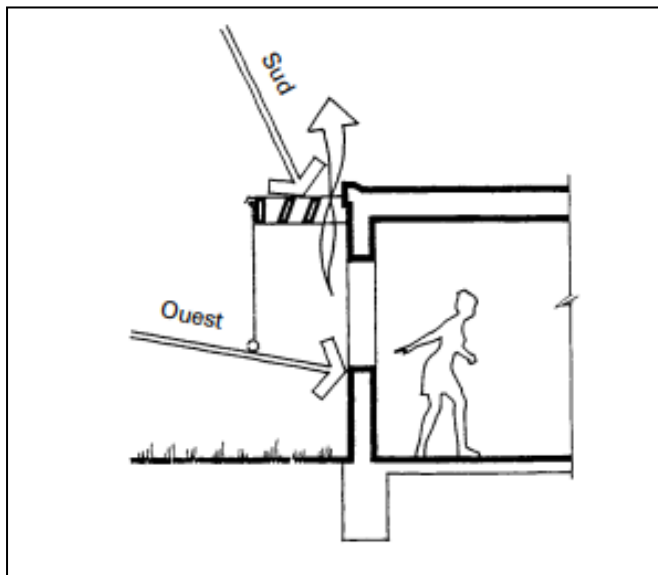


Figure 29 : Un brise-soleil horizontal ajouré permet une meilleure ventilation naturelle. Dans les orientations est et ouest il peut être complété par une toile verticale

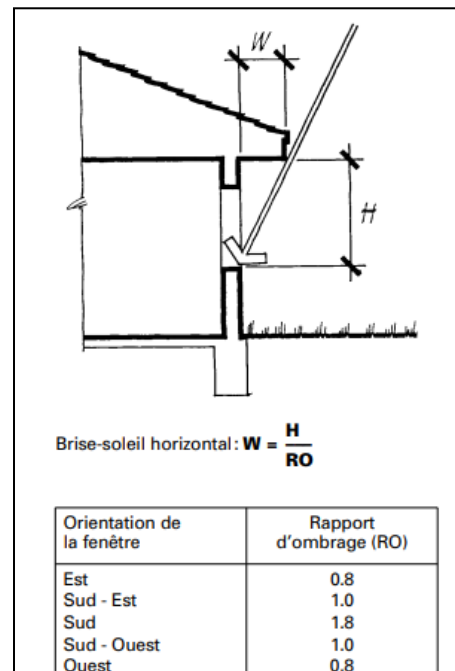


Figure 30 : Dimensionnement d'un brise-soleil horizontal standard (W) en fonction de la hauteur de fenêtre à protéger (H) et de l'orientation de la façade au moyen du rapport d'ombrage (RO).

³⁸ Roberto gonzalo karl j. Habermann. Architecture et efficacité énergétique. birkhauser basel· boston· berlin,p109 .

³⁹ Brigitte ,V . Le guide de l'habitat passif :Eyrolles,p37.

Chapitre II : état de l'art

▪ La protection des toitures :

La toiture est l'élément qui reçoit le plus d'irradiations solaires pendant l'été, elle doit être donc impérativement isolée. Sa durée d'exposition et son importance relative (comme les maisons de la vallée du M'zab), l'amènent à être à l'origine d'une part importante des apports thermiques extérieurs pendant l'été et des déperditions thermiques durant l'hiver (les apports à travers la toiture peuvent représenter un tiers à la moitié des apports totaux dans le cas d'un bâtiment d'un seul niveau).

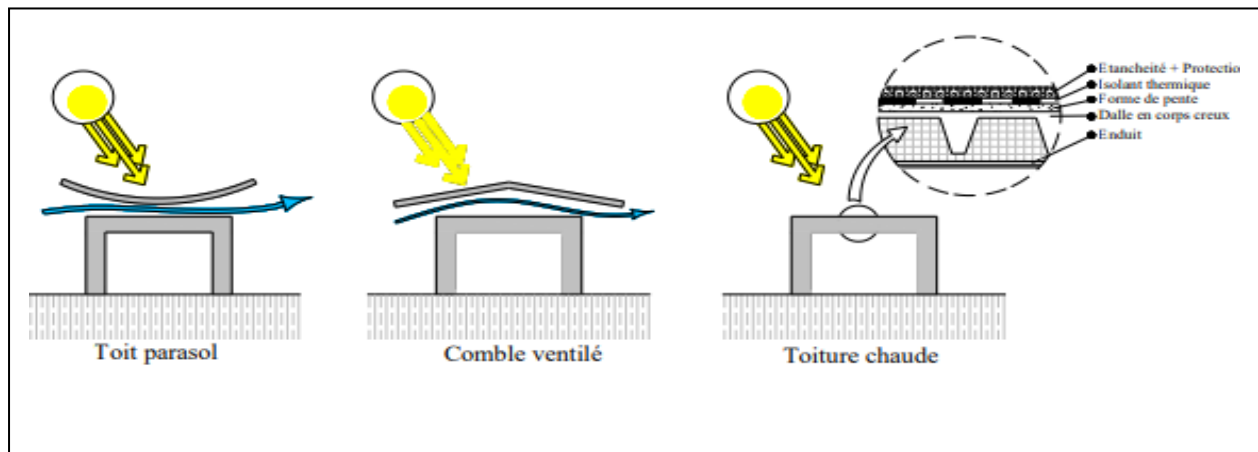


Figure 31: Les différentes méthodes de protection de la toiture, P. Lavigne (1998).

Les locaux situés sous toiture sont donc toujours plus inconfortables que les locaux des autres niveaux en raison des apports supplémentaires parvenant par cette voie. Il est donc prioritaire de réduire ces apports solaires qui, bien que moins apparents que ceux parvenant à travers les vitrages verticaux, sont quantitativement importants. Plusieurs solutions permettent d'en assurer une bonne protection comme les toits parasols, les toitures avec combles ventilés ou les toitures chaudes, avec des avantages non négligeables comme l'absence de surchauffe directe des plafonds, esthétique intéressante en architecture contemporaine et enfin les plafonds sont isolés thermiquement pour le confort d'hiver, l'isolant étant dans le comble pour conserver au maximum l'inertie intérieure. La toiture chaude est l'une des techniques les plus utilisées, par la position de l'isolant qui protège le support contre de fortes variations de température et diminue par conséquent le risque de mouvement et de fissure du support. Un autre avantage de cette technique est l'accroissement de l'inertie thermique de l'espace considéré. Isoler une toiture, revient donc à diminuer la consommation énergétique du bâtiment, améliore le confort des occupants, diminue les risques de condensation et protège la structure du toit.⁴⁰

⁴⁰ Chabi Mohammed, Etude bioclimatique du logement social-participatif de la vallée du m'zab : cas du ksar de Tafilelt, thèse de magistère, université Tizi-Ouzou, 27 juin 2009

Chapitre II : état de l'art

3 Thématique spécifique :

3.1 L'habitat :

L'habitat constitue un thème majeur de la géographie où cette notion dépasse largement celle de maison ou de logement pour couvrir la répartition spatiale des habitations, le paysage, les espaces urbains, la population et son genre de vie. L'archéologie, comme la géographie, voit également l'habitat comme un élément majeur de la culture matérielle, l'expression de la mentalité des habitants et de leur rapport à leur milieu.

Il revient cependant à l'anthropologie d'avoir pleinement mis en lumière que les types d'habitations, leurs modes de localisation, les dispositifs architecturaux et de distribution des espaces intérieurs, comme les variations dans l'utilisation des matériaux, relèvent moins d'une conception utilitaire de la maison que d'une intention de traduction d'un modèle culturel de vie sociale. Dans cette perspective, comme l'a montré [A. Rapoport 1972], la fonction d'abri de l'habitat est une fonction passive. Son but actif est de constituer une unité signifiante et pertinente au sein de l'espace social d'une culture.⁴¹

L'habitat [ou l'espace en général] n'est pas un objet inerte, composé d'éléments techniques et doté de formes, mais un « objet actant », mis en mouvement, malgré son apparence statique, par les personnes qui l'utilisent. Il n'existe qu'à travers les interactions qui se développent entre ses éléments fonctionnels et ses occupants, qui lui confèrent tout son sens. Inversement, bien que chacun transporte d'un lieu à l'autre ses façons d'agir, ses valeurs, ses sentiments et ses pensées profondes, ses conduites sont influencées par l'espace dans lequel elles se déploient, elles s'actualisent de manière spécifique selon les lieux qui leur servent de cadre. [Bonetti, 1994, p. 16]

Espace de protection et d'intimité, ce lieu de vie procure à l'individu le sentiment de confort. L'individu est en mesure de pratiquer ses loisirs tout en étant dans de bonnes dispositions. Il est, dès lors, un espace de loisirs où l'homme peut faire valoir son inventivité, sa créativité et son sens de l'innovation [BANE ET CHAPIN 1945].

C'est enfin, le lieu qui préserve les composantes de base culturelle, linguistique et traditionnelle pour ainsi les transmettre aux générations à venir³ [WRIGHT, 1964].

L'habitat n'est pas, par nature, une invention humaine. C'est quelque chose que l'on recherche instinctivement comme le font, d'ailleurs, les animaux dans un monde rarement en parfait accord avec nos besoins physiologiques et sociaux [ALLEN, 2005].

⁴¹ Serfaty-Garzon, P. (2003). Le Chez-soi: habitat et intimité :Dictionnaire critique de l'habitat et du logement 65-69.

Chapitre II : état de l'art

3.2 Habitat individuel : définition

L'habitat individuel ou « maison individuelle » représente plus de la moitié des logements existants, avec des typologies très différentes en fonction de l'ancienneté du bâtiment.

En construction, ce type d'habitat a connu un véritable engouement entre la fin des années 70 et le début des années 2000. Mais depuis quelques années, la construction est en berne, y compris celle de l'habitat individuel.

On appelle « habitat individuel » un habitat unifamilial, c'est-à-dire où ne réside qu'une seule famille ; on dit aussi « maison individuelle ».

Par opposition à l'habitat collectif comportant plusieurs logements dans un même bâtiment, l'habitat individuel correspond à un bâtiment ne comportant qu'un seul logement et disposant d'une entrée particulière.

Les avantages et les inconvénients de l'habitat individuel :

Les avantages :	Les inconvénients :
✓ Accès individualisé.	✓ Coût important par rapport au collectif.
✓ Abrite une seule famille.	✓ Grande consommation d'espace ce qui favorise l'étalement urbain.
✓ Préserver l'intimité familiale.	✓ Diminution des liens sociaux par l'absence des espaces communs.
✓ Les espaces privatifs (jardin, terrasse) offrent des avantages sociaux importants.	✓ grande consommation d'énergie fossile par étalement des réseaux de transport.
✓ Proximité de la nature et rapport intense avec l'espace extérieur.	

Tableau 1 : les avantages et les inconvénients de l'habitat individuel.

3.3 Habitat individuel dense :

L'habitat individuel dense est une typologie de logements dérivée de l'habitat intermédiaire [Mialet, 2006] essayant de concilier les avantages de la maison individuelle et du logement collectif.

Situe entre l'individuel et le collectif, cet habitat appelé tantôt « habitat individuel dense », « habitat intermédiaire », « habitat pluriel », ... offre des alternatives possibles pour sortir des modèles traditionnels. Néanmoins, il reste difficilement identifiable par une terminologie, claire, qui permettrait d'englober l'ensemble de la production d'habitat située entre le Pavillonnaire et l'immeuble collectif.⁴²

⁴² Direction générale de l'aménagement du logement et de la nature. Pour un habitat dense individualisé.

Chapitre II : état de l'art

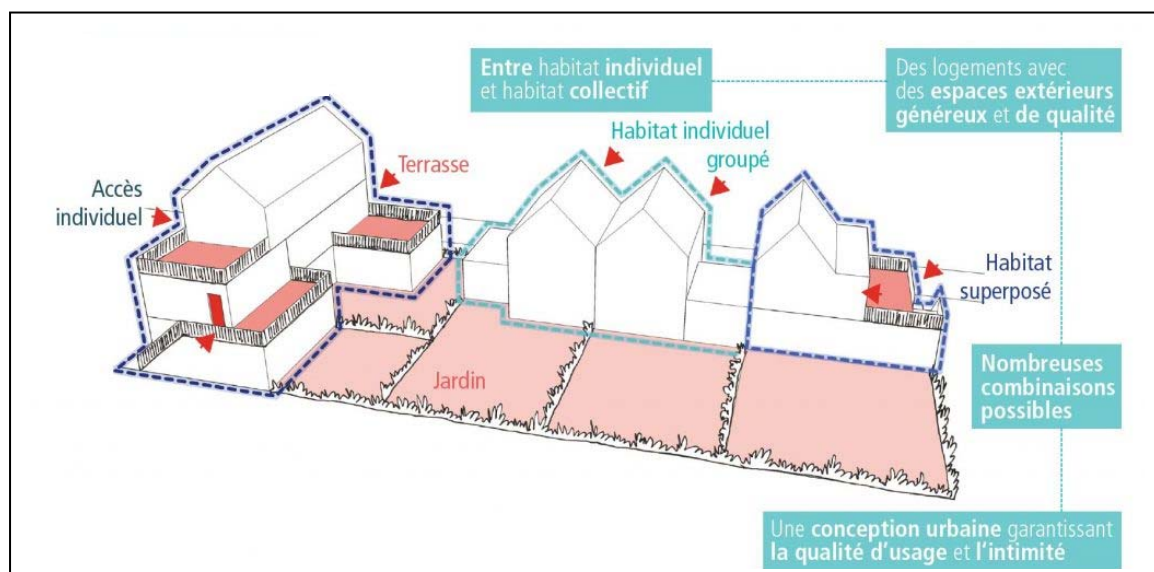


Figure 32: Le concept de l'habitat individuel dense.

Pour l'instant, on qualifiera ici d'habitat individuel dense, les opérations nouvelles qui tendent à se développer et visent à favoriser une « individualisation » de l'habitat au sein d'opérations d'habitat collectif de taille plus ou moins importante. « L'individualisation » de l'habitat implique notamment de disposer d'accès individuels et très souvent, d'espaces extérieurs associés au logement (jardins, terrasses). Cette « individualisation » s'inscrit dans la recherche d'une certaine densité de ces opérations qui débouche notamment sur une grande diversité de traitements urbains et architecturaux pour concilier densité (donc un certain degré de « collectivité ») et « individuel » sur un même espace.⁴³

3.3.1 Caractéristiques du HID :

Cette forme d'habitat se caractérise par :

- Un caractère individuel accentué (accès individualisé, intimité préservée, espaces privés intérieurs et extérieurs qui assurent le confort de l'habitant et personnalisent son lieu de vie).
- Les avantages du collectif : Au niveau macro (proximité des services, transports) et micro : bon voisinage, espace collectif commun.
- Une économie du foncier considérable permettant de juguler l'étalement urbain et le mitage du paysage.
- Réponse à un besoin d'espace vert (privé et public). • Habitat évolutif.
- Espaces de transition entre le public et le privé.
- Une adaptation à tous les contextes urbains.

⁴³ 2008 .Entre maison et appartement Habitat intermédiaire, les nouvelles formes urbaines de la ville archipel, composition urbaine.

Chapitre II : état de l'art

3.3.2 Types d'habitat individuel selon la morphologie :

On distingue selon la morphologie les types suivants

Habitat individuel en bande :

Conçu par un processus de construction collectif organisé, il se caractérise par une meilleure rationalisation du foncier, des espaces extérieurs qui peuvent être significatives et identitaires, une mixité possible des programmes. C'est la forme la plus dense de l'habitat individuel et la plus aboutie du point de vue urbain.

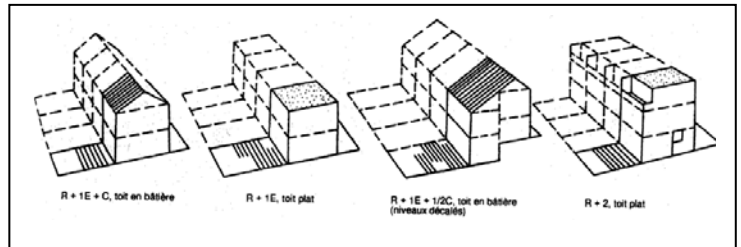


Figure 33: Habitat individuel en bande.

Source : Neufert 8.

Habitat individuel jumelées :

Les maisons jumelées font partie des maisons mitoyennes. On parle de maisons jumelées lorsque deux maisons sont liées par un mur commun. Les maisons jumelées sont une alternative intéressante aux maisons traditionnelles. Les maisons jumelées possèdent souvent des façades identiques, sauf lorsque des travaux sont engagés par l'un des propriétaires. Elles sont installées sur le même terrain (celui-ci peut être acheté conjointement par les deux propriétaires s'il s'agit d'une construction).

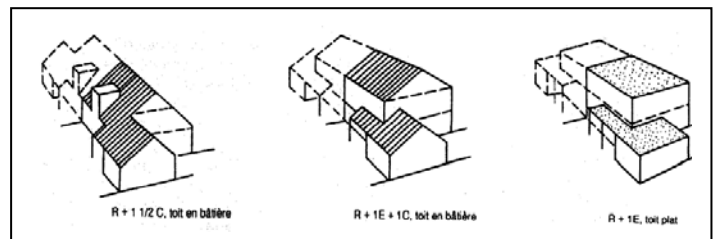


Figure 34: Habitat individuel jumelées.

Source : Neufert 8.

Habitat individuel groupé :

Ce tissu conçu par un processus de construction collectif organisé, des espaces communs occupés surtout par l'automobile et se caractérise souvent par un aspect uniforme, répétitif et monotone.

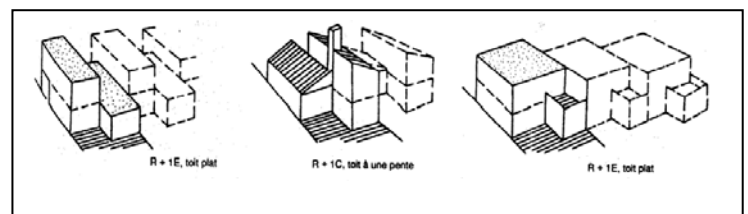


Figure 35: Habitat individuel groupé.

Source : Neufert 8.

Habitat individuel isolé :

Ce tissu se caractérise par une individualisation et une appropriation totale du paysage, l'espace public est absent ainsi que les limites par rapport aux autres tissus urbains, un éloignement des pôles urbains, une transformation par mitage du paysage.

Chapitre II : état de l'art

Habitat individuel intermédiaire :

Regroupe plusieurs habitats individuels superposés. C'est un immeuble d'habitation comportant au moins un étage, dans lequel les logements superposés ont chacun un accès individuel depuis l'extérieur de la construction et disposent d'espaces extérieurs privatifs importants (jardin, terrasse, loggia, etc.). La circulaire n°74-141 du 09/08/1974 précisait à ce propos que les espaces privatifs extérieurs devaient représenter au moins 25% de la surface du logement.⁴⁴

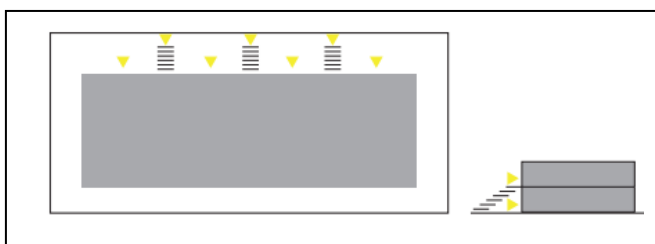


Figure 36: de principe de l'habitat individuel intermédiaire.

Habitat individuel superposé :

L'habitat Individuel superposé, selon la terminologie en cours dans l'immobilier, se situe entre l'habitat individuel groupé et le semi-collectif. Constitue au plus de deux logements superposés, chaque appartement bénéficie d'un accès individualisé, qu'il soit sur un niveau, en duplex ou en triplex. Les logements disposent d'un espace extérieur privatif, une terrasse et parfois un jardin.⁴⁵

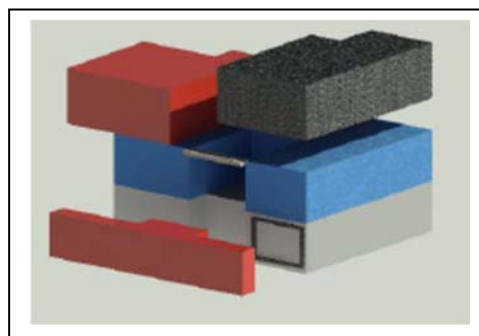


Figure 37: habitat individuel superposé.

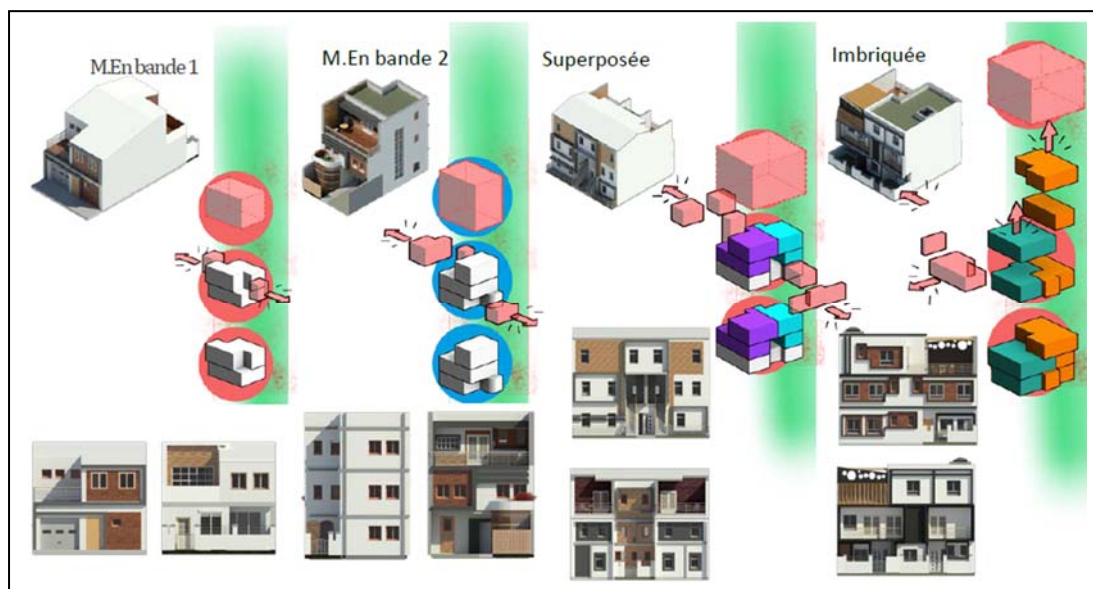


Figure 38: les types d'habitat individuel.

⁴⁴ Deshayes, M. A., & Dissart, J. C. (2015). L'habitat individuel dense en Drôme et en Ardèche: Quelles pistes de réussite? (Doctoral dissertation, Association Départementale d'Information pour le Logement de la Drôme, 44 rue Faventines, 26000 Valence).

⁴⁵ Direction générale de l'aménagement du logement et de la nature. Pour un habitat dense individualisé.

Chapitre II : état de l'art

3.3.3 Caractéristiques de l'habitat individuel dense :

L'habitat individuel est souvent le reflet d'un besoin d'**intimité**. Il symbolise aussi une certaine liberté et indépendance. Pourtant l'habitat individuel n'aboutit pas toujours à une qualité du cadre de vie satisfaisante, tant dans l'esthétique des espaces de vie que dans les relations avec le voisinage.

- **La notion d'intimité :⁴⁶**

La notion d'intimité traduit le sens et l'expérience même de l'habitat. Elle doit être resituée dans le champ des explorations phénoménologiques et théoriques qui trouvent leurs fondations dans l'ouvrage charnière que G. Bachelard consacre, à la fin des années cinquante, à la poétique de l'espace et conduites, depuis les années quatre-vingt, dans leurs travaux sur l'habiter et le chez soi par P. Korosec-Serfaty, G. Barbey, M. Villela-Petit ou P. Amphoux. Ces explorations ont été aussi nourries par l'œuvre majeure que constitue l'histoire de la vie privée élaborée sous la direction de P. Ariès et G. Duby (1985 à 1987).

Est une construction sociale dont l'élaboration sur plusieurs siècles a radicalement altéré la confusion entre le privé et le public qui prévalait avant le XVII^{ème} siècle. Cette confusion, qui suppose une vie constamment commune, était l'expression d'une conception des rapports que doivent entretenir les versants personnels, familiaux et sociaux de la vie des individus. Elle traduisait une mentalité où la notion actuelle d'intime est absente et ne fait pas partie des principes qui guident les conduites. A l'époque moderne, les nouvelles démarcations entre sphère publique et sphère privée correspondent à la définition de nouveaux idéaux : retrait personnel, sociabilité sélective et de convivialité, intimité familiale et domestique. La demeure se referme sur le cercle familial et celui des proches. Elle fait l'objet d'un intense investissement affectif qui s'affirme comme l'autre face du sentiment de la famille.

- **La notion de Densité :**

Indicateur quantitatif exprimant le ratio de surfaces dédiées à l'habitat sur un hectare urbanisé (densité brute). La densité nette suppose le rapport entre les surfaces dédiées à l'habitat et les surfaces cessibles. Lorsqu'elle est maîtrisée et s'inscrit dans une composition urbaine réfléchie, une forte densité n'est pas contraire à une qualité de vie et à l'intimité.

- **Densité urbaine :**

La densité urbaine est, dans la conception de la ville durable, une conséquence de la lutte contre l'étalement urbain. Elle contrarie l'engouement pour la maison individuelle en diffus compte tenu de ses conséquences en termes de transports, de performance énergétique et de consommation foncière. Elle suppose un soin particulier apporté à la conception des espaces et au respect de l'intimité des parcelles.

Mesure de la densité :

⁴⁶ SERFATY-GARZON Perla (1999), Psychologie de la maison. Une archéologie de l'intimité. Montréal :du Méridien

Chapitre II : état de l'art

De nombreux facteurs entrent dans sa composition : selon l'échelle des territoires considérés, leur composition et les objectifs recherchés ; la densité se calcule de manière différente.

On distingue alors plusieurs éléments de mesure de la densité dont on va citer les principales

Le coefficient d'occupation du sol (COS) :

Est l'outil réglementaire par excellence. C'est le rapport de la surface constructible sur la surface de la parcelle. Il ne traduit cependant pas d'imposition de forme, puisque la surface constructible peut se répartir sur un ou plusieurs étages.

$$\text{COS} =$$

$$\frac{\text{surface constructible}}{\text{surface de parcelle}}$$

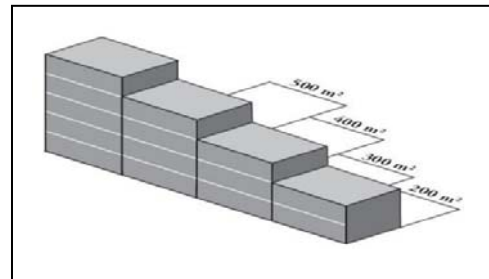


Figure 39: coefficient d'occupation du sol

La densité bâtie :

Est le rapport entre le coefficient d'emprise au sol (CES) c'est-à-dire le rapport entre l'emprise au sol totale des bâtiments et la surface de l'îlot sur lequel ils sont implantés multiplié par le nombre moyen de niveaux. On peut la classer selon des seuils de densité (faible, moyen ou fort).

$$\text{DB} = \frac{\text{Emprise au sol de bati} \times \text{hauteur moyenne}}{\text{Surface de l'îlot}}$$

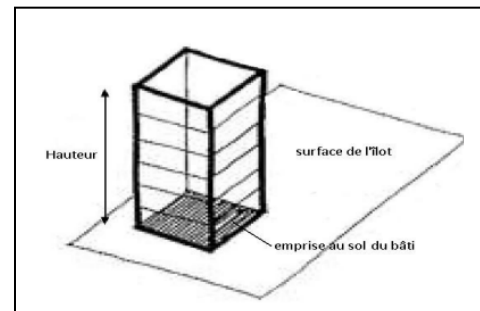


Figure 40: densité bâtie

Selon le choix de la surface de référence choisie, on calcule la densité nette ou brute :

- La densité nette :

Se mesure à l'échelle de la parcelle ou de l'îlot. Elle prend en compte l'ensemble des surfaces occupées par une affectation donnée (logement, activité, commerces, équipement ou autre). Les espaces publics sont écartés de ce calcul. - La densité brute :

Prend en compte la surface utilisée par les équipements publics, la voirie et les espaces verts, aménagés pour les besoins de la population habitant les logements construits dans l'espace considéré. La densité brute est très dépendante de l'échelle de référence ce qui rend les comparaisons difficiles.

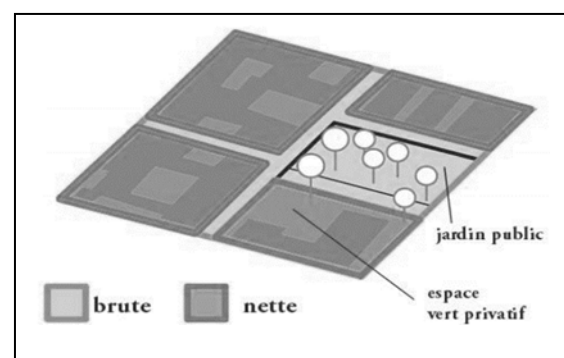


Figure 41: densité nette et densité brute

Chapitre II : état de l'art

3.4 Habitat ksourien :

3.4.1 Les Ksour :

3.4.1.1 Définition :

Le mot ksar évoque l'idée d'une petite ville, d'un quartier, d'une grande maison familiale. Habiter un ksar n'est pas du tout la même chose qu'habiter une cité ou un bâtiment. La différence, à l'origine, réside dans le fait que l'idée du matériel est reléguée au second plan, dès la conception du ksar.

C'est aussi la forme urbaine des villes du Sud par opposition aux médinas du Nord, le ksar désigne même selon Pr. MAZOUZ S. « toute agglomération saharienne anciennement construite et de tendance plutôt rurale par opposition aux structures plus importantes que sont les médinas »⁴⁷

3.4.1.2 Genèse et fondement des ksour :

- Même si il est rencontré sur des reliefs aussi variés (sommets de montagnes, crêtes, buttes surplombant les plaines, vallées des oueds ou plaines), le site sur lequel est érigé le ksar, et lorsque la topographie le permet, est souvent choisi de manière à ce qu'il soit imprenable et parait être un élément tangible, il se présente toujours comme un ensemble protégé d'une muraille, marquant une rupture symbolique avec l'extérieur et permettant ainsi d'assurer une protection contre toute attaque extérieure, pour plus d'efficacité, un fossé rempli d'eau est généralement creusé comme ceinture de remparts.
- Pour assurer le maximum de sécurité aux habitants, le ksar peut posséder ses propres magasins de réserves alimentaires, des puits collectifs protégés, et ne disposant dans la plupart des cas que d'une seule porte d'entrée en chicane garnie de part et d'autre d'une tour élancée et crénelée.
- L'existence de ces éléments qui donnent un caractère fortifié à l'ensemble ksourien, ne peut que renvoyer à de longues périodes d'insécurité qui régna au Sahara.
- Pour toutes ses raisons, le Ksar est confondu avec l'architecture défensive ou militaire, aujourd'hui libéré de son souci défensif et ayant gardé jusqu'à récemment sa fonction d'ensemble autonome.
- Les Ksour, au-delà de l'aspect morphologique de l'habitat dont l'enchevêtrement caractérisent leurs maisons est le prisme à travers duquel se reflète une vie communautaire où s'exprime avec force, cohésion et solidarité entre les membres d'une même collectivité.

Le Ksar est un espace de vie collective répondant à la fois à une organisation politique d'autodéfense et à une organisation sociale visant à faire respecter la segmentation sociale et raciale. Le rôle de la Djemâ'a (l'assemblée consultative ou le conseil du Ksar)

⁴⁷ Côte M. (2005). La ville et le désert – Le Bas-Sahara algérien : KHARTALA et IREMAM, 299 p.

Chapitre II : état de l'art

- était primordial quant à l'organisation de la vie politique et la gestion des ressources économiques au sein des Ksour.⁴⁸

3.4.1.3 L'eau, un élément déterminant :

Si l'eau est source de la vie, la majeure partie des chercheurs s'accordent sur le fait que l'eau est un facteur qui intervient beaucoup plus dans la localisation, l'organisation, le développement des ksour, COTE M. (2010), l'un des connaisseurs de l'univers des oasis notamment celles du sud de l'Algérie est l'un des plus fervents défenseurs de cette vision :

« Les ksour ne s'ont pas une création de l'eau, les ksour sont une création des relations (des échanges caravaniers) par la mise en place d'une certaine logistique échelonnée le long des axes (puits, oasis) » [COTE M., 2010]

« Ce sont les besoins qui sont à l'origine de la naissance de ces ksour ; une création ex-nihilo faite par la nature le long des itinéraires »[COTE M., 2010]

3.4.1.4 Le ksar, une création bioclimatique et culturelle :⁴⁹

3.4.1.4.1 La recherche du confort thermique :

On trouve dans l'architecture vernaculaire du domaine aride chaud des techniques de construction ancestrales [Frey, 2010), fondées sur les énergies naturelles, qui permettent aux bâtiments de répondre au contexte climatique. Bien que la chaleur soit difficilement supportable en été dans le désert, les habitants jouissent à l'intérieur de leurs demeures de conditions de vie confortables, grâce à une bonne compréhension du milieu et à une adaptation réussie à ses contraintes. Plutôt urbaine que rurale, la maison à espace central ouvert, ou patio (Edwards et al., 2006 ; Rabbat, 2010), représente au Sahara la forme architecturale type, d'autant qu'elle est favorisée par l'usage de matériaux locaux isolants, adaptés au climat, tels que le toub (brique sèche), le timchent (plâtre traditionnel, de couleur grise, obtenu à partir d'un gypse hydrate de la Chebka, utilisé pour le parement ou le remplissage) et le béton de terre stabilisée, ou BTS [Bencherif, 1996].⁵⁰

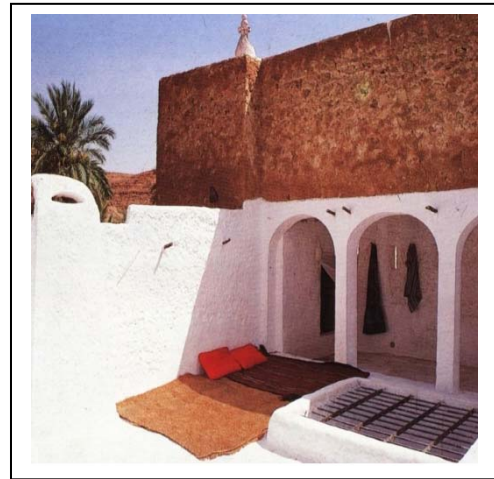


Figure 42: maison mozabite .

Source : André Ravereau.

⁴⁸ Hammoudi, A. (2014). Le patrimoine ksourien, mutation et devenir. Le cas du Zab El Gherbi-Tolga (Doctoral dissertation, Université Mohamed Khider Biskra).

⁴⁹ Bencherif M., & Chaouche S, 2013. La maison urbaine à patio, réponse architecturale aux contraintes climatiques du milieu aride chaud. Sécheresse 24 : 203-13.

Chapitre II : état de l'art

3.4.1.4.2 L'ombrage, la compacité est de rigueur :

La première adaptation au climat est réalisée par la densité du bâti et par les contours extérieurs des bâtiments, qui aident à se soustraire aux températures extrêmes [Bardou et Arzoumanian, 1978].⁵¹

Le tissu urbain se caractérise alors par une grande compacité, verticale et horizontale, qui expose une surface minimale au soleil d'été et aux vents froids d'hiver. Les ruelles, longues et sinueuses, sont ombrées presque toute la journée. Les maisons à patio sont agglomérées densément et leurs murs mitoyens limitent la surface exposée. Parfois, l'étage est en encorbellement au-dessus des ruelles, ce qui permet de régulariser le plan des pièces ou de les agrandir aux dépens de la rue. Celle-ci voit alors son ombrage renforcé, tandis que diminue encore le temps d'ensoleillement des façades et que le vent devient incapable de chasser l'air frais nocturne.



Figure 43: : Rues ou complètement : Timimoune [cliche Cordero, 2012]

Source : Bencherif M.



Figure 44: Rues ombragées

Source : Bencherif M.

Dans un environnement dense, il y a peu d'espace pour les tourbillons de poussières, pour le sable et pour le rayonnement solaire direct ou diffus, qui sont les trois contraintes majeures auxquelles la population doit faire face dans de tels climats. Certes, à l'intérieur du domaine aride, les caractéristiques spécifiques de l'habitat varient en fonction du climat régional, des traditions et des matériaux locaux. Cependant, une constante est la présence de logements vastes, sur plusieurs niveaux, ou l'on ne voit jamais directement le jour. Il est en outre plus

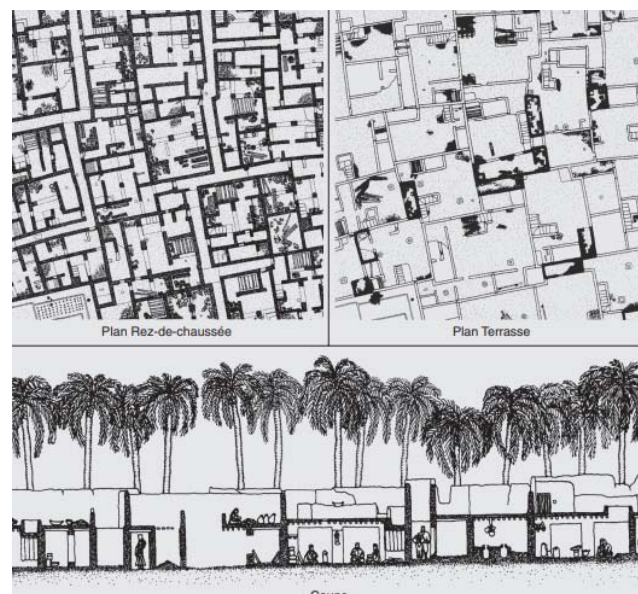


Figure 45: Tissu compact a Ouled Rached (Timimoun) (Imesch, 1991).

Source : Bencherif M.

⁵¹ Rardou P,& Arzoumanian V . (1978). Archi de soleil. Roquevaire : Parenthèses.

Chapitre II : état de l'art

avantageux d'y accoler les maisons les unes aux autres, de façon à réduire sensiblement les surfaces ensoleillées. Mais la rareté des ouvertures impose la présence d'un « espace extérieur » enclos dans la maison [Izard, 1976].

3.4.1.4.3 Stratégie de la maison a patio en tant que régulateur thermique :

Avec sa configuration en forme de cuvette, le patio, autour duquel viennent s'articuler la cuisine et les chambres, est l'ultime protection d'un espace privé ouvert contre les températures extrêmes, les vents chargés de poussières et les tempêtes de sable. La femme y évolue à son aise. Répondant au besoin oriental d'introversion, le patio est ombragé une grande partie de la journée, il se comporte comme un régulateur thermique, car la fraîcheur nocturne ne s'y estompe qu'en début d'après-midi [Raydan et al., 2006]. Le rôle de la cour et le rapport entre sa largeur et sa hauteur varient selon les régions et le degré d'aisance. A Fès, Alger ou Tunis, la maison a patio est toujours à l'ombre en été, car la hauteur du patio est supérieure à sa longueur.

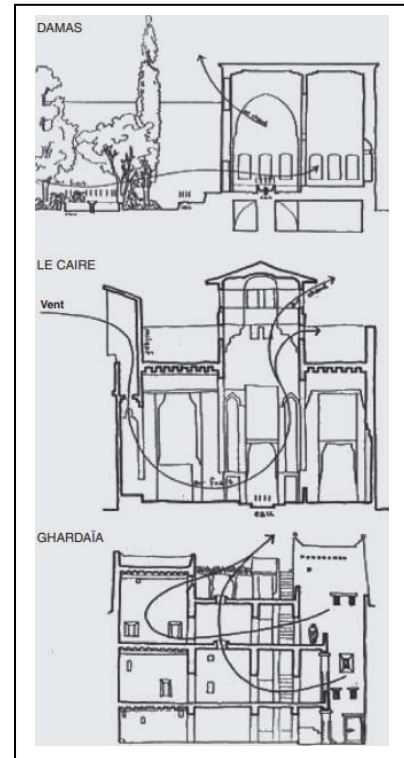


Figure 46: Circuits d'air à travers les maisons à patio (Fardeheb, 1989).

Source : Bencherif M.

3.4.1.5 L'habitation dans le Ksar :

Les maisons du Ksar construites entièrement en terre (pisé et briques séchées au soleil) ont un à deux étages (parfois même trois à quatre au Maroc). Les maisons s'élèvent dans certains cas jusqu'à pouvoir dominer les remparts afin de mieux surveiller les alentours. La construction lorsqu'elle se fait en hauteur semble répondre à des besoins essentiels à l'habitat des oasiens à savoir :

- Un besoin économique (l'utilisation mesurée du sol cultivable qui est une ressource vitale mais très rare) ;
- Un besoin d'adaptation au climat saharien extrêmement rude avec des écarts thermiques important entre le jour et la nuit et entre l'hiver et l'été.

Conclusion :

Le ksar demeure une consécration parfaite d'une symbiose entre l'homme et son environnement, une représentation des générations passée d'une durabilité que la société d'aujourd'hui ne cesse de perturber par une occupation irrationnelle de l'espace oasien fragile.

Chapitre II : état de l'art

Analyse des exemples :

Exemple 01 :ksar Tafielt

Fiche technique du projet :

- Superficie du terrain : 22,5 Ha
- Superficie résidentielle : 79 670,00 m²
- Nombre de logements : 870
- Début de réalisation : 13 Mars 1997
- Site naturel : terrain rocheux avec une pente de 12 à 15%
- Date d'achèvement du programme des 870 logements : 2006
- o Coût du logement : 8 700 DA / m² bâti
- Types de logements : les logements sont en R+1 avec terrasse d'été accessible, répartis sur trois (03) modèles

Présentation du ksar de Tafielt :

Le ksar de Tafielt ou la cité Tafielt Tajdite (nouvelle), initié en 1998 par la fondation Amidoul* dans le cadre d'un projet social, est un ensemble bâti sur une colline rocailleuse surplombant le ksar de Beni-Isguen, cet ensemble urbain, comptant 870 logements, est doté de placettes, rues, ruelles, passages couverts, aires de jeux et des structures d'accompagnement, telles que bibliothèque, école, boutiques, maison communautaire (Balalou, Z. 2008), salle de sport et en prévision des équipements culturels et de loisirs (parc). Considéré comme étant l'extension de l'ancien ksar de Beni-Isguen, ce nouveau ksar a été édifié grâce à un montage financier mettant à contribution : le bénéficiaire, l'Etat (dans le cadre de la formule "Logement social participatif") et la communauté à travers la fondation Amidoul. Pour assurer le confort thermique, certains principes architecturaux et urbanistiques traditionnels ont été réactualisés.

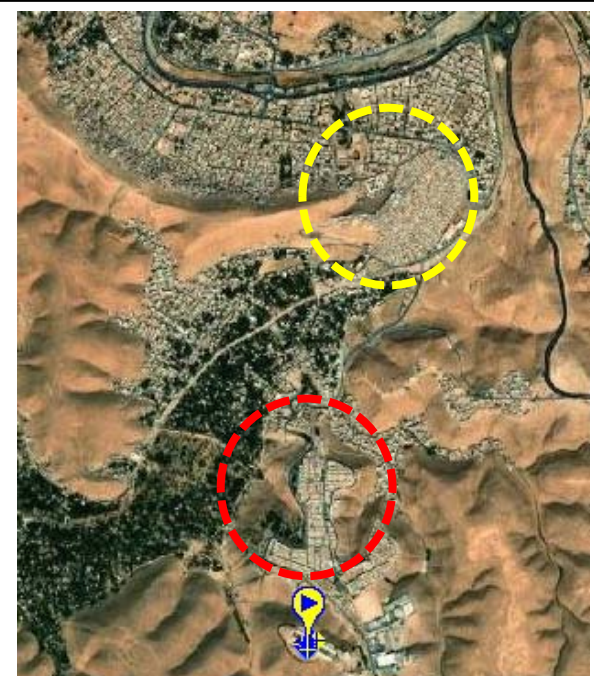


Figure 47 : situation de ksar Tafielt.

Réinterprétation des principes traditionnels dans le ksar de Tafielt :

L'échelle urbain :

La compacité :

Le ksar de Tafielt est organisé selon un système viaire à géométrie rectiligne, un profil moins étroit (4.50 m) que les rues des anciens ksour pour les exigences de la modernité (la voiture), profondes et se coupent à angle droit. Les maisons occupant la totalité de la parcelle sont accolées autant que possible les unes aux autres (figure 1), ce qui permet de réduire les surfaces exposées à l'ensoleillement, à l'exception de la façade principale et terrasse. Il a été produit une organisation urbaine compacte, en comparaison avec le ksar de Beni-Isguen. L'introversion des habitations, à travers leurs organisations autour d'une cour, réduit énormément les surfaces exposées vers l'extérieur (Ghrab, A. 1992), c'est alors une réponse climatique et sociale.

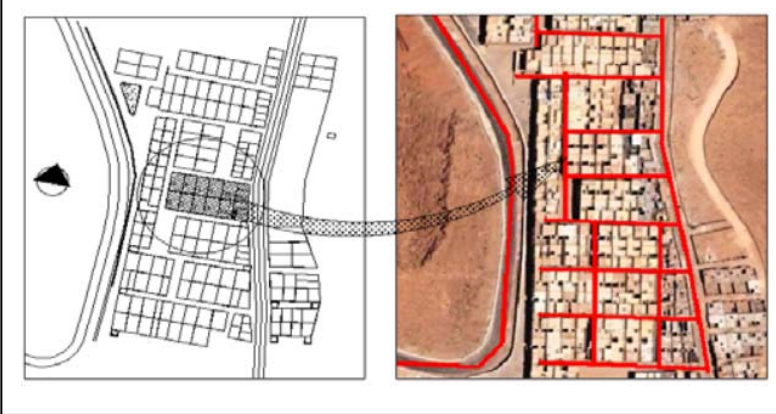


Figure 48: La compacité du ksar de Tafielt.

L'ensoleillement :

L'analyse de l'ensoleillement du site de Tafielt repose sur l'étude de la géométrie des rues. Au niveau de l'organisation générale, la structure viaire est de type hiérarchisé en échiquier (tracé régulier), où les rues sont orientées suivant deux directions principales (Est-ouest et Nord-sud) et classées en trois catégories :

Les voies primaires de largeur moyenne de 9.50 m desservent le ksar avec l'extérieur, ont un prospect (H/L) de 0.89 ;

Les voies secondaires ou de jonction de largeur moyenne de 5.80 m relient les voies primaires avec celles de desserte, présentent un prospect de 1.45 ;

Les voies tertiaires ou de dessertes sont relativement plus étroites, elles varient entre 3.60 et 3.80 m pour des prospects de 2.35 à 2.22

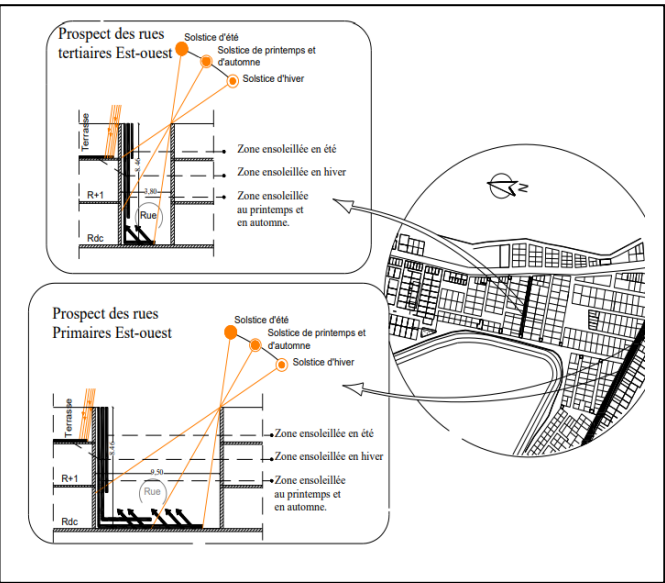


Figure 49 : Le prospect dans le ksar de Tafielt.

Chapitre II : état de l'art

La ventilation naturelle :

Le ksar de Tafilelt situé sur un plateau surplombant la vallée est exposé à toutes les directions du vent comparativement à la palmeraie qui en demeure très protégée, en raison de son comportement comme un brise vent efficace. Dans les anciens ksour, l'association entre la géométrie des rues (prospect élevé, sinuosité et orientation oblique) et la direction des vents influe sur l'atténuation de la vitesse de l'écoulement de l'air, contrairement au ksar de Tafilelt, qui par sa situation sur un plateau, le tracé des rues et leur orientation sont, autant d'éléments qui favorisent grandement la pénétration des vents, été comme hiver, avec toute la gêne engendrée pour les habitants.

L'échelle architecturale :

La forme :

L'importance de la forme concerne la répartition et la quantité des parois en contact avec l'extérieur. Pour limiter les fluctuations du confort intérieur dû aux phénomènes extérieurs (soleil, vent...), il est de règle de rechercher un maximum d'espaces intérieurs pour un minimum de surface de parois extérieures. La forme rectangulaire des maisons de Tafilelt associée à la mitoyenneté avec les maisons voisines, permet un minimum de perte de chaleur en hiver et un minimum de gain en été. Les gains et les pertes se limitent aux parois de la façade extérieure, à la terrasse et aux ouvertures, en considérant que la cour est couverte en périodes de fortes chaleurs et de froid.

Les matériaux de construction :

Les matériaux de construction utilisés à Tafilelt (pierre, plâtre) sont disponibles localement. Les murs en pierre de 0,45 m d'épaisseur constituent la structure constructive porteuse de la maison ainsi que l'ensemble des murs en façade. Les murs non porteurs sont réalisés en parpaings creux (aggloméré en béton) de 0,15 m d'épaisseur. Quant au revêtement extérieur,

Quant au plancher terrasse, la partie la plus exposée au rayonnement solaire, les matériaux utilisés sont le béton pour la dalle de compression, des poutrelles en béton armé, espacées de 0,65 m, et des voûtains de plâtre assurant l'isolation thermique et phonique d'une part et un coffrage d'autre part. Le vide entre la dalle de compression et les voûtains est rempli par un mélange de chaux et de sable.

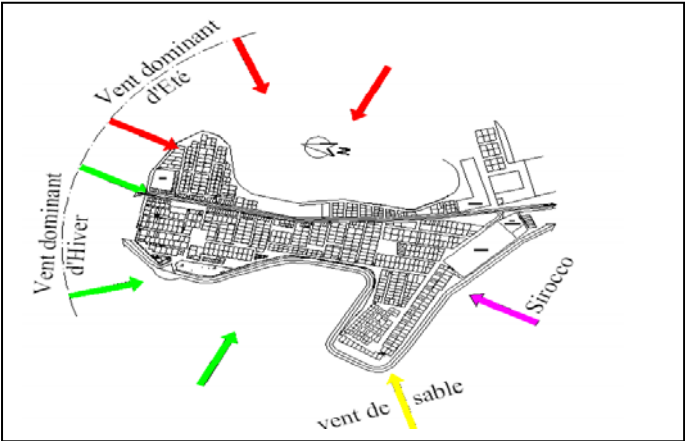


Figure 52 : : Le ksar de Tafilelt est soumis à toutes les directions du vent

L'implantation et l'orientation :

L'implantation du ksar de Tafilelt sur un plateau nu, de forme allongée de Nord au Sud (environ 600 x 200 m), souvent exposé aux vents de toutes les directions, rend les températures d'air plus fraîches d'environ 2,5 à 4°C en hiver et 2 à 3°C en été, comparativement à la vallée, au moment où la cité est « surchauffée » (Cote, M. 2002). En outre, l'intérêt de l'urbanisation sur le plateau, est aussi d'ordre économique et environnemental, par la préservation de la palmeraie et de l'équilibre fragile de l'écosystème oasien



Figure 51 : implantation de ksar Tafilelt.

Les ouvertures :

Les concepteurs de k'sar voulant assurer un éclairage naturel dans les espaces créés, ont dû augmenter les dimensions d'ouvertures, passant de 0.30 x 0.70 cm dans les anciens ksour à 0.50 x 0.80 cm pour les chambres et 0.40 x 0.80 cm pour la cuisine et une porte-fenêtre donnant sur la cour pour les séjours. Mais afin de limiter le flux de chaleur, dû au rayonnement solaire, pénétrant à travers les ouvertures orientées au sud, les concepteurs de Tafilelt ont mis au point une forme de protection solaire qui nous rappelle les moucharabiehs des maisons musulmanes érigées en climat chaud et sec, qui couvre toute la surface de la fenêtre, tout en assurant l'éclairage naturel à travers des orifices.



Figure 50 : : La forme des ouvertures de maison de Tafilelt.

Chapitre II : état de l'art

Description de la maison étudiée :

C'est une maison typique, la plus répandue dans le ksar (550 / 870), de dimensions de 07,80 x 11,50 m. Elle se développe en R+1 avec terrasse accessible. Le bâti, occupant toute la parcelle rectangulaire (C.E.S=1), est mitoyen avec les maisons voisines de l'Est, l'Ouest et Nord, et est allongé dans la direction Nord-Sud.

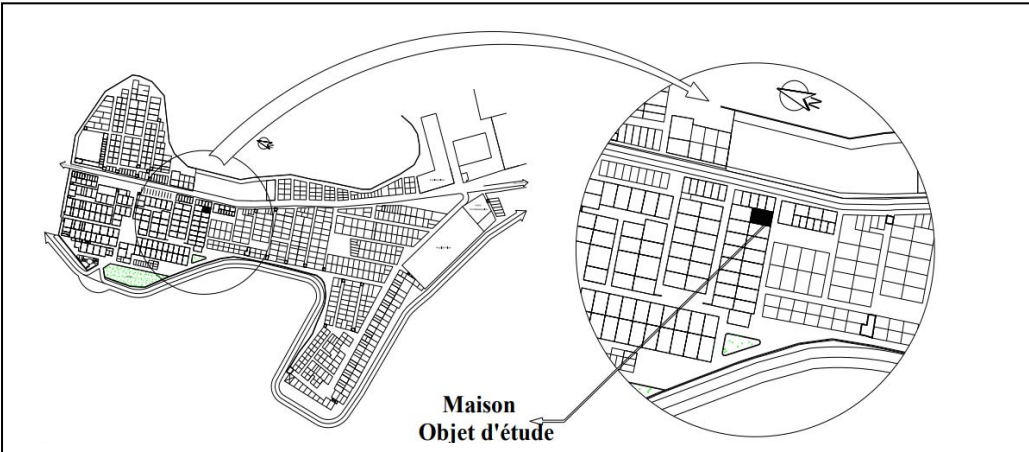
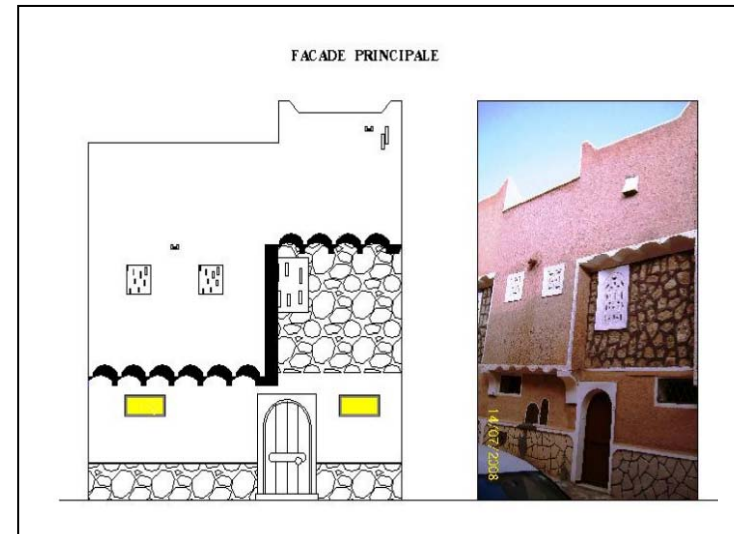
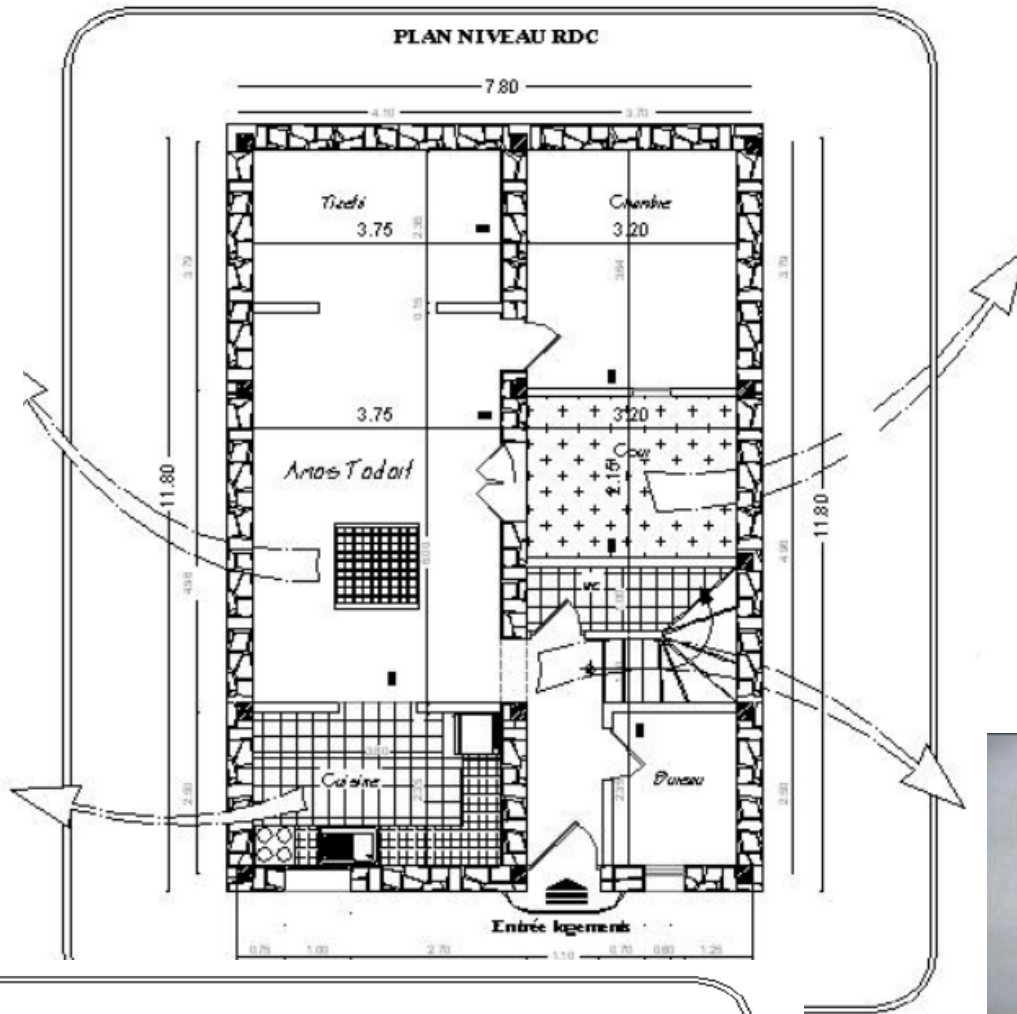
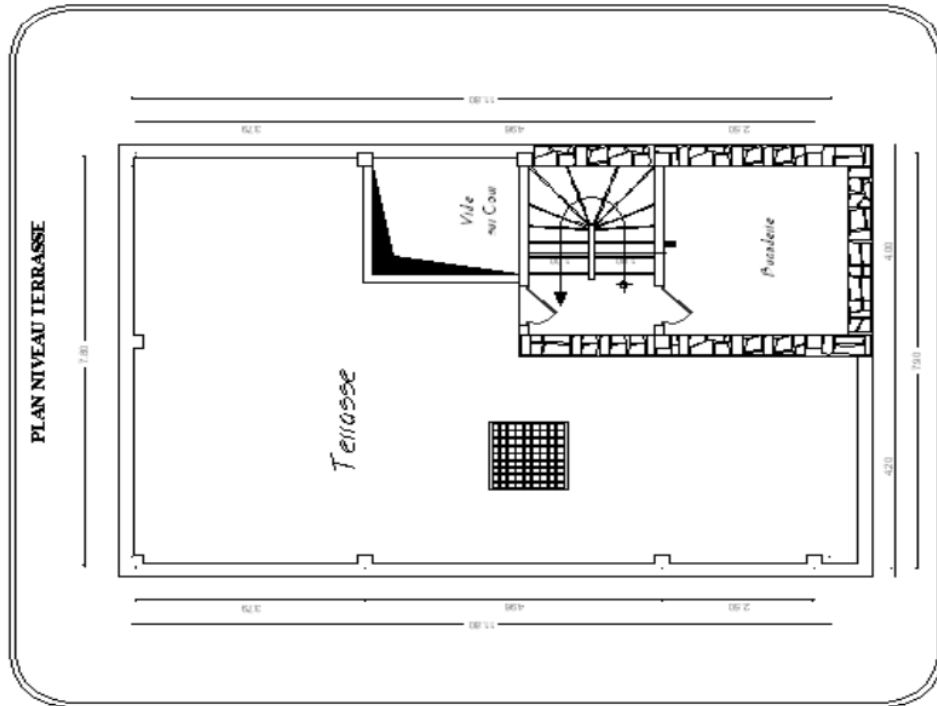
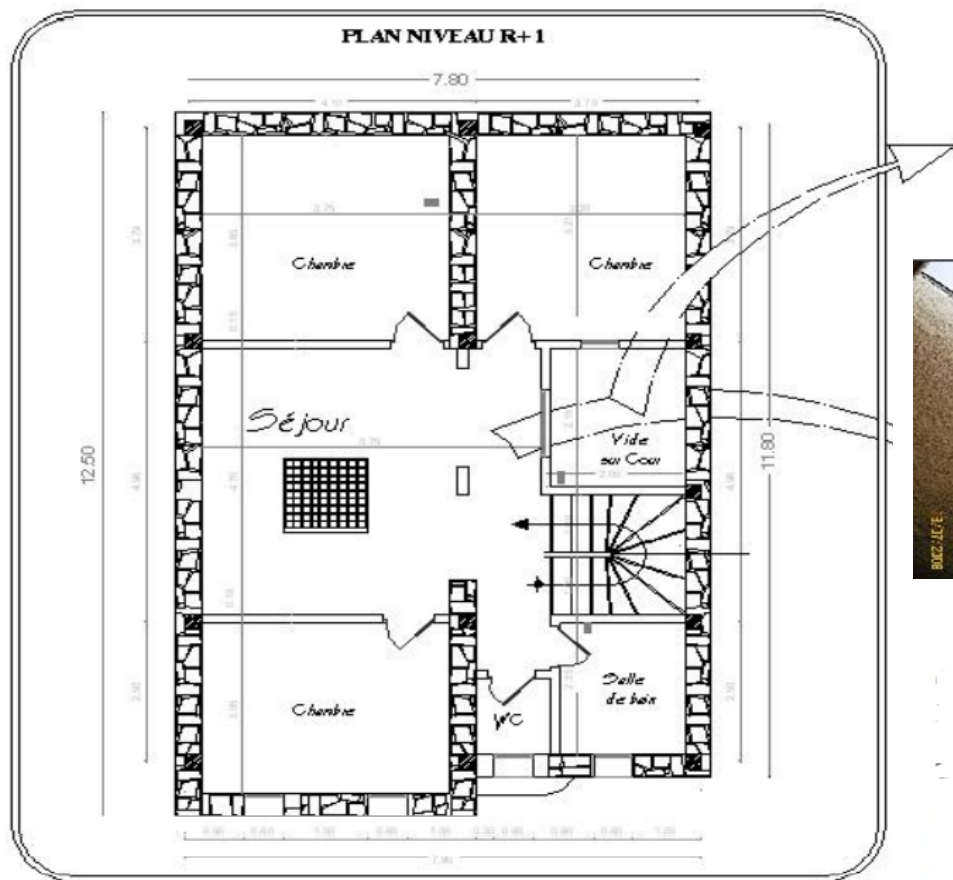


Figure 53:situation de maison d'étude.



Chapitre II : état de l'art

Exemple 02 : Ksar de Ghadamès

Situation :

Ghadames se trouve à environ 462 km (287 mi) au sud-ouest de Tripoli, près des frontières avec l'Algérie et la Tunisie. Ghadames borde la province d'Ilizien Algérie et le gouvernorat de Tataouine en Tunisie.

L'oasis a une population d'environ 10 000 habitants, principalement berbères. La partie ancienne de la ville, qui est entourée d'un mur de la ville, a été déclarée site du patrimoine mondial de l'UNESCO. Chacun des sept clans qui vivaient dans cette partie de la ville avait son propre quartier, dont chacun avait un lieu public où des festivals pouvaient être organisés.

Les Qsūr (Ksour) :

Selon les traditions encore vivantes à Ghadamès, le groupement actuel des quartiers et l'ensemble urbain, tels que les révèle une photographie aérienne de l'oasis, ne sont pas de construction très ancienne. Les premiers habitants établis à proximité de la source artésienne de yeṣṣōf auraient bâti des demeures fortifiées, chacune regroupant un ensemble familial avec ses « clients » ou ses serviteurs et espacées les unes des autres : en somme, des qṣūr indépendants groupés autour d'un point d'eau et que les nécessités de la survie au désert et la volonté de prospérer maintiennent ensemble.

La tradition nomme plusieurs cas de ces qṣūr et les situe avec quelque précision : mais les bâtiments se sont parfois trouvés dans la suite incorporée à un système de rues, ruelles et constructions nouvelles qui les ont rendus à peu près méconnaissables : ou bien ce sont des ruines

Plan d'une maison de Ghadamès :

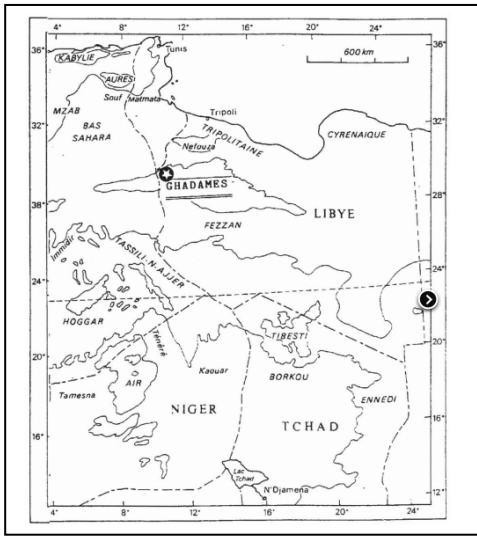
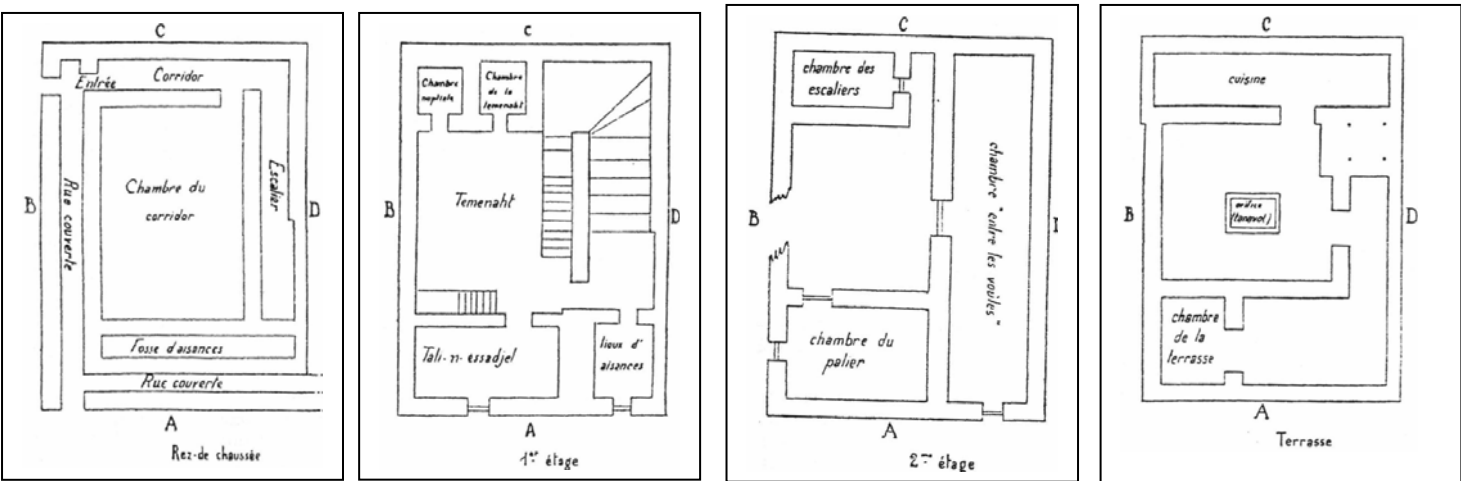


Figure 56 : La situation de Ghadamès.



Figure 55: La typologie de la ville de Ghadamès.

Climat :

Ghadames a un climat désertique chaud (classification climatique de Köppen BWh) avec des étés longs et extrêmement chauds car la température moyenne élevée est d'environ 41 ° C (105,8 ° F) en juillet, le mois le plus chaud de l'année ainsi que des hivers courts et chauds. La ville reçoit peu de précipitations tout au long de l'année car les précipitations annuelles moyennes ne sont que de 33,1 mm (1,30 po).

La vie sociale :

Les habitants de l'oasis sont traditionnellement répartis en trois clans opposés les uns aux autres. Celui des Beni Waziten et des Beni Uled sont berbères, tandis que les Awled Bellil revendiquent une origine arabe. Ces divisions de caractère ethno-linguistique expliquent le maintien de ksour (qsur), identifiés par leur enceinte individuelle et leurs portes fermées la nuit. La société de Ghadamès était, et demeure encore, très hiérarchisée. Elle se composait de quatre castes :

- les nobles (Harah ou Drafen).
- des hommes libres, blancs, les Homran, qui entrent dans la clientèle d'une famille noble.
- les Attara, qui sont des affranchis souvent depuis plusieurs générations.
- A l'étage inférieur, les esclaves, nés dans la famille ou achetés, sont appelés Adjenaou en berbère, abid ou ouçif en arabe. Le caractère commun à tous ces esclaves était leur peau noire. Certains venaient du Kanem, d'autres de la boucle du Niger. Ceux originaires de Tombouctou étaient les plus appréciés, sans doute parce qu'ils avaient acquis un vernis citadin. Les esclaves hommes étaient employés aux travaux agricoles dans l'oasis.

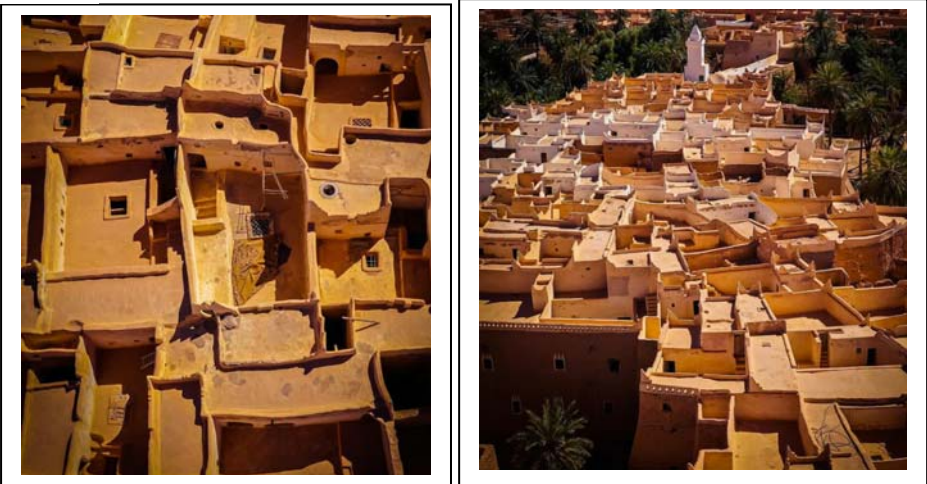


Figure 54 : maison de Ghadamès à chebaq

Chapitre II : état de l'art

Conclusion :

Nous pouvons déduire, à l'issue de l'analyse du :

- Ksar de Tafilelt, que certains principes urbains et architecturaux dans l'intégration climatique, sont une réactualisation de ceux utilisés dans les ksour anciens, considérés comme source référentielle ou patrimoniale à réinterpréter.

L'objectif consiste en la création d'un confort thermique à travers des pratiques urbaines comme l'intégration au site dans le respect de l'écosystème existant, la compacité pour réduire la surface exposée à l'extérieur, l'orientation des rues et les conditions aérauliques prévalant sur le plateau. A l'échelle architecturale, un ensemble de principes architecturaux d'organisation spatiale, vis-à-vis des exigences socioculturelles et des contraintes du climat aride sont appliqués, comme la forme, l'orientation, le traitement des ouvertures et les matériaux de construction, en adéquation avec les principes anciens.

- Ksar de Ghadamès, que les principes de gestion urbaine et de conception architecturale identifiés dans les ksour anciens ont alimenté les exigences sociales des populations en termes d'histoire, de cultures et des traditions locales mais aussi des contraintes du climats aride chaud et sec.

En effet le mode de croissance adopté anciennement relevé d'un concept urbain d'actualité, il traduit aujourd'hui la lutte contre l'étalement urbain question centrale des problématiques de développement urbain durable.

Chapitre II : état de l'art

Partie II : Etude thermique dynamique entre une ancienne maison et une nouvelle maison. (Etude comparative) :

1 Introduction :

L'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments constitue une source importante d'économie d'énergie dans les pays en développement, étant donné la part que représentent les bâtiments dans la demande d'énergie commerciale dans ces pays (environ 30% de la consommation totale d'électricité en Afrique de l'ouest). Les gestionnaires considèrent souvent la dépense énergétique comme un coût fixe sur lequel ils n'ont aucune emprise. Or, des techniques adaptées d'utilisation et de contrôle de l'énergie permettent de réaliser des économies annuelles de l'ordre de 10 à 15% dans les immeubles des secteurs tertiaires (banques, hôtels, bâtiments à usage de bureaux).

L'introduction des normes énergétiques dans le code des bâtiments semble n'avoir aucun effet perceptible, mais l'APRU (établissement public à caractère industriel et commercial, créé par décret présidentiel en 1985) a adopté un programme ECO-BAT qui s'adresse au secteur de l'habitat avec pour objectifs :

- L'amélioration du confort thermique dans les logements et la réduction de la consommation énergétique pour le chauffage et la climatisation ;
- La mobilisation des acteurs du bâtiment autour de la problématique de l'efficacité énergétique ;
- La réalisation d'une action démonstrative, preuve de la faisabilité des projets à haute performance énergétique en Algérie
- La provocation d'un effet d'entraînement des pratiques de prise en considération des aspects de maîtrise de l'énergie dans la conception architecturale.

Dans cette étude, nous effectuons des simulations à l'aide du logiciel de simulation Design Builder permettant d'étudier deux variantes en conditions de. Nous comparons la consommation énergétique nécessaire.

2 Evaluation de la performance des cas d'étude :

2.1 La simulation thermique dynamique :

La simulation thermique dynamique est un outil essentiel pour optimiser un bâtiment et limiter ses besoins énergétiques (chauffage et refroidissement) tout en garantissant le confort des occupants en été, hiver et même en demi-saison.

La simulation thermique dynamique simule au pas de temps horaire le métabolisme du bâtiment en fonction de la météo, de l'occupation des locaux, Au final, on accède aux températures, aux besoins de chauffage/climatisation, aux apports solaires...heure par heure dans les différentes zones prédéfinies du bâtiment. La STD permet de prendre en compte l'inertie thermique du bâtiment, les ponts thermiques, le comportement des usagers, la stratégie de régulation et de mener les études de sensibilités afférentes.

Chapitre II : état de l'art

La STD permet donc d'identifier et de quantifier l'impact des différentes fuites énergétiques (ponts thermiques, infiltration, ventilation...) afin de valider les concepts et solutions techniques retenues.

2.2 Présentation de logiciel :

Design Builder est un logiciel de simulation dynamique, possédant une interface graphique offrant de nombreuses fonctionnalités non disponibles simultanément dans les logiciels existants : Calcul des déperditions/gains thermiques de l'enveloppe en hiver/été, Dimensionnement du chauffage, Dimensionnement du rafraîchissement par ventilation naturelle et/ou climatisation, Simulation dynamique (STD) restituant des données de confort, de bilan thermique, ventilation, etc., Construction en 3D réaliste avec vue des ombres portées (maquette BIM), Calculs RT2012



Figure 57:Présentation de logiciel Design Builder.

2.3 Modélisations des bâtiments :

Pour recueillir les informations nécessaires, notre travail consistait à simuler deux maisons situées dans la région de Ghardaïa : une dans le nouveau k'sar Tafelalt et l'autre dans l'ancien k'sar El Atteuf ,

La première maison a déjà analysée dans la première partie de ce chapitre :

Etape 01 : insertion de fichier climatique :

Cette étape permet d'utiliser les paramètres météorologiques de site de Ghardaïa dans le logiciel de simulation Design Builder.

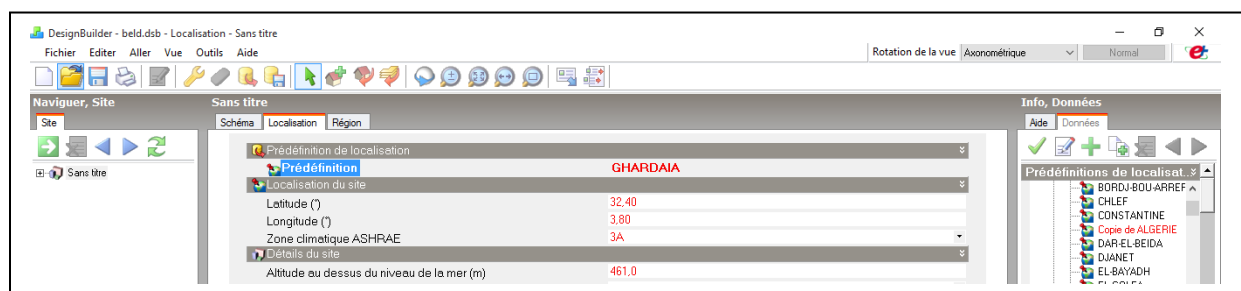


Figure 58:insertion de fichier climatique.

Chapitre II : état de l'art

Etape 02 : généralité et données de constructions.

Le logiciel possède une grande base de données de matériaux, là on sélectionne les matériaux qui caractérise cette maison.

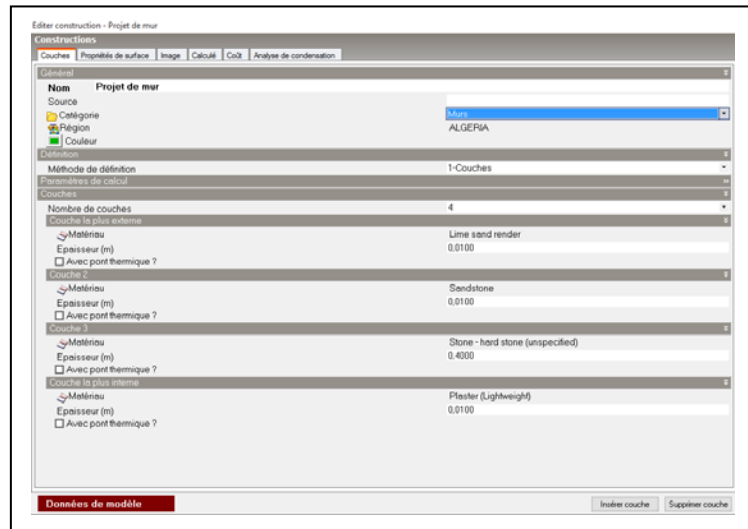


Figure 59: : insertion des matériaux de construction.

Etape 03 : tracé le plan et insertion de tous les ouvrants.

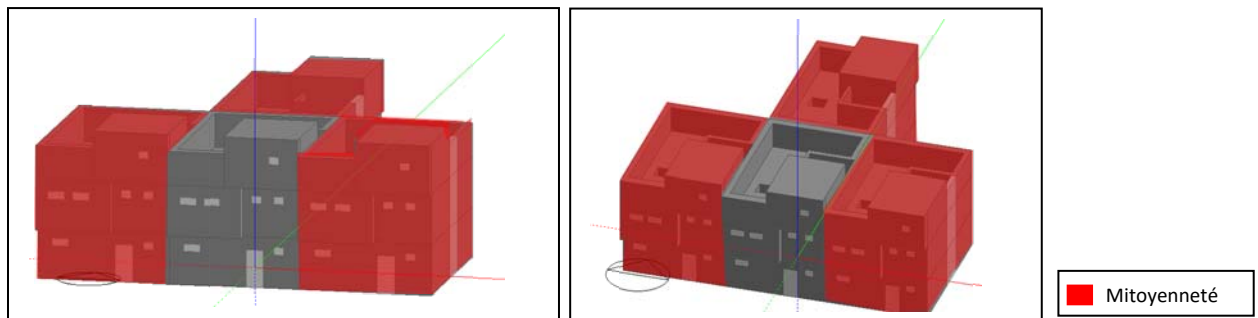


Figure 60:modélisation de la maison.

Simulations et Résultats :

Les besoins énergétiques annuelle du bâtiment sont représentés dans la figure. Les valeurs sont de l'ordre de 8463.03 (KWH) pour le chauffage et de 9756.17 (KWH) pour la climatisation soit un besoin total annuel de 18219.19;(KWH). Pour notre bâtiment de surface total de 171.87 m², la performance énergétique est de l'ordre de 106 KWH/m².

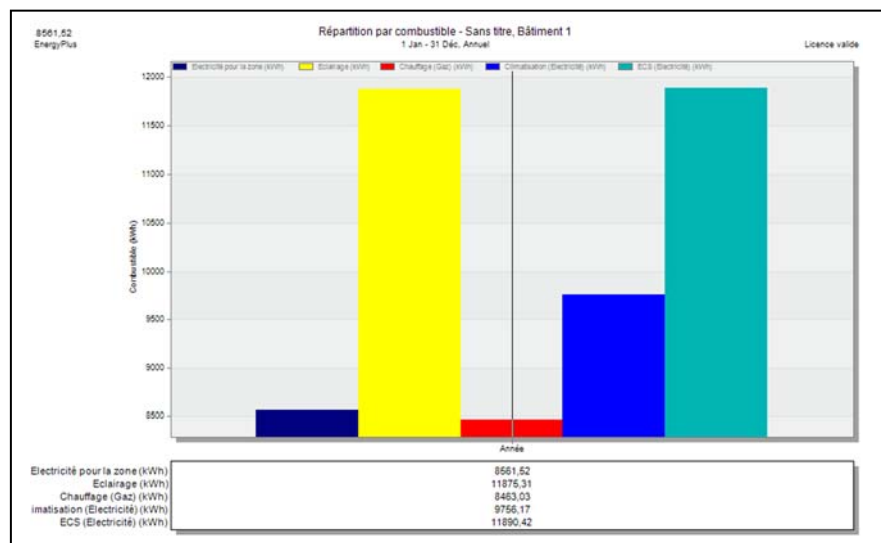


Figure 61 : Besoin énergétique annuel de la maison.

Chapitre II : état de l'art

La deuxième maison est une maison mozabite qui se trouve dans le k'sar EL atteuf , une maison avec un étage et une terrasse .

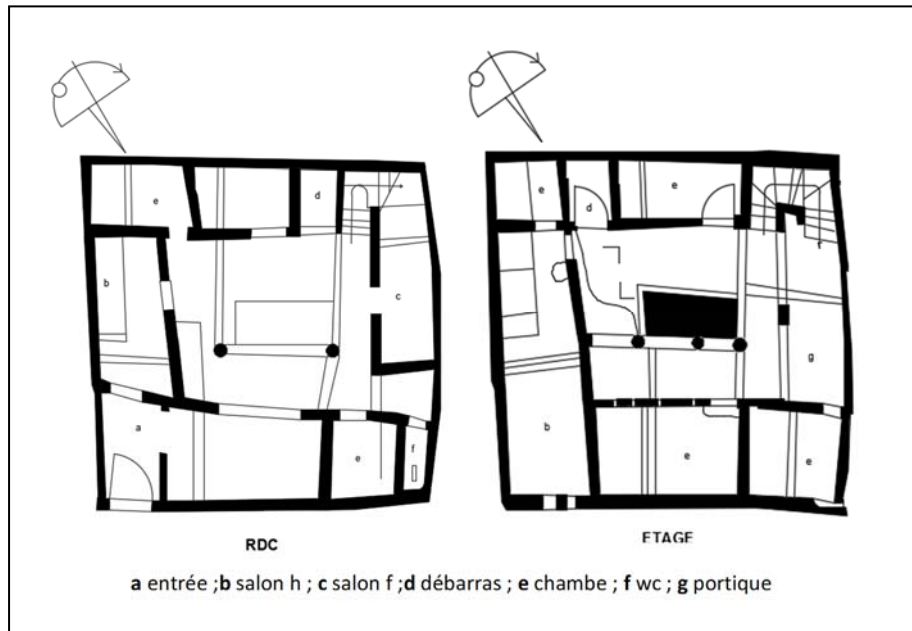


Figure 62 : Modélisation de maison el Atteuf en 2D .

Après l'insertion des paramètres météorologiques de Ghardaïa et les matériaux qui caractérisent cette maison dans le logiciel, on a redessiné la deuxième maison comme ci-dessous :

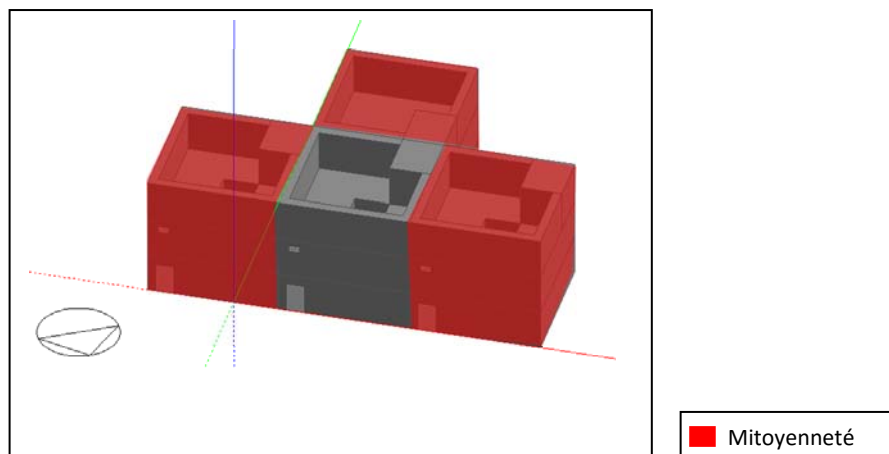


Figure 63 : Modélisation de la maison ancienne.

Simulations et Résultats :

Les besoins énergétiques annuels du bâtiment sont représentés dans la figure. Les valeurs sont de l'ordre de 6717.28(KWH) pour le chauffage et de 11054.90 (KWH) pour la climatisation, soit un besoin total annuel de 17 772.18(KWH). Pour notre bâtiment de surface totale de 173 m², la performance énergétique est de l'ordre de 102 KWH/m².

Chapitre II : état de l'art

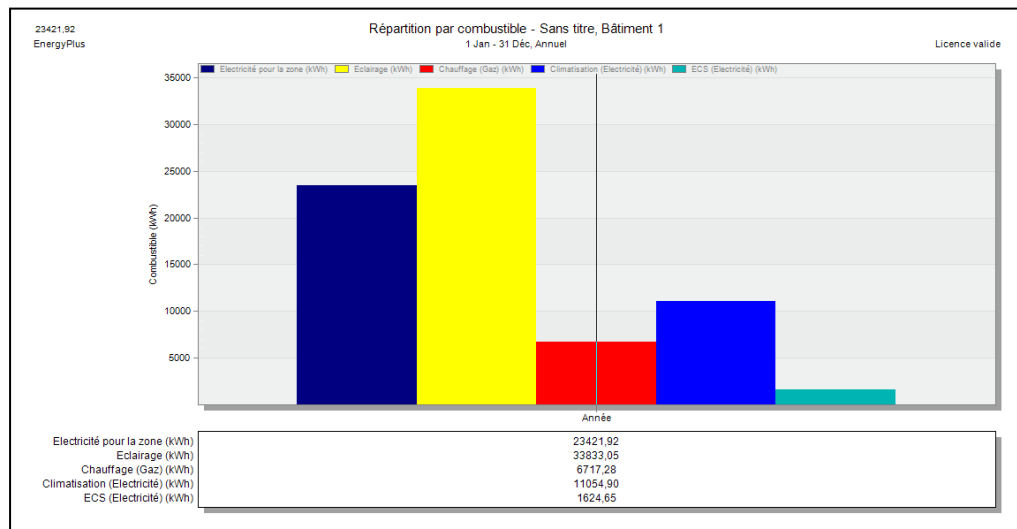
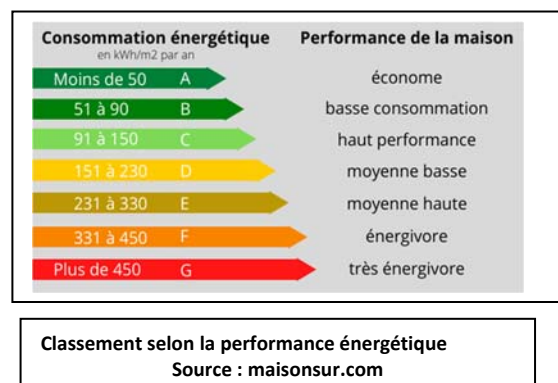


Figure 64 : Besoin énergétique annuel de maison el Atteuf.

Après avoir ses résultats à travers la simulation thermique dynamique de deux maisons on a constaté que :

- la performance énergétique de la maison une sont plus que la performance énergétique de maison deux ce qui fait la maison deux (el tteuf) performant que la maison une (Tafilelt).
- Les heures d'inconfort dans la maison une plus par rapport au maison deux (maison El atteuf)ce qui fait la maison deux confortable que la maison une(maison Tafilelt).



Ces résultats sont définitivement liés à des dispositifs architecturaux et pour voir quels sont ces dispositifs qui influent l'efficacité énergétique précisément dans ce type de climat qui est le climat semi-aride ; en applique encore une fois la simulation sur la maison une ''maison Tafilelt '' :

Orientation :

Le bâtiment initial orienté sud-Nord a été modifié et orienté selon l'ancien maison « maison el Atteuf » comme indique la figure :

La figure ci-dessous donne les résultats de l'influence de l'orientation de la maison sur son bilan énergétique. On remarque que la demande en chauffage et en climatisation ont été réduit.

Chapitre II : état de l'art

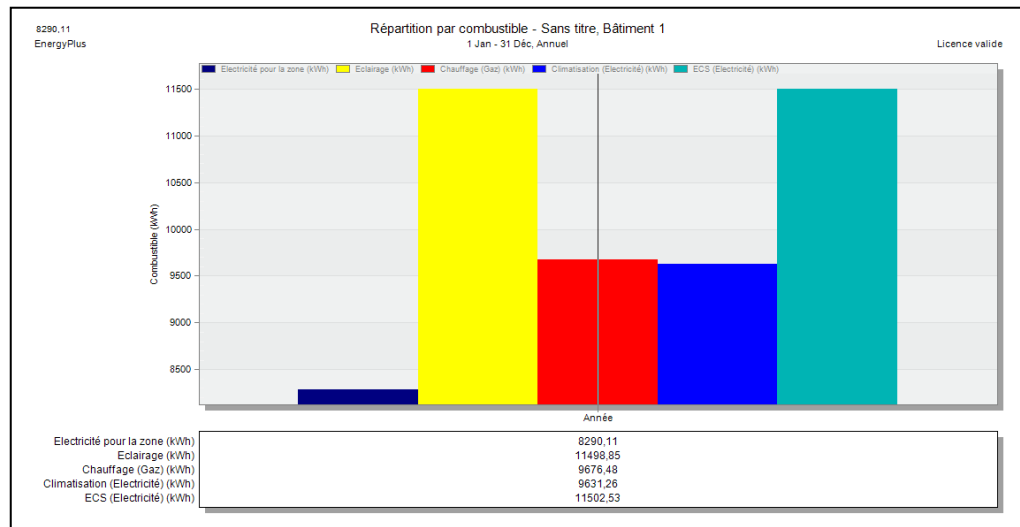


Figure 65 : Besoin énergétique annuel de maison Tafilelt en fonction de l'orientation.

3 Conclusion :

Ce papier a présenté l'impact que peuvent avoir certains choix effectués lors de la conception d'un bâtiment sur son bilan énergétique tels que l'orientation. Les résultats suivants peuvent être déduites :

- Le changement de l'orientation Sud-Nord du bâtiment en Est-Ouest a réduit la demande en chauffage et en climatisation.

CHAPITRE III : PROJET

Chapitre III : Projet

1 Présentation de la vallée du M'Zab :

1.1 Données géographiques :

La vallée de l'oued M'zab se situe en République Algérienne démocratique et populaire, dans le Sahara septentrional, au sud de la région des Dayas, sur un plateau rocheux appelé Hamada, où n'apparaît que la roche grise et noire parfois traversée en profondeur par un oued sec que marque son lit de sable.⁵²

La ville de Ghardaïa ou la Chebka de M'zab s'étendant sur 800 km² entre 32 c'est 33 ° 20 ' de latitude Nord et 0 ° 4 ' et 2 ° 30' e Est, le plateau est situé à 600 km du littoral. Il s'abaisse de 700 m à l'Ouest à m à l'Est et il est coupé de vallées profondes. Il est directement sur la longitude. Soit sur la dorsale topographique liée à une surélévation structurale, entre la Ouest occupée par le Grand Erg occidental et la cuvette Est du Bas-Sahara, par le Grand Erg oriental. Il a été dégagé de tous les dépôts au cours des âges géologiques en renforçant ainsi l'inhospitalité durable de la contrée.⁵³

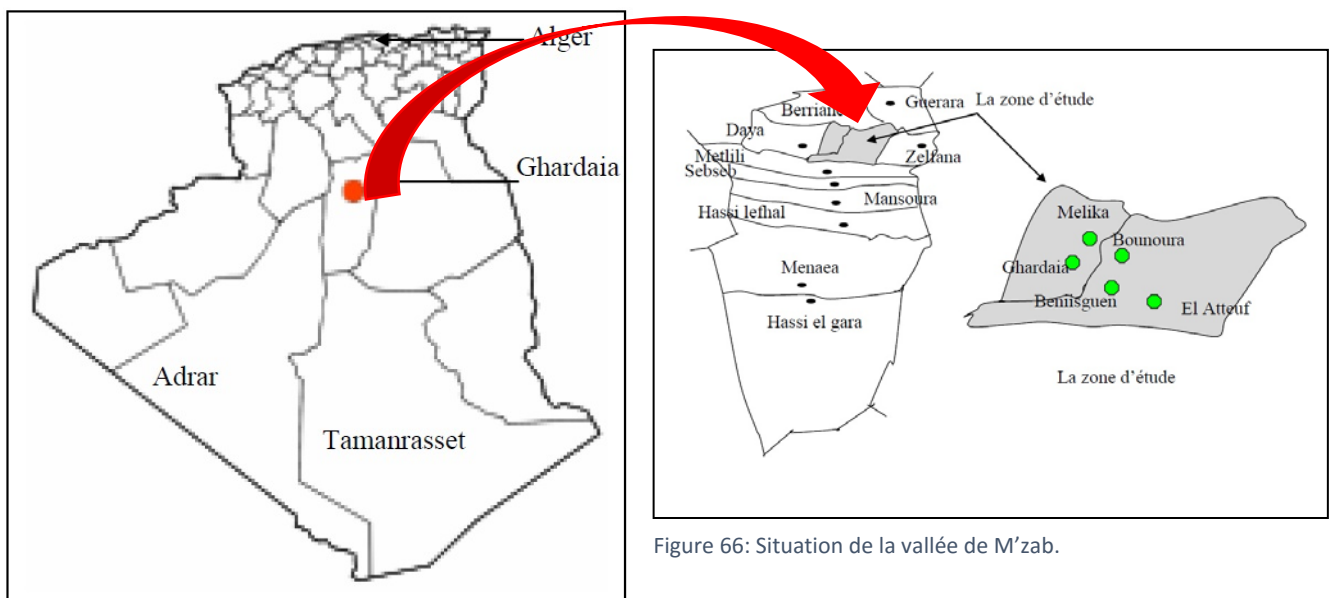


Figure 66: Situation de la vallée de M'zab.

Figure 67: Situation de la wilaya de Ghardaïa.

C'est la porte de la wilaya de Ghardaïa, La vallée de M'Zab, d'une superficie de 50 Km² et célèbre par ses ksour, s'étend sur 20 Km de longueur et 2.5 Km de largeur. Elle est composée d'espace minéral, les ksour, et d'espace végétal, les palmeraies qui entourent ces derniers. Sept ksour forment la vallée du M'Zab. Cinq sont situés sur les berges de l'oued M'Zab et forment ainsi la Pentapole du M'Zab. Ce sont Béni-Isguen, Bounoura, El Attouf, Ghardaïa et

⁵² Didillon, H., & Donnadieu, C. (1977). " Habiter le désert: les maisons mozabites: recherches sur un type d'architecture traditionnelle pré-saharienne (Vol. 6) ". Editions Mardaga.

⁵³ Djilali, Sari. "le m'zab une création ex-nihilo en harmonie avec des principes égalitaires de ses créateurs". Editions ANEP.

Chapitre III : Projet

1.2 Données historiques :

Les mozabites, en s'établissant dans un site vierge et hostile, ont pu et su réaliser l'application peu commune des exigences d'une morale religieuse, philosophique et sociale à la conception d'un espace humain et de son domaine bâti.⁵⁴

Les Ibadites, qui les premiers sont venus occuper la Chebka, ont d'abord quitté Tahert pour Isedraten aux six cent mille palmiers, puis ils ont renoncé à la douceur de leur nouvelle patrie, à ses stucs, à ses sources, pour aller délibérément s'installer en une vallée que la crue oublie pendant des années.⁵⁵

Un siècle et demi après sa fondation, le royaume de Tiharet fut détruit par les Fatimides. Les Rustumides allèrent tout droit se réfugier à Ouargla près de laquelle ils fondèrent la ville d'Isedraten.

Isedraten, avec sa forêt de quatre cent mille palmiers irriguée avec soin (l'eau affleurait parfois à près de trois mètres de la surface) connut une abondance, tant de biens terrestres que de biens spirituels, qui la fit nommer dans tout le monde arabe : la Glorieuse. Les Ibadites rostémides étaient en pleine possession, en pleine maîtrise de tous les raffinements de l'art islamique de l'époque.

Isedraten, la Glorieuse, fut détruite aussi au début du XI^e siècle. Les survivants d'Isedraten s'engagèrent, vers l'ouest, dans le désert le plus rebutant, le plus aride. Succession à l'infini de mamelons de pierraille nue. Le réseau des vallées qui la sillonnent a fait appeler cette partie du Sahara la Chebka (le filet).

⁵⁴ Ravéreau, A. (1982). Le M'Zab, une leçon d'architecture, Paris. Sindbad, 1ère édition en 1951 par Techniques et Architecture.

⁵⁵ Sari D. Le m'zab une création ex-nihilo en harmonie avec des principes égalitaires de ses créateurs : ANEP.

Chapitre III : Projet

L'une de ces vallées, à deux cents kilomètres à l'ouest de Ouargla, à six cents kilomètres plein sud d'Alger, est la vallée de l'oued M'Zab. C'est-à-dire le chemin invariable qu'emprunte pour quelques jours, à des années de distance, une crue que l'on a appelée l'oued M'Zab. C'est là que les Ibadites rostémides décidèrent de se fixer. Dans cet endroit si difficile d'accès, si « dur à vivre » que personne ne viendrait plus les en chasser.

Les Mozabites construisirent alors successivement sept (07) ksour qui devinrent les joyaux de cette vallée⁵⁶, nous donnons sous toute réserves leur date d'implantations car la chronologie de leur fondation varie d'une source à une autre :

- El Atteuf (Tadjinite) dont le nom signifie "Le tournant" fut fondée en 1012
- Bou Noura (Atbounour) dont le nom signifie "La lumineuse" fut fondée en 1046
- Ghardaïa (Taghardeit) fondée en 1053
- Melika (Atemlichet) dont le nom signifie "La Reine" fut fondée en 1124
- Béni Isguen (Atisgène) dont le nom signifie "Les fils de ceux qui détiennent la foi", fut fondée en 1347
- Guerrara fondée en 1631
- Berriane fondée en 1679.

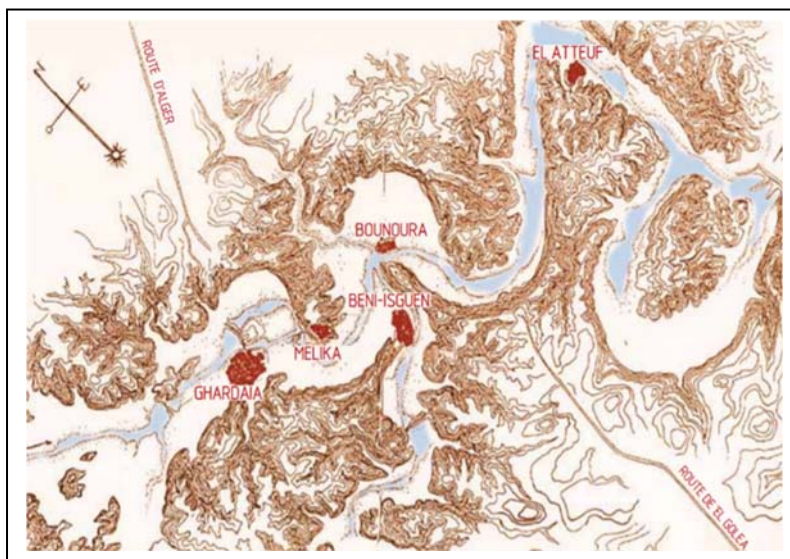


Figure 68: la vallée de M'zab

⁵⁶ Donnadiou C. et P. / Didillon H. et J-M., (1986) Op. cit. page 32.

Chapitre III : Projet

1.3 Données urbaines :

Ce qui différenciait une ville du M'Zab des autres villes de l'époque, c'est qu'en son germe, elle possédait déjà toute son organisation précise. Il y a près de mille ans, la vallée du M'Zab a été urbanisée.

- Une adaptation régulière et radioconcentrique de maisons à patio, avec la mosquée au sommet.
- Une morphologie urbaine très compacte, issue du climat et des pratiques sociales.
- L'implantation urbaine s'est tenue à l'écart de la terre et de l'eau, source de vie.
- Une réduction des surfaces exposées, aux seules terrasses et façade d'accès sur rue, afin de diminuer l'influence de l'irradiation solaire.
- La forme s'organise selon un principe d'organicité où l'on distingue différentes échelles d'appropriations et d'environnement :⁵⁷
 - L'échelle de l'édifice : habitation ou édifice public ;
 - L'échelle de l'unité urbaine : association de plusieurs édifices organisés le long d'un axe, ou autour d'une place ;
 - L'échelle de la cité (ksar) : l'ensemble des entités en articulation structurées et hiérarchisées, faisant émerger un centre ;
 - L'échelle du territoire : l'ensemble des ksour implantés, généralement, selon des principes morphologiques communs, partageant une succession d'événements signifiants (histoire), définissent, une fois en relation d'échange, un champ d'appropriation pour la population de la région.
- La mosquée était construite, avant toute habitation, sur l'emplacement longuement choisi le plus convenable, généralement au point le plus haut de la ville. ; la mosquée tient lieu de centre culturel, social et religieux (le centre politique restant le marché). Les ablutions se font dans son antichambre car il faut être propre pour parler à Dieu.
- Autour de la mosquée naissaient des habitations et seulement des habitations qui, peu à peu, descendaient jusqu'aux remparts.
- A mesure que l'on descend vers les remparts, on trouve des professions moins nobles, pour rencontrer enfin, tout au bas de la ville, les commerçants.
- Les rues sont tout à fait comparables à des corridors. Souvent couvertes en voûtes, elles offrent au piéton ombre et fraîcheur. Dépourvues de petites boutiques, elles ne sont que des passages.
- La fonction économique de la ville s'organise autour de la place du marché. Le souk, qui prend diverses formes, mais se trouve dans la majorité des cas délibérément rejeté à la périphérie de la ville.

⁵⁷ Zune, A. (1994) .Les Ksour " in revue d'architecture et d'urbanisme Habitat Tradition Modernité (H.T.M.) n°2, Editions Arcco. Alger.

Chapitre III : Projet

1.4 Données architecturales :

La beauté, l'harmonie profonde et l'unité de pensée qui se dégagent de l'architecture du M'Zab est l'aspect qui frappe immédiatement l'imaginaire du voyageur, encore plus si ce voyageur est un homme de métier, incapable d'agir devant une architecture en crise qui a rendu l'habitat de l'homme instrumental à force de « rationalité ». Beauté des formes, tout en lignes courbes, presque organiques, qui harmonise des couleurs pastel de bleu, d'ocre et de blanc, que le soleil dissout presque dans la luminosité ambiante. Douceur des matériaux, de ces enduits de plâtre à la fois frustes et solides que la roche calcaire du M'Zab fournit en abondance

La maison du M'zab est caractérisée par sa simplicité et sa fonctionnalité. Elle ne comporte aucun signe extérieur de richesse par principe d'égalité et de solidarité sociale. La maison se compose de deux niveaux et d'une terrasse accessible.

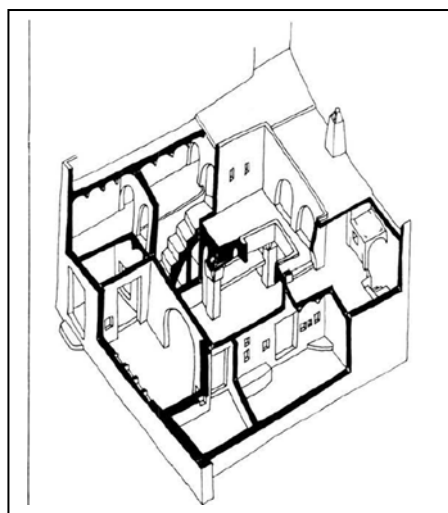


Figure 69 : Schéma axonométrique d'une maison mozabite.

Les types des maisons

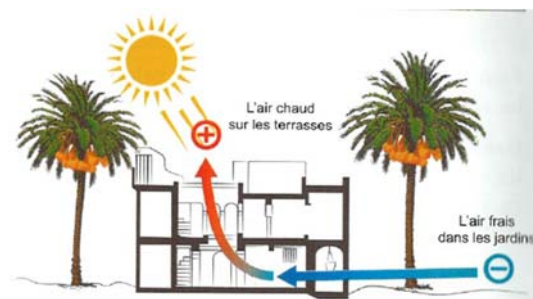
Au M'Zab, on trouve deux types de maisons :

- Et celle de leurs palmeraies ou la maison d'été.
- Celle qui est intégrée au tissu urbain des villes de la pentapole.

L'orientation des maisons

La maison Mozabite se divise en zones de lumière et d'ombre selon la pénétration de la lumière à travers des ouvertures. L'orientation est la même pour toutes les maisons.

La conception et l'orientation de la maison est importante pour le bon éclairage et ensoleillement des espaces intérieurs. Pendant la nuit, des lampes à l'huile sont utilisées posées sur des niches ou suspendues dans plusieurs endroits.⁵⁸



⁵⁸ Habitat Traditionnel, Architecture et { ORF } Dans le secteur sauvegarde de la ville du M'ZAB 1411 H / 2019 J-C , Page 18.

Chapitre III : Projet

Conception et composantes de l'habitation :⁵⁹

En plus des caractéristiques méditerranéennes et maghrébines de l'habitat du M'Zab, avec la présence du patio qui structure les espaces intérieurs et assure l'ensoleillement et l'aération de la construction, il présente des particularités qui le distinguent en rapport avec les conditions climatiques, topographique et pratiques sociales, le patio est très souvent couvert sur sa plus grande surface, mais possède une ouverture appelée "chebek" en haut et au centre, plus au moins large qui lui donne de l'air et de la lumière⁶⁰.

Ainsi quelques règles et principes de conception de l'habitation comme l'utilisation de la chicane «Skiffa» pour préserver l'intimité de la maison, l'orientation appropriée des espaces, la hiérarchie entre l'espace public et l'espace privé, la solidarité sociale incarnée par le respect des droits des voisins et la simplicité de la construction...

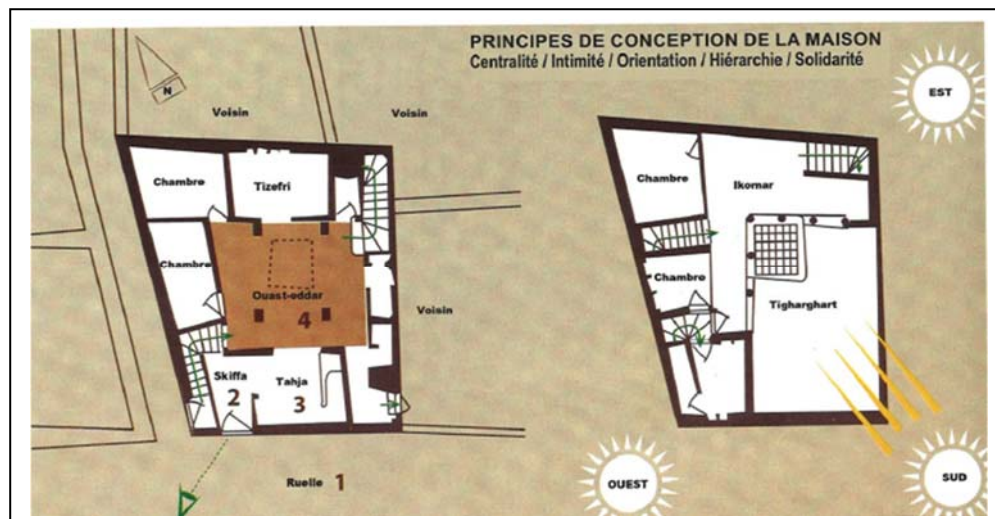


Figure 70 : Principe de concept de la maison mozabite.

Toutes les habitations comportent les mêmes éléments de base avec quelques différences de mesures et de surfaces, elles sont constituées d'un RDC, étage et quelquefois une cave. L'architecture traditionnelle du M'Zab est une interprétation des besoins sociaux en rapport étroit avec les spécificités spirituelles des habitants et des conditions environnementales locales, Ce qui fait que chaque élément de l'architecture locale assure une fonction bien précise.

Les espaces constituants de la maison sont comme suit : ⁶¹

Skiffa « taskift » :

⁵⁹ Habitat Traditionnel, Architecture et { ORF } Dans le secteur sauvegarde de la ville du M'ZAB 1411 H / 2019 J-C Page 8.

⁶⁰ Delheure, J. (1986). Faits et dîres du M'Zab, Leuven, Belgique : Peeters Publishers,.

⁶¹ Habitat Traditionnel, Architecture et { ORF } Dans le secteur sauvegarde de la ville du M'ZAB 1411 H / 2019 J-C Page 9.

Chapitre III : Projet

La skiffa occupe un angle de la maison et constitue l'espace qui sépare la maison de l'extérieur. Elle est chicanée pour briser la vue sur l'intérieur tout en offrant une possibilité de la contrôler

par le biais d'une fente dans le mur mitoyen de Tizefri ou celui de Ouest-eddar. La Skiffa sert aussi comme un isolateur de bruit, un espace d'attente pour les visiteurs.

La Skiffa joue un rôle important dans la climatisation de la maison et forme un régulateur de courant d'air avec le Chebek notamment en période chaude. Le seuil de l'entrée qui est élevé de 10 à 15 cm représente la limite entre l'espace public et l'espace privé, et sert aussi de protection contre les eaux pluviales, les vents frais en hiver, les vents de sable et les insectes.

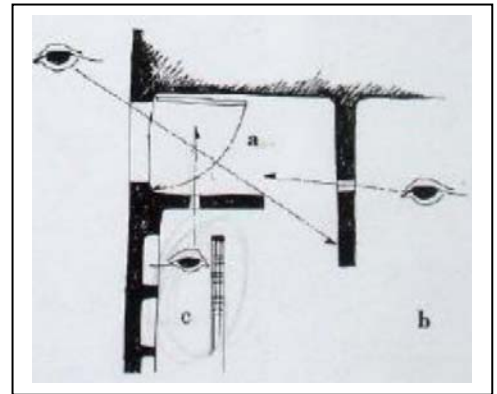


Figure 71:l'intimité dans la maison mozabite.

Salon des hommes « laali » :

Il est situé à l'étage, et accessible directement depuis la Skiffa, c'est un espace réservé aux hommes et isolé de l'espace femme, avec une communication de l'étage.

Salon des femmes « tizefri » :

C'est un espace réservé aux femmes, où se réunissent et réalisent leurs travaux manuels comme le tissage. Son accès est relativement grand par rapport aux autres espaces, et orienté vers le sud-est ou sud-ouest pour bénéficier de la lumière du jour.

Les chambres « tizakouine » :

Les chambres du rez-de-chaussée sont réservées aux parents et aux enfants, quant à celles de l'étage, elles sont occupées par les nouveaux mariés. Les chambres au M'Zab sont de petites surfaces et sans mobiliers, l'essentiel des rangements est maçonné dans les murs sous forme de niches et d'étagères ou de branches en bois comme porte-manteaux

Coin-cuisine « INNATÉNE » :

Il occupe un coin du Ouest-eddar, et permettant à la femme de surveiller l'ensemble de la maison et l'entrée en particulier, il existe parfois un deuxième coin-cuisine à l'étage superposé au premier, utilisé surtout pendant l'été. Dans le règlement traditionnel, il est interdit d'édifier la cheminée contre le mur mitoyen du voisin

La galerie d'étage « IKOMAR » :

C'est un espace propre de la maison Mozabite, il s'ouvre sur la terrasse « Tigharghart » par des arcades orientées vers le Sud-est et le Sud-ouest pour bénéficier d'un bon ensoleillement en hiver, et permettant d'assurer les principales activités domestiques

Chapitre III : Projet

La terrasse d'étage « TIGHARGHART » :

Elle est juxtaposée à la galerie Ikomar où se trouve le Chebek du Ouest-eddar. C'est un espace utilisé fréquemment le jour en hiver et la nuit en été.

Les sanitaires : ⁶²

Le rez-de-chaussée et l'étage disposent chacun d'une salle d'eau constituée de douche et de latrine traditionnelle superposée, elles sont souvent de petite taille, avec entrée en chicane et dépourvues de portes. L'eau est utilisée d'une manière réduite et rationnel, et on évite d'installer une salle d'eau sur un mur mitoyen d'un voisin

Véranda « SABAT » :

C'est une galerie ouverte vers la cour dans la maison de la palmeraie, où est pratiqué plusieurs activités domestiques, on trouve parfois un coin-cuisine ou une meule en pierre

Matériaux et techniques de construction :

Les constructions au M'Zab, sont réalisées avec des matériaux extraits de la région, tels que la pierre, la chaux, le plâtre (Timchemt), le sable de l'oued, en plus des produits tirés des palmiers comme les troncs, les palmes, etc. L'ensemble de ces matériaux confèrent à la construction un aspect et une typologie architecturale spécifique et un niveau de confort thermique adéquat.

▪ Les gros œuvres :

✚ **Les fondations** : Elles sont réalisées en pierres sous les murs porteurs ou les poteaux.

✚ **La structure verticale** : Elle est basée sur les murs porteurs qui sont construits en pierres liées au Timchemt (plâtre local) ou au mortier de chaux, et parfois réalisée en brique de terre dans les palmeraies. En plus des poteaux « Imoudène » qui supportent les planchers du Ouest-eddar qui sont réalisés en pierres liées au Timchemt.



Figure 72 : les matériaux de construction utilisés dans le M'zab.

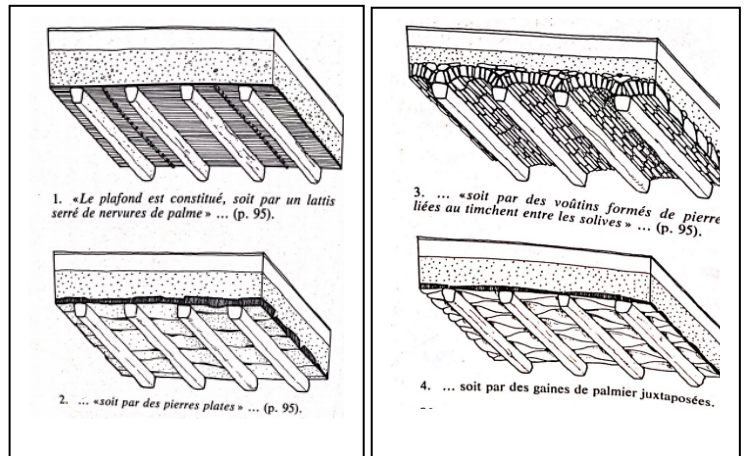
⁶² Habitat Traditionnel, Architecture et { ORF } Dans le secteur sauvegarde de la ville du M'ZAB 1411 H / 2019
J-C Page 13 .

Chapitre III : Projet

✚ La structure horizontale : ⁶³

Elle représente tous les types de planchers, arcs, voûtes et poutres en troncs de palmier.

Les voûtes et les arcs sont réalisés en pierres liées au Timchemt, on utilise parfois des branches vertes de palmier comme coffrage perdu. Pour les planchers plats, ils sont réalisés en troncs de palmier posés sur les murs porteurs ou sur des poutres principales en troncs de palmier, entre les troncs on utilise soit des voûtains en pierres liées au plâtre soit des branches de palmier rangées et alignées les unes à côté des autres, le tous est couvert par une couche d'argile et une couche d'étanchéité en mortier de chaux.



▪ Les travaux secondaires :

✚ Le Crépissage :

Les enduits sont faits de « Timchemt » ou de mortier de chaux, appliqués sur les murs intérieurs et extérieurs, sur les plafonds et entre les troncs de palmiers. On utilise parfois dans les façades le régime de datte comme outils de travail pour le crépissage et revêtement, et dans les palmeraies on applique aussi des enduits en terre dans quelques endroits.



Figure 73 : Les revêtements de façades.

✚ La boiserie :

Les portes d'entrée des maisons sont faites de planches de palmier assemblées, elles sont de tailles grandes par rapport aux portes intérieures dd à l'utilisation permanente de l'accès et l'entrée de l'animal (âne, mule...) qui est chargé de récoltes agricoles, du bois et des seaux



Figure 74 : la boiserie dans les portes et les fenêtres

⁶³ Habitat Traditionnel, Architecture et { ORF } Dans le secteur sauvegarde de la ville du M'ZAB 1411 H / 2019 J-C Page 28-29.

Chapitre III : Projet

d'eaux. En plus de l'utilisation de la boiserie pour la fabrication des fenêtres et quelques mobiliers domestiques.

1.5 Analyse climatique :

Le climat de la région du M'Zab est du type saharien qui recouvre une grande partie de l'Afrique du nord (intertropicale) ⁶⁴. Le caractère fondamental de ce type de climat est la sécheresse de l'air conjugué à une faible pluviométrie, mais les microclimats jouent un rôle considérable dans le désert par le relief ou la végétation qui modifient localement les conditions climatiques.

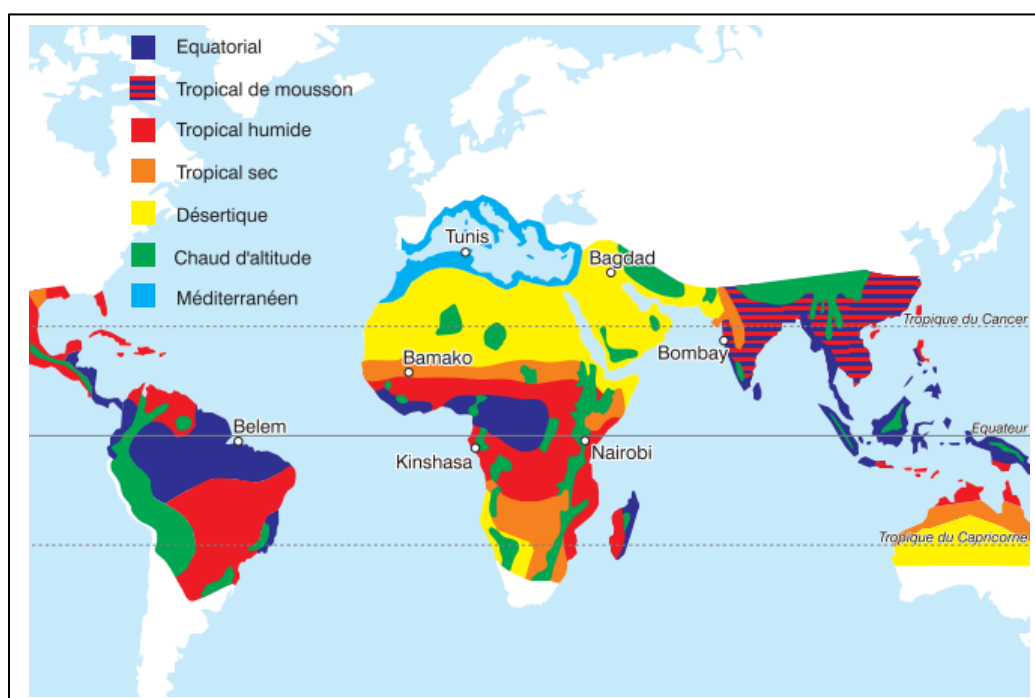


Figure 75: Carte du monde avec les différentes zones climatiques chaudes (Construire avec le climat - Groupe de recherches et d'échanges technologiques – Gret).

Au sein d'une palmeraie, nous pouvons relever un degré hygrométrique élevé qui agit positivement sur la sensation du confort thermique. Ce type de climat, assez doux en automne et au printemps, est en outre caractérisé par des étés chauds, des hivers doux surtout pendant la journée⁶⁵, une luminosité intense et une importante Amplitude entre les températures diurnes et nocturnes. La compréhension des variations climatiques dans l'espace et dans le temps est absolument indispensable pour une meilleure adaptation de l'Homme à son environnement.

⁶⁴ Boucherf, D. (2006). Variabilité et changement climatique au Sahara in actes du séminaire "Habiter les déserts" Ghardaïa 2006.

⁶⁵ Wilaya de Ghardaïa (Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire) 2005 « Atlas 2004 » CD-ROM réalisé par C.E.S.A.M (Centre d'expositions des séminaires et des affaires du M'Zab) en collaboration avec les agences d'informatique El Alamia et SOFTART d'Alger.

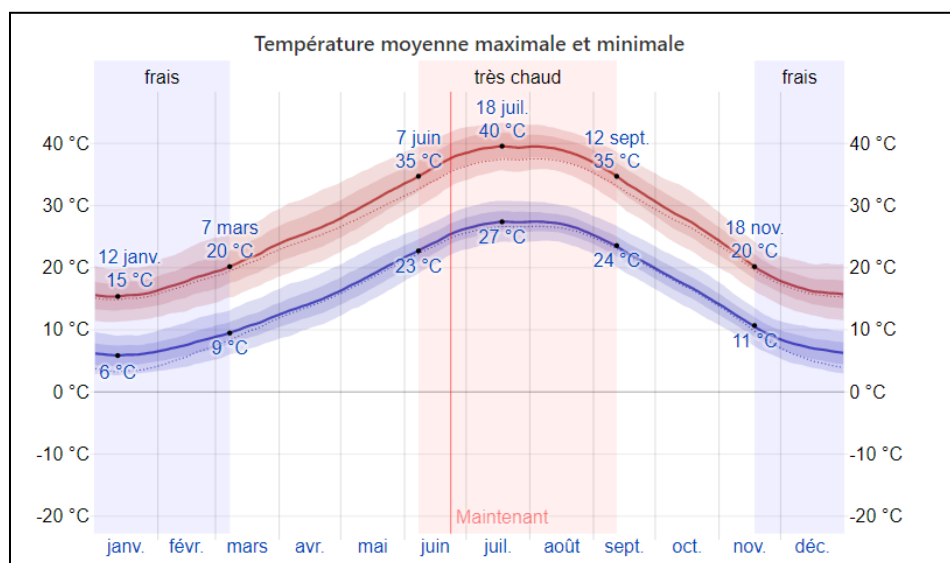
Chapitre III : Projet

1.5.1 Données climatiques :

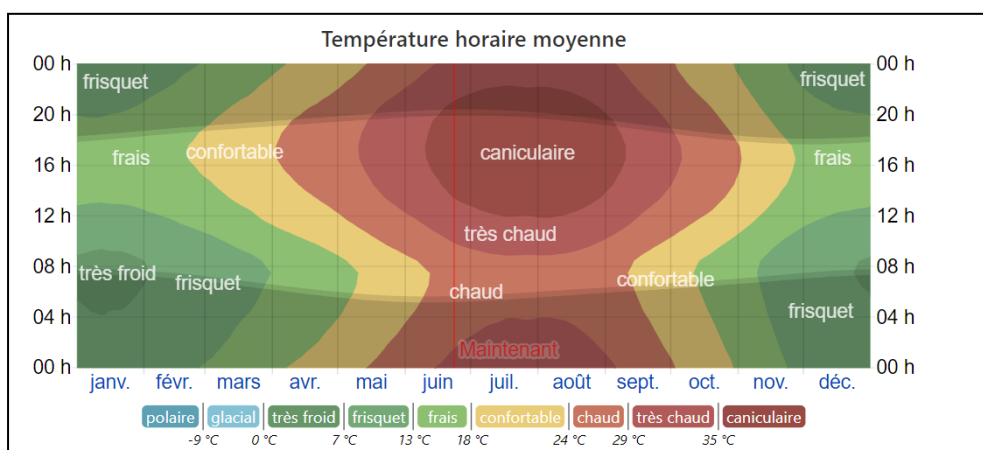
Température :

La saison très chaude dure 3,1 mois, du 7 juin au 12 septembre, avec une température quotidienne moyenne maximale supérieure à 35 °C. Le jour le plus chaud de l'année est le 18 juillet, avec une température moyenne maximale de 40 °C et minimale de 27 °C.

La saison fraîche dure 3,7 mois, du 18 novembre au 7 mars, avec une température quotidienne moyenne maximale inférieure à 20 °C. Le jour le plus froid de l'année est le 12 janvier, avec une température moyenne minimale de 6 °C et maximale de 15 °C



Source : Weather spark 2021



Nébulosité :

Source : Weather spark 2021

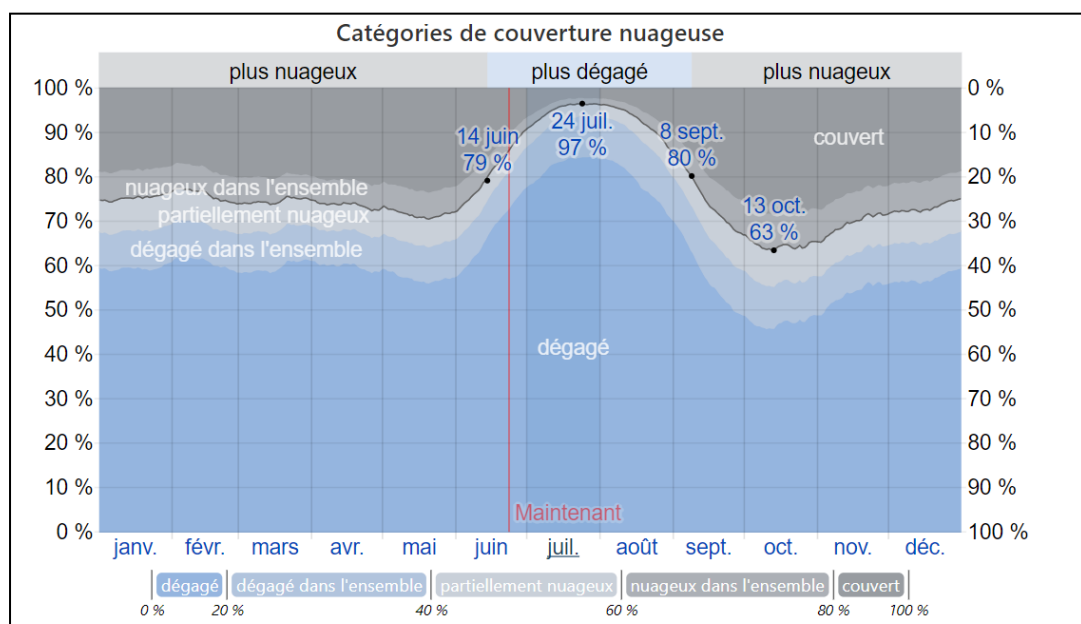
À Ghardaïa, le pourcentage de nébulosité connaît une variation saisonnière considérable au cours de l'année.

La période la plus dégagée de l'année à Ghardaïa commence aux alentours du 14 juin et dure 2,8 mois, se terminant aux alentours du 8 septembre. Le 24 juillet, le jour le plus

Chapitre III : Projet

dégagé de l'année, le ciel est dégagé, dégagé dans l'ensemble ou partiellement nuageux 97 % du temps, et couvert ou nuageux dans l'ensemble 3 % du temps.

La période plus nuageuse de l'année commence aux alentours du 8 septembre et dure 9,2 mois, se terminant aux alentours du 14 juin. Le 13 octobre, le jour le plus nuageux de l'année, le ciel est couvert ou nuageux dans l'ensemble 37 % du temps, et dégagé, dégagé dans l'ensemble ou partiellement nuageux 63 % du temps.

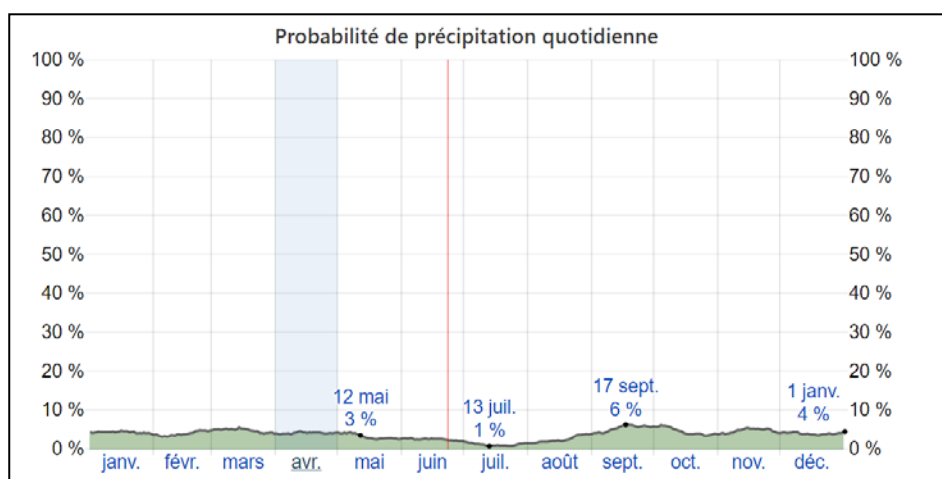


Précipitation :

Source : Weather spark 2021

Ghardaïa connaît une variation saisonnière minimale en termes de fréquence des jours de précipitation (c'est-à-dire les jours connaissant une précipitation d'eau ou mesurée en eau supérieure à 1 millimètre). La fréquence varie de 1 % à 6 %, avec une valeur moyenne de 4 %.

Pour les jours de précipitation, nous distinguons les jours avec pluie seulement, neige seulement ou un mélange des deux. En fonction de ce classement, la forme de précipitation la plus courante au cours de l'année est de la pluie seulement, avec une probabilité culminant à 6 % le 17 septembre.



Source : Weather spark 2021

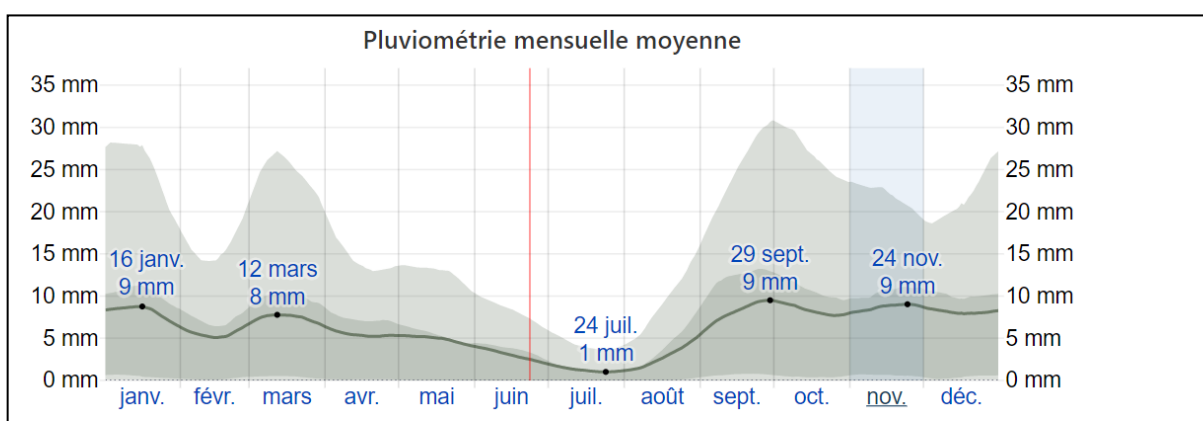
Chapitre III : Projet

Pluie :

Pour montrer la variation au cours des mois et pas seulement les totaux mensuels, nous montrons l'accumulation de pluie au cours d'une période glissante de 31 jours centrée sur chaque jour de l'année. Ghardaïa connaît des variations saisonnières modérées en ce qui concerne les précipitations de pluie mensuelles.

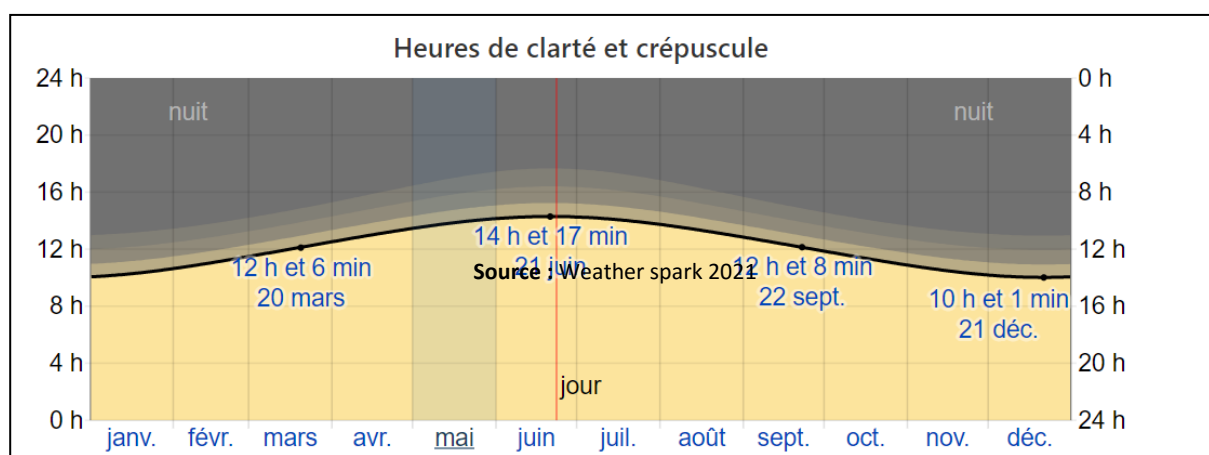
Chutes de pluie au cours de l'année à Ghardaïa. La plus grande accumulation de pluie a lieu au cours des 31 jours centrés aux alentours du 29 septembre, avec une accumulation totale moyenne de 9 millimètres.

La plus petite accumulation de pluie a lieu aux alentours du 24 juillet, avec une accumulation totale moyenne de 1 millimètre.



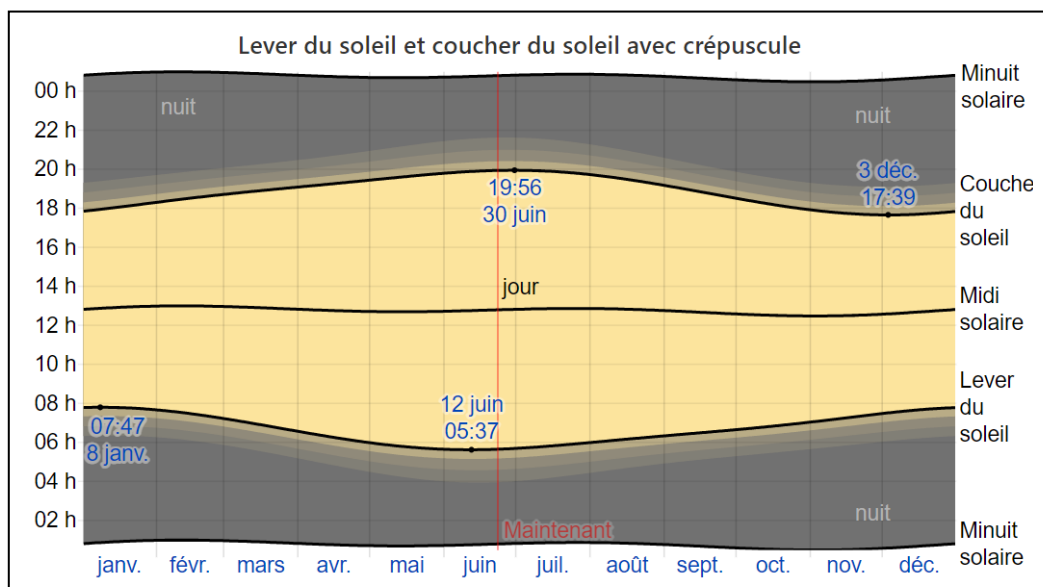
Soleil :

La longueur du jour à Ghardaïa varie considérablement au cours de l'année. En 2021, le jour le plus court est le 21 décembre, avec 10 heures et 1 minute de jour ; le jour le plus long est le 21 juin, avec 14 heures et 17 minutes de jour.



Source : Weather spark 2021

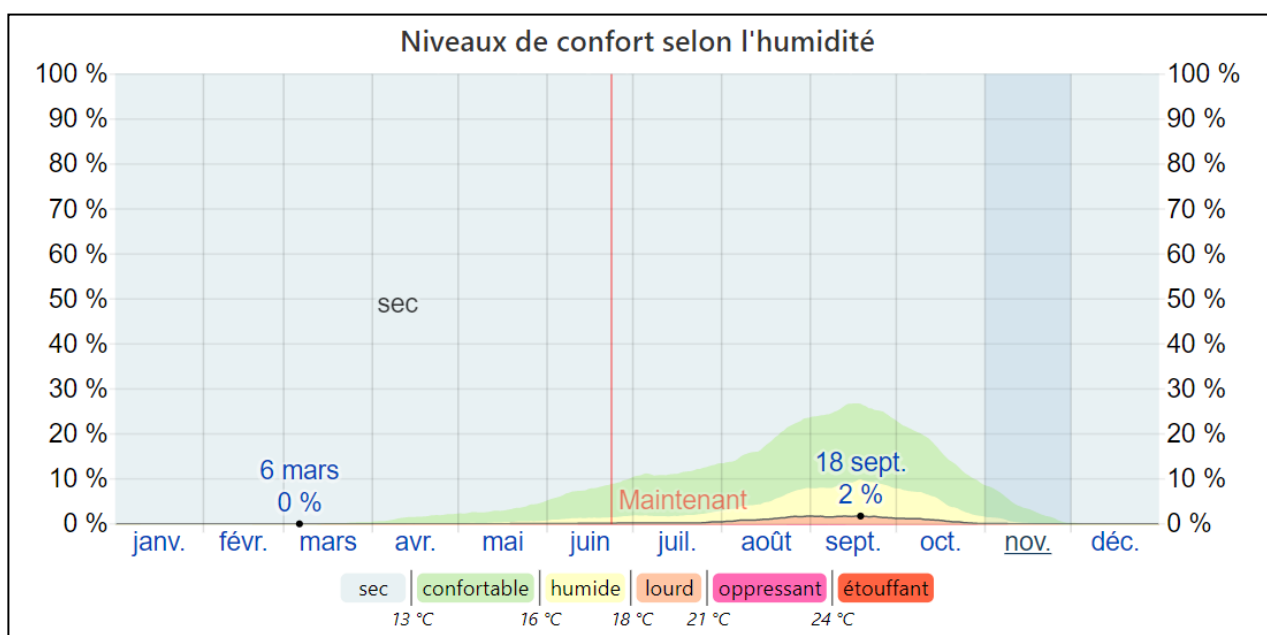
Chapitre III : Projet



Source : Weather spark 2021

Humidité :

Nous estimons le niveau de confort selon l'humidité sur le point de rosée, car il détermine si la transpiration s'évaporera de la peau, causant ainsi un rafraîchissement de l'organisme. Les points de rosée plus bas sont ressentis comme un environnement plus sec et les points de rosée plus haut comme un environnement plus humide. Contrairement à la température, qui varie généralement considérablement entre le jour et la nuit, les points de rosée varient plus lentement. Ainsi, bien que la température puisse chuter la nuit, une journée lourde est généralement suivie d'une nuit lourde. Le niveau d'humidité perçu à Ghardaïa, tel que mesuré par le pourcentage de temps durant lequel le niveau d'humidité est lourd, oppressant ou étouffant, ne varie pas beaucoup au cours de l'année, se maintenant à 1 % de 1 %.



Source : Weather spark 2021

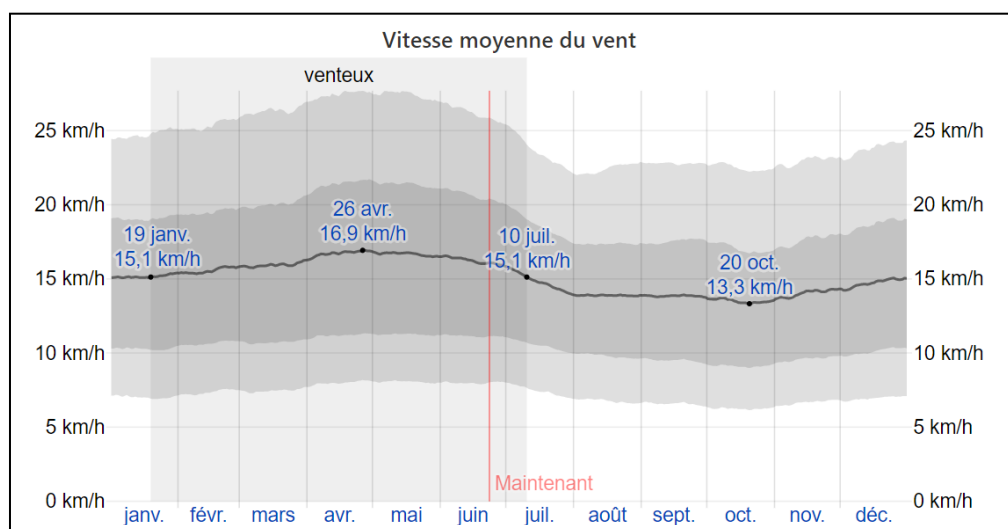
Chapitre III : Projet

Vent :

Cette section traite du vecteur vent moyen horaire étendu (vitesse et direction) à 10 mètres au-dessus du sol. Le vent observé à un emplacement donné dépend fortement de la topographie locale et d'autres facteurs, et la vitesse et la direction du vent instantané varient plus que les moyennes horaires. La vitesse horaire moyenne du vent à Ghardaïa connaît une variation saisonnière modérée au cours de l'année.

La période la plus venteuse de l'année dure 5,7 mois, du 19 janvier au 10 juillet, avec des vitesses de vent moyennes supérieures à 15,1 kilomètres par heure. Le jour le plus venteux de l'année est le 26 avril, avec une vitesse moyenne du vent de 16,9 kilomètres par heure.

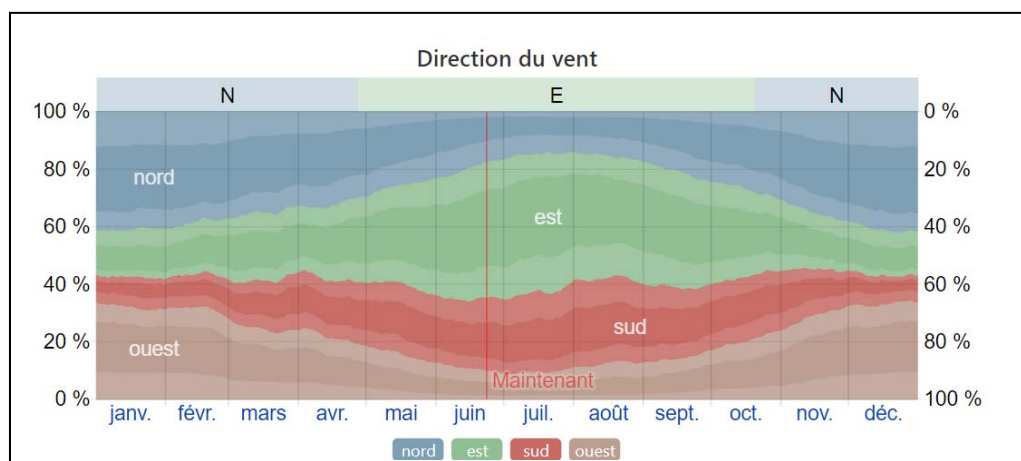
La période la plus calme de l'année dure 6,3 mois, du 10 juillet au 19 janvier. Le jour le plus calme de l'année est le 20 octobre, avec une vitesse moyenne horaire du vent de 13,3 kilomètres par heure.



Source : Weather spark 2021

La direction horaire moyenne principale du vent à Ghardaïa varie au cours de l'année.

Le vent vient le plus souvent de l'est pendant 5,8 mois, du 27 avril au 20 octobre, avec un pourcentage maximal de 49 % le 3 juillet. Le vent vient le plus souvent du nord pendant 6,2 mois, du 20 octobre au 27 avril, avec un pourcentage maximal de 41 % le 1 janvier.



Source : Weather spark 2021

Chapitre III : Projet

1.5.2 Conditions environnementales du confort thermique :

Pour déterminer la température de confort intérieur (la température neutre), qui délimite la gamme de confort adaptatif dans la région de Ghardaïa, on a utilisé le modèle de confort adaptatif d'ASHRAE standard-55. Ce dernier permet de calculer la température de confort (Tconf) dans les bâtiments à ventilation naturelle en fonction de la moyenne mensuelle de la température extérieure (Ta,out) suivant la formule : $T_{conf} = 0.31 \times T_{a,out} + 17.8$

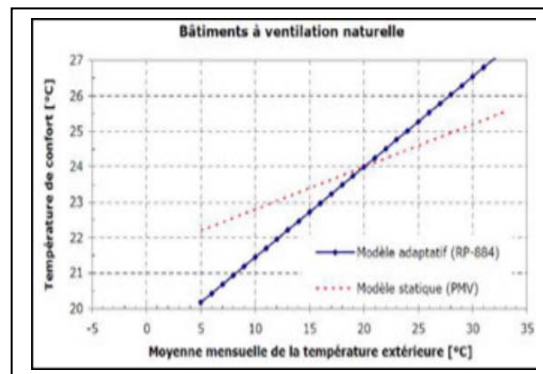


Figure : -Modèle adaptatif proposé par le projet RP-884 pour les bâtiments à ventilation naturelle.

Source : ASHRAE standard 55-

La température de confort (les conditions de confort thermique intérieur) pour cette région durant les différents mois de l'année est indiquée dans le tableau suivant :

		Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
La température extérieure moyenne	Tmed	15	17	20	25	30	35	40	40	35	20	20	15
D'après ASHRAE standard 55 90 d'acceptabilité	Tc min	19.95	20.57	21.5	23.05	24.6	26.15	27.7	27.7	26.15	21.5	21.5	19.9
	Tc moy	22.45	23.07	24	25.55	27.1	28.65	30.2	30.2	28.65	24	24	22.45
	Tc max	24.95	25.57	26.5	28.05	29.6	31.15	32.7	32.7	31.15	26.5	26.5	24.5

Tableau 2 : Les limites de la température de confort adaptatif de Ghardaïa.

Température	T moyen	T moye de confort
T d'été	40	30.2
T d'hiver	15	22.45

Source : Auteur

Chapitre III : Projet

Sur la base d'une évaluation préliminaire du Tableau, la température de confort adaptatif (la température neutre) avec 90 % d'acceptabilité pour la région de Ghardaïa est comprise entre 22.45°C et 30.2°C .

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

1.5.3 Indications conceptuelles et selon le diagramme bioclimatique de Givoni :

A la lecture du diagramme que nous venons d'établir pour la zone de la vallée du M'Zab, trois zones en découlent :

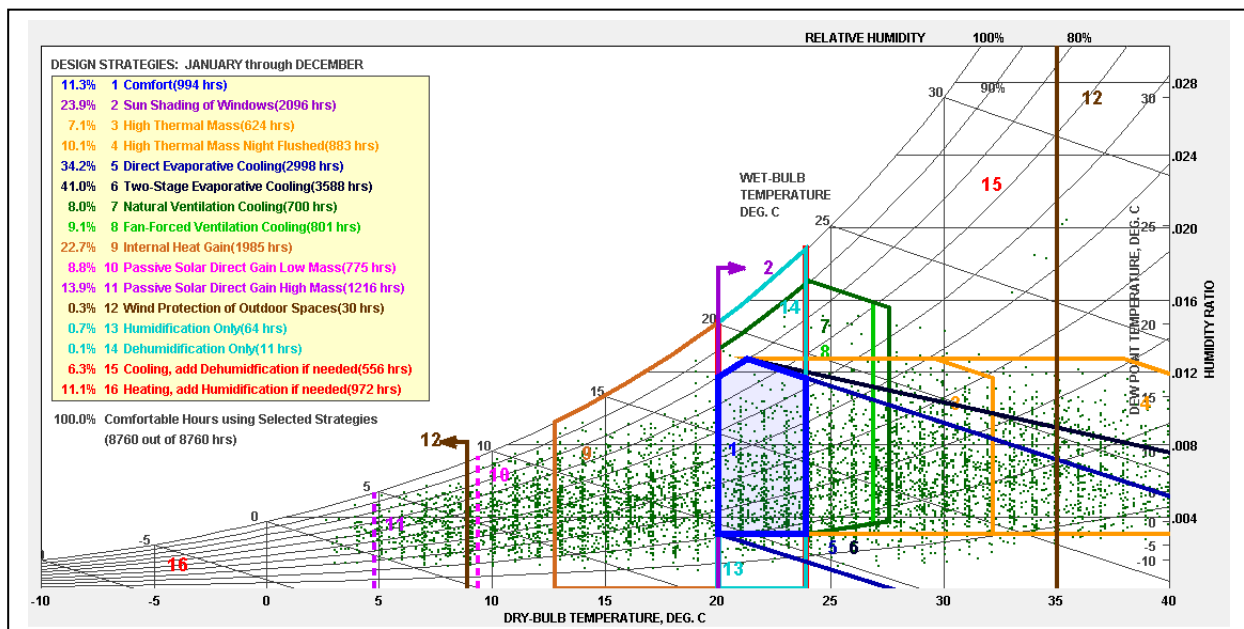


Figure 76 : le diagramme bioclimatique de givoni de la vallée de M'zab.

Source : Climate consultant 55-

1. La zone de confort qui correspond en grande partie aux mois d'avril, mai, septembre et octobre et à un degré moindre aux mois de juin, juillet, Août ;
2. La zone de sous chauffe qui correspond aux mois de décembre, janvier, février et en partie aux mois de novembre et mars ;
3. La zone de surchauffe qui correspond aux mois de juillet, août et en partie aux mois de juin et septembre.

Recommandations :

Le diagramme bioclimatique pour la vallée du M'Zab, permet d'établir les recommandations suivantes sur lesquelles nous nous basons pour l'amélioration des réponses climatiques de notre cas d'étude :

■

Chapitre III : Projet

- Un système actif est nécessaire seulement la nuit et des apports internes le jour pour les mois de Décembre, Janvier et Février, en faisant en sorte que l'énergie solaire du jour puisse être captée et transformée en chaleur. Cette chaleur est ensuite redistribuée à des systèmes tels que l'eau sanitaire ou le chauffage central dans le cas où ils sont prévus ;
- Un système passif (utilisation de l'énergie solaire sans utilisation d'équipements spécifiques. La chaleur est captée, stockée et restituée par la maison elle-même, via ses ouvertures, ses matériaux, son isolation) est nécessaire les mois de Novembre et Mars (nuit) et Décembre, Janvier et Février (jour) ; Les constructions à façades massives régularisent les apports et les déperditions thermiques, en étalant l'action de la chaleur et du froid extérieur sur une longue durée. Une bonne inertie des murs réduit les variations de températures minimales et maximales des espaces intérieurs.
- Période de confort durant laquelle aucun système n'est à prévoir, pour Septembre et Juin (nuit), Avril (jour), Mai et Octobre ;
- Pendant la période d'été, on a recours à la masse thermique et au refroidissement par évaporation, associé à une ventilation nocturne pour Juillet, Août afin de dissiper rapidement la chaleur transmise par les murs extérieurs qui ont en stocké pendant la journée et à la masse thermique (jour) pour Juin, Septembre et en partie pour Mai.

2 Présentation de site d'intervention :

2.1 Localisation :

Le site est d'une superficie de 10 H située au sud la ville El atteuf ; Limité au Nord par un site non construit pour d'éventuelles extensions, Au Sud par un fragment de route, à l'est par la palmeraie qui fera profiter les usagers de cette richesse paysagère ainsi que limité par la route nationale et pas loin on trouve oued m'zab ;et à l'ouest par un terrain rocheux .



Figure 77 : Situation de site d'intervention.

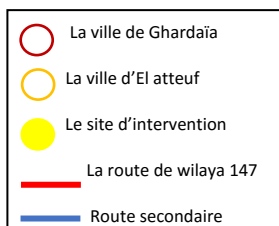


Figure 78 : Le site d'intervention.

Chapitre III : Projet

2.2 Morphologie :

Le site Située sur la crête et le flanc d'une colline à proximité d'un oued (oued de M'Zab), avec une altitude de 460 m ;

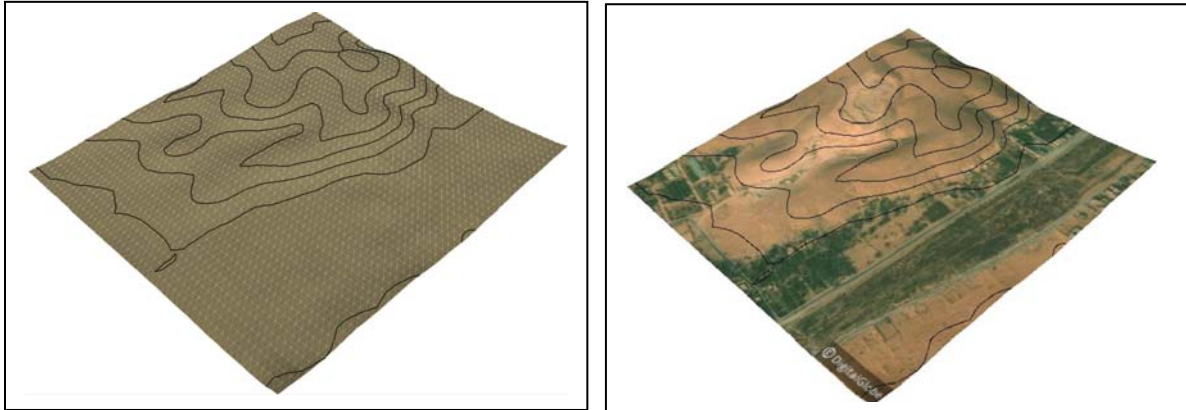


Figure 79 :la morphologie de site d'intervention.

2.3 Topographie :

Le site d'intervention de de nature accidenté d'une pente maximale de 16,8 % ; et de type de terrain.

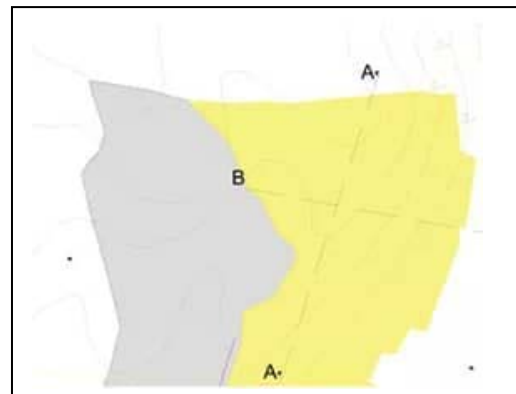


Figure 80 : carte topographique de terrain.



Figure 82 : Coupe AA de terrain.



Figure 81 : Coupe BB de terrain.

Chapitre III : Projet

3 Conceptualisation du projet :

Le projet général consiste à proposer un plan d'un Eco quartier près de la ville de El atteuf , dans une première étape, et avant d'établir ce plan d'aménagement On a préparé une analyse du ksar d'El-Atteuf avec ses systèmes selon la méthode d'analyse urbaine d'Alain borée , afin de tirer les principes majeures qui nous conduirons à réaliser notre propre aménagement d'un nouveaux Ksar.

Analyse du système viaire :

Le système viaire est le système de liaison de l'espace du territoire, il est constitué par l'ensemble des circulations de fonction et d'importance variables » (ALAIN BORIE, 1984, page 4). L'analyse du système viaire repose sur la décomposition de ce dernier en sous-systèmes élémentaires, et sur l'analyse de leurs rapports.

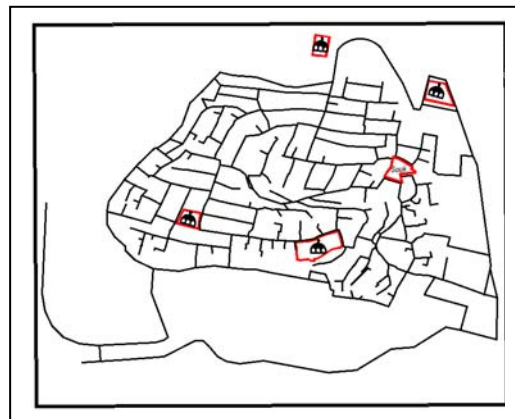


Figure 83 : Le système viaire du ksar El-Atteuf

La typologie topologique	Variantes géométriques	Variantes dimensionnelles
 Système en boucle	 Rencontre orthogonale	 La voie principale : Elle se situe à la périphérie du ksar de El Atteuf, d'une dimension de 09 m.
 Système linéaire hiérarchisée.	 Rencontre non-orthogonale.	 Les voies secondaires : Elles se situent à l'intérieur du ksar d'une dimension de 2-3m.
 Système linéaire hiérarchisée en cul-de-sac.	 Arborescent.	 Les voies tertiaires : Leur dimension ne dépasse pas 1,5m.

Chapitre III : Projet



Système en boucle
hiérarchisée.

Analyse du système parcellaire :

Le système parcellaire c'est un système de partition de l'espace du territoire en un certain

nombre d'unités foncière (parcelle) » (ALAIN BORIE, 1984, page 4).

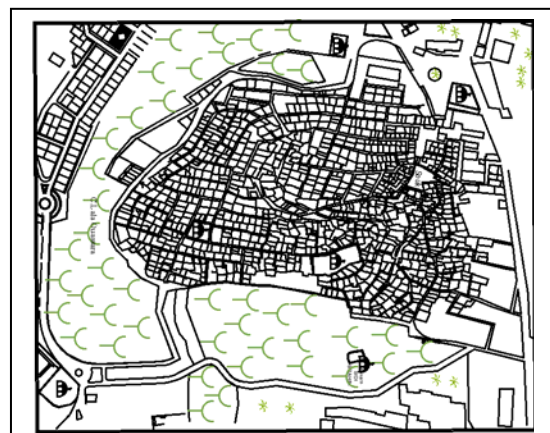
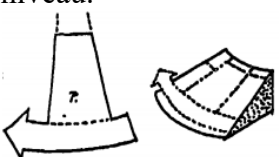
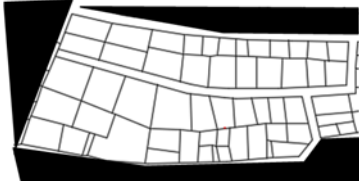
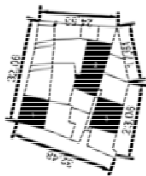
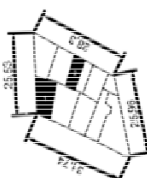
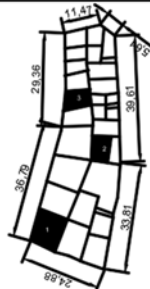
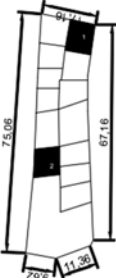
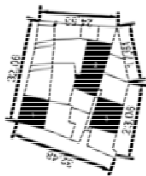
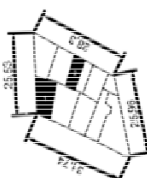
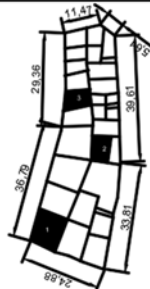
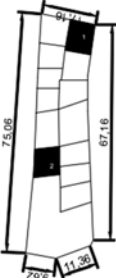
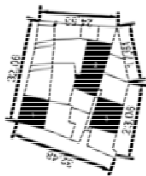
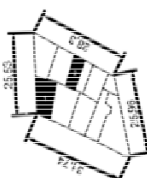
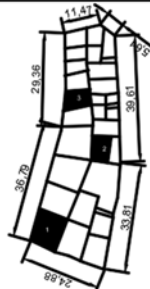
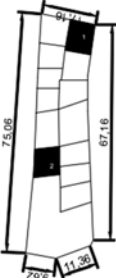


Figure 84 : Le système parcellaire du ksar El- Ateuf

Aspect topologique	Aspect géométrique	Aspect dimensionnelle
 Les Directions du parcellaire non hiérarchisées : Cela signifie que les deux principales directions de la trame parcellaire sont d'importance à peu près équivalente ; on l'observe dans les tissus de maison à patio (Chebka).	Les directions fondamentales du parcellaire liées à deux facteurs : <u>A la pente du terrain :</u> Les directions de parcellaire sont soit perpendiculaire ou parallèle aux courbes de niveau.  <u>A une limite urbaine :</u> L'exemple des remparts ;	L'état actuelle de parcellaire est la conséquence de deux phénomènes : <u>L'époque de constitution de parcellaire :</u> Changement de leur taille au cours l'histoire. <u>Evolution du parcellaire :</u> Diminution de la taille de parcelle à travers les opérations de subdivision. 

Chapitre III : Projet

Méthode d'analyse des parcelles :

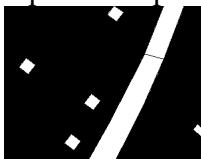
Types de parcelle :	Typologie de système parcellaire :	Aspect dimensionnelle																																							
<u>Critères géométriques :</u> Les parcelles ont généralement une figure proche de carré et parfois une forme de trapèze (Déformation d'une trame rectangulaire soit de suivre la courbe des niveaux ou bien celle de la rue). 	<u>Typologie :</u> Le parcellaire du kssar El Atteuf est : soit allongé, rectangulaire soit trapu carré. 	<table><tr><th>Dimensions des lots</th><th>Parcelle</th><th>La forme de parcelle</th><th>La profondeur de parcelle</th></tr><tr><td rowspan="3"></td><td>ANGLE</td><td></td><td>Rectangulaire</td></tr><tr><td>CENTRE</td><td></td><td>en "L"</td></tr><tr><td>RUE</td><td></td><td>Rectangulaire</td></tr><tr><td rowspan="2"></td><td>ANGLE</td><td></td><td>Trapezoidale</td></tr><tr><td>RUE</td><td></td><td>Rectangulaire</td></tr><tr><td rowspan="3"></td><td>ANGLE</td><td></td><td>Rectangulaire</td></tr><tr><td>CENTRE</td><td></td><td>Trapezoidale</td></tr><tr><td>RUE</td><td></td><td>Trapezoidale</td></tr><tr><td rowspan="2"></td><td>ANGLE</td><td></td><td>Rectangulaire</td></tr><tr><td>RUE</td><td></td><td>Rectangulaire</td></tr></table>	Dimensions des lots	Parcelle	La forme de parcelle	La profondeur de parcelle		ANGLE		Rectangulaire	CENTRE		en "L"	RUE		Rectangulaire		ANGLE		Trapezoidale	RUE		Rectangulaire		ANGLE		Rectangulaire	CENTRE		Trapezoidale	RUE		Trapezoidale		ANGLE		Rectangulaire	RUE		Rectangulaire	La profondeur de parcelle ABRégé Allongé Allongé Allongé Allongé Trapu (proche du carré) Allongé Allongé Trapu (proche du carré) Trapu (proche du carré)
Dimensions des lots	Parcelle	La forme de parcelle	La profondeur de parcelle																																						
	ANGLE		Rectangulaire																																						
	CENTRE		en "L"																																						
	RUE		Rectangulaire																																						
	ANGLE		Trapezoidale																																						
	RUE		Rectangulaire																																						
	ANGLE		Rectangulaire																																						
	CENTRE		Trapezoidale																																						
	RUE		Trapezoidale																																						
	ANGLE		Rectangulaire																																						
	RUE		Rectangulaire																																						

Analyse du système bâti :

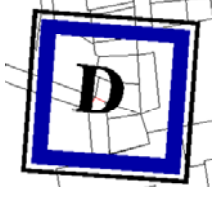
Le système viaire est le système de liaison de l'espace du territoire, il est constitué par l'ensemble des circulations de fonction et d'importance variables » (ALAIN BORIE, 1984, page 4).



Chapitre III : Projet

Rapport typologique :	Rapport géométrique	Variante dimensionnelle
Il y'a une très forte continuité par accollement des maisons les unes aux autres, non seulement au long de la rue, mais aussi en profondeur dans la parcelle. Le tissu urbain est en quelque sorte « perforé » par la Chebka. 	Il y'a certain cohérence géométrique, les directions des maisons obéissent même organisation radio-concentré.	Il y'a une grande homogénéité dimensionnelle des maisons à l'intérieur du réseau bâti, il y a des éléments qui se singularisent : Mosquée, école primaire et dispensaire

Les éléments singuliers du bâti :

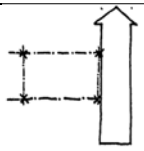
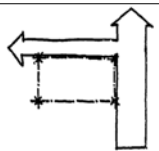
1-Mosquée : 	<u>Analyse topologique :</u> L'inclusion : la mosquée se trouve enserrée de toute part par les masses environnantes. <u>-Variantes géométriques :</u> L'orientation de la mosquée vers la Mecque contribue à donner une direction un peu différente de la trame dans laquelle elle s'insère. <u>-Variante dimensionnelle :</u> La dimension de la mosquée s'écarte de la dimension moyenne des maisons.
2-Ecole primaire : 	<u>Analyse topologique :</u> L'accolement : l'école primaire est accolée sur les trois faces. <u>-Variantes géométriques :</u> La direction de l'école primaire reprend une de direction principale de la trame bâtie l'école s'intègre facilement dans les masses construites. <u>-Variante dimensionnelle :</u> La dimension de l'école s'écarte de la dimension moyenne des maisons.
3-Dispensaire : 	<u>Analyse topologique :</u> L'accolement : Le dispensaire est accolé sur les trois faces. <u>-Variantes géométriques :</u> La direction de dispensaire reprend une de direction principale de la trame bâtie, le dispensaire s'intègre facilement dans les masses construites. <u>-Variante dimensionnelle :</u> La dimension s'écarte de la dimension moyenne des maisons.

Chapitre III : Projet

Analyse du système non-bâti, espace libre :

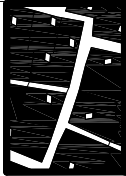
<u>Souk</u>	-Analyse typologique : Liaison : Le Souk se trouve dans une position de liaison entre deux rues <u>Géométrie des places :</u> Une géométrie équilibrée.
<u>Chebka</u>	<u>Analyse typologique:</u> <u>Isolement</u> : par rapport aux autres espaces libres, et en particulier par rapport aux rues, tout en leur étant raccordée par des passages ou par des rues couvertes. La chebka , enserrée de tous côtés par les masses bâties, se présente alors comme une inclusion au sein de celles-ci . <u>-Géométrie du Chebka:</u> La passivité du "vide" et l'activité du "plein « .

Le couplage des 04 systèmes :Les rapports parcellaire/viaire :

	<u>Parcellaire hiérarchisé :</u> Parcellaire rectangulaire, à peu près perpendiculaire à la voie principale, et hiérarchisée. Grand nombre de parcelle sur la voie principale mais la voie secondaire desserve plus petit nombre de parcelles.
Rapport topologique entre les parcelles et les voiries	 Accolement  Accolement sur deux faces adjacentes
Rapports géométriques entre système et entre composantes	 <u>Adaptation géométrique:</u> Le parcellaire se trouve perpendiculairement sur les voies

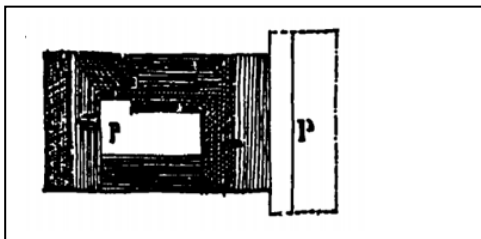
Combinaison bâti_viaire :

Chapitre III : Projet

Combinaison Bâti/Viaire	
viaire linéaire	Bâti planaire
	arborescent 
viaire en boucle	Simple 

Les rapports entre les quatre systèmes :

-Le bâtiment est en mitoyenneté, accolé de toutes parts aux limites de la parcelle :



Effet sur la nature de l'espace libre :

L'espace libre est subdivisé en deux zones distinctes, un public et l'autre privée. Les deux zones sont totalement isolées l'une de l'autre avec aucune communication entre eux. L'espace privé est donc renfermé et rencontré sur lui-même présentant un fort contraste avec l'espace public de la rue.

-Effet sur les possibilités d'appropriation des espaces :

L'espace libre privé est d'une grande intimité, il existe tels une pièce à ciel ouvert.

-Effet sur l'architecture du bâtiment :

Dans notre cas on est dans une architecture introvertie

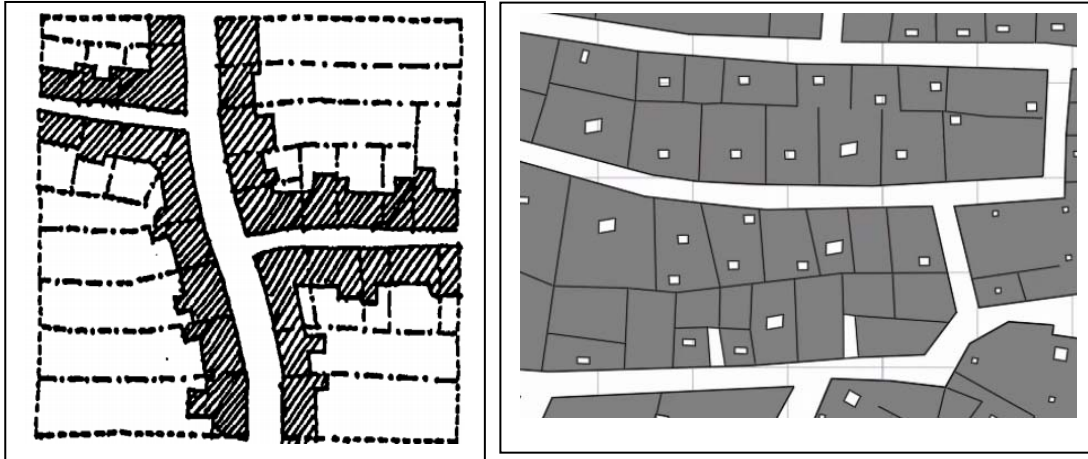
-Tissus urbain engendré :

Le tissu est appelé : Tissus à bâti planaire ou Tissus à trame bâtie en nappe perforée.

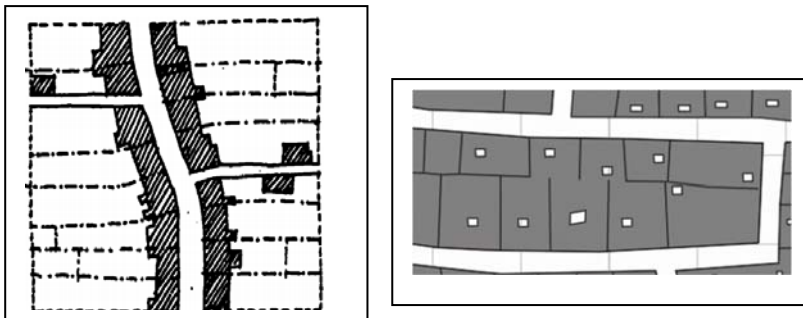
La vision aérienne du tissu donne l'impression d'une grande continuité de constructions en tous sens, cisaillée seulement par les rues et perforé par les cours qui semblent recreusées dans la masse bâtie. Donc on remarque la dominance du bâti (élément construit) sur les espaces libres.

Chapitre III : Projet

Combinaison globale : système du bâti, système des espaces libres, systèmes viaires, systèmes parcellaires :

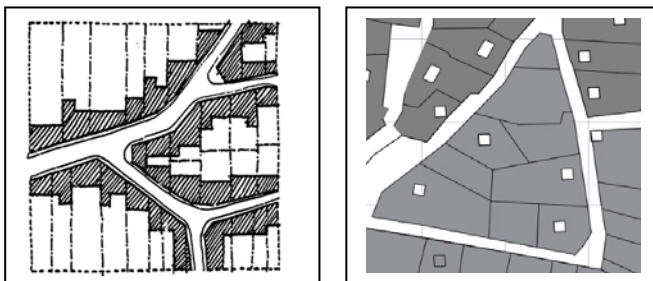


Dans notre cas on a un tissu a réseau viaires arborescent à bâti linéaire, à parcellaires retourné.
Les variantes topologiques :



-Dans notre cas l'espace de la rue est directement bordé par des bâtiment, se qui donne un couplage claire et fort entre le système viaires et bâti.

-Les variantes géométrique :



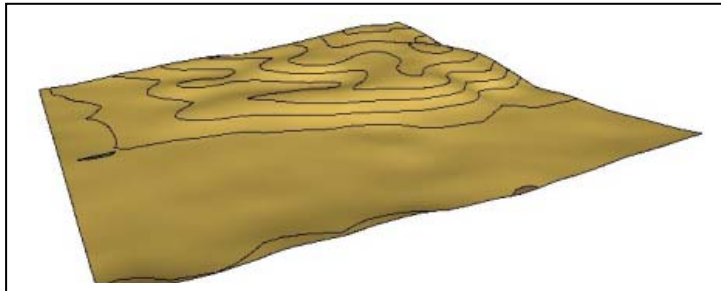
Notre cas est celui d'une dépendance partielle du parcellaires par rapport au viaires, le cas d'un bâti linéaire aligné sur la rue.

Les bâtiments subissent une déformation en raison de l'inflexion du parcellaire, ce n'est donc qu'au angles des rues que les bâtiments devront se déformer.

Chapitre III : Projet

3.1 Démarche conceptuelle :

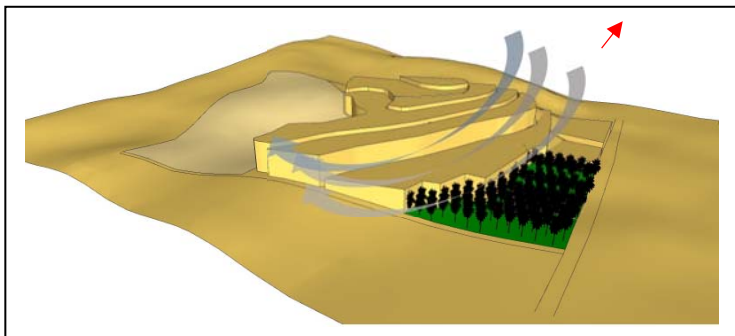
1 - Assiette de projet



2- Fragmentation :

Etablir une trame des voies qui suit les courbes des niveaux avec une direction Nord-Est /Sud -Ouest, ce que donne :

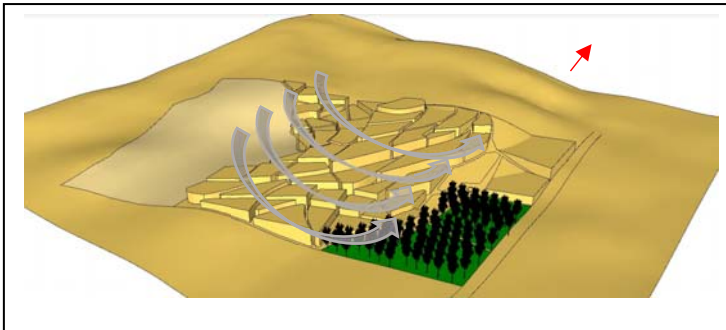
- Une orientation oblique par rapport aux directions de vent.
- des ruelles sinueuses, créent de l'ombre et minimisent l'exposition aux rayonnements solaire, pour se protéger des vents dominants et des vents de sable.



3-Porosité :

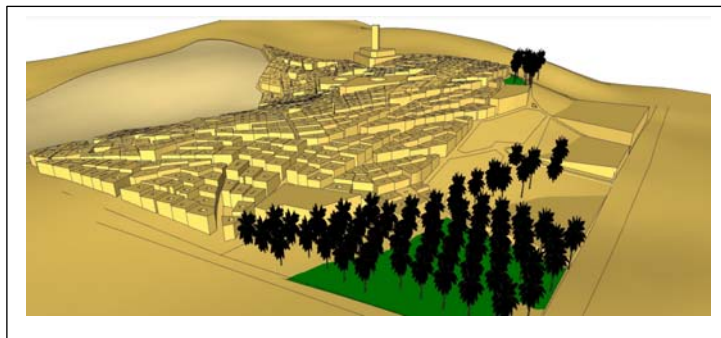
Par rapport à l'insolation :

- Etablir une deuxième trame des voies perpendiculaire par rapport à l'axe héliothermique, pour protégée de toute insolation ou effet de ses rayons solaire.



4-Compacité :

Constituer des ilots compacts et épais, pour avoir un tissu urbain optimise la densité, qui expose une surface minimale au soleil d'été et aux vents froids d'hiver ; cette forme urbaine compacte permet un minimum de perte de chaleur en hiver et un minimum de gain en été ; ainsi que pour se protéger des vents dominants et des vents de sable.



Chapitre III : Projet

3.2 Démarche bioclimatique :

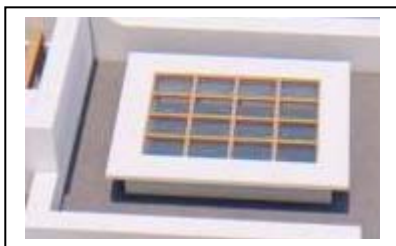
Le chebeq permet un éclairage zénithal minimal des pièces du rez-de-chaussée. Il est aussi utilisé comme "un régulateur climatique » ;

-En été "le chebeq" est couvert durant la journée pour empêcher les rayons solaires de pénétrer à la maison. Pendant la nuit, il est ouvert pour permettre la sortie de l'air chaud de la maison et la pénétration de l'air extérieur plus frais, dans ce cas il joue le rôle d'une "cheminée de ventilation".

-En hiver c'est l'inverse qui se produit, "le chebeq" est fermé durant la nuit pour se protéger du froid et ouvert le jour pour tirer profit de la chaleur du soleil.

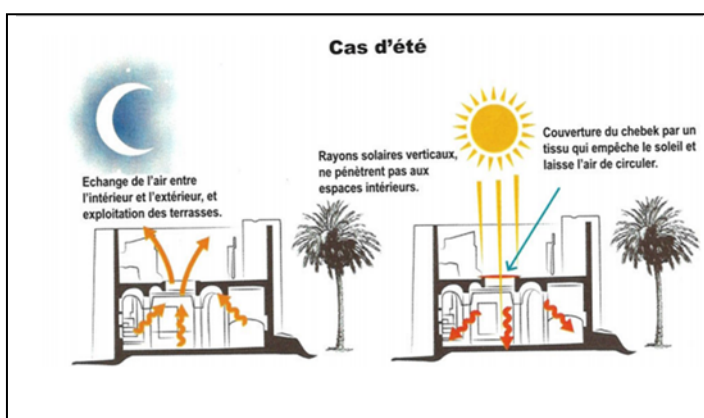
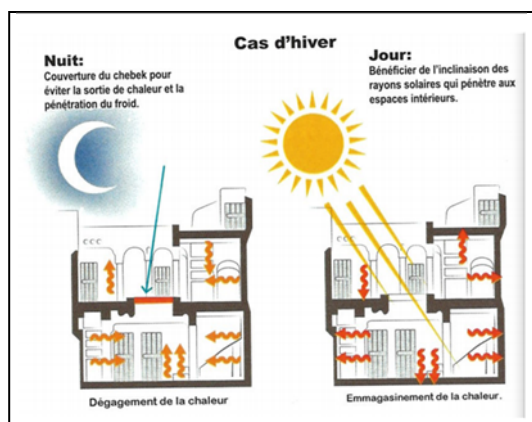
Ses dimensions, relativement petites, permettent d'un côté de minimiser l'entrée du soleil et de l'autre piéger à l'intérieur la masse d'air frais qui rentre durant la nuit et la restituer lentement sur les pièces adjacentes le long de la journée.

Le chebeq participe aussi à l'accélération de la ventilation ; celle-ci est assurée grâce aux courants d'airs qui s'installent entre l'ouverture du patio et la porte d'entrée ouverte ou les quelques ouvertures aménagés en façade.



La ventilation naturelle :

Une fois la nuit tombée, la température de l'air extérieure étant plus basse que celle de la maison, il suffit alors d'ouvrir le "chebeq" du patio et les quelques ouvertures percées dans le mur pour activer une circulation de l'air par effet thermosiphon. La position du "chebeq" dans le point le plus haut permet l'évacuation rapide de l'air chaud vu que celui-ci a tendance à monter contrairement à l'air froid qui descend.



Chapitre III : Projet

3.3 Synthèse :

3.3.1 Plan d'aménagement de quartier :

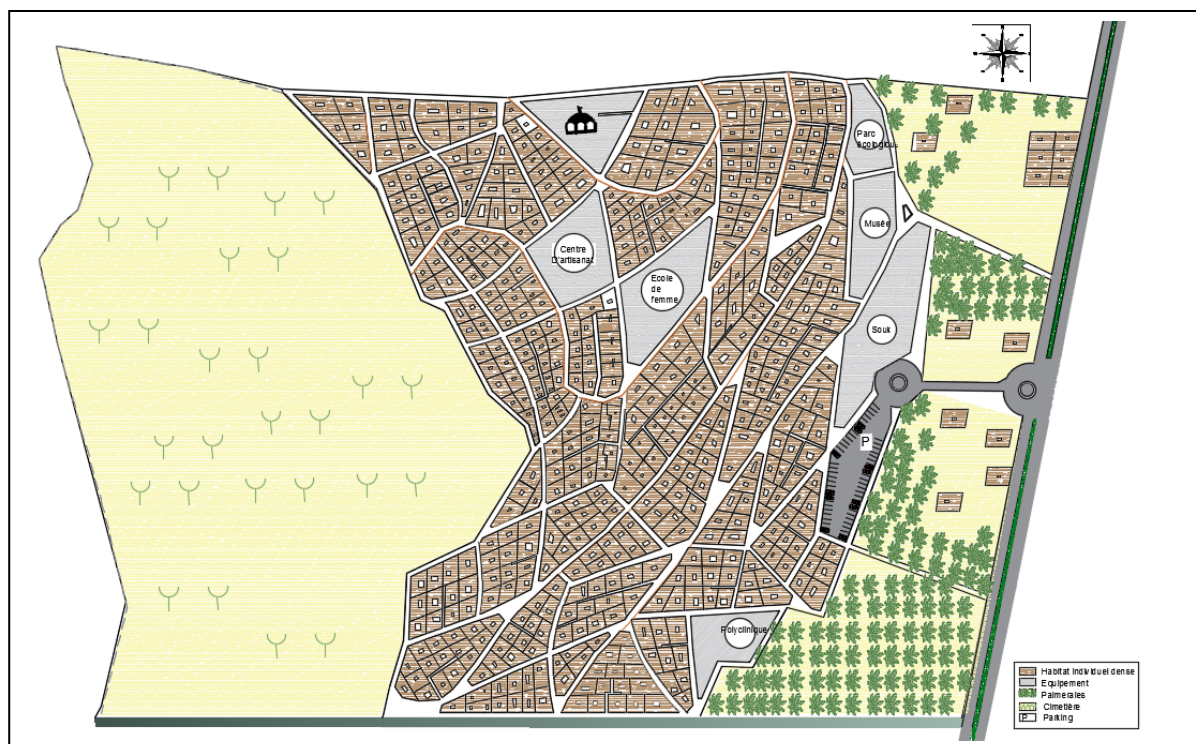


Figure 86 : plan d'aménagement de nouveau quartier.

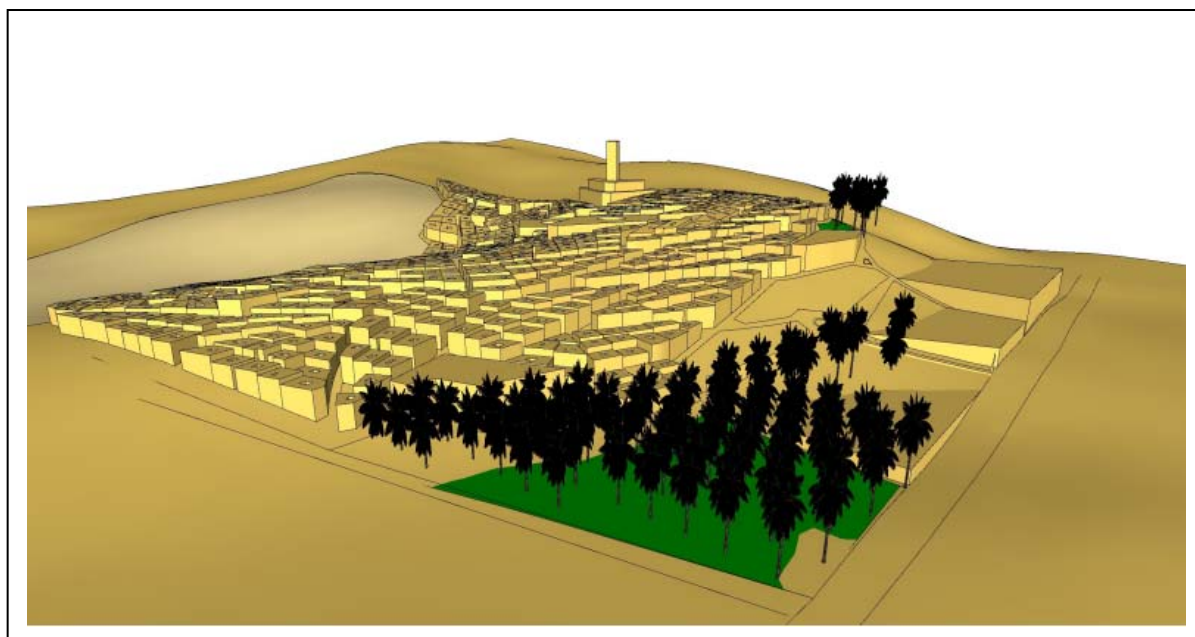


Figure 87 : 3D de nouveau quartier.

Chapitre III : Projet

Le schéma d'aménagement de l'aire d'étude proposé obéit à des principes d'ordre topographique et urbain tel que :

Principes généraux :

- Renforcer l'axes urbain.
- Intégrer les tracés existants ainsi que les voies pré existantes qui mènent au site.
- Assurer la continuité de l'existant dans le bâti.
- Veiller à une mixité sociale et fonctionnelle dans le quartier.
 - Veiller à une valorisation « culturelle » du patrimoine bâti dans un souci de préservation et de requalification en faisant en sorte de ne pas couper court avec le e de la région.

Principes d'intégration à la morphologie du site :

Du fait que le terrain soit en forte pente, il a fallu s'adapter au niveau de la structuration urbaine et l'organisation des espaces :

- En veillant à ce que les zones destinées à l'habitation soient en retrait par rapport à la route et que les zones qui bordent la route soient destinées aux équipements.
- Les voies suivront les courbes de niveaux pour éviter la forte pente.
- Les équipements de la femme seront entre les habitations du quartier.
- La zones rocheux sera un cimetière.
- Le marché (zone commerciale) se trouvera dans la partie base à proximité de parking.
- 01 parking sera en périphérie afin d'éviter d'en avoir entre les zones résidentielles.
- le palmeraie une séparation entre la route principale et le site serra une barrière verte, et pour des raisons bioclimatiques ainsi protection contre les vents.

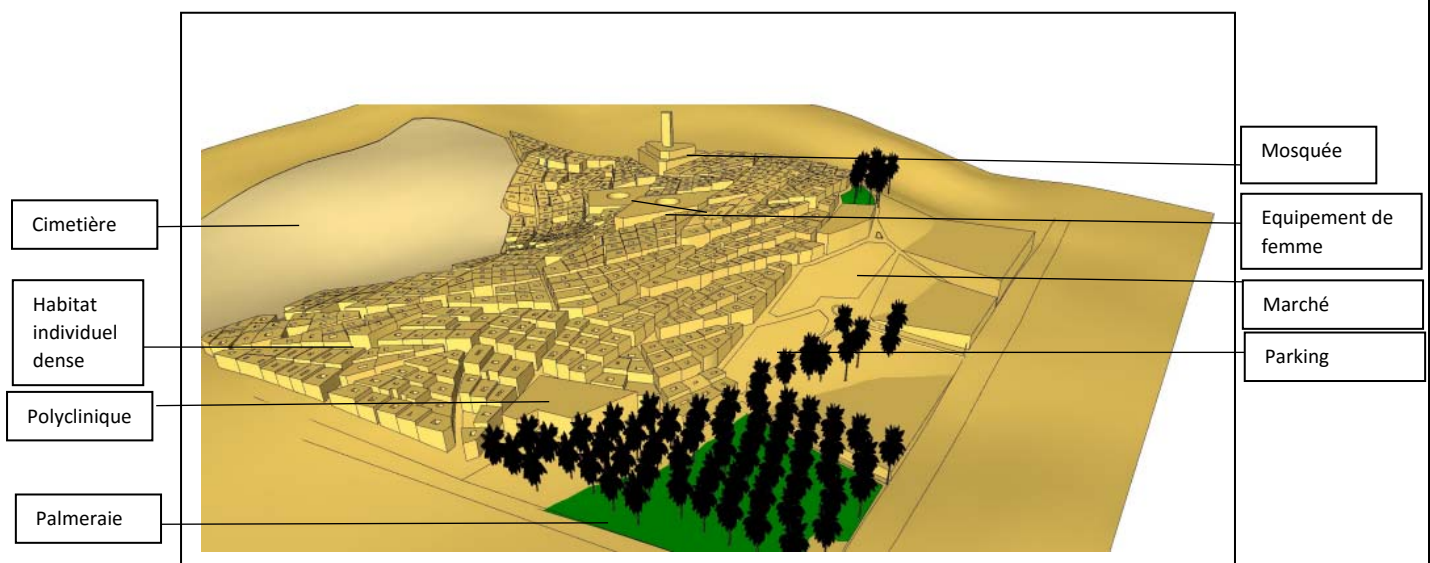


Figure 88: morphologie fonctionnelle de quartier.

Chapitre III : Projet

3.3.2 Projet ponctuel : HID

La proposition des types de l'habitat était après avoir étudié le concept du HID donc on est allé vers l'habitat en bande, imbriqué, superposé et jumelé.

Les plans des Habitations proposés sont le résultat des études faites sur l'habitat traditionnel mozabite, ce type d'habitation est adapté aux valeurs socioculturelles et aux conditions climatiques de la région.

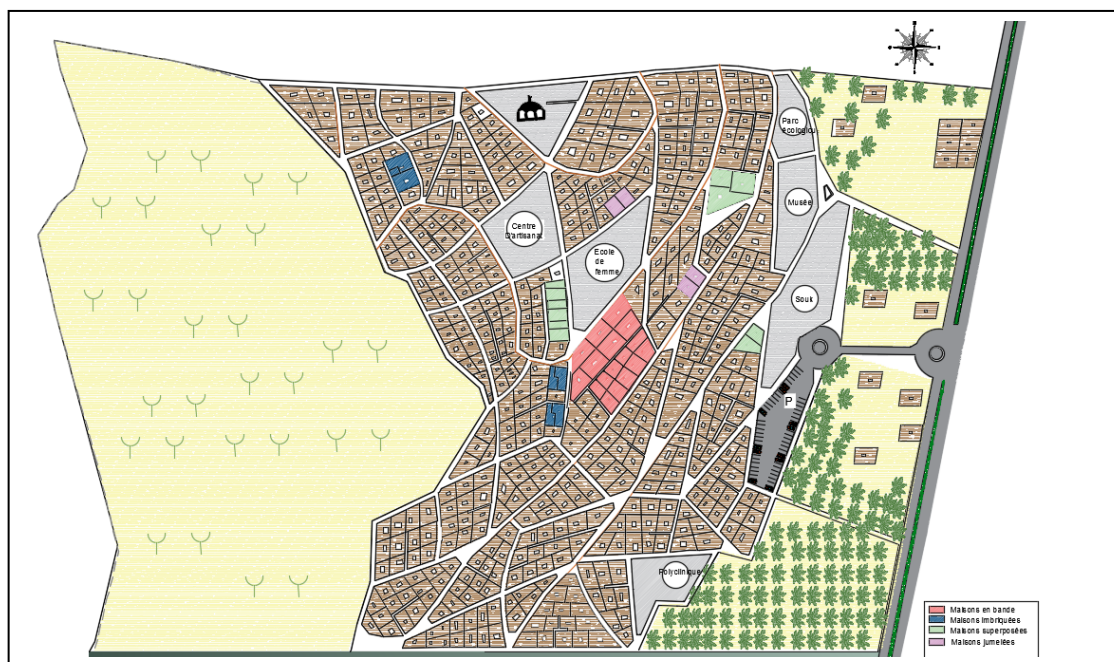


Figure 89 : les maisons développées dans le nouveau quartier.

Le programme tiré de l'analyse des exemples :

Espace	Surface	Qualité spatiale
Salon homme	14m ²	Eclairage naturel et artificiel Entrée indépendante
Salon femme /tezifri	15m ²	Un salon pour les femmes qui profite bien de lumière de wast eddar
Cuisine	12m ²	Eclairage artificiel
Les chambres	15m ²	-Elle assure les fonctions de : sommeil, rangement, détente, activité scolaire, -Un éclairage naturel/artificiel
Sanitaire	4m ²	Le nombre de sanitaire dépend l'importance de logement Une gaine d'aération pour l'aération artificielle
Terrasse	18m ²	C'est un espace pour la femme de détente

Tableau 3 : programme tiré de l'analyse des exemples.

Chapitre III : Projet

3.3.2.1 Analyse des plans :

Les anciennes relations et les codes de conduite sont maintenus dans les nouveaux ksour. La maison, qui est un espace introverti, hiérarchisé (allant du public vers le privé) et polyvalent, est conçue autour du west eddar (patio central) qui s'ouvre sur le tizafri (espace réservé pour les invités femmes), Elle obéit à des règles et des normes sociales : discrétion, réception, travaux ménagers. En outre, elle est articulée à l'espace semi-public (la ruelle) par une entrée en chicane (skiffa), dont le rôle consiste à préserver l'intimité du patio central des regards étrangers. Celui-ci est le lieu des réunions familiales.

Dans cette analyse on a traité une maison jumelée ; les autres types de maison développée joint en dossier graphique.

Explication de la conception

Une entrée en chicane (skiffa ou taskift) marquée par un seuil qui constitue la limite entre le monde extérieur des hommes et celui des femmes, elle est conçue d'une façon ou même si la porte est ouverte le passager ne peut pas voir ce qui se passe à l'intérieur.

Un salon d'homme avec une entrée indépendante qui se trouve près de l'entrée, question d'intimité.

Wast `eddar l'espace central de la maison qu'est le plus vaste avec un chebek qui sert à ventiler et à éclairer. Il a comme rôle la distribution des espaces, mais c'est aussi l'espace où se déroule l'ensemble des activités domestiques de la journée, autour de lui on trouve Les chambres, le salon des femmes la cuisine et les sanitaires.

Généralement le salon des femmes et la cuisine se trouvent l'un face à l'autre.

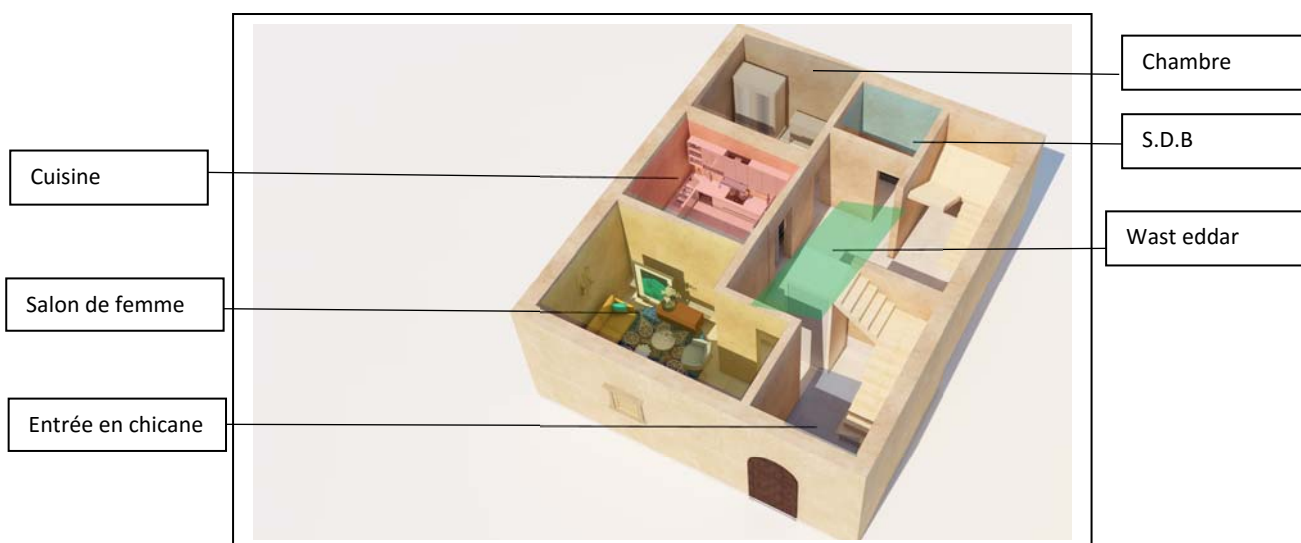


Figure 90 : Plan de RDC.

Chapitre III : Projet

Une cage d'escalier qui mène au 1^{er} étage dont on trouve l'Aali une extension de salon d'homme, les restes des chambres,

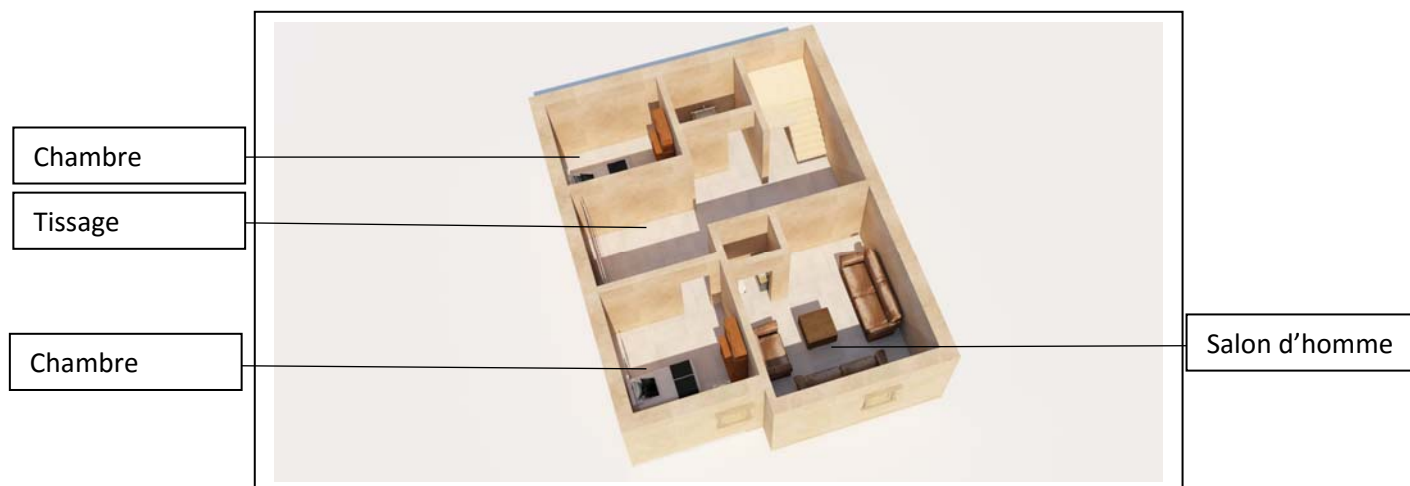


Figure 91 : Plan d'étage.

Un espace Ikomar, buanderie et la terrasse. Au niveau de la terrasse, un acrotère de 1.5m pour garder l'intimité entre les habitations.

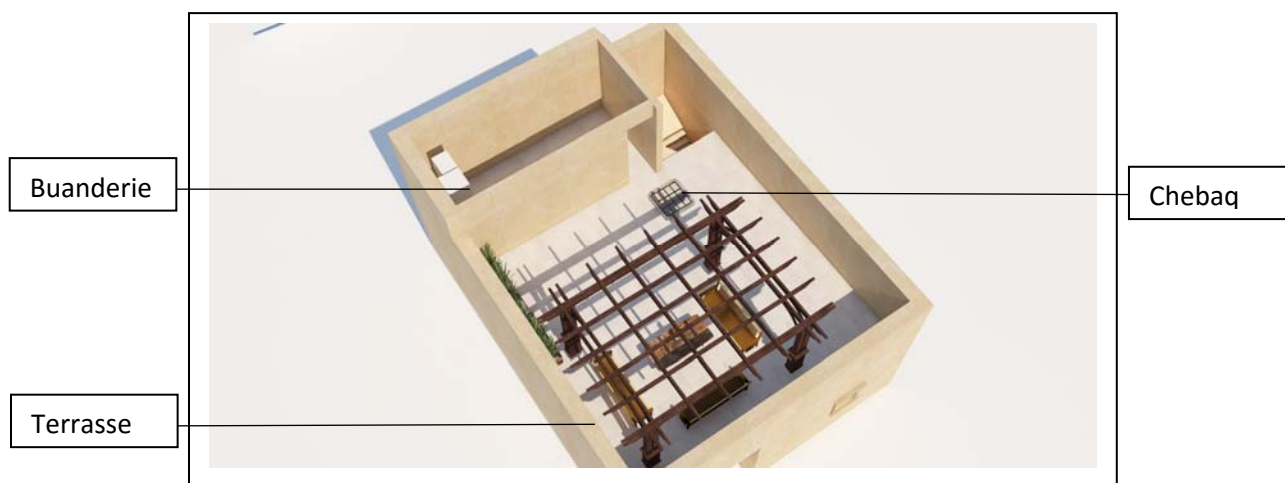


Figure 92 : Plan terrasse

Chapitre III : Projet

3.3.2.2 Analyse des façades :

La conception des façades :

- La forme statique : la reproduction de la stabilité de la roche naturelle.
- Le traitement de façade confirme l'idée de l'unicité du projet et donne une harmonie à l'ensemble. Le gabarit : ne dépasse pas R+2 pour des raisons climatiques (soleil et vents) et raisons sociales et culturelle.

Le rapport au style esthétique :

- L'aspect de la verticalité dans le traitement en contradiction avec l'horizontalité de l'ensemble et la compacité de la façade.
- Assurer la façade aveugle (pour des raisons climatiques et d'intimité) tout en gardant l'aspect de l'architecture locale (architecture typiquement introvertie) avec des petites fenêtres (qui empêche la pénétration des rayons solaires et pour des raisons techniques constructifs) protégées en utilisant des textures décoratives : moucharabieh.
- La reproduction des pinacles dans la composition de la façade ;

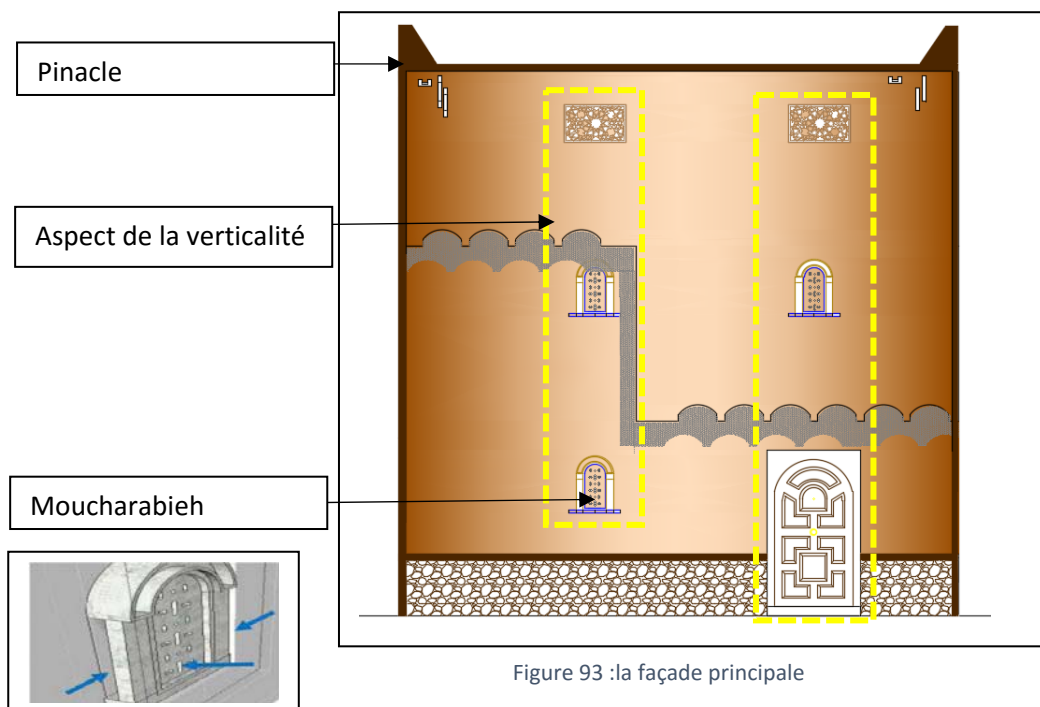


Figure 93 : la façade principale

Chapitre III : Projet

Les ouvertures :

- Afin de concevoir un projet durable, les dimensions des ouvertures seront contrôlées (des fenêtres étroites) et dimensionnées par rapport aux éléments du contexte (rayons solaires nocifs) et les exigences techniques (matériaux utilisés) fonctionnelles et esthétiques.

Les fenêtres utilisées sont en moucharabieh réalisées en gypse qui permettent la diffusion de la lumière et non pas les rayonnements solaires avec un vides des deux côtés du coup ce rétrécissement influe sur la vitesse du vent.

Les Couleurs :

Le choix judicieux des couleurs pour ne pas sortir du mythe des collines rocheuses et couleur de Timchent (Gypse) pour l'ensemble des entités composantes du ksar pour nous rappeler de l'unicité du projet. (Une masse homogène).

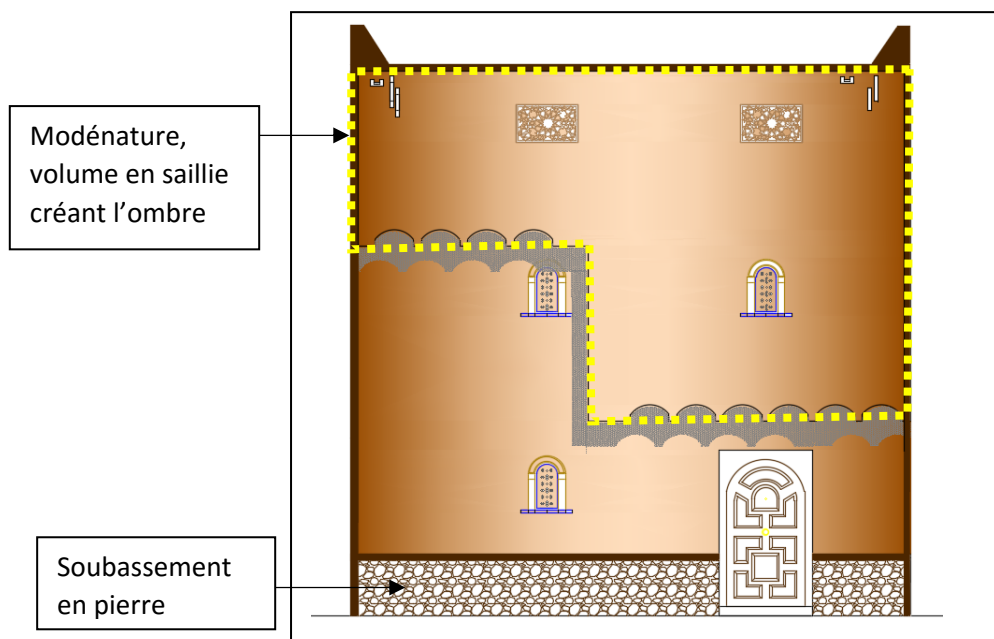


Figure 94 : traitement de la façade

Chapitre III : Projet

3.3.2.3 Matériaux de construction :

Les techniques ainsi que les matériaux de construction sont purement locales, utilisés pour la construction des ksours à Ghardaïa, afin de minimiser le coût de réalisation et la protection de l'environnement.

Des murs porteurs en moellon de pierre locale avec mortier à base de sable et de chaux locale (timchent), des planchers en pierre locale à ossature de tronc de palmier, des revêtements et finitions sont en timchent et sable coloré, Les massifs de fondation sont en béton armé,

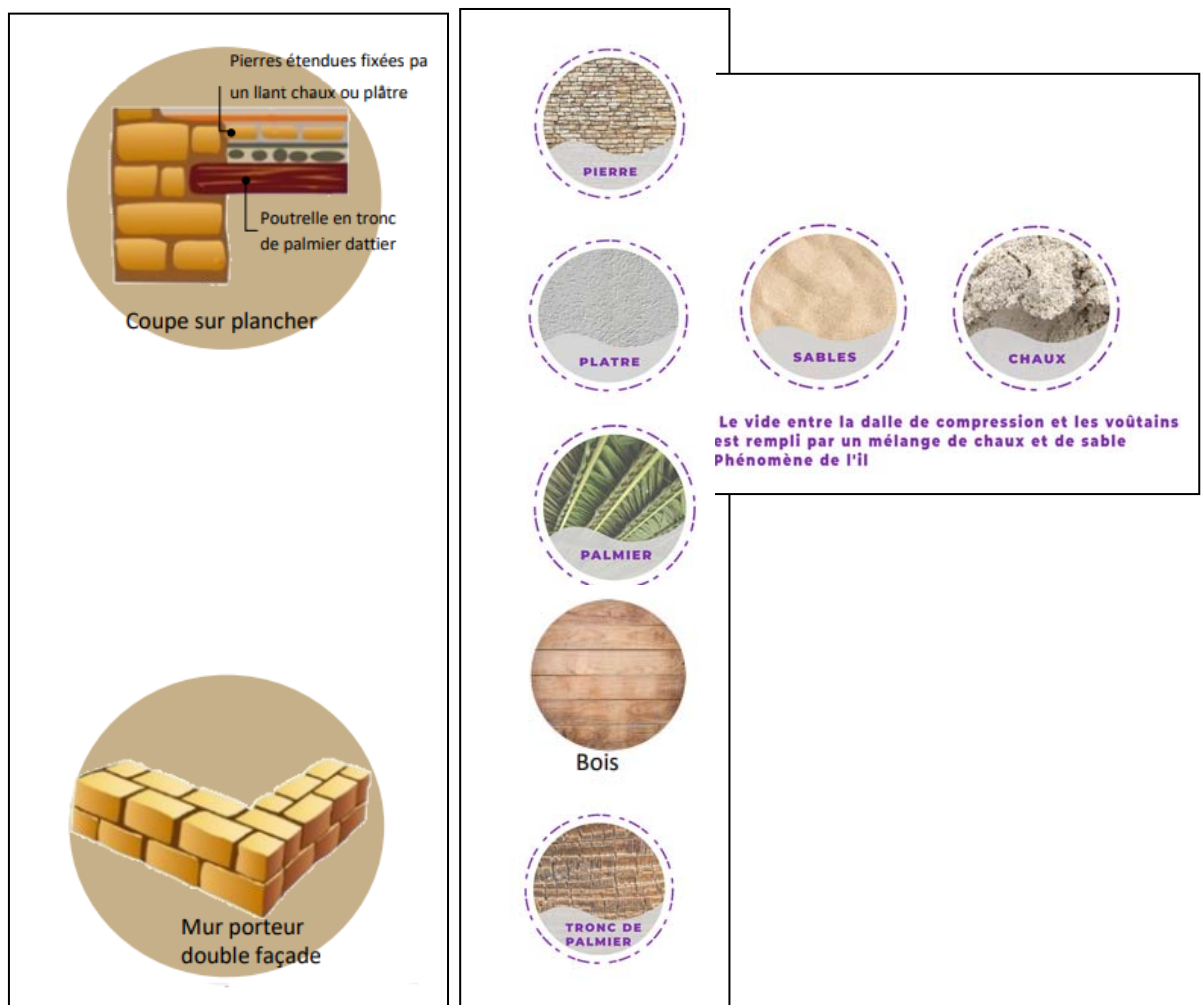


Figure 95 : Matériaux de construction utilise dans le projet.

Chapitre III : Projet

4 Evaluation de la performance de projet :

Notre travail consiste à la simulation d'une maison individuelle que on 'a conçu, à l'aide de logiciel Design Builder pour voir si on 'a réussi à réinterpréter les principes de l'architecture mozabite :

Modélisations des bâtiments :

Etape 01 : insertion de fichier climatique :

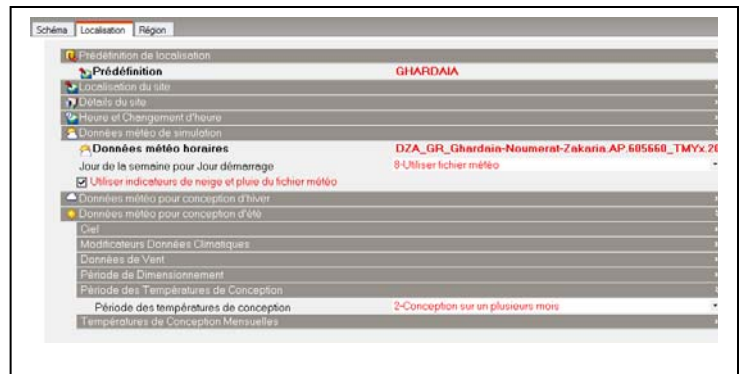


Figure 96 : insertion de fichier climatique.

Etape 02 : généralité et données de constructions même que les matériaux utilisés dans la maison mozabite ;

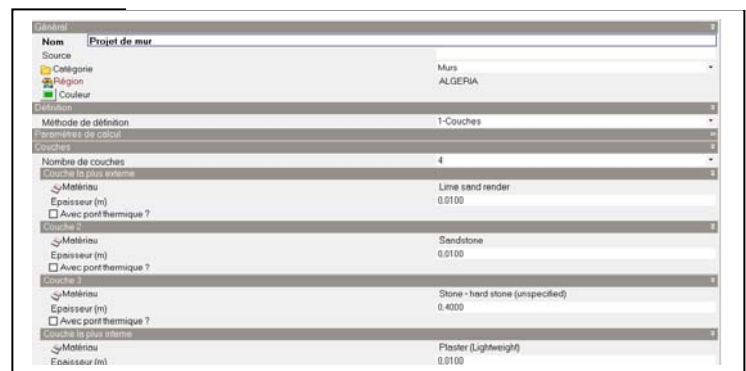


Figure 97 : insertion des données de construction.

Etape 03 : modélisation de maison étudiée.

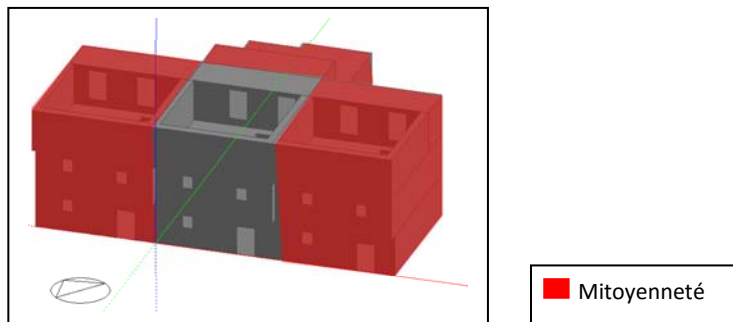


Figure 98 : Modalisation de maison.

Chapitre III : Projet

Simulation et Résultats :

Les besoins énergétiques annuels du bâtiment sont représentés dans la figure. Les valeurs sont de l'ordre de 7721.84 (KWH) pour le chauffage et de 12732.17 (KWH) pour la climatisation soit un besoin total annuel de 20454.01 (KWH). Pour notre bâtiment de surface totale de 205.97 m², la performance énergétique est de l'ordre de 99.32 KWH/m².

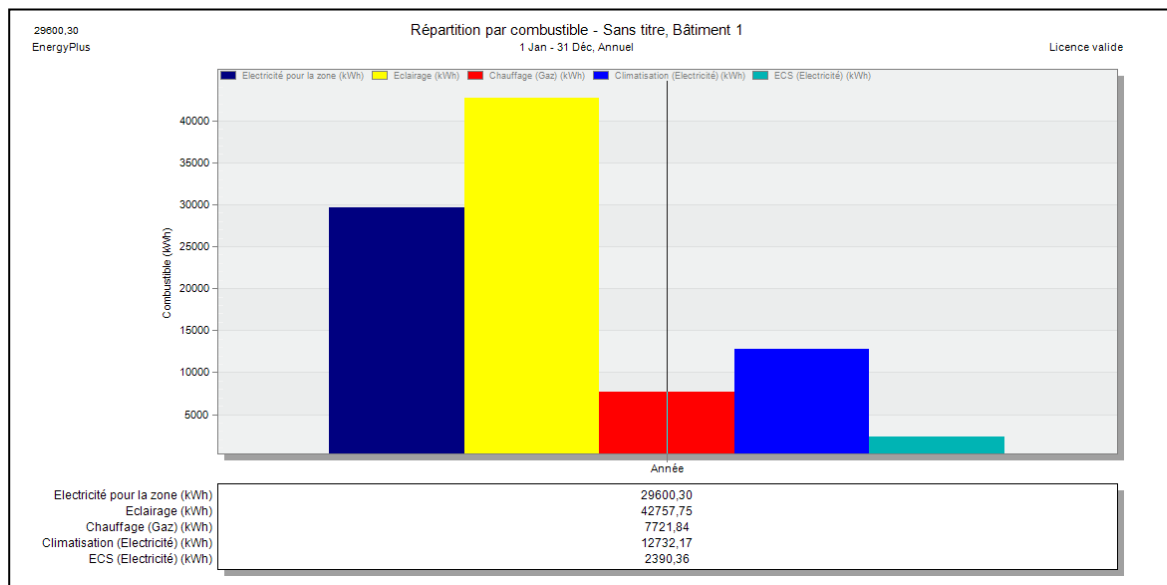


Figure 99 : les besoins énergétiques annuels de maison conçue (projet).

Après la simulation thermique dynamique de notre maison, on peut voir que les besoins énergétiques ont réduit par rapport aux deux maisons étudiées (maison el atteuf et maison tafilet), donc on peut dire que on 'a réussi à fusionner entre les principes de la maison mozabite et les concepts de la maison de Tafilet, notre maison classée dans la classe C ; ce qui fait maison haut performance.

Consommation énergétique en kWh/m ² par an	Performance de la maison
Moins de 50 A	économique
51 à 90 B	basse consommation
91 à 150 C	haut performance
151 à 230 D	moyenne basse
231 à 330 E	moyenne haute
331 à 450 F	énergivore
Plus de 450 G	très énergivore

Figure 100 : Classement selon la performance énergétique

Source : maisonsur.com

Chapitre III : Projet

5 Conclusion générale :

L'habitat mozabite est un cas révélateur de l'adaptation des architectures traditionnelles. Développée dans un contexte de fortes contraintes, leurs constructeurs ont pu malgré tout, transformer une vallée hostile en un lieu vivable, relativement confortable, répondant ainsi aux besoins de leur communauté durant mille ans.

La réalisation de ces villes extraordinaires est faite avec le peu de ressources naturelles disponibles sur le site et grâce au développement de techniques affinées avec le temps et l'expérience ils ont pu s'adapter à ces conditions extrêmes en apprenant comment vivre avec un environnement aride de manière décente. Ils ont mis au point une architecture climatique adaptée à l'environnement.

L'étude de l'architecture mozabite devient ainsi intéressante, en termes de logique d'implantation, d'utilisation économe des ressources, des techniques d'adaptation climatiques ainsi que l'interprétation spatiale d'un contexte culturel et social particulier. Sa durabilité réside dans sa possibilité de s'adapter à un contexte, à un environnement naturel et humain déterminé, en exploitant au mieux ce qui est disponible localement pour atteindre le maximum de confort possible. Une ingéniosité qui lui a permis de survivre mille ans et rester fonctionnelle jusqu'à nos jours.

D'après la lecture qu'on a faite et le projet qu'on a proposé, M'zab représente une bonne leçon d'architecture, une mine d'enseignements et une réserve de solutions efficaces du point de vue de la soutenabilité. Elle mérite, alors, d'être revisitée et développée pour résoudre les questions de l'époque contemporaine. De ce fait, ce patrimoine vernaculaire gagne alors de l'intérêt et devient d'une vraie utilité d'exemplarité pour répondre à des problématiques de la vie contemporaine. C'est une vraie leçon de création d'un climat de vie malgré les conditions climatiques difficile, la persistance au fil des siècles lui donne une qualification durable. Ce développement a pu réconcilier les aspirations et les exigences de l'homme avec un climat aride, une économie difficile à mettre en place, une agriculture sur les petites surfaces, une chaleur accablante qui demande une réflexion profonde avant la réalisation des maison, et l'utilisation des matériaux locaux qui répond aux commandements récents de développement durable, donc, on se trouve devant un modèle durable par excellence.

Chapitre III : Projet

Nous pouvons déduire, à l'issue de l'étude du ksar El atteuf et ksar de Tafielt, que certains principes urbains et architecturaux dans l'intégration climatique, sont considérés comme source référentielle ou patrimoniale dans notre projet. Notre objectif consiste en la création d'un confort thermique à travers des pratiques urbaines comme l'intégration au site dans le respect de l'écosystème existant, la compacité pour réduire la surface exposée à l'extérieur, l'orientation des rues et les conditions aérauliques prévalant sur le plateau.

A l'échelle architecturale, un ensemble de principes architecturaux d'organisation spatiale, vis-à-vis des exigences socioculturelles et des contraintes du climat aride sont appliqués, comme la forme, l'orientation, le traitement des ouvertures et les matériaux de construction, en adéquation avec les principes anciens.

Notre contribution est une ouverture pour poser d'autres questionnements qui traites d'autres angles envers une conception bioclimatique adaptée. On aimerait bien que cette recherche soit un soubassement pour les futurs étudiants qui travaillent sur la même problématique.

Bibliographie :

Livres :

Alain, L & André, De H. (2005). Traite d'architecture et d'urbanisme bioclimatique. Paris – France.

Architecture climatique équilibrée Conception, démarche et dimensionnement, Office fédéral des questions conjoncturelles.

Armand, D. Bioclimatisme et performances énergétiques des bâtiments : Eyrolles.

Brigitte, V. Le guide de l'habitat passif : Eyrolles.

Cote, M. (2005). La ville et le désert – Le Bas-Sahara algérien. : KHARTALA et IREMAM.

Delheure, J. (1986). Faits et dires du M'Zab. Leuven, Belgique : Peeters Publishers.

De Portzamparc, C. (2006). Architecture : figures du monde, figures du temps, Leçons inaugurales au Collège de France, Collège de France/Fayard, Paris, 2006.

Didillon, H., & Donnadiou, C. (1977). Habiter le désert : les maisons mozabites : recherches sur un type d'architecture traditionnelle pré-saharienne (Vol. 6) : Mardaga.

Donnadiou C. et P. / Didillon H. et J-M., (1986) Op. cit.

Entre maison et appartement Habitat intermédiaire, les nouvelles formes urbaines de la ville archipel, composition urbaine, Décembre 2008.

Emelianoff, C. (2010). Les pionniers de la ville durable. Récits d'acteurs, portraits de villes en Europe Villes en mouvement.

Faucheux, S, Joumni, H. (2005) Économie et politique des changements climatiques. Paris : La Découverte.

Fezzioui, N. (2003). Modélisation de la convection forcée lors d'un écoulement d'air chaud à travers un cylindre poreux en vue de stockage de la chaleur sensible de l'habitat. Mémoire de magistère, Centre universitaire de Béchar, 2003. Algérie.

Izard J-L. (1993). Architecture d'étés – Construire pour le confort d'été. France : EDISUD.

Grégoire, B. (2015). Architecture & écologie comment partager le monde habité : Eyrolles.

Jedid, M & Benjeddou, O. (2016). La thermique du bâtiment Du confort thermique au choix des équipements de chauffage et de climatisation : DUNOD.

Louise, R. (2009). Maison écologique, cas pratique. Paris : Eyrolles.

Olivier, C. Collet, A. (2016). 12 solutions bioclimatique pour l'habitat construire ou rénover : climat et besoins énergétiques : Eyrolles.

Pascale, M. Labels d'efficacité énergétique HQE, BBC-EffinErgiE, Maison PassivE, rT 2005/2012, Qualitel .

Paul de Haut. Chauffage, isolation et ventilation écologiques : Eyrolles.

Putnam, R. (1995). Bowling Alone: America's Declining Social Capital. Journal of Democracy, 6, 65-78.

Rardou P, Arzoumanian V. (1978). Archi de soleil. Roquevaire : Parenthèses.

Ravéreau, A. (1982). Le M'Zab, une leçon d'architecture. Paris : Sindbad, 1ère édition en 1951 par Techniques et Architecture.

Roberto gonzalo karl j. Habermann. Architecture et efficacité énergétique. birkhauser basel· boston· berlip40 .

Robillard ,Y. septembre 2011. Vers un bâtiment durable : les équipements et solutions d'efficacité d'énergétique, document d'efficacité d'énergétique.

Serfaty-Garzon, P. (2003). Le Chez-soi : habitat et intimité. Dictionnaire critique de l'habitat et du logement.

Sari,D .Le m'zab une création ex-nihilo en harmonie avec des principes égalitaires de ses créateurs : ANEP.

Serfaty-garzon, P. (1999). Psychologie de la maison. Une archéologie de l'intimité, Montréal : du Méridien.

Solange, T. (2007). Développement durable et communications , Presses de l'Université du Québec .

Sophie, T. Matériau, matière d'architecture soutenable : Choix responsable des matériaux, presses, universitaire de louvain.

Valin, M. (2007). La maison met le cap au sud, article paru dans la revue science & vie ,," La maison du XXIe siècle"" n° 241. France.

L'Agence pour la Promotion de la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie - APRUE ;
Guide pour une construction Eco-énergétique en Algérie.

Article:

Bencherif M, Chaouche S, 2013. La maison urbaine a patio, réponse architecturale aux contraintes climatiques du milieu aride chaud. Sécheresse 24 : 203-13.

Boucherf, D. (2006). Variabilité et changement climatique au Sahara, in actes du séminaire "Habiter les déserts" Ghardaïa 2006.

Deshayes, M. A., & DISSART, J. C. (2015). L'habitat individuel dense en Drôme et en Ardèche : Quelles pistes de réussite ? (Doctoral dissertation, Association Départementale d'Information pour le Logement de la Drôme, 44 rue Faventines, 26000 Valence).

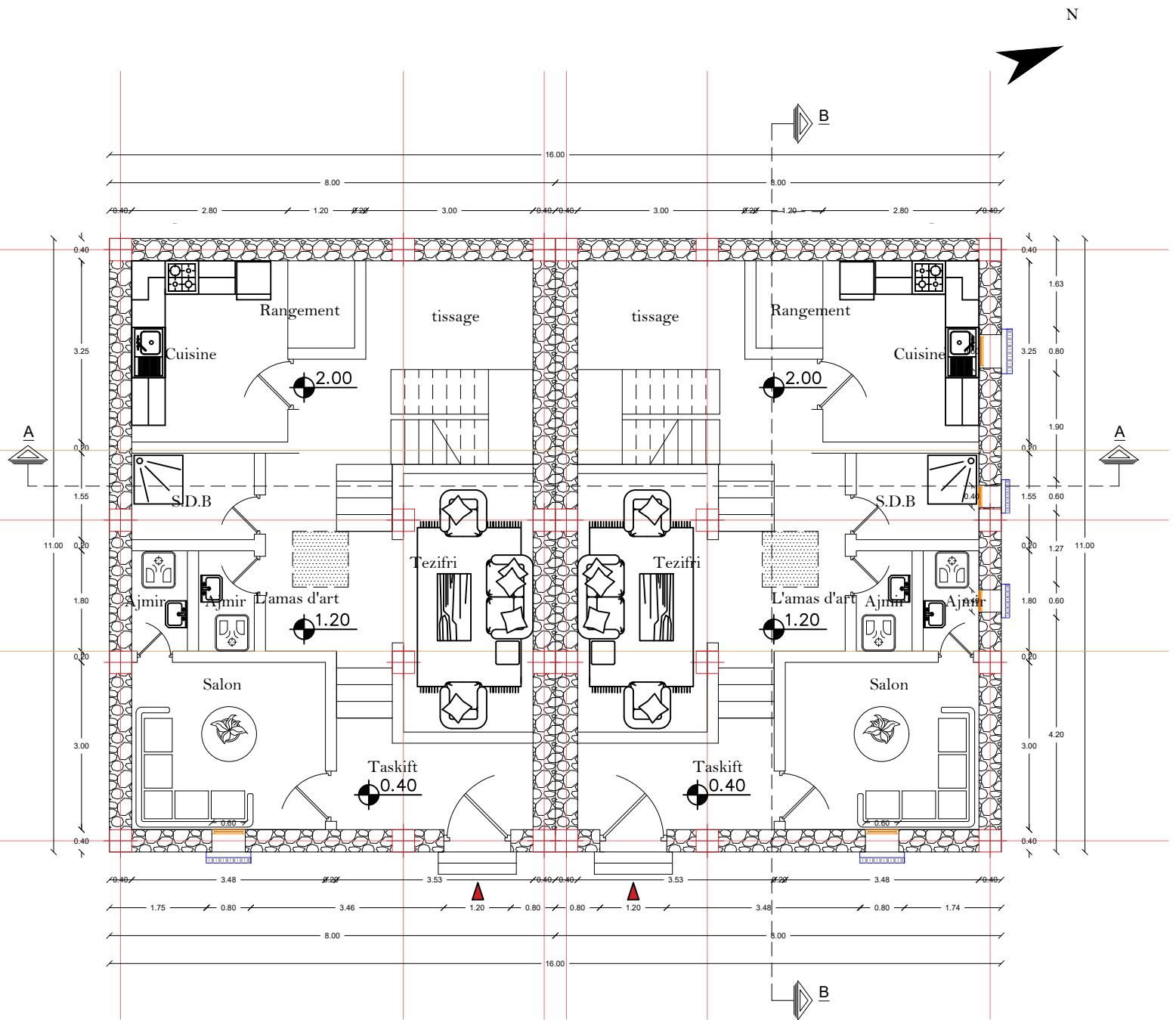
Habitat Traditionnel, Architecture et { ORF } Dans le secteur sauvegarde de la ville du M'ZAB
1411 H / 2019 J-C .

Hammoudi, A. (2014). Le patrimoine ksourien, mutation et devenir. Le cas du Zab El Gherbi-Tolga (Doctoral dissertation, Université Mohamed Khider Biskra).

Zune, A. (1994) « Les Ksour » in revue d'architecture et d'urbanisme Habitat Tradition Modernité (H.T.M.) n°2, Editions Arcco. Alger.

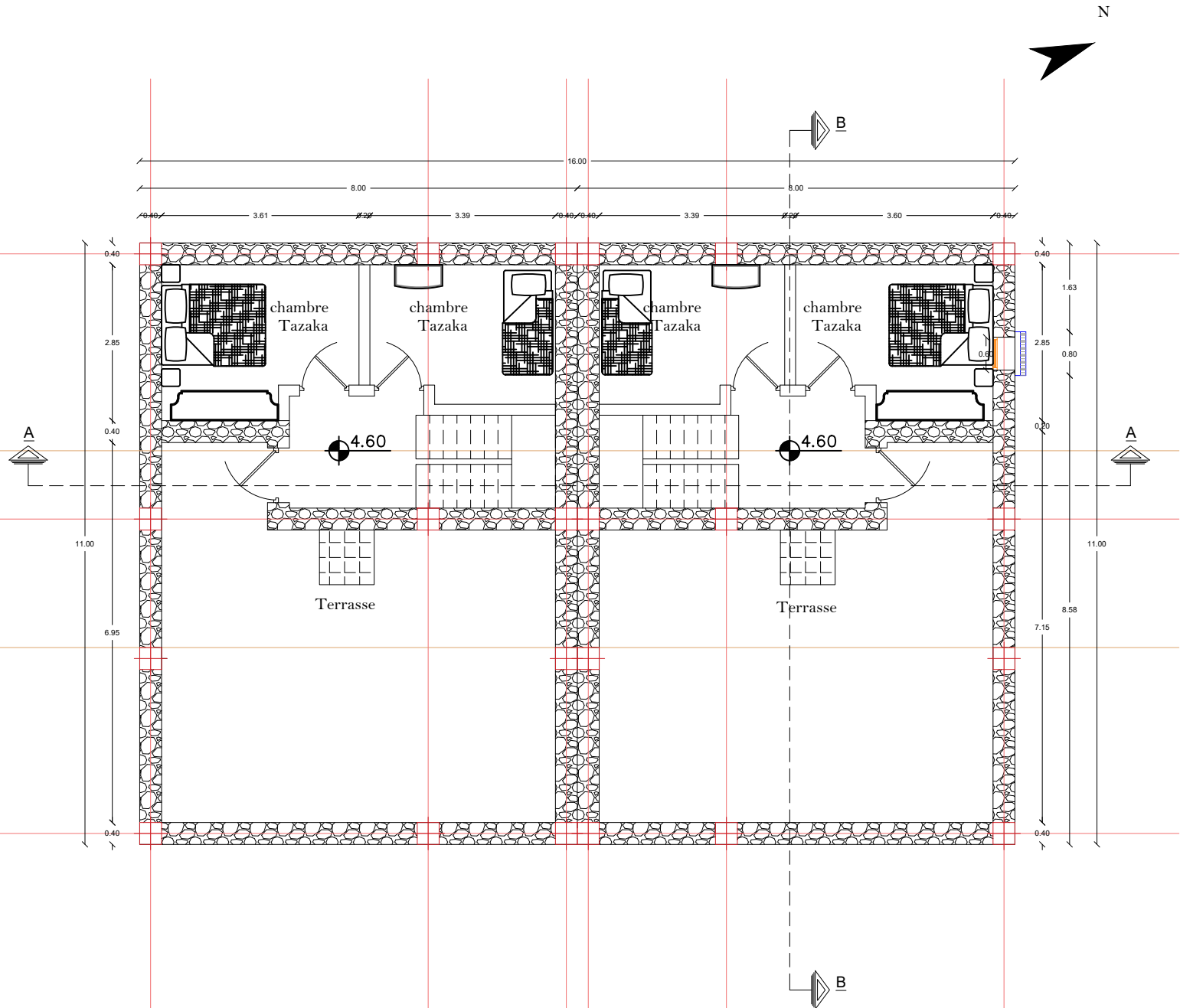
DOSSIER GHRAPHOQUE

Maison jumelée
plan RDC



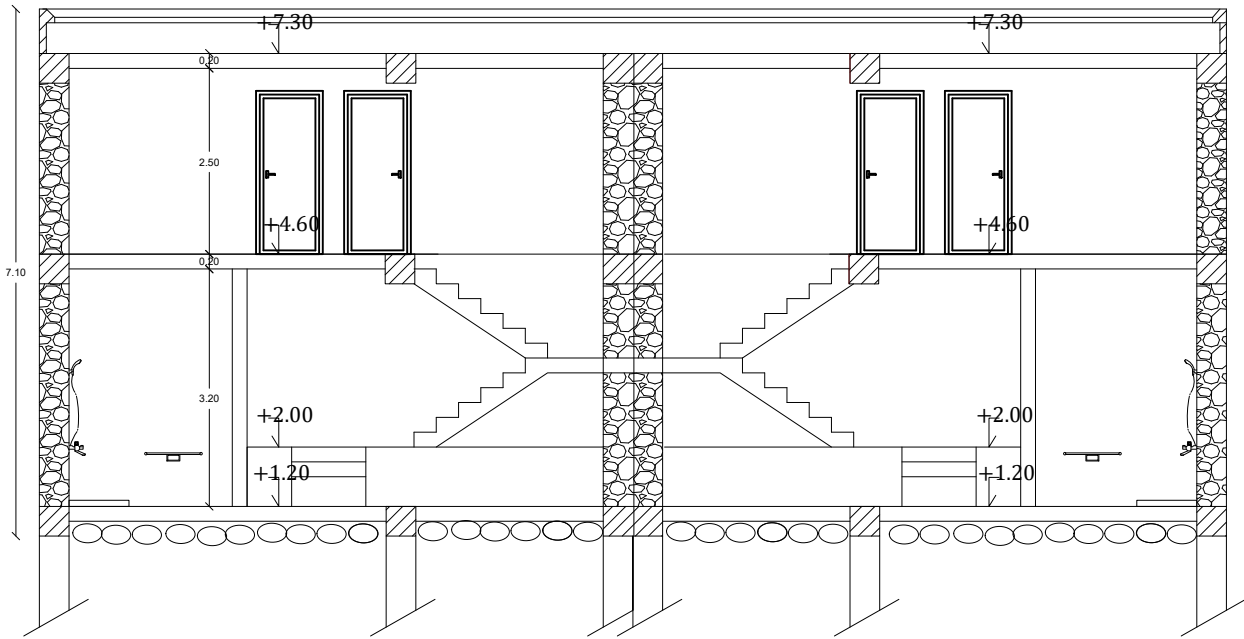
Maison jumelée

PLAN 1^{er} ETAGE

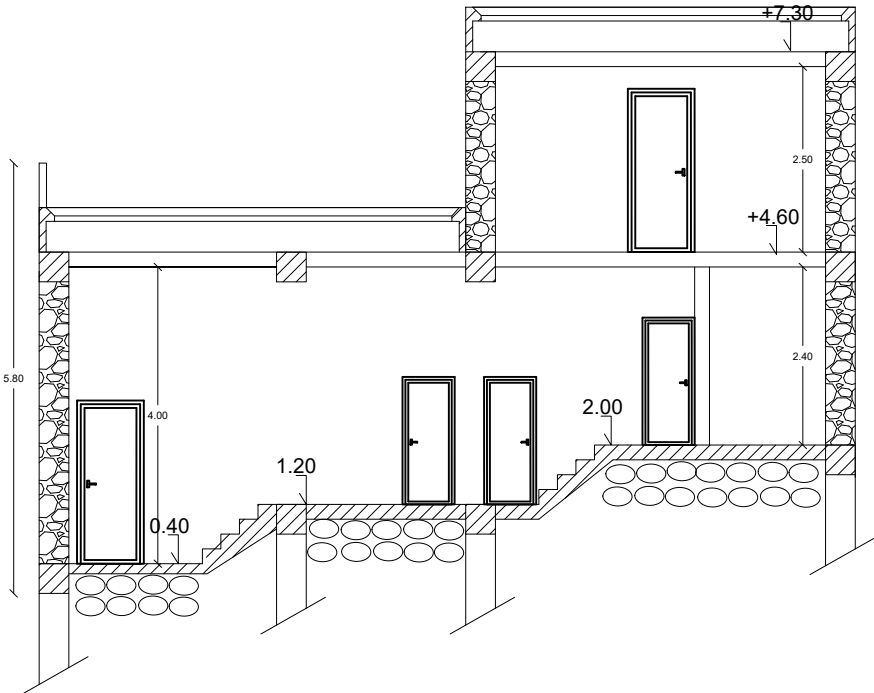


échelle 1/100

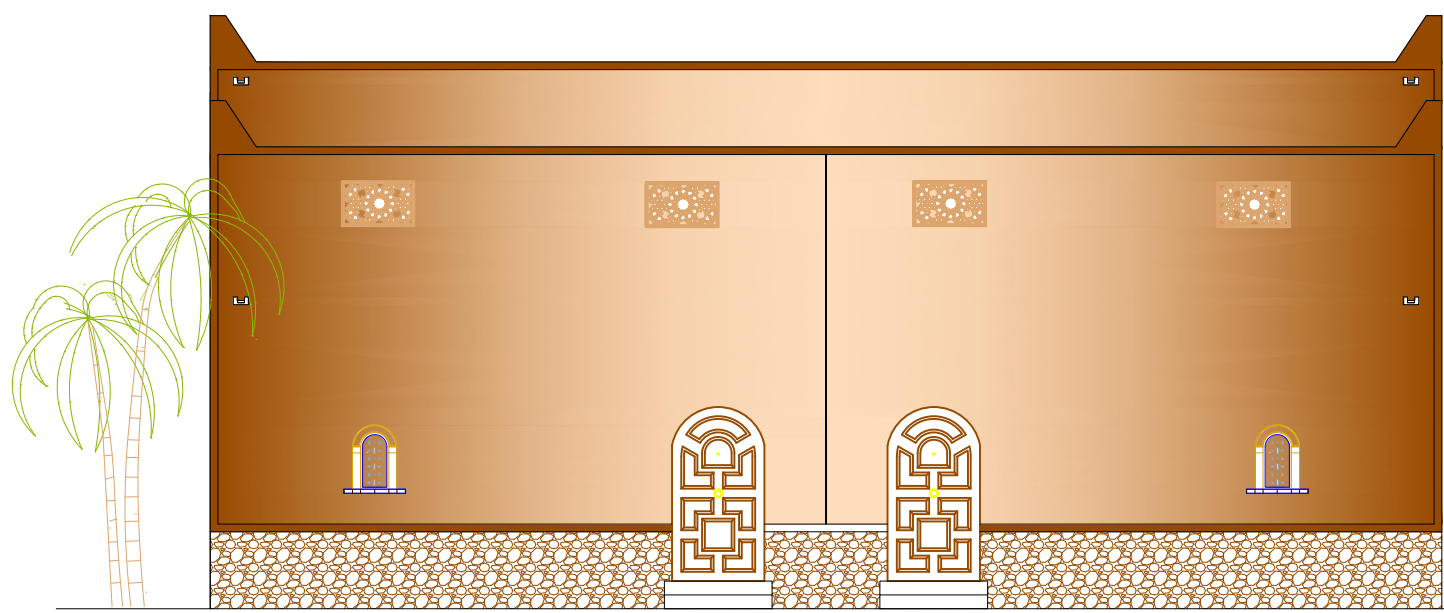
Coupe AA



Coupe BB

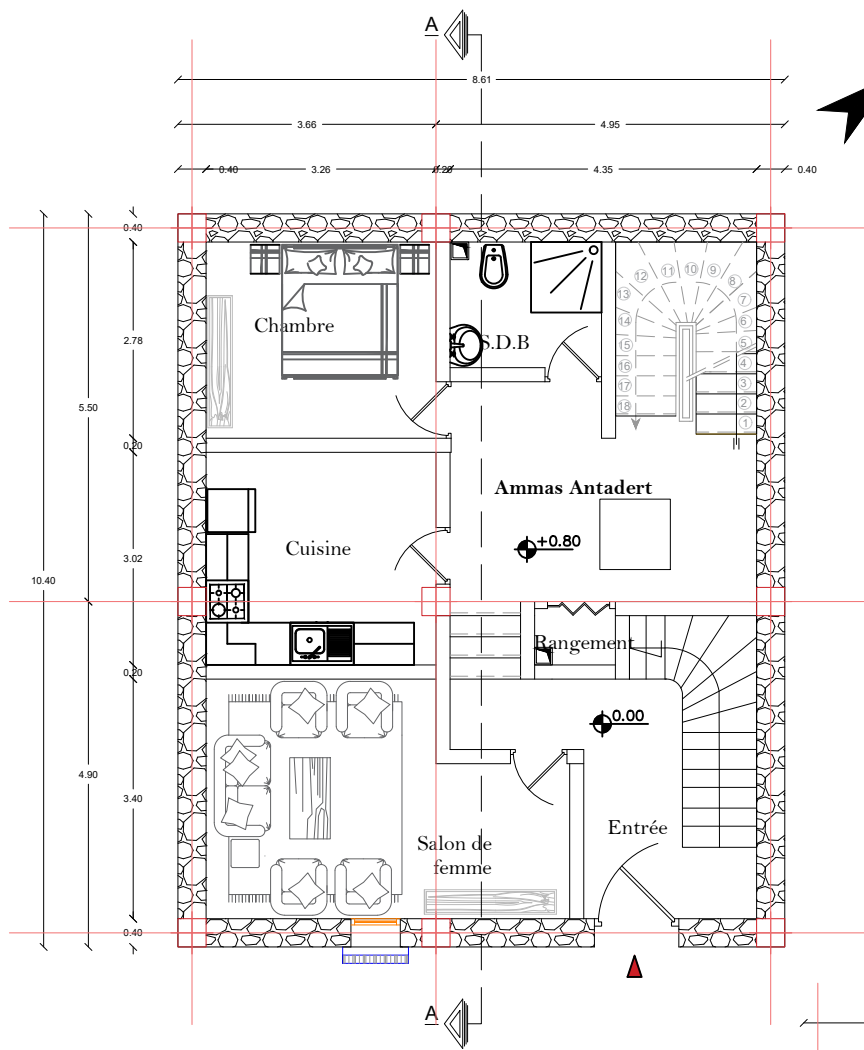


Façade principale

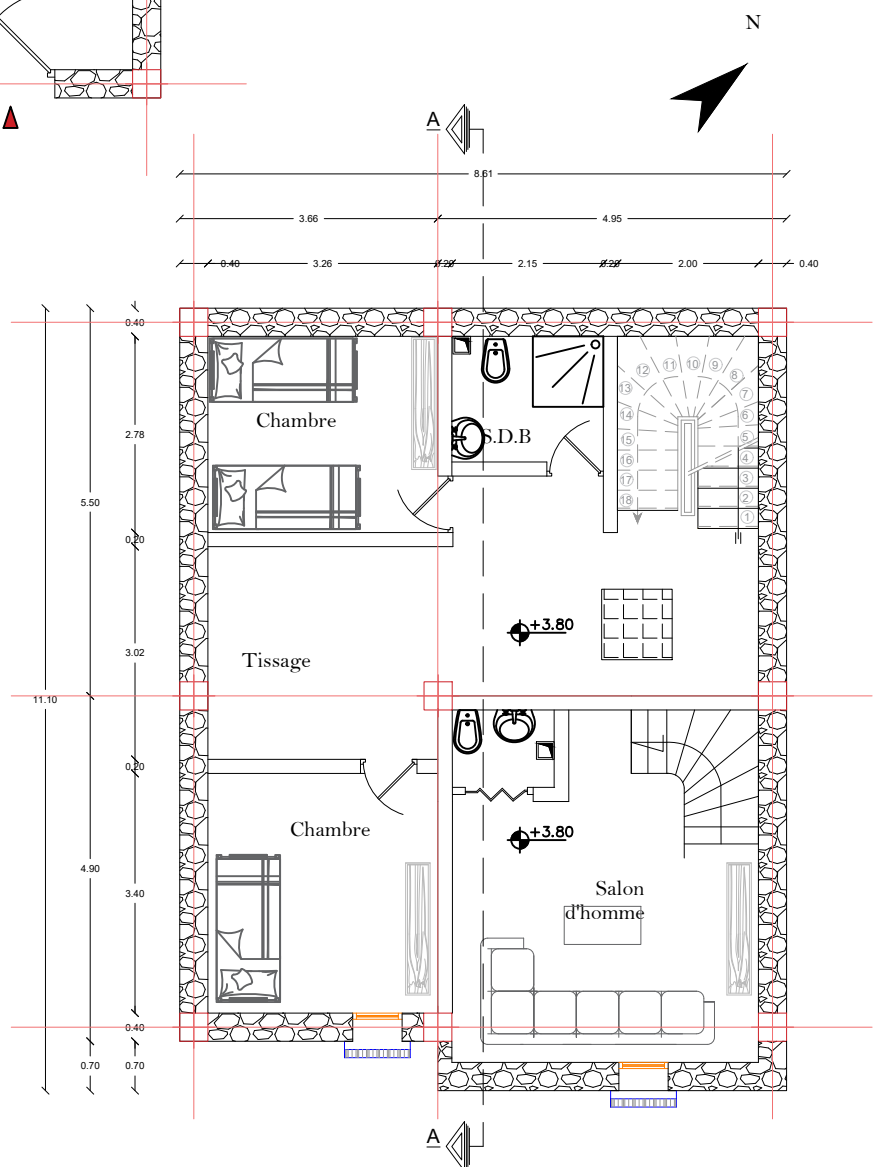


3D



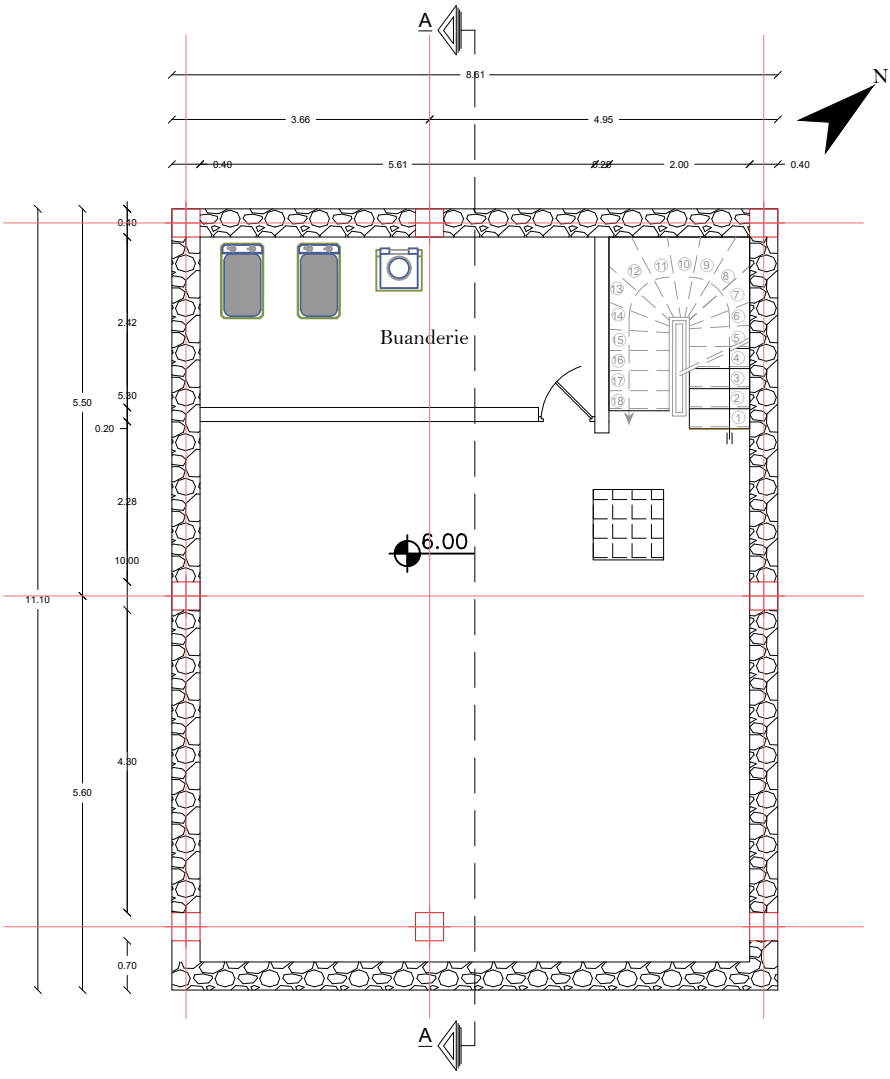


Maison jumelée
plan RDC

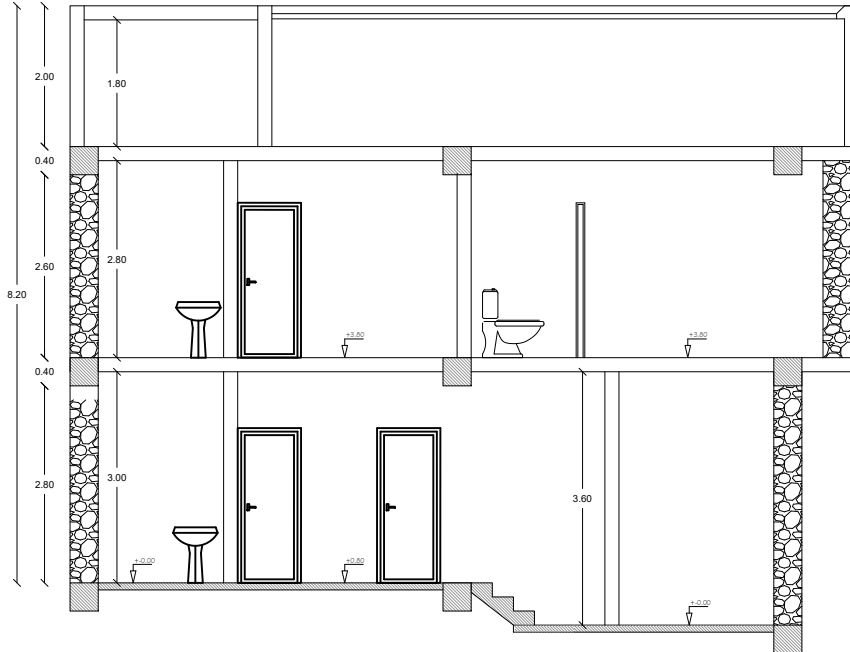


Maison jumelée
PLAN 1er ETAGE

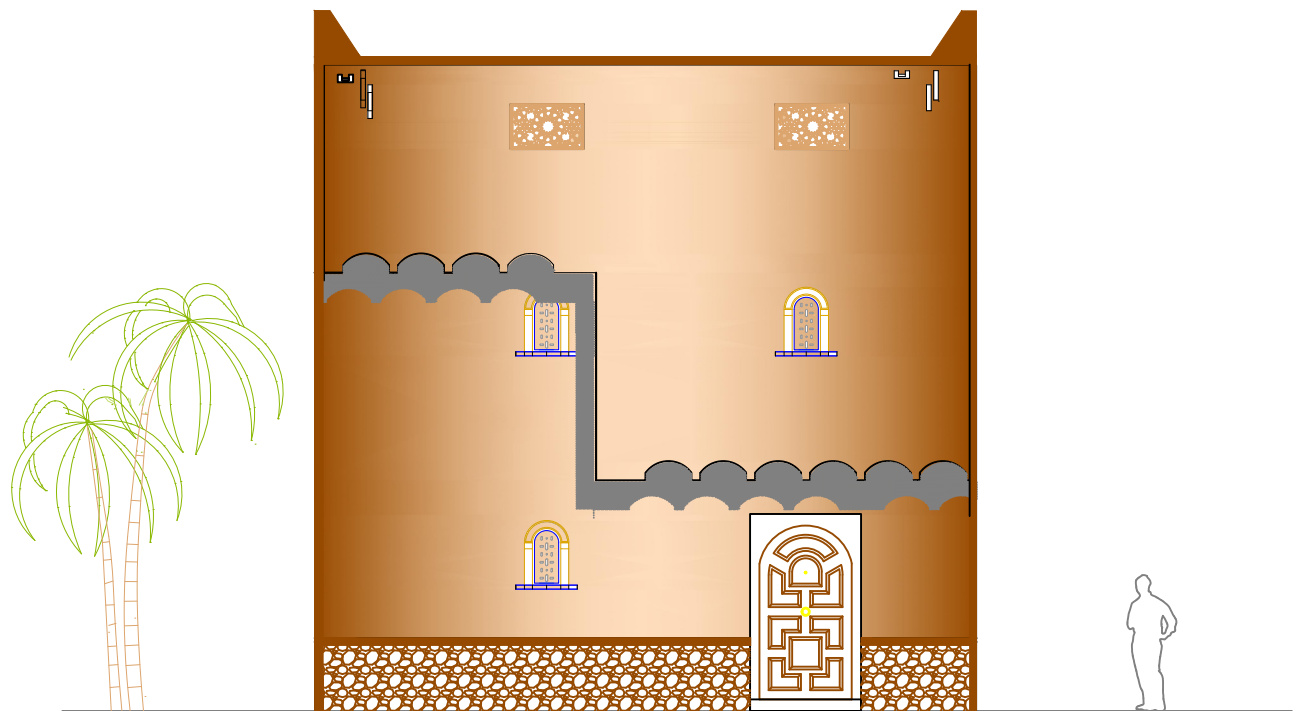
Maison jumelée
PLAN Terrasse



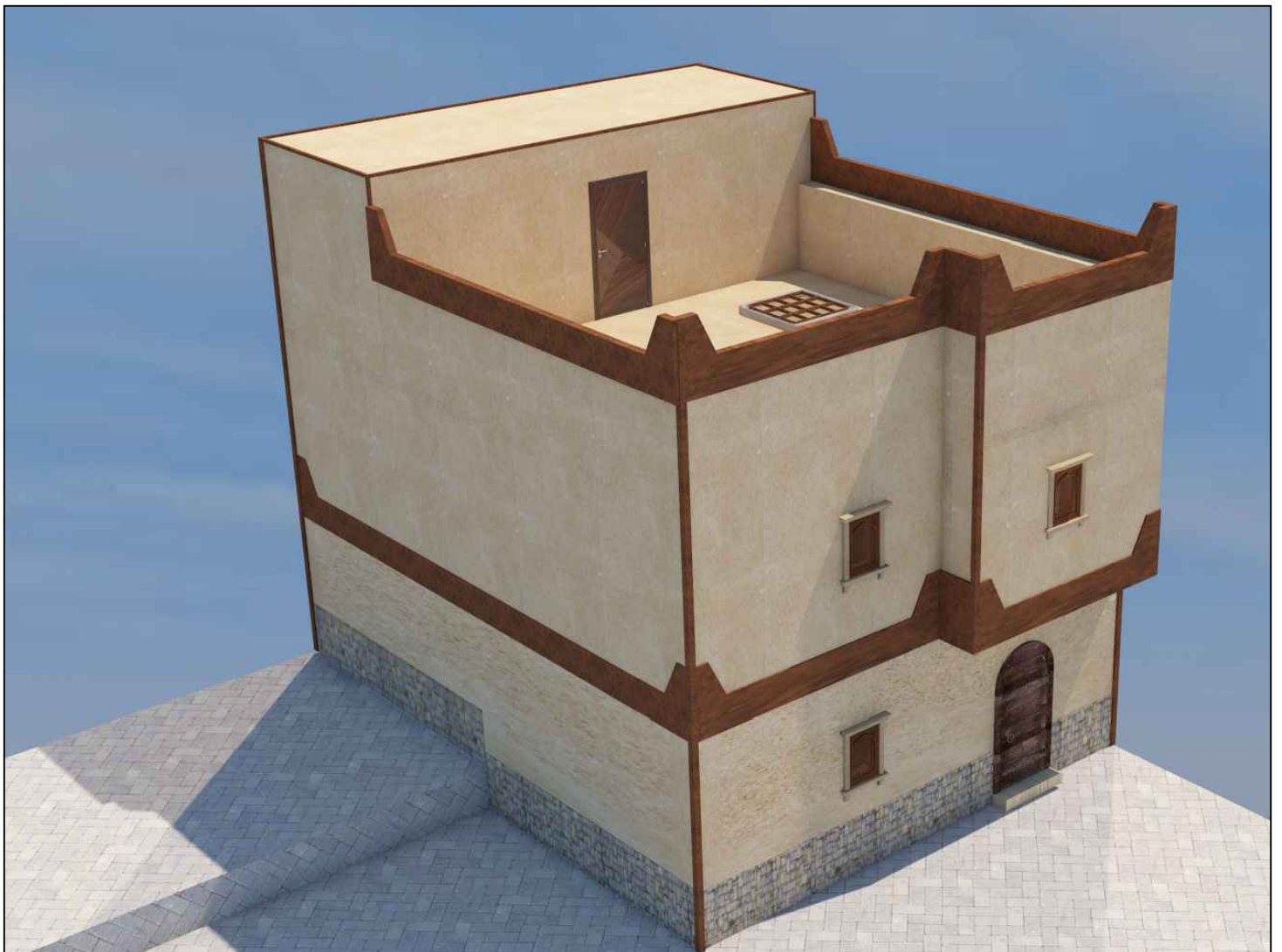
Coupe AA



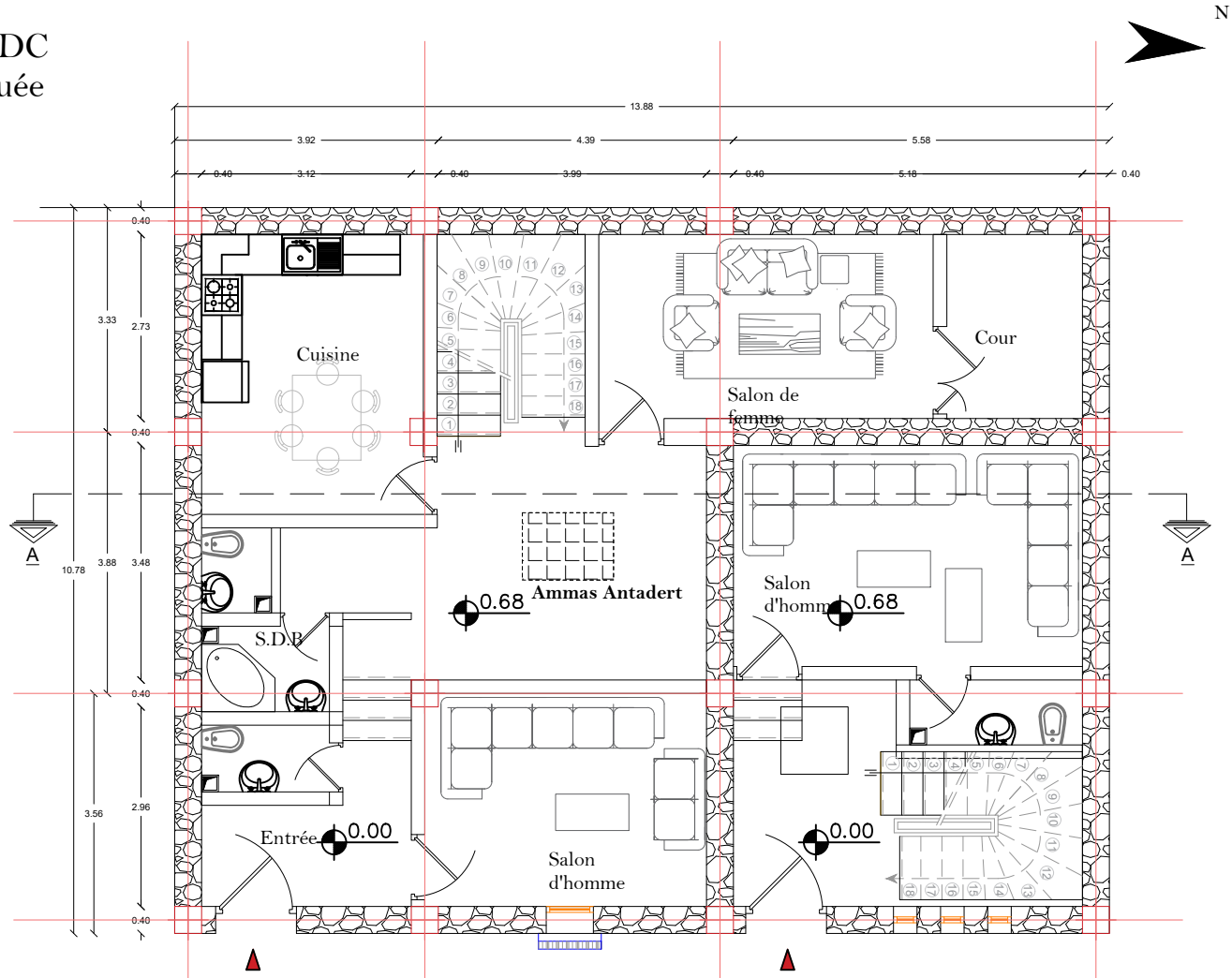
Façade principale



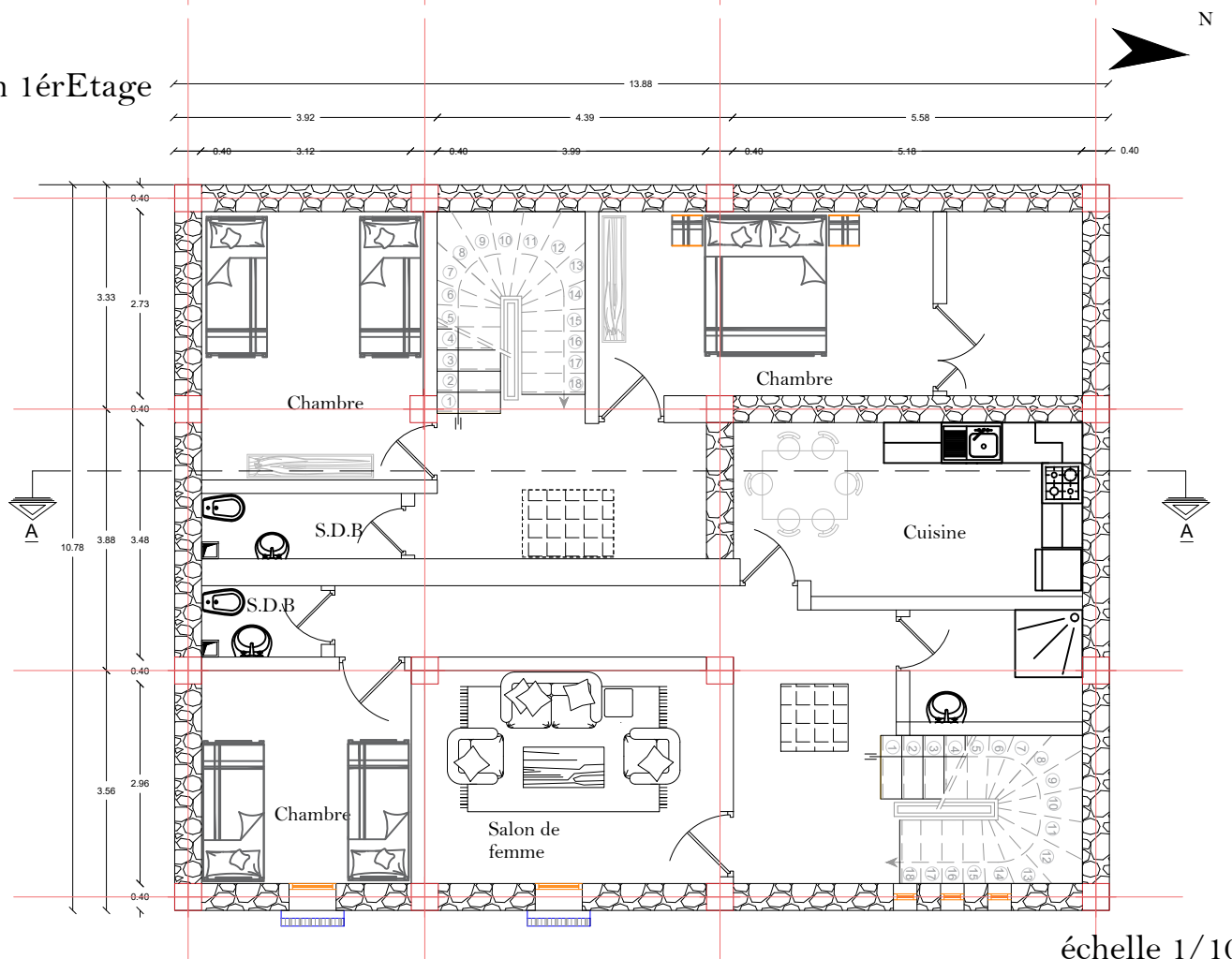
3D



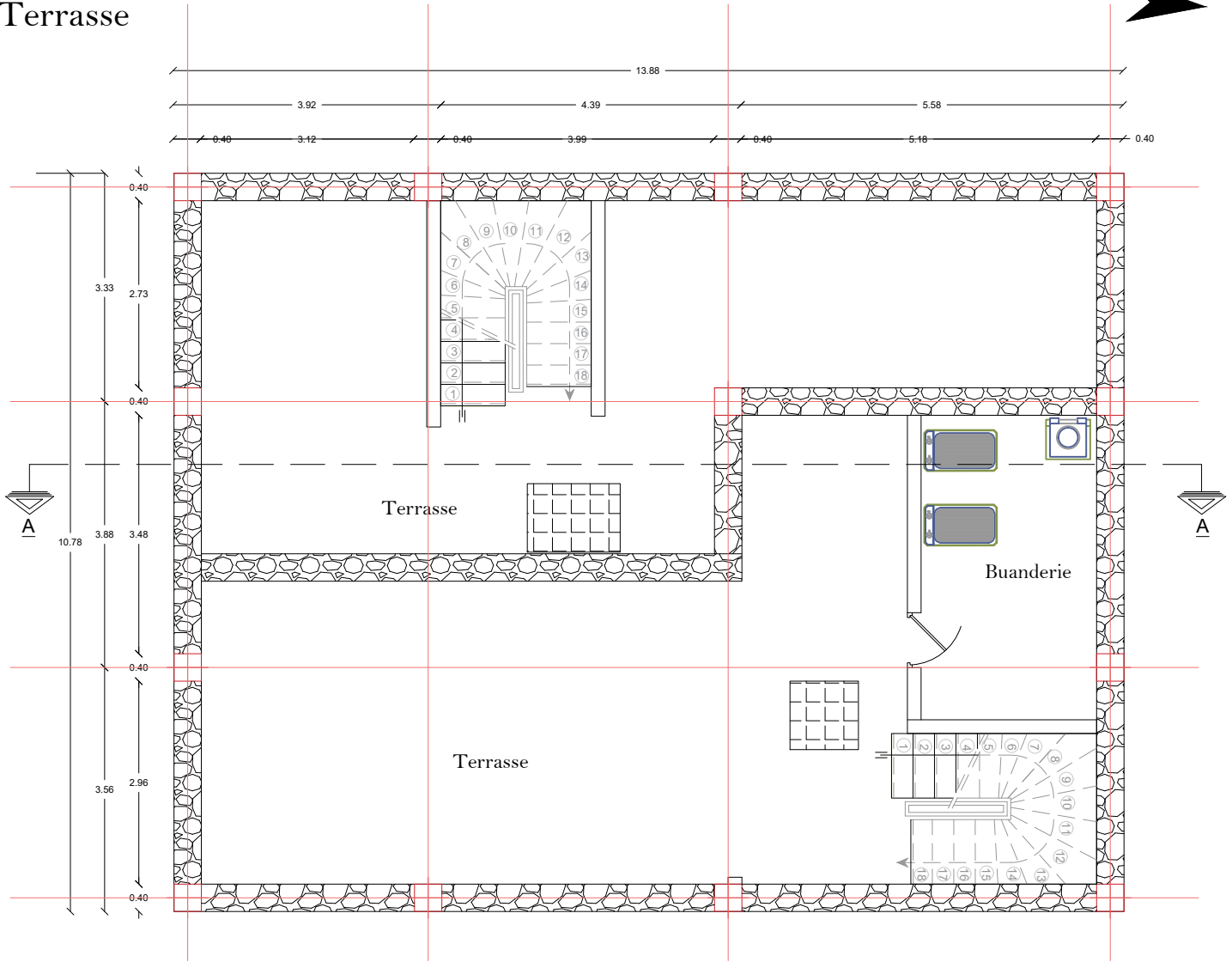
Plan RDC
imbriquée



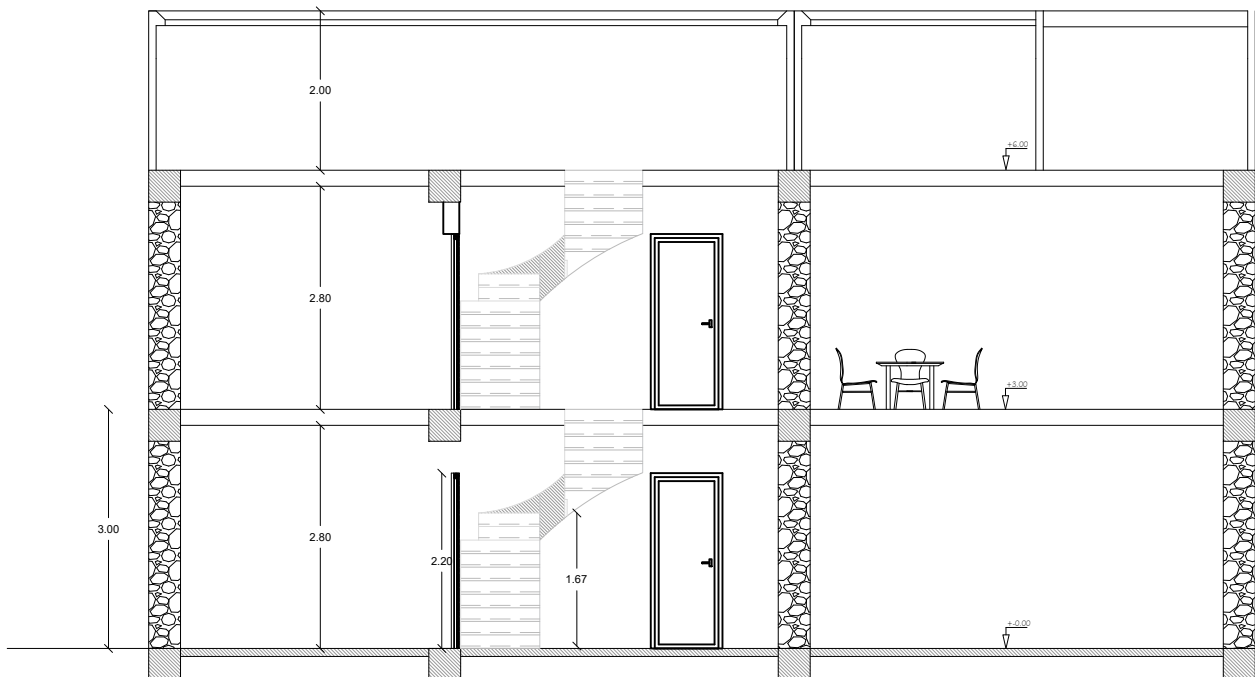
Plan 1erEtage



Plan Terrasse

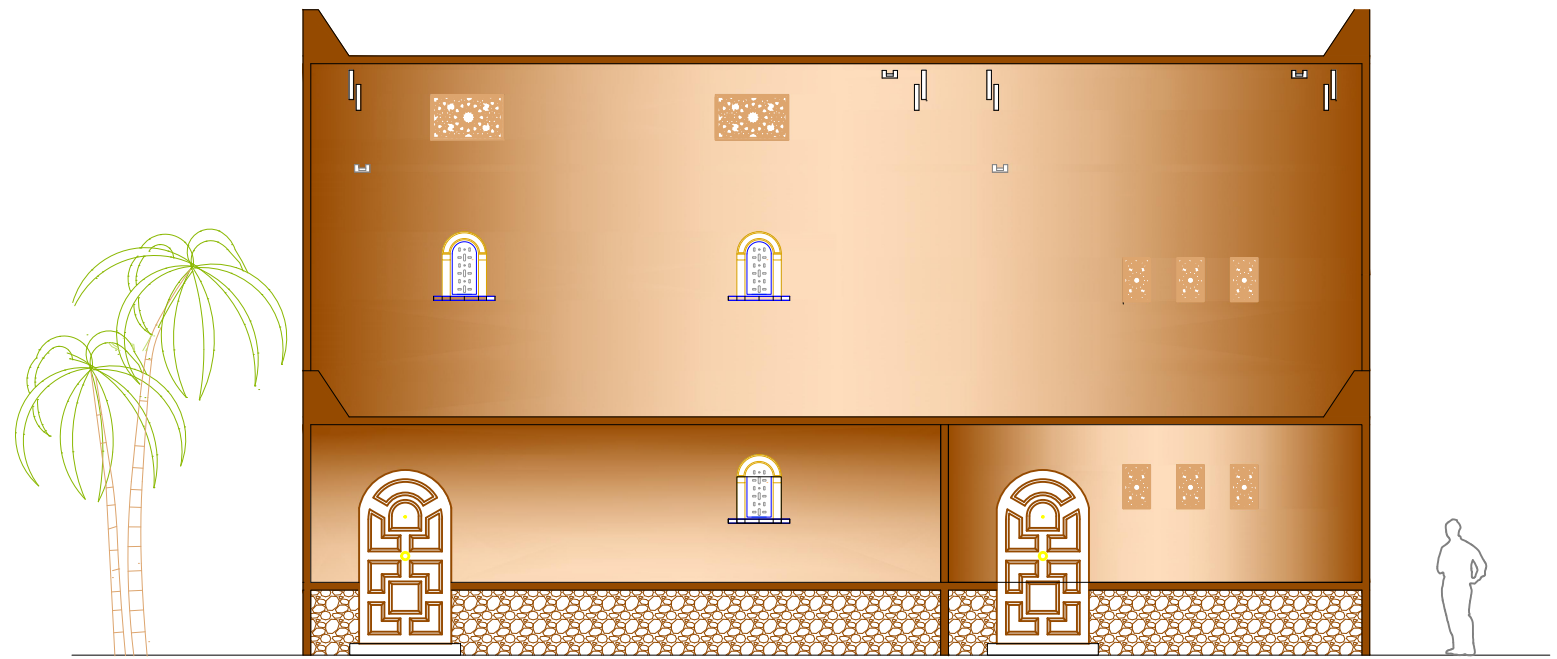


Coupe AA

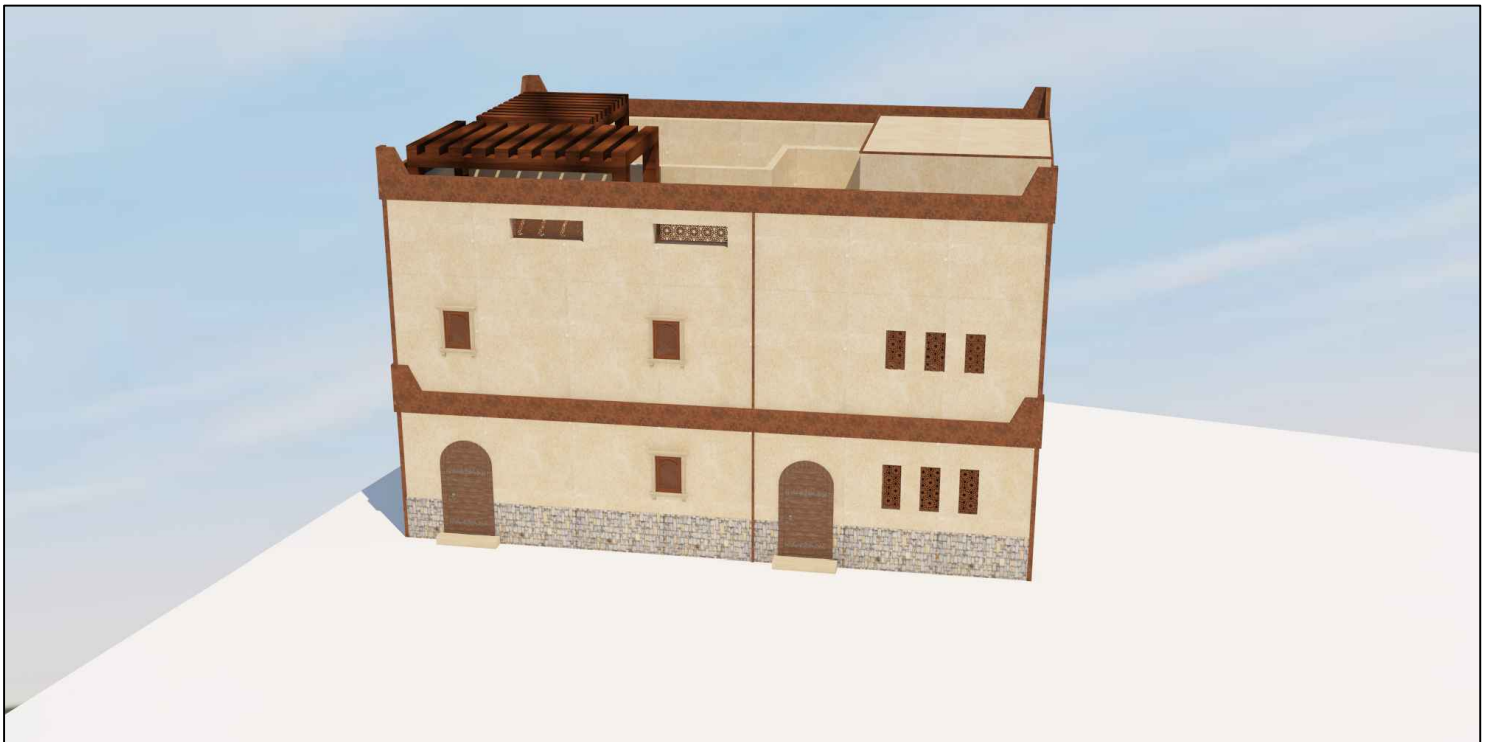


échelle 1/100

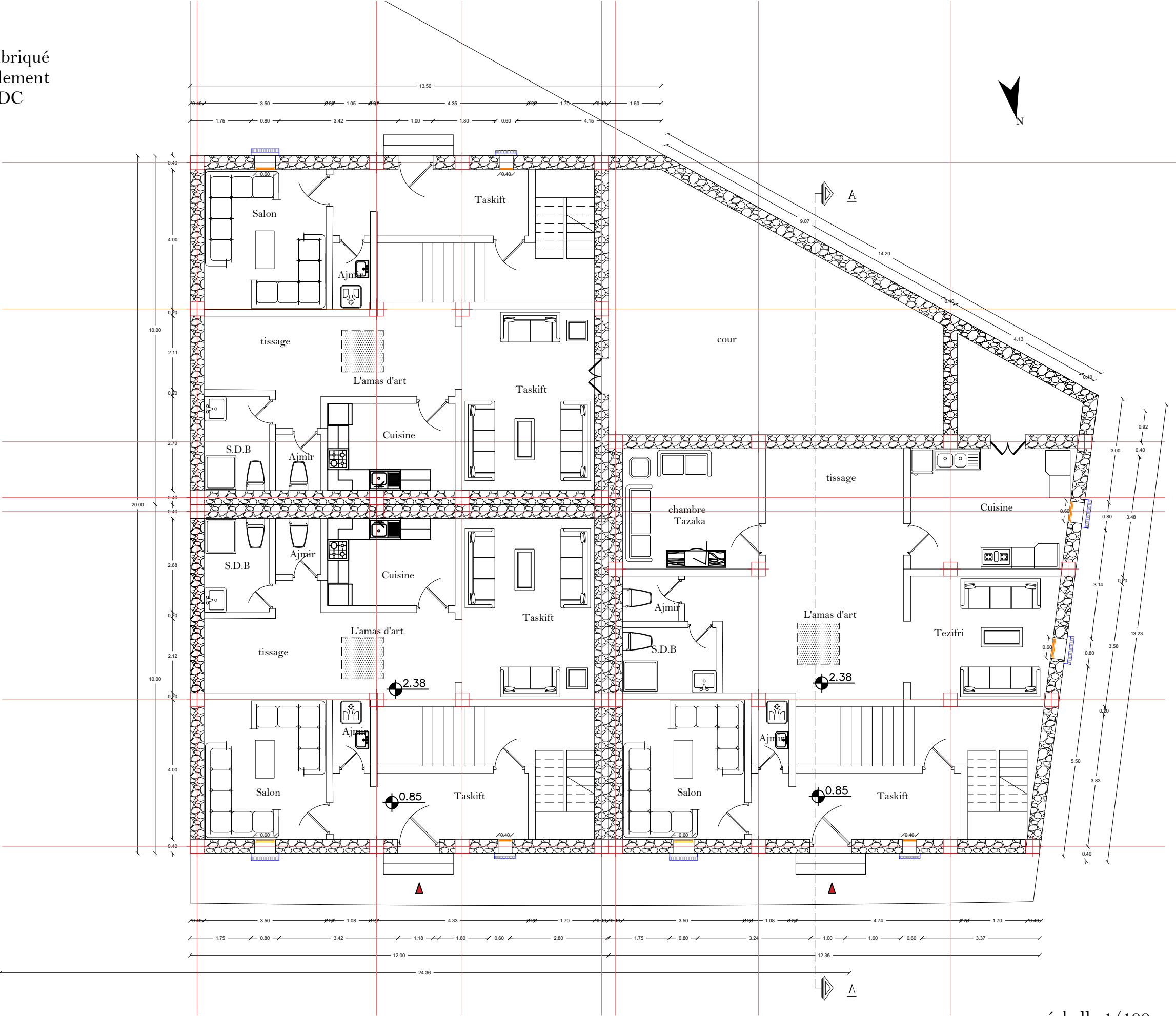
Façade principale



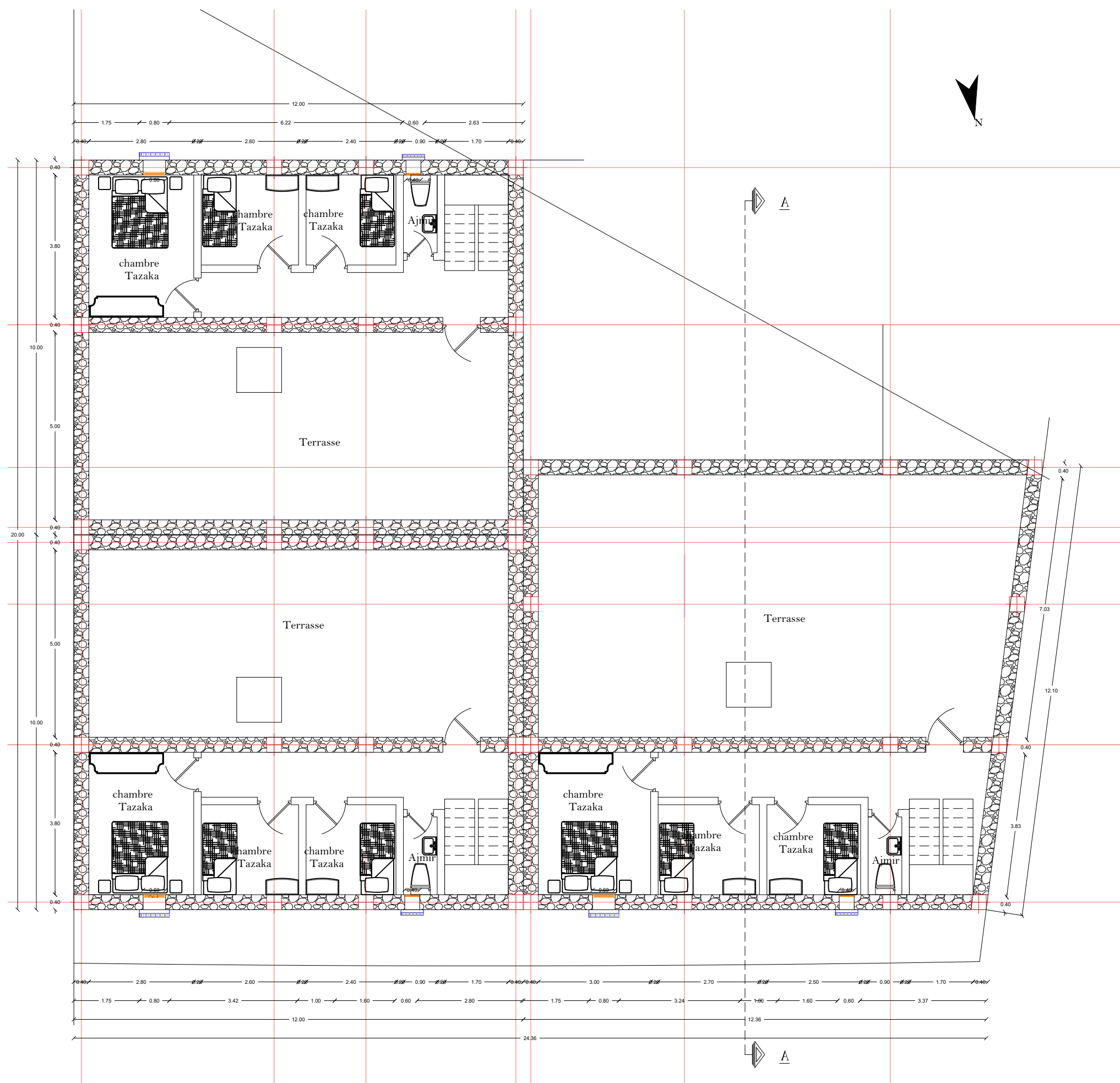
3D



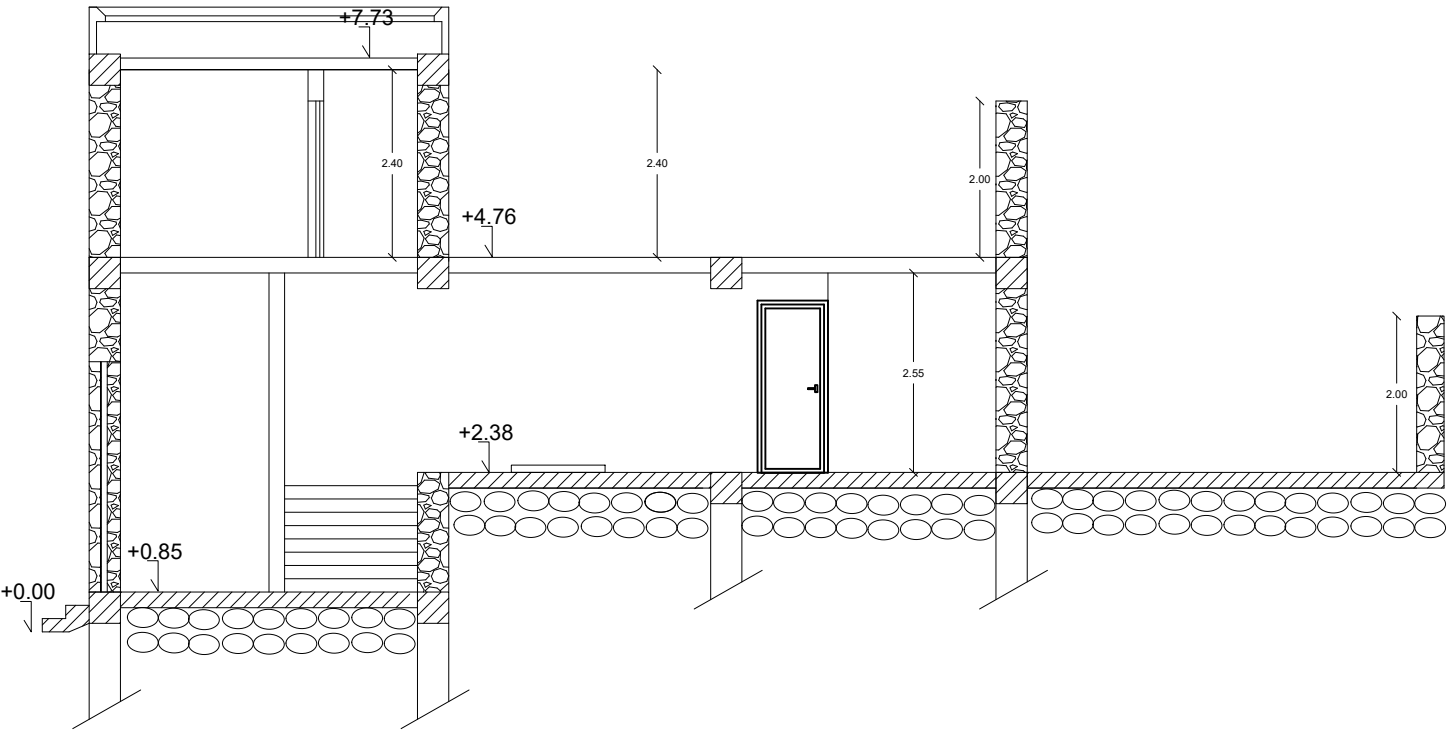
Maison imbriquée
horizontalement
plan RDC



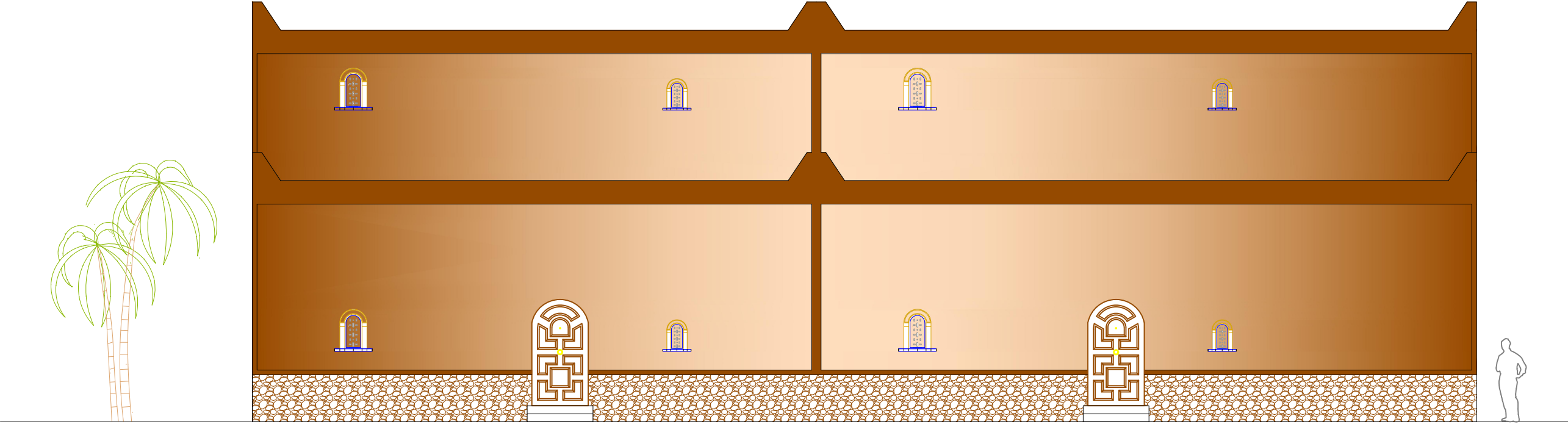
Maison imbriqué
horizontalement
plan 1ér Etage



Coupe AA



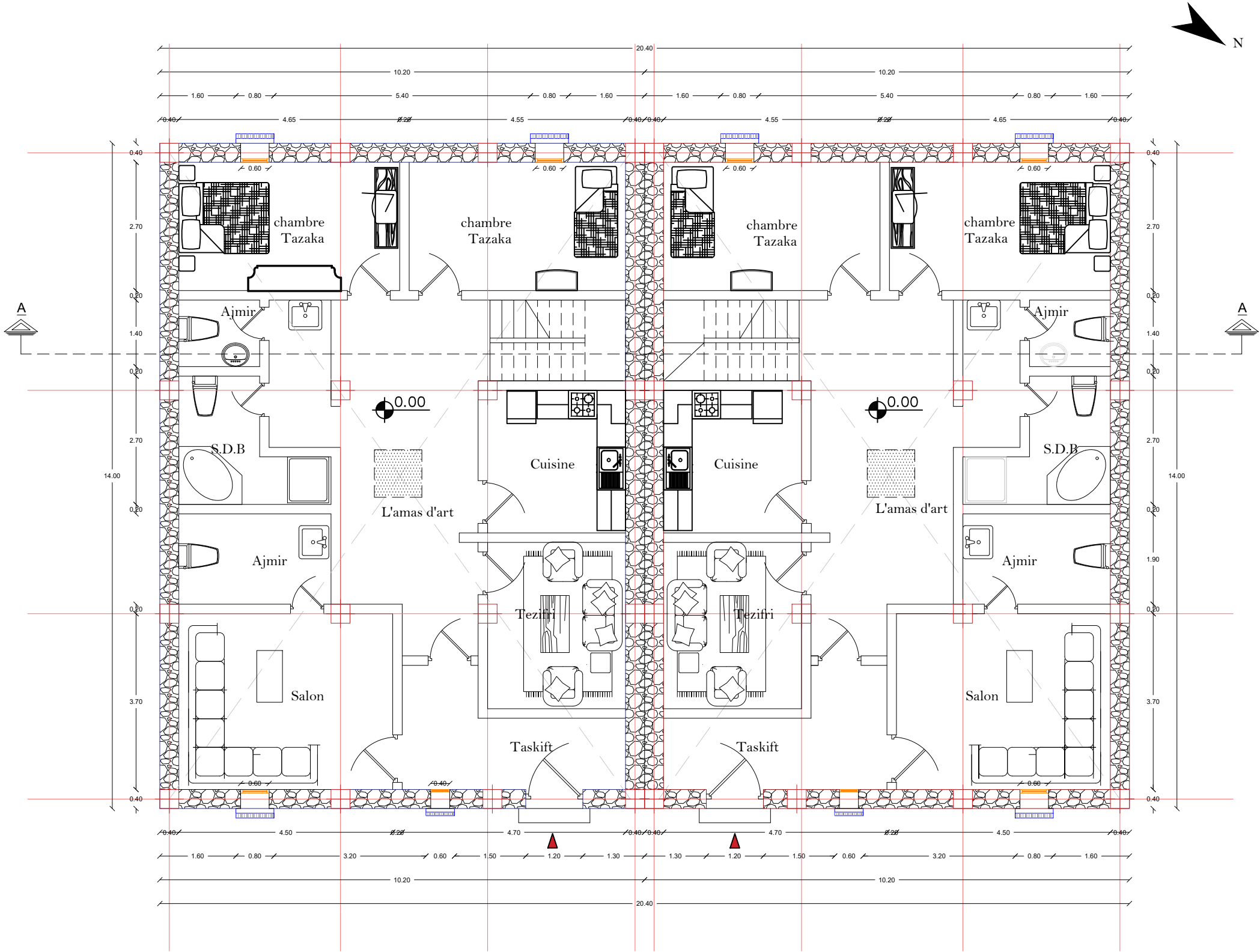
Façade principale



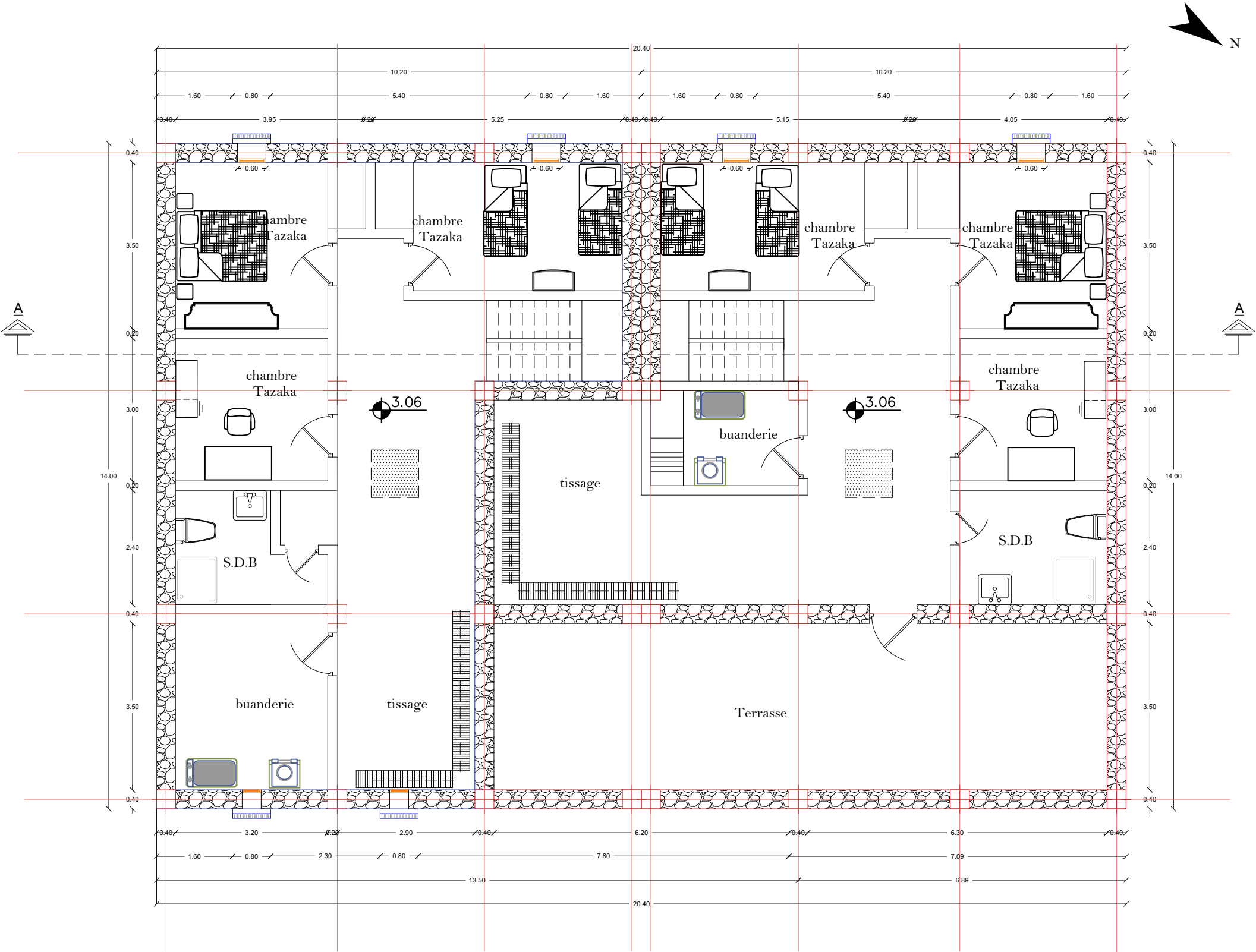
3D



maison imbriqué verticalement
plan RDC

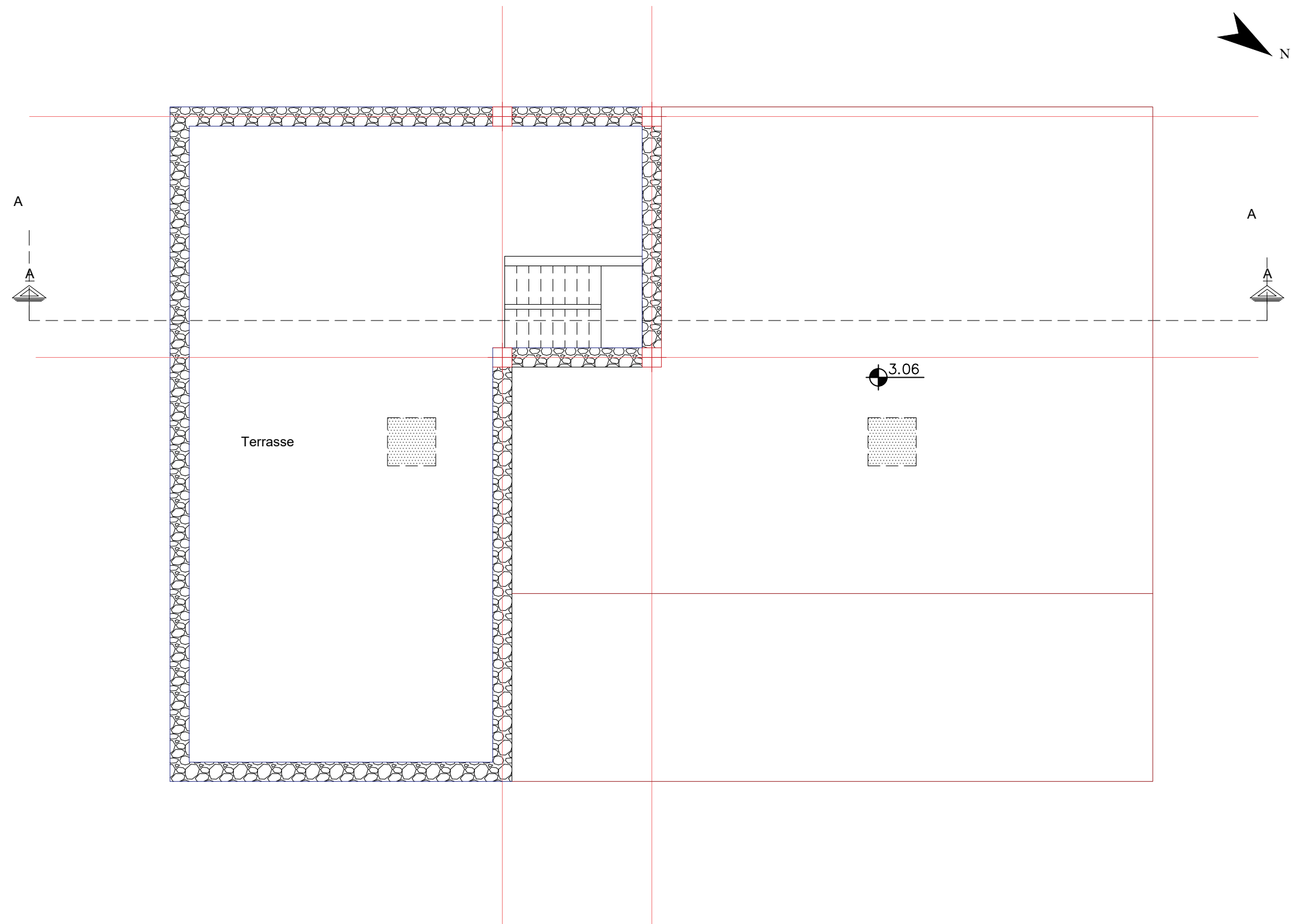


maison imbriquée verticalement
PLAN 1^{er} ETAGE



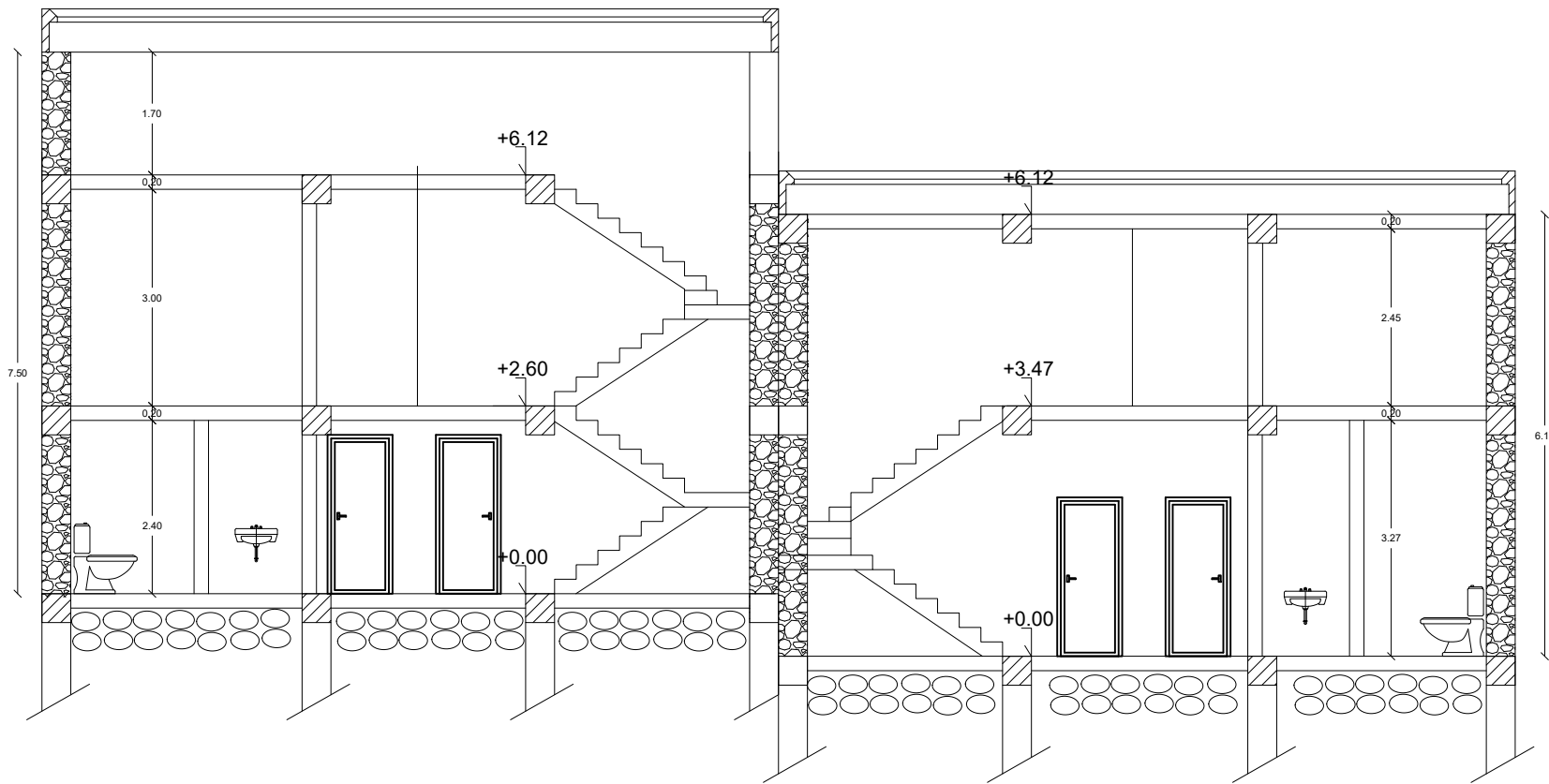
échelle 1/100

maison imbriqué verticalement
PLAN Terrasse

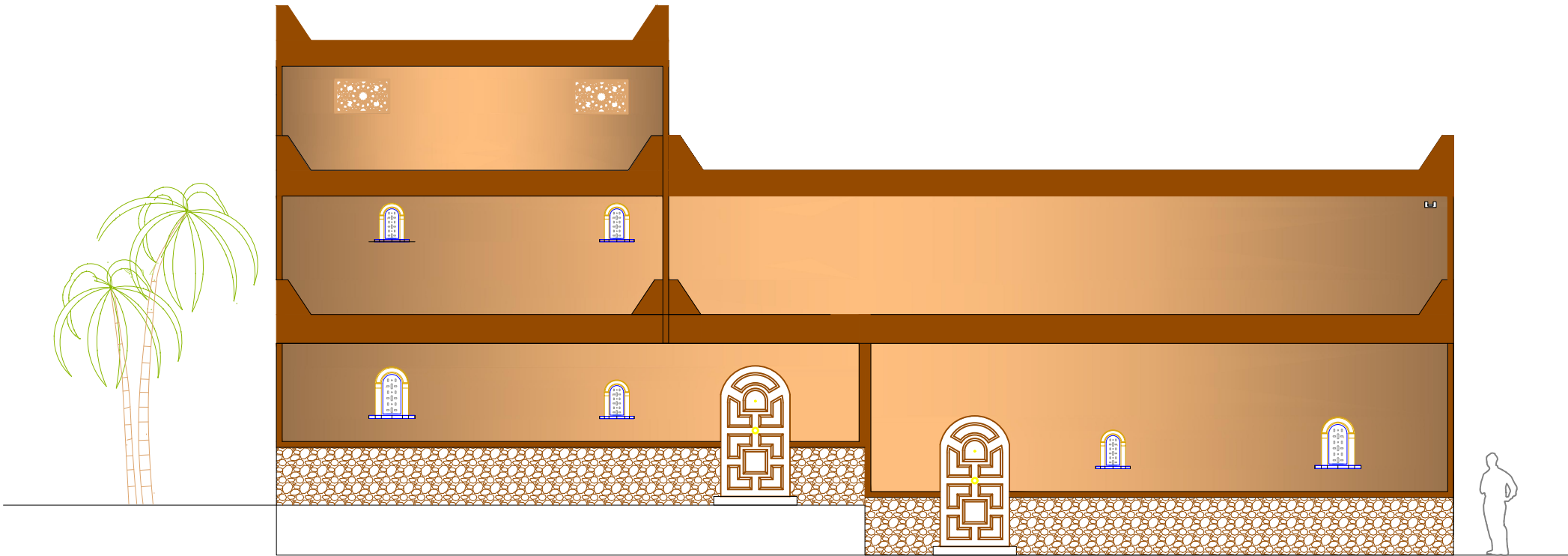


échelle 1/100

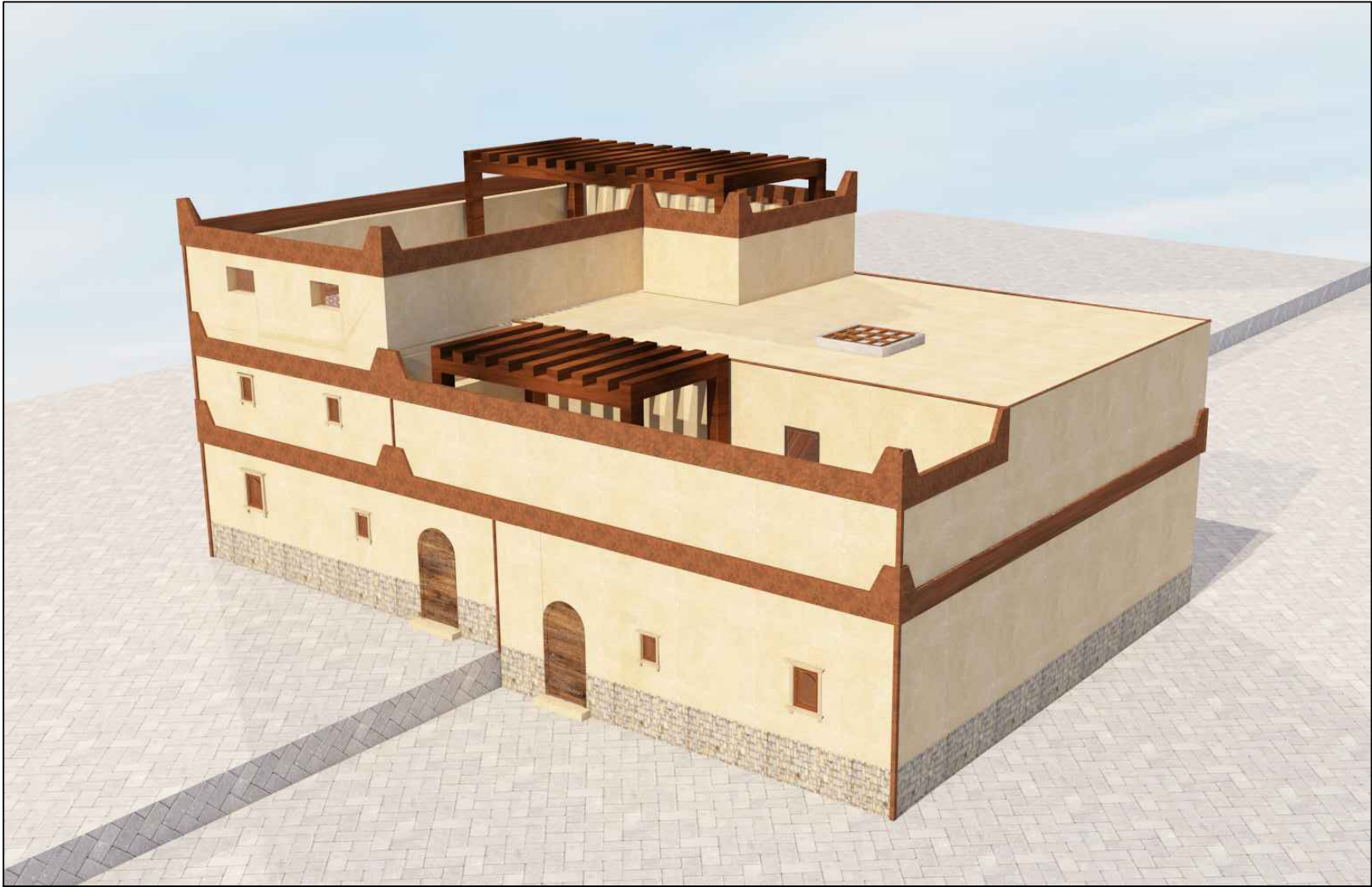
Coupe AA



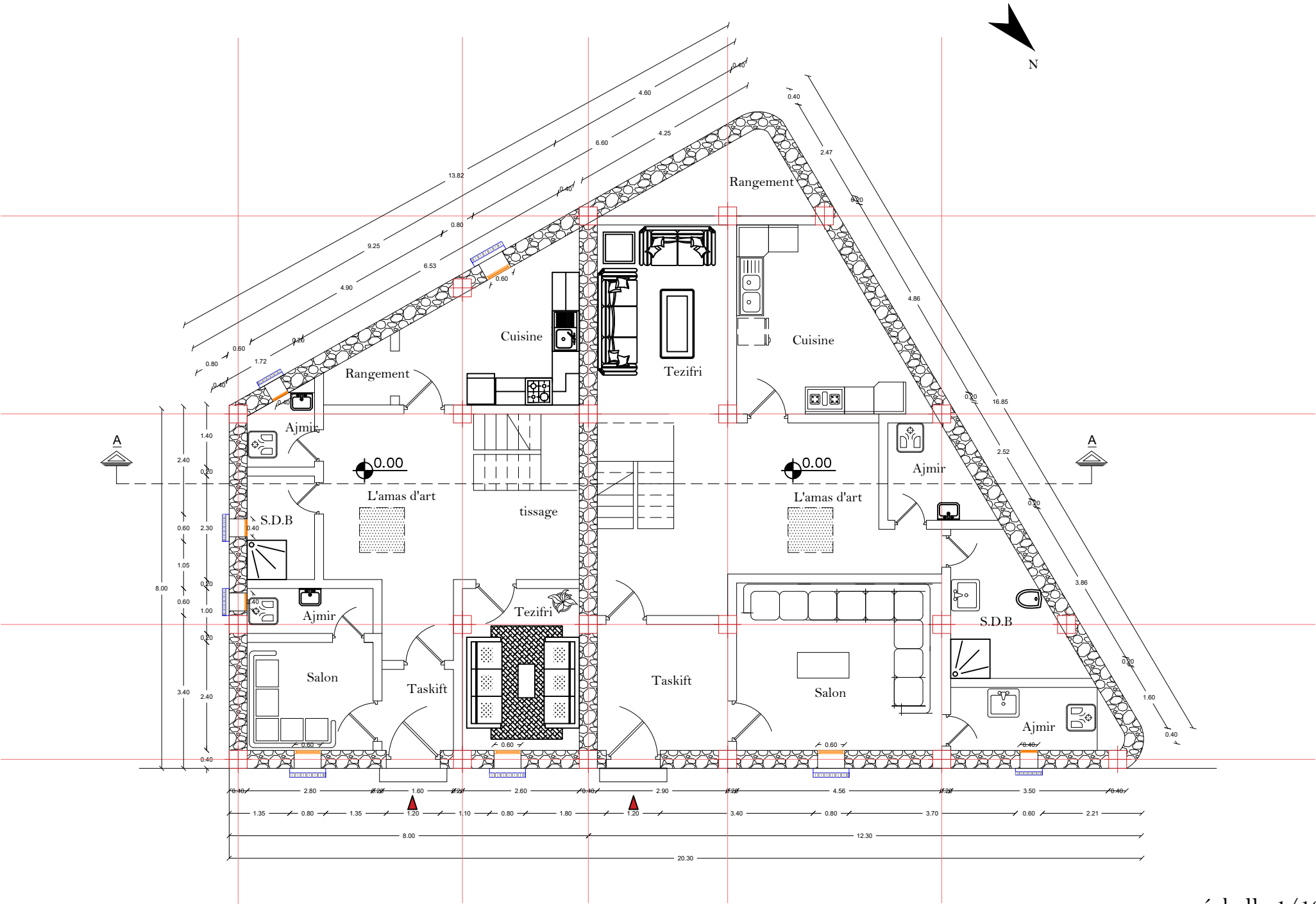
Façade principale



3D

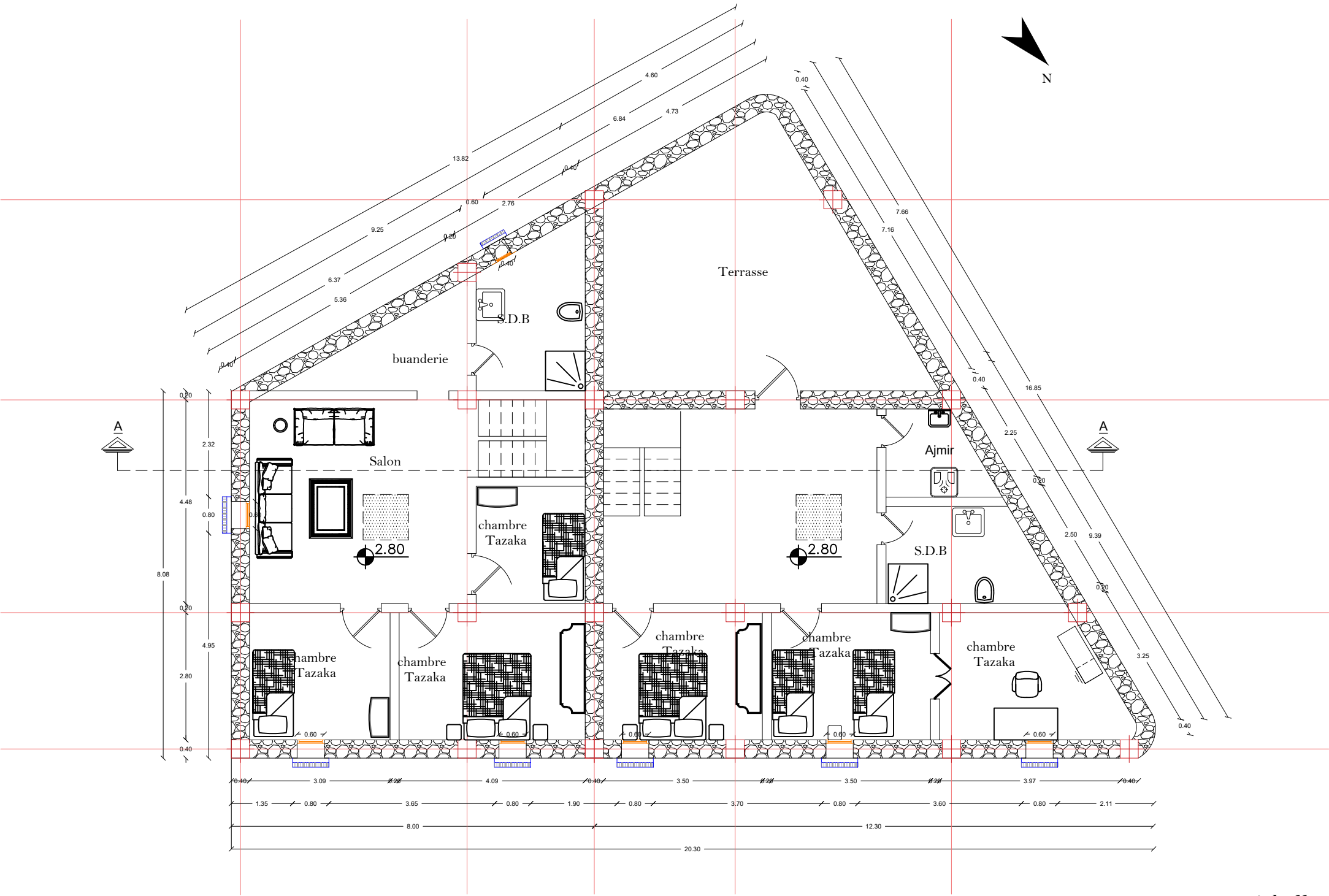


Maison superposé
PLAN RDC



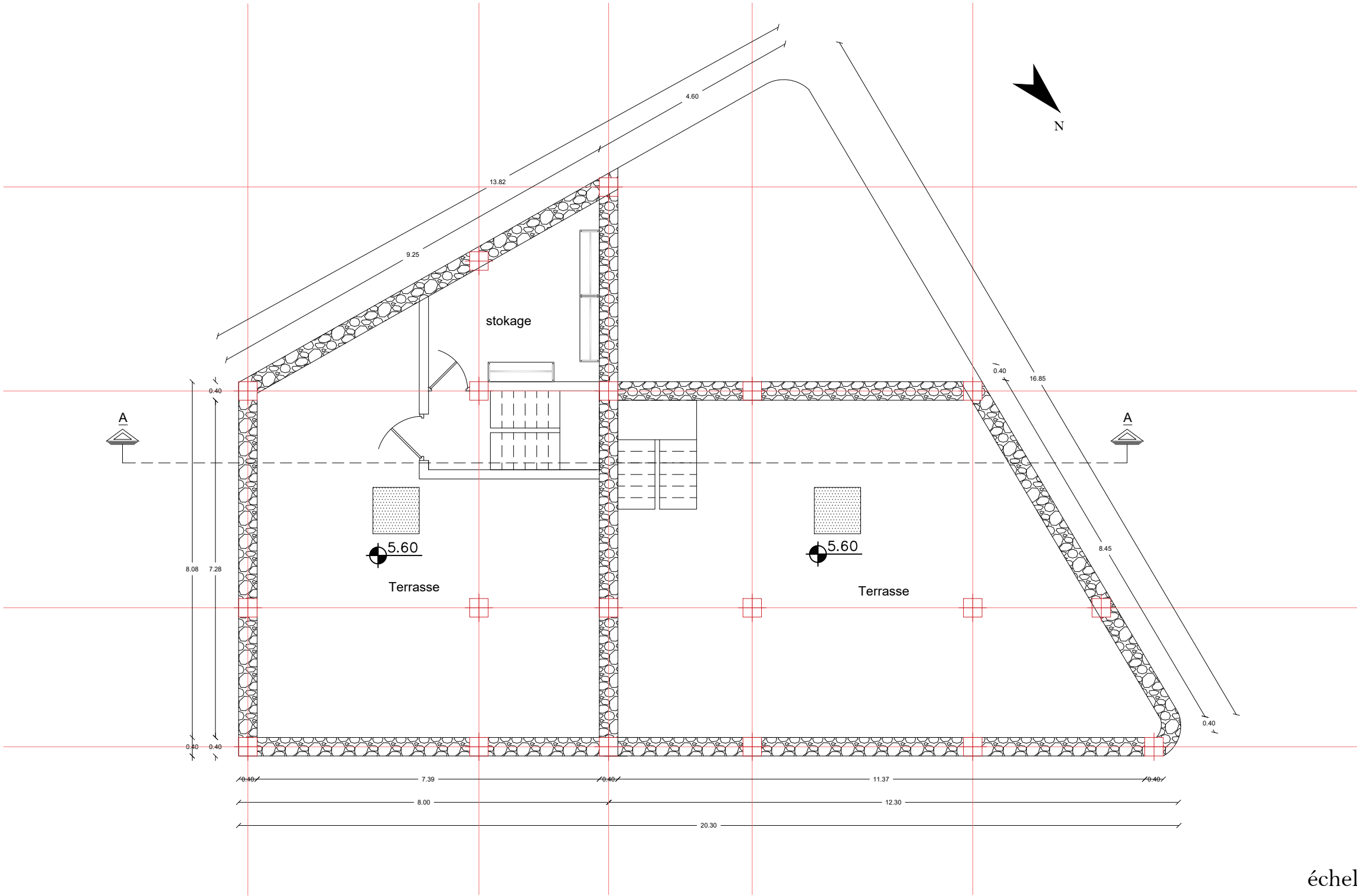
échelle 1/100

Maison superposé
PLAN 1^{er} ETAGE

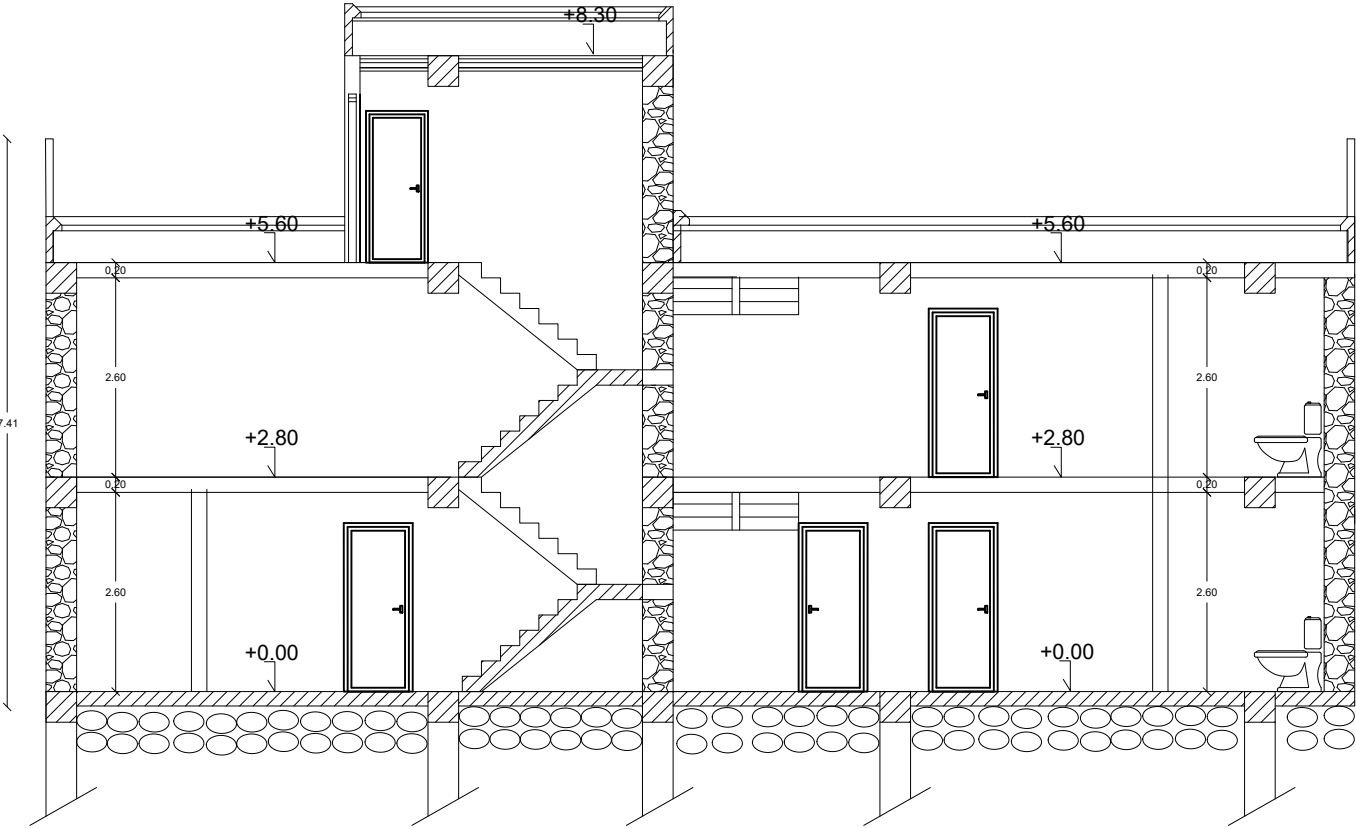


échelle 1/100

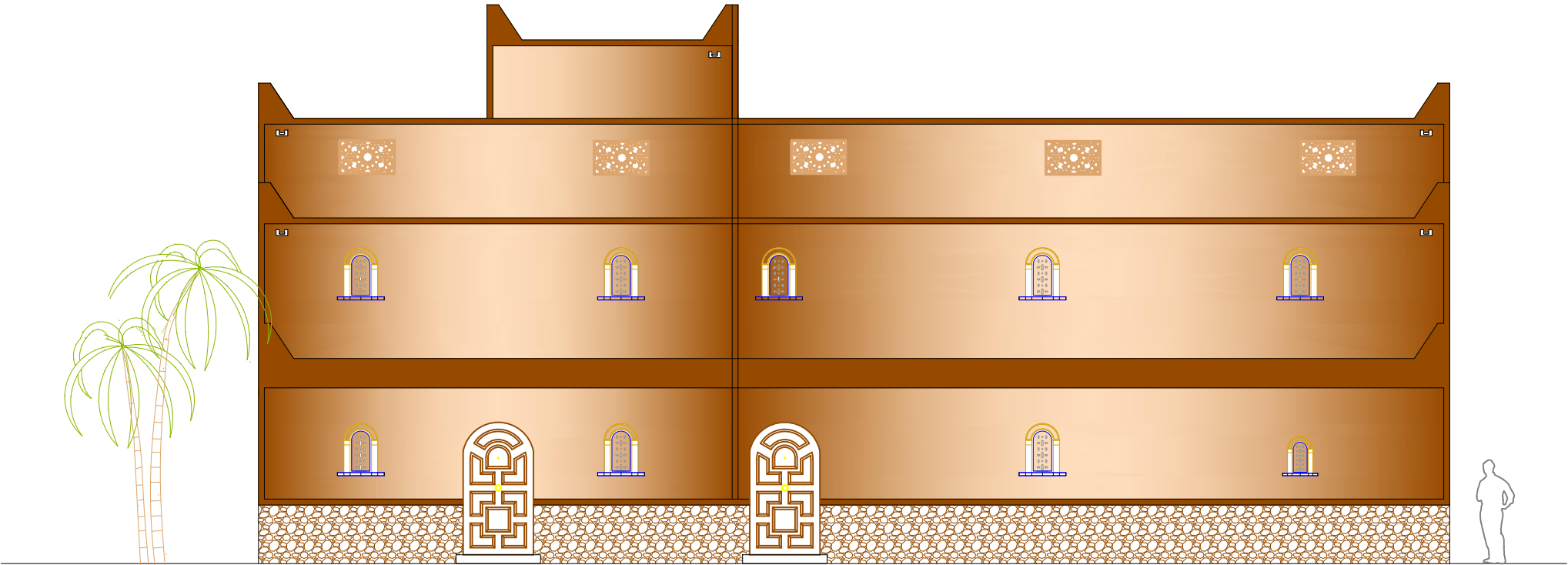
Maison superposé
PLAN Terrasse



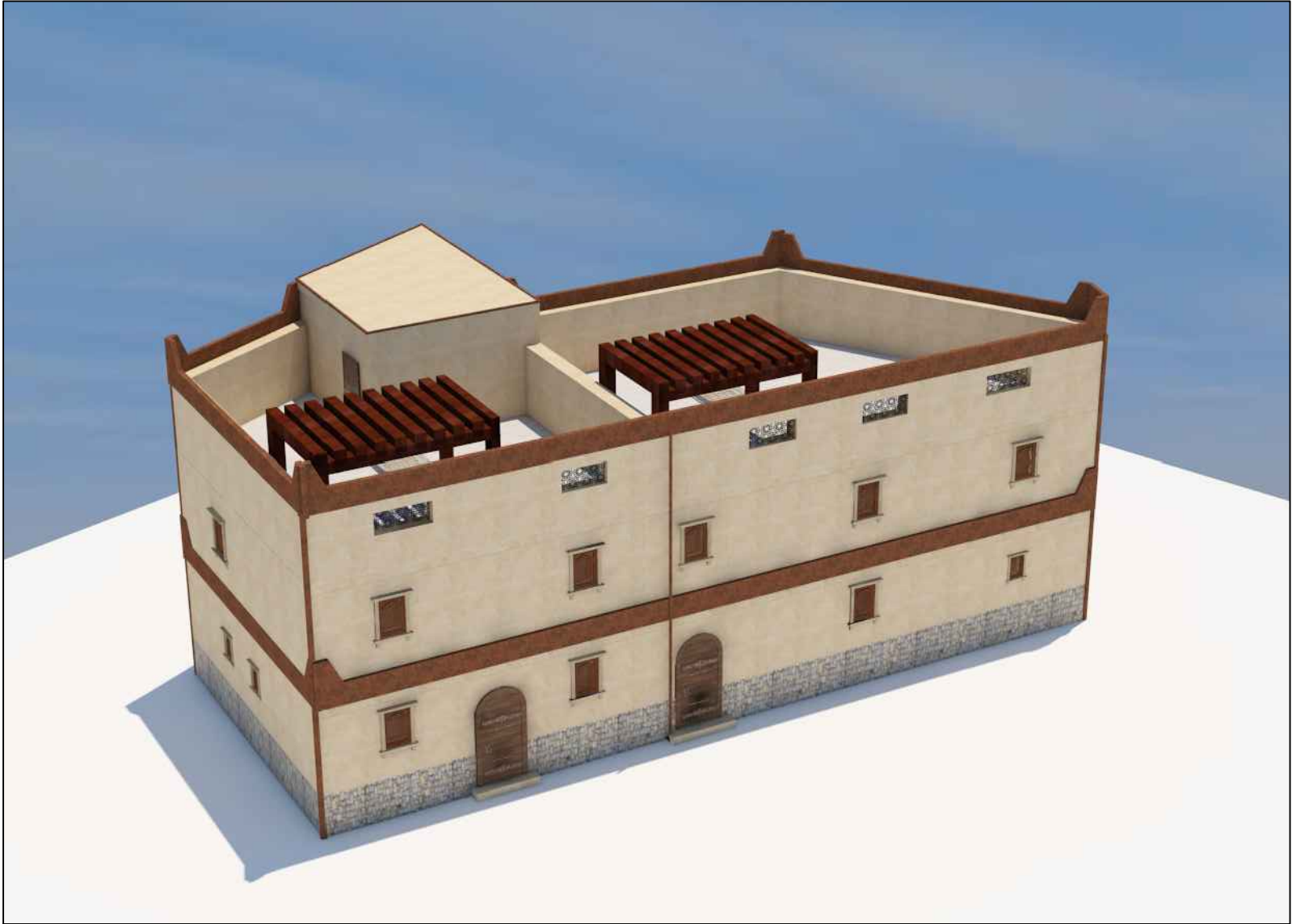
Coupe AA



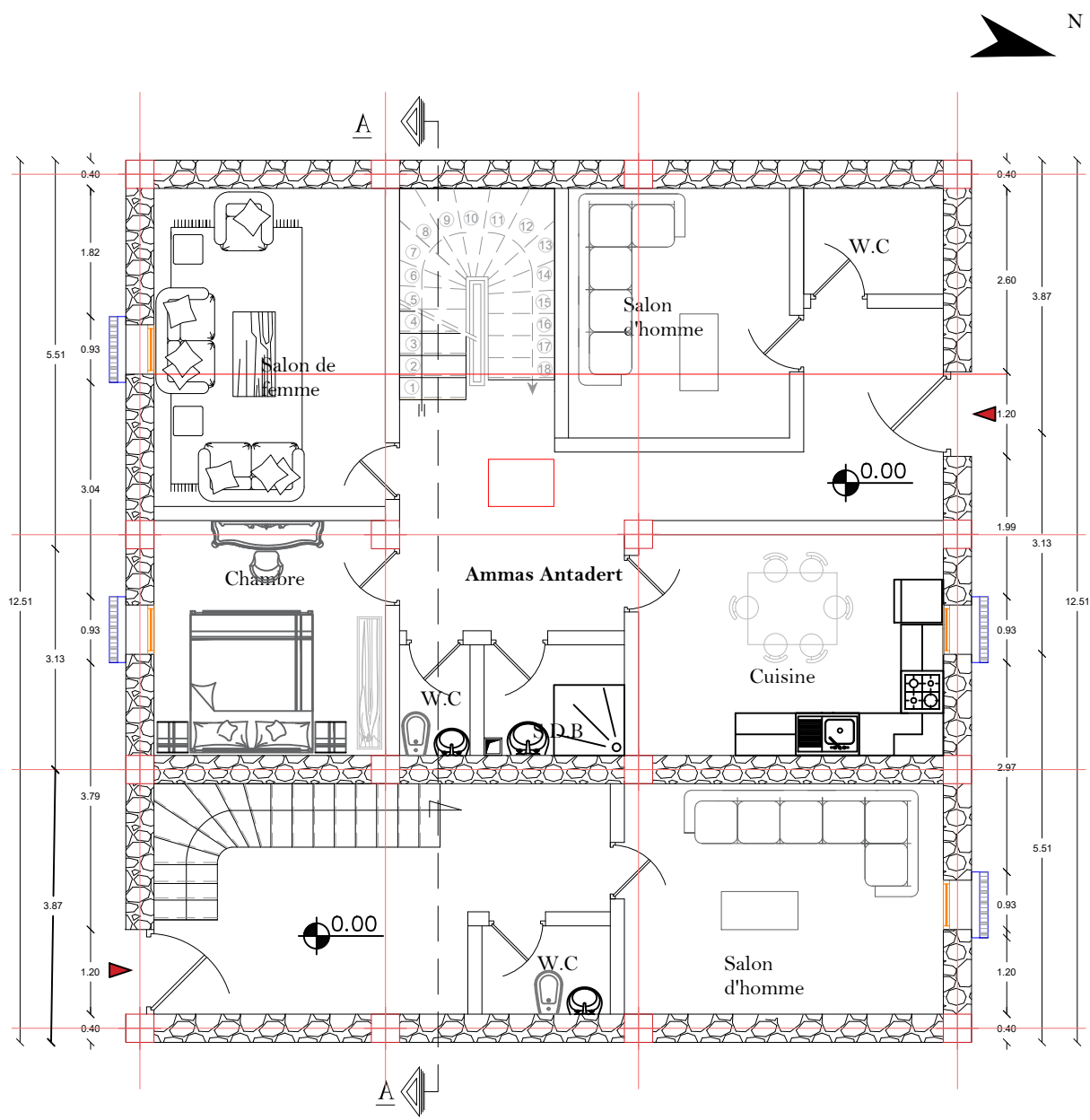
Façade principale



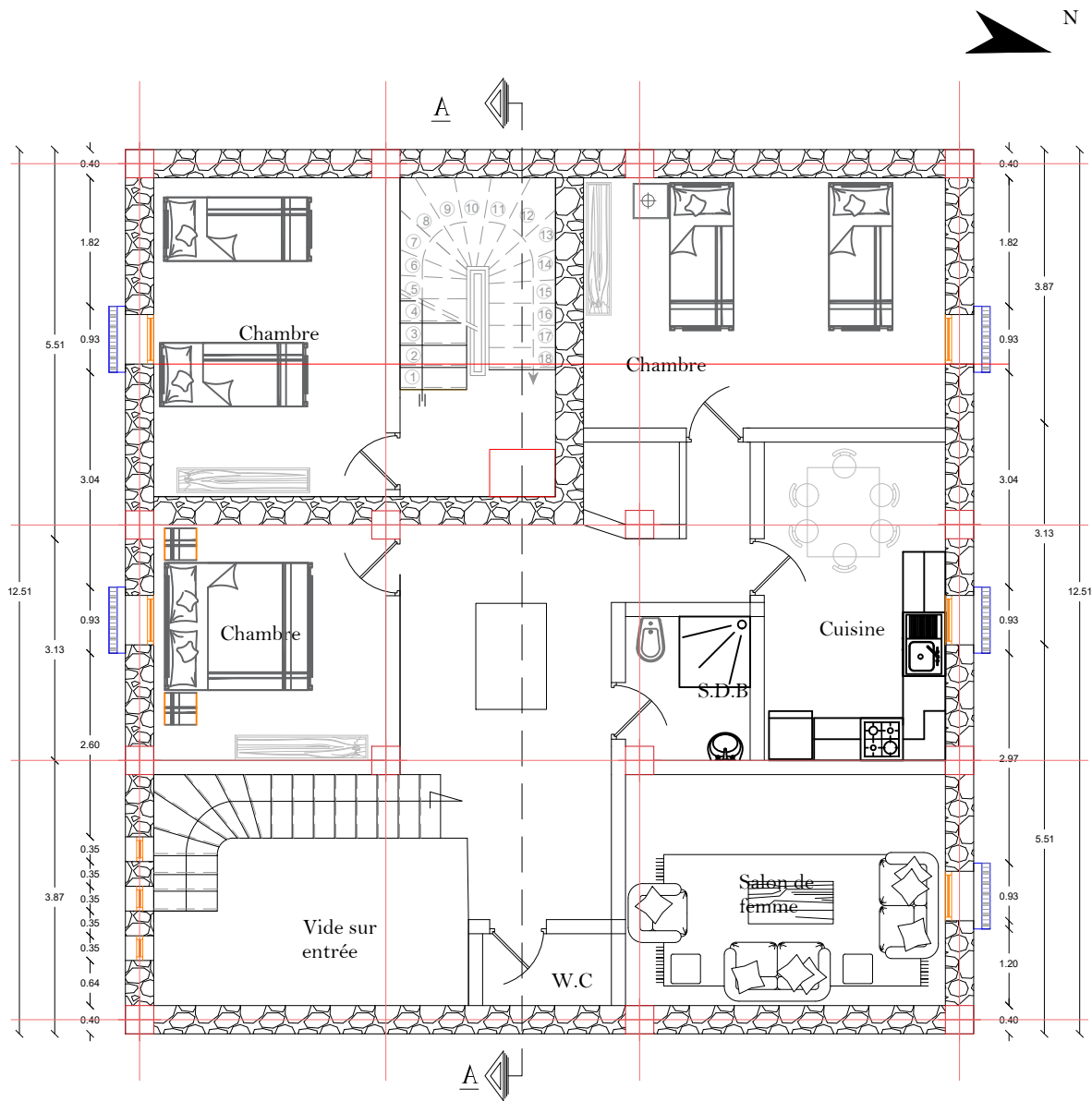
3D



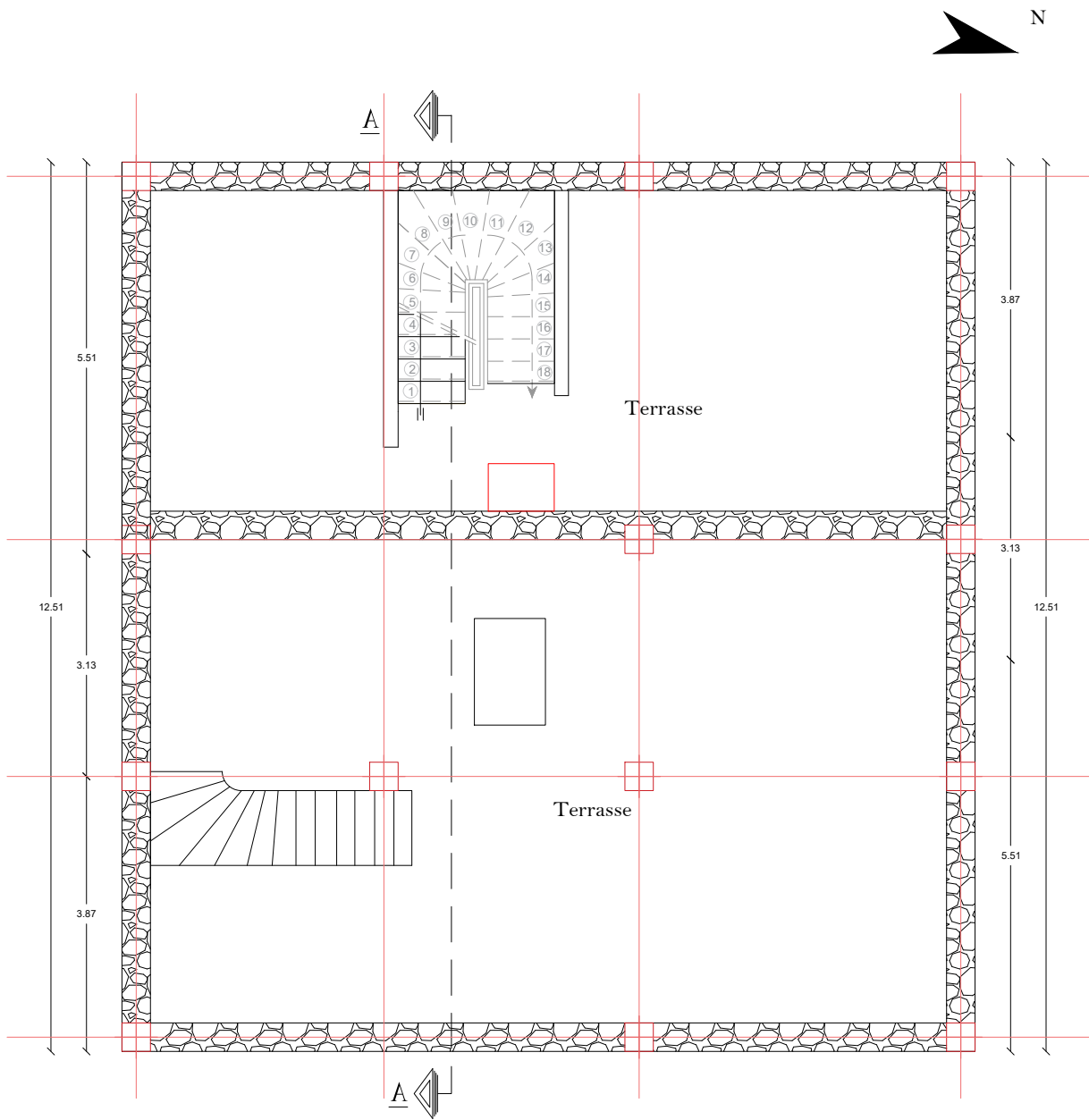
Plan RDC
Maison superposée



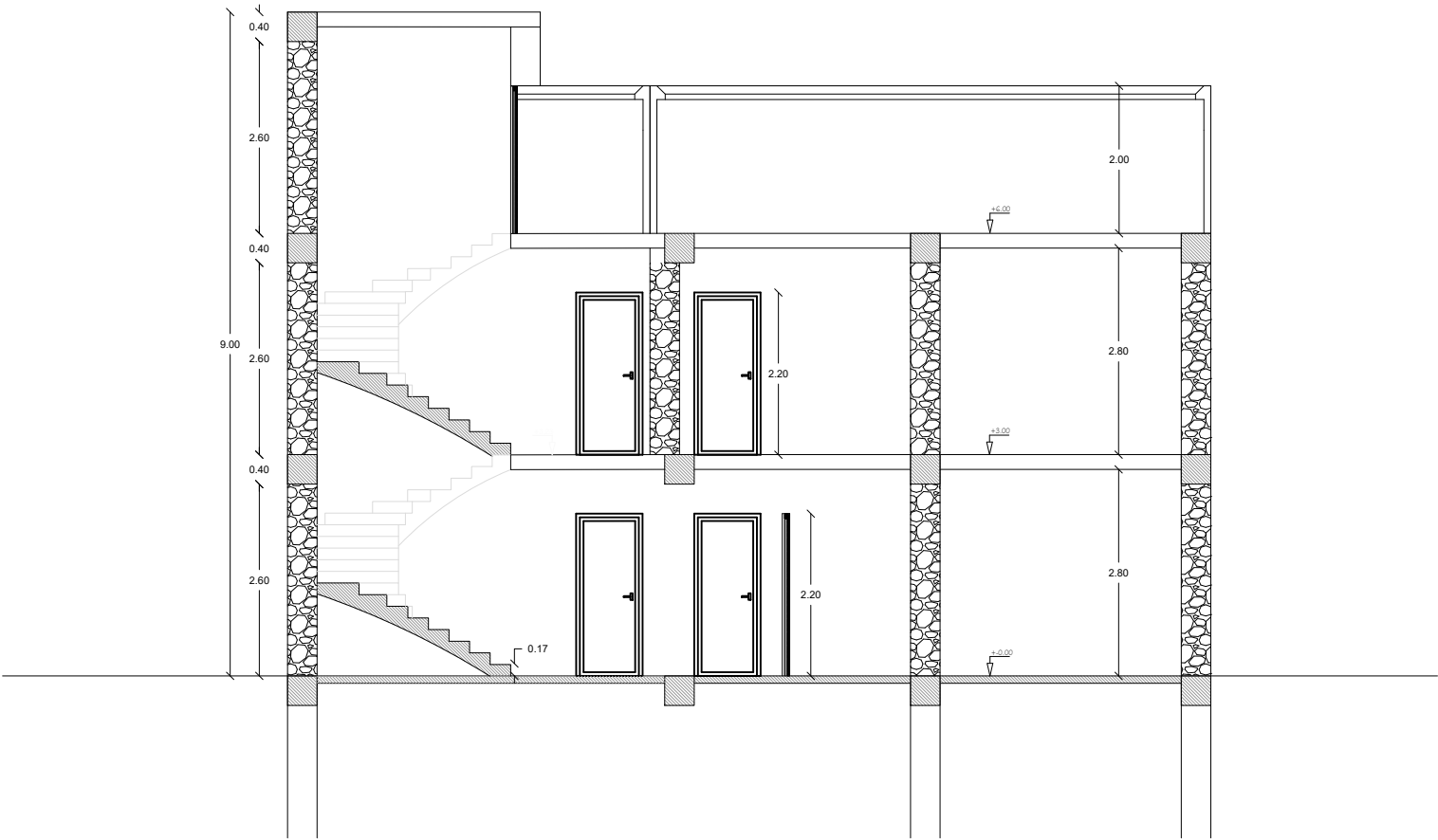
Maison superposé
PLAN 1^{er} ETAGE



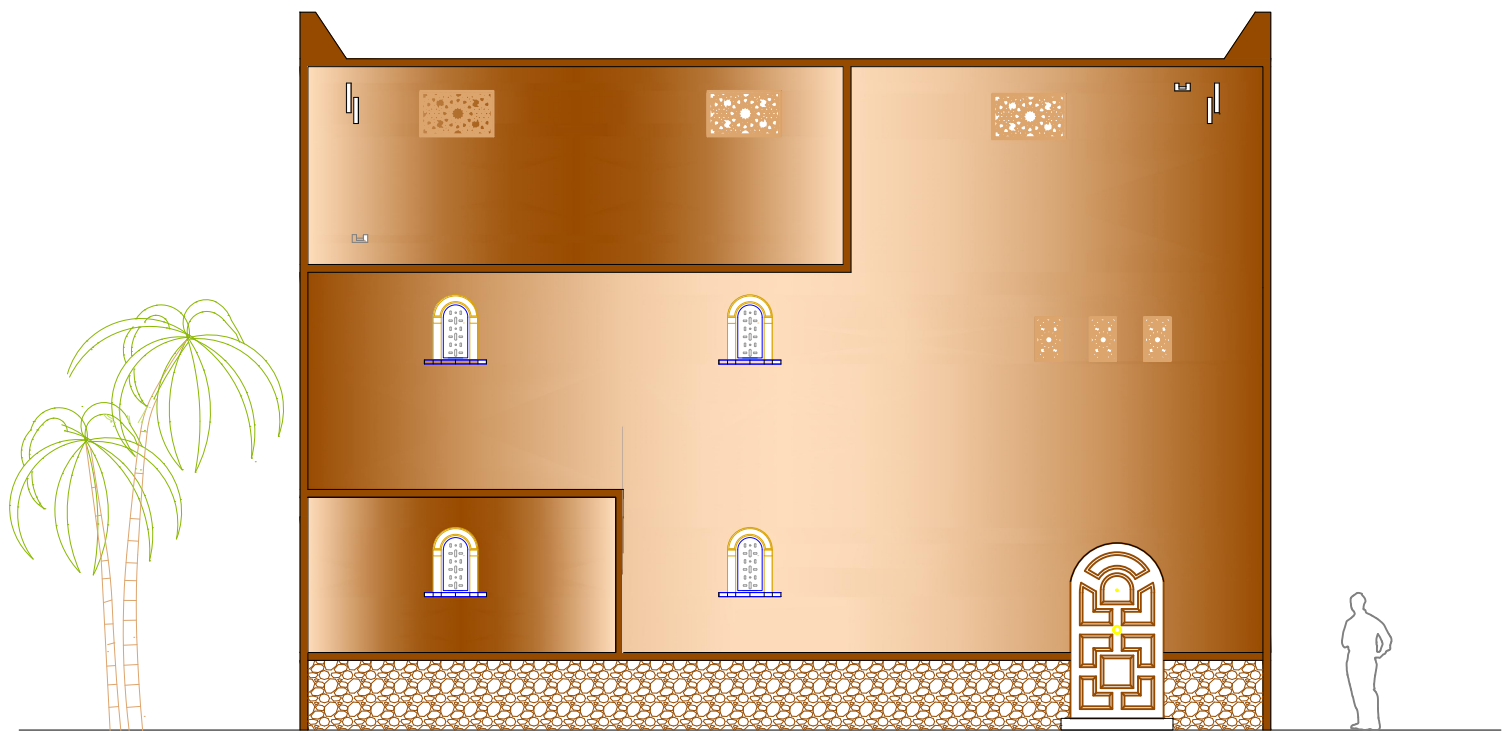
Maison superposé
PLAN Terrasse



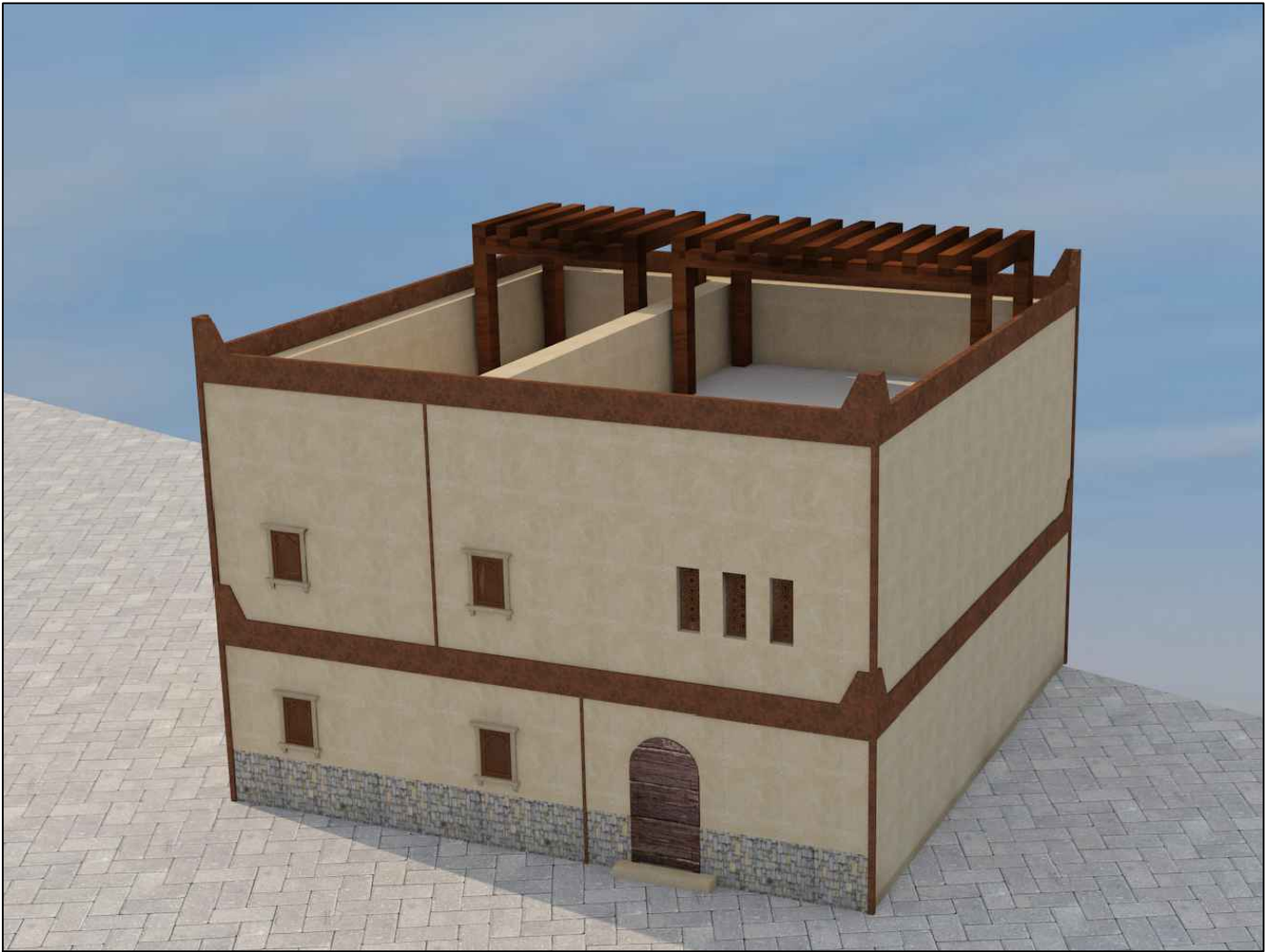
Coupe AA



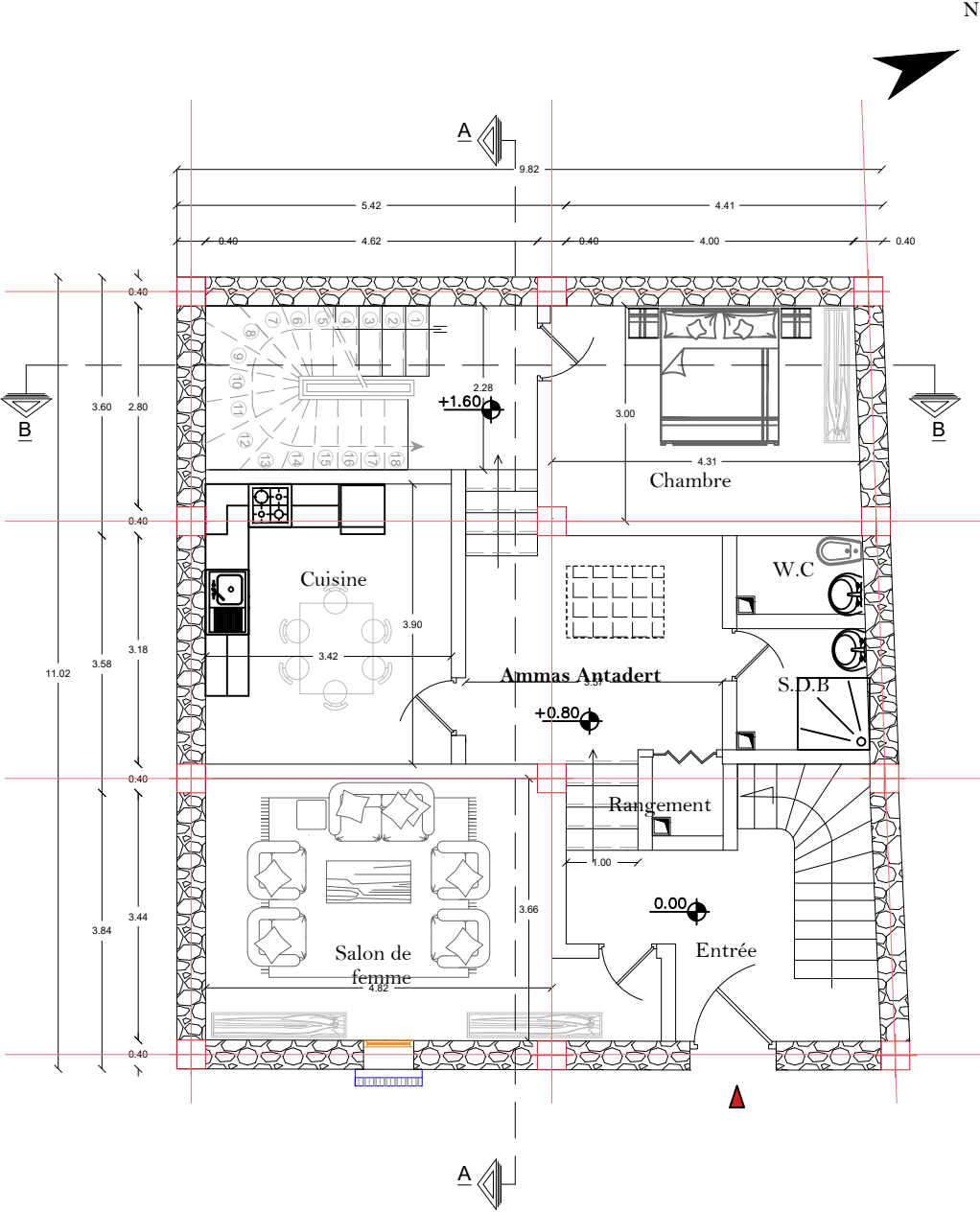
Façade principale



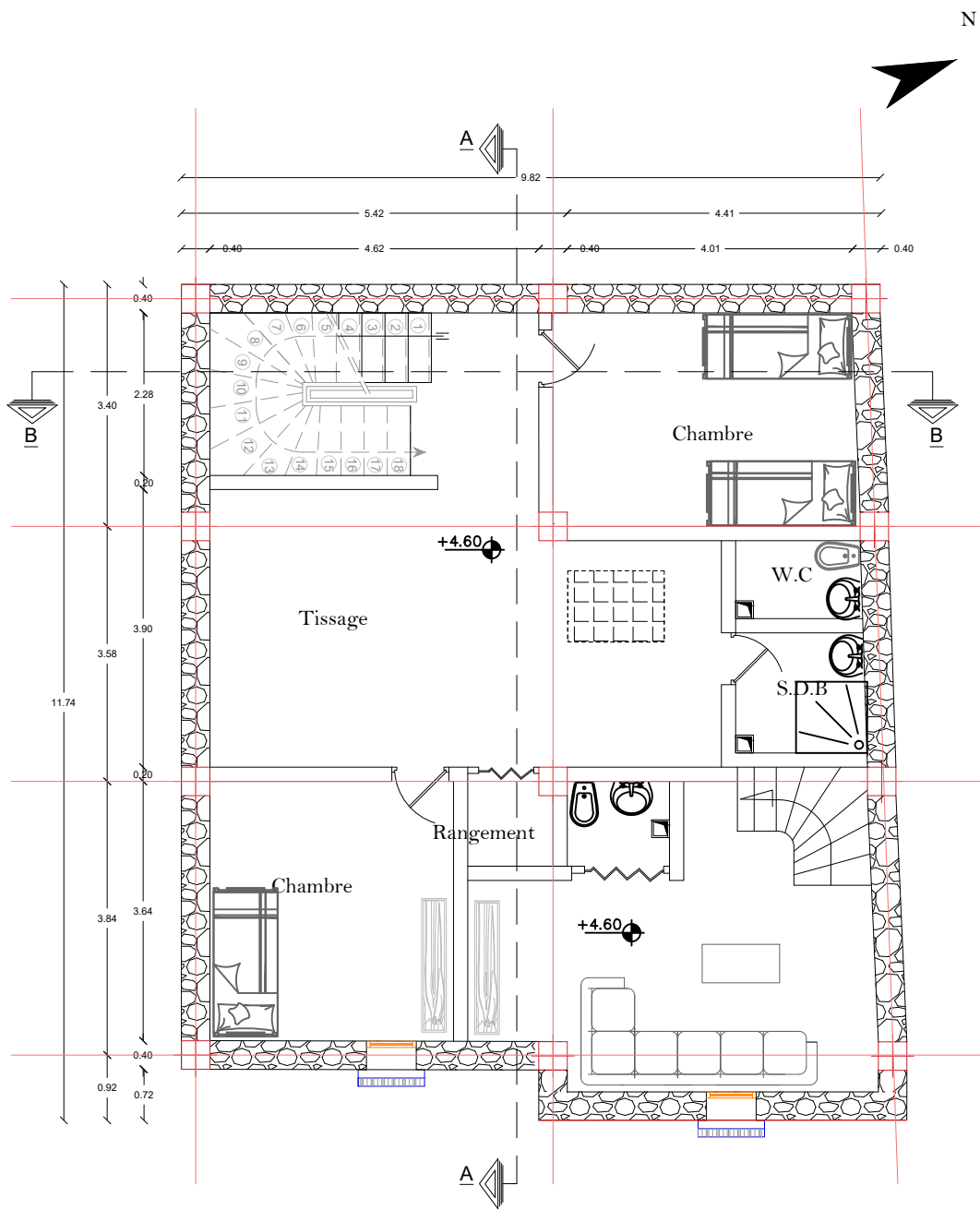
3D



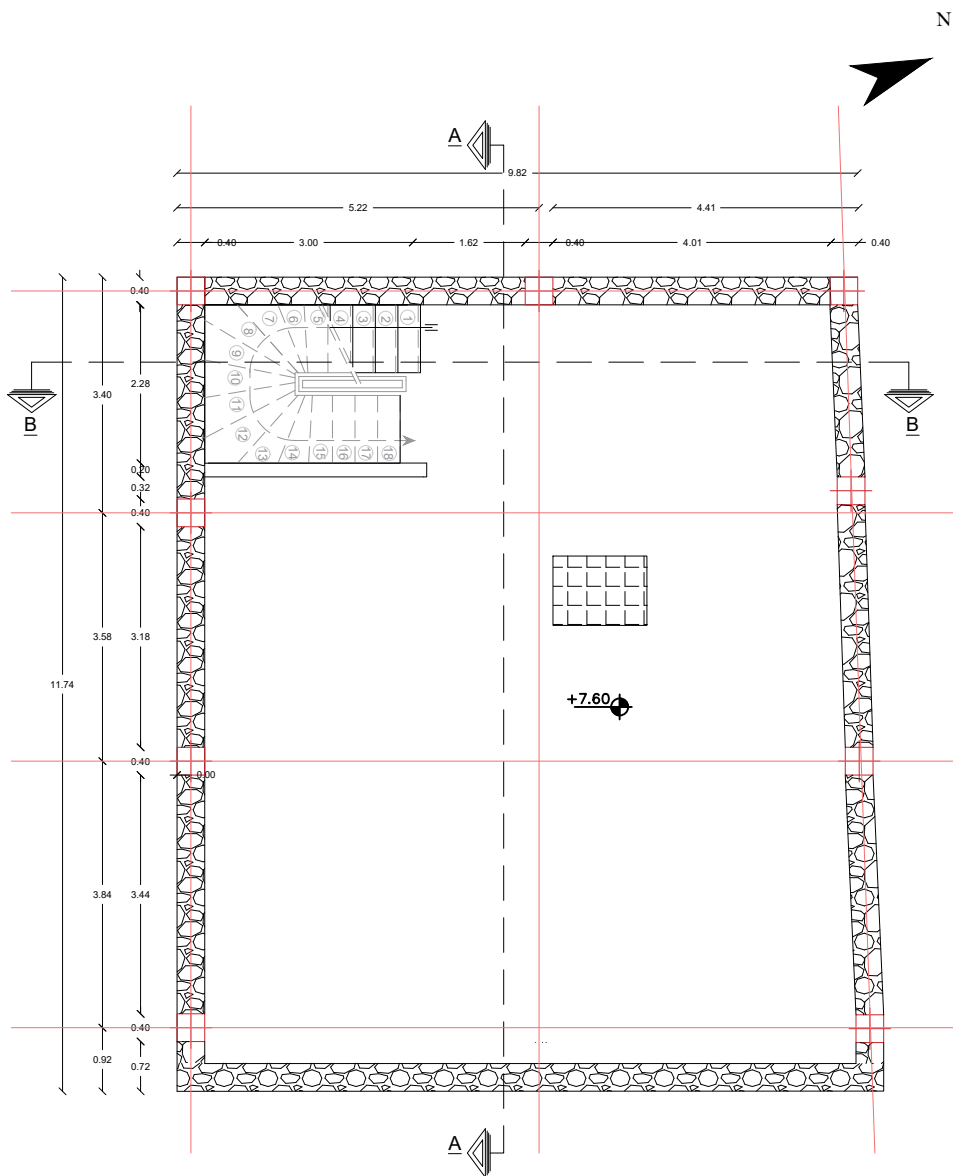
maison en bande
plan RDC



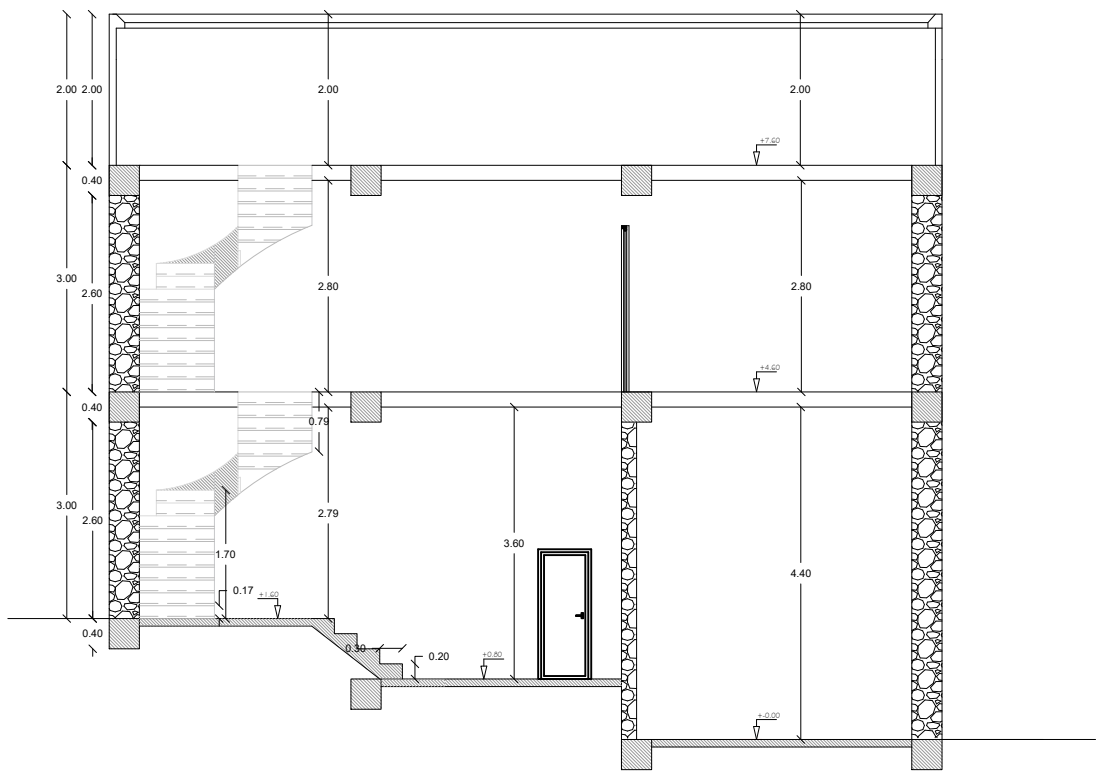
Maison en bande
plan 1^{er} Etage



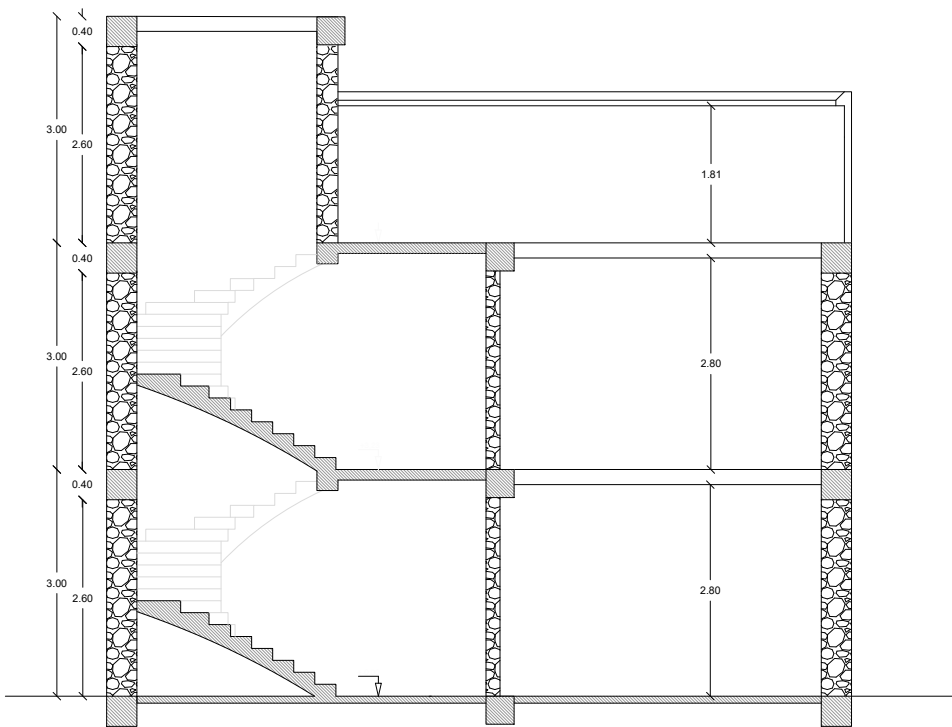
Maison en bande plan Terrasse



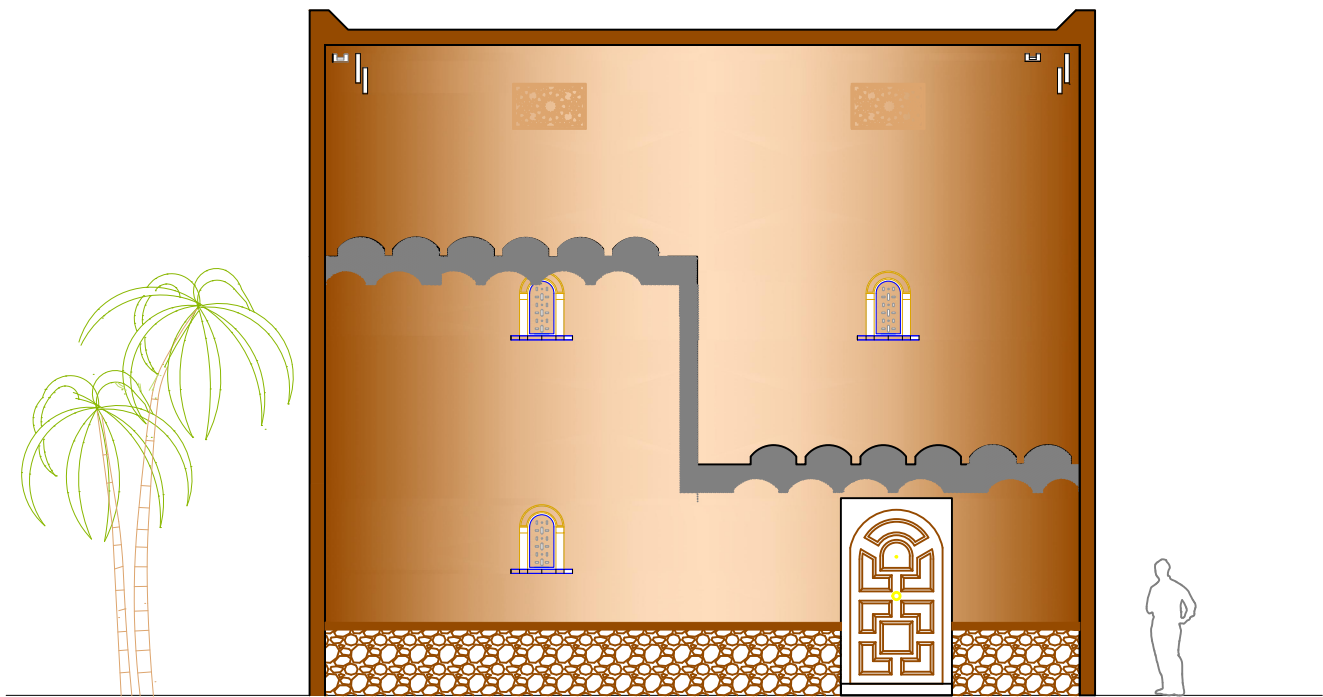
Coupe AA



Coupe BB



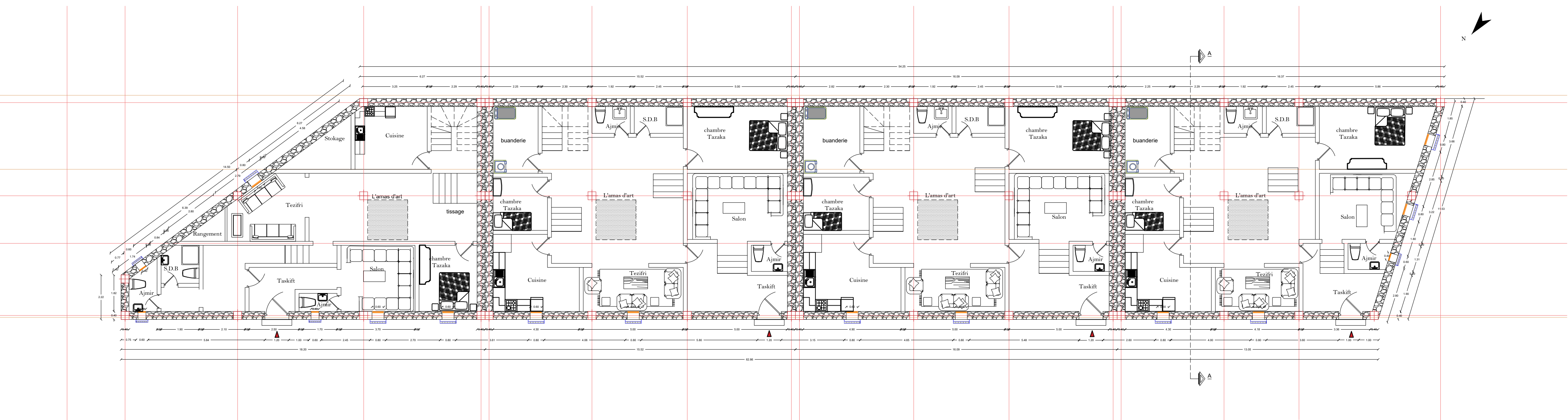
Façade principale



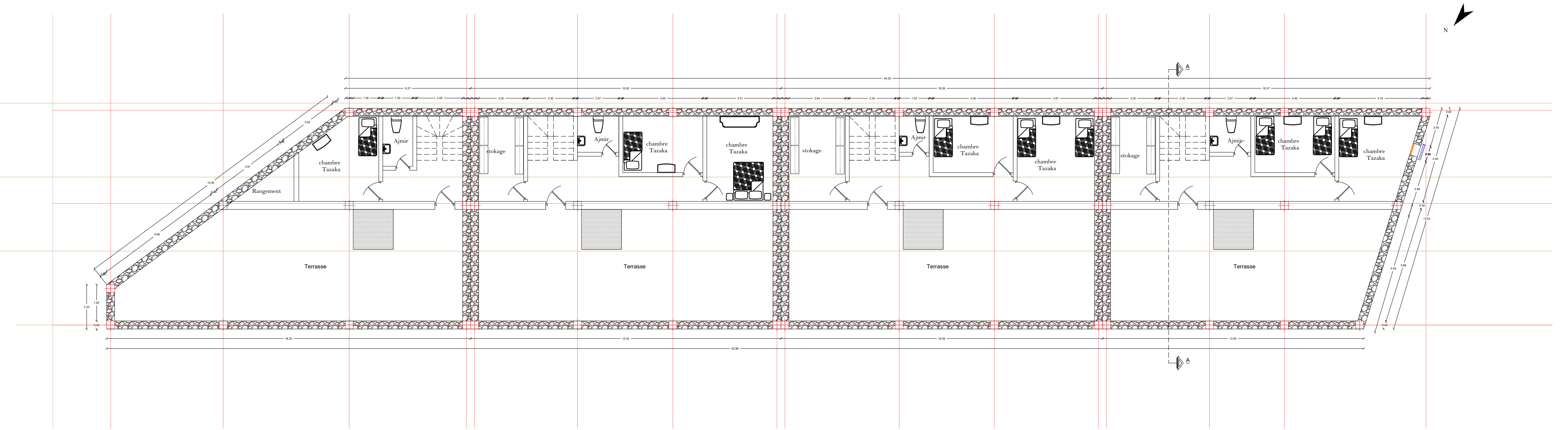
3D



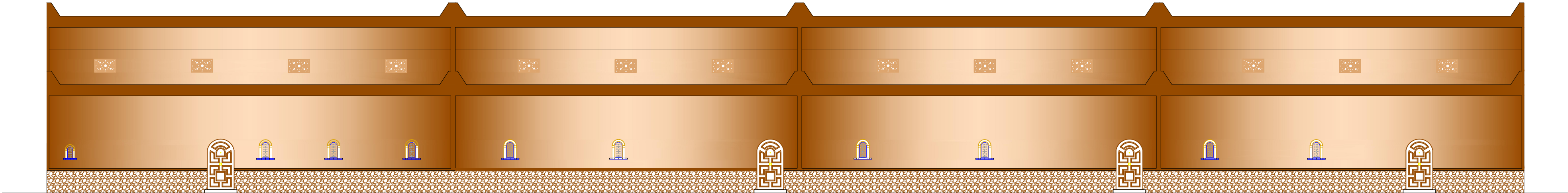
maison en bande
plan RDC



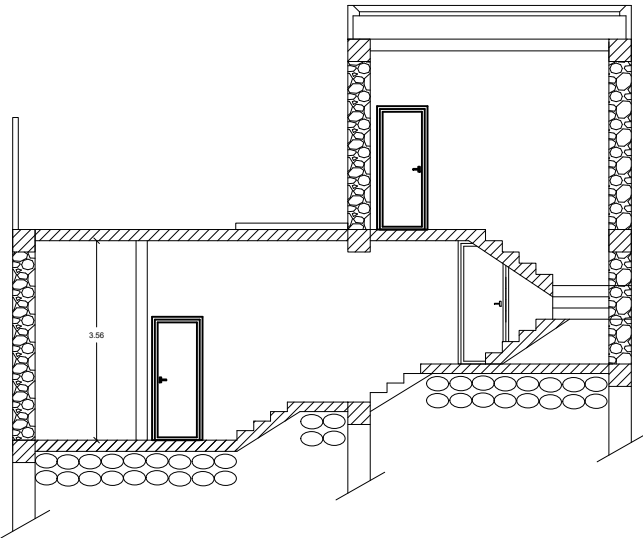
Maison en bande
plan 1^{er} Etage



Façade principale



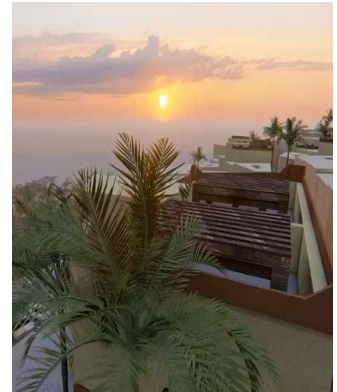
Coupe AA



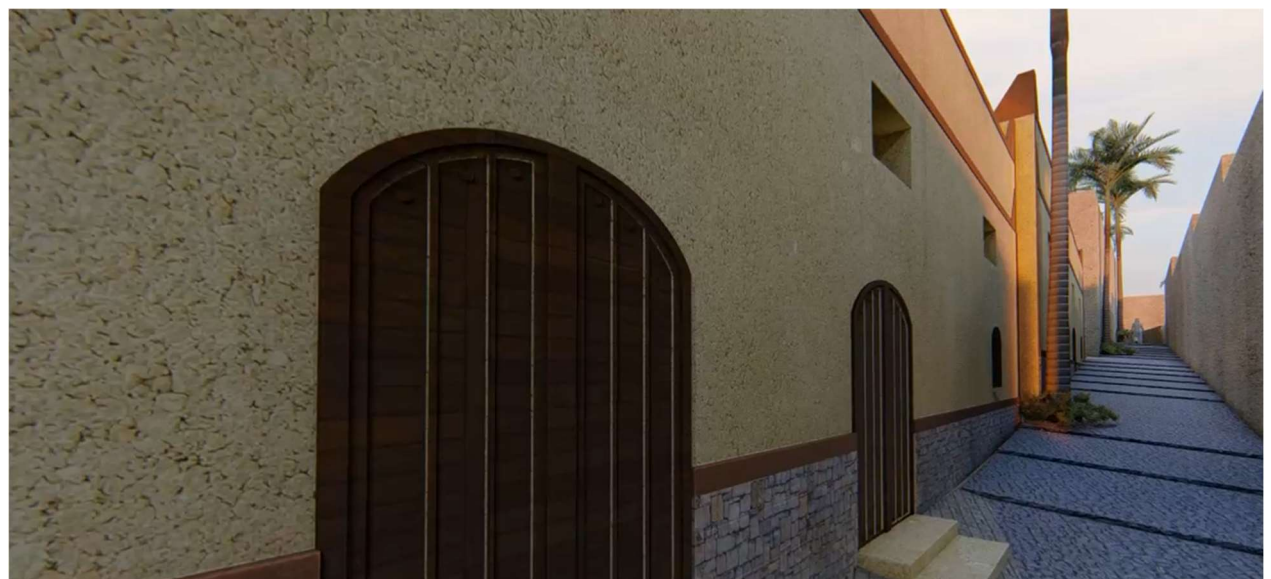
3D



3D







ANNEXES

Simulation maison 01 :(rapport)

Analyse	Rapports	Variable paramétrique	Optimisation	Visualisation des Données
---------	----------	-----------------------	--------------	---------------------------

Program Version:EnergyPlus, Version 8.9.0-40101eaafd, YMD=2021.06.27 01:31

[Table of Conte](#)

Tabular Output Report in Format: HTML

Building: Building

Environment: SANS TITRE (01-01:31-12) ** Ghardaia Noumerat Zakaria AP GR DZA ISD-TMYx WMO#=605660

Simulation Timestamp: 2021-06-27 01:31:36

Report: Annual Building Utility Performance Summary

[Table of Conte](#)

For: Entire Facility

Timestamp: 2021-06-27 01:31:36

Values gathered over 8760.00 hours

Site and Source Energy

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m2]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m2]
Total Site Energy	84244.44	155.38	580.83
Net Site Energy	84244.44	155.38	580.83
Total Source Energy	227953.89	420.43	1571.64
Net Source Energy	227953.89	420.43	1571.64

Site to Source Energy Conversion Factors

Site=>Source Conversion Factor	
Electricity	3.167
Natural Gas	1.084
District Cooling	1.056
District Heating	3.613
Steam	0.250
Gasoline	1.050
Diesel	1.050
Coal	1.050
Fuel Oil #1	1.050
Fuel Oil #2	1.050
Propane	1.050
Other Fuel 1	1.000
Other Fuel 2	1.000

Building Area

	Area [m2]
Total Building Area	600.07
Net Conditioned Building Area	585.18
Unconditioned Building Area	14.89

End Uses By Subcategory

	Subcategory	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	General	0.00	0.00	0.00	0.00	7351.51	0.00
Cooling	General	0.00	0.00	0.00	15039.38	0.00	0.00
Interior Lighting	General	11498.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	ELECTRIC EQUIPMENT#Bldg1:Zone1#05	876.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Bldg3:Zone1#05	810.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Bldg4:Zone1#05	805.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Bldg16:Zone1#05	805.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Bldg17:Zone1#05	839.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Bldg18:Zone1#05	241.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Bldg2:Zone1#05	208.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Bldg2:Zone1#05	876.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Bldg5:Zone1#05	805.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Bldg11:Zone1#05	810.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Bldg12:Zone1#05	193.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Bldg9:Zone1#05	205.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Bldg10:Zone1#05	205.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Bldg19:Zone1#05	201.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Bldg5:Zone1#05	201.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Bldg20:Zone1#05	201.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Exterior Equipment	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	Ventilation (simple)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	DHW Bld1:Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	1065.24	16.68
	DHW Bld3:Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	984.39	15.41
	DHW Bld4:Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	978.63	15.32
	DHW Bld16:Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	977.92	15.31
	DHW Bld17:Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	1019.51	15.96
	DHW Bld22:Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	253.04	3.96
	DHW Bld2:Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	1065.24	16.68
	DHW Bld6:Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	978.63	15.32
	DHW Bld11:Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	984.39	15.41
	DHW Bld12:Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	235.10	3.68
	DHW Bld9:Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	249.83	3.91
	DHW Bld10:Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	249.83	3.91
	DHW Bld19:Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	245.13	3.84
	DHW Bld5:Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	245.13	3.84
	DHW Bld20:Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	245.13	3.84
Refrigeration	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Normalized Metrics

Utility Use Per Conditioned Floor Area

	Electricity Intensity [kWh/m2]	Natural Gas Intensity [kWh/m2]	Additional Fuel Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]	Water Intensity [m3/m2]
Lighting	19.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	0.00	0.00	0.00	25.70	29.27	0.26
Other	14.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	33.82	0.00	0.00	25.70	29.27	0.26

Utility Use Per Total Floor Area

	Electricity Intensity [kWh/m2]	Natural Gas Intensity [kWh/m2]	Additional Fuel Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]	Water Intensity [m3/m2]
Lighting	19.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	0.00	0.00	0.00	25.06	28.54	0.26
Other	13.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	32.98	0.00	0.00	25.06	28.54	0.26

Electric Loads Satisfied

	Electricity [kWh]	Percent Electricity [%]
Fuel-Fired Power Generation	0.000	0.00
High Temperature Geothermal*	0.000	0.00
Photovoltaic Power	0.000	0.00
Wind Power	0.000	0.00
Power Conversion	0.000	0.00
Net Decrease in On-Site Storage	0.000	0.00
Total On-Site Electric Sources	0.000	0.00
Electricity Coming from Utility	19788.959	100.00
Surplus Electricity Going To Utility	0.000	0.00
Net Electricity from Utility	19788.959	100.00
Total On-Site and Utility Electric Sources	19788.959	100.00
Total Electricity End Uses	19788.959	100.00

On-Site Thermal Sources

	Heat [kWh]	Percent Heat [%]
Water-Side Heat Recovery	0.00	
Air to Air Heat Recovery for Cooling	0.00	
Air to Air Heat Recovery for Heating	0.00	
High-Temperature Geothermal*	0.00	
Solar Water Thermal	0.00	
Solar Air Thermal	0.00	
Total On-Site Thermal Sources	0.00	

Water Source Summary

	Water [m3]	Percent Water [%]
Rainwater Collection	0.00	0.00
Condensate Collection	0.00	0.00
Groundwater Well	0.00	0.00
Total On Site Water Sources	0.00	0.00
-	-	-
Initial Storage	0.00	0.00
Final Storage	0.00	0.00
Change in Storage	0.00	0.00
-	-	-
Water Supplied by Utility	153.10	100.00
-	-	-
Total On Site, Change in Storage, and Utility Water Sources	153.10	100.00
Total Water End Uses	153.10	100.00

Setpoint Not Met Criteria

	Degrees [deltaC]
Tolerance for Zone Heating Setpoint Not Met Time	1.11
Tolerance for Zone Cooling Setpoint Not Met Time	1.11

Comfort and Setpoint Not Met Summary

	Facility [Hours]
Time Setpoint Not Met During Occupied Heating	0.00
Time Setpoint Not Met During Occupied Cooling	0.00
Time Not Comfortable Based on Simple ASHRAE 55-2004	2169.00

Note 1: An asterisk (*) indicates that the feature is not yet implemented.

Table of Contents

[Top](#)
[Annual Building Utility Performance Summary](#)
[Input Verification and Results Summary](#)
[Demand End Use Components Summary](#)
[Component Sizing Summary](#)
[Adaptive Comfort Summary](#)
[Climate Data Summary](#)
[Envelope Summary](#)
[Lighting Summary](#)
[Equipment Summary](#)
[HVAC Sizing Summary](#)
[System Summary](#)
[Outdoor Air Summary](#)
[Object Count Summary](#)
[Sensible Heat Gain Summary](#)

General

	Value
Program Version and Build	EnergyPlus, Version 8.9.0-40101eaf/d, YMD=2021.07.09 00:24
RunPeriod	SANS TITRE (01-01:31-12)
Weather File	Ghardaie Noumerai Zakaria AP GR DZA ISO-TMYx WMO#=#605660
Latitude [deg]	32.38
Longitude [deg]	3.79
Elevation [m]	460.90
Time Zone	0.00
North Axis Angle [deg]	0.00
Rotation for Appendix G [deg]	0.00
Hours Simulated [hrs]	8760.00

ENVELOPE

Window-Wall Ratio

	Total	North (315 to 45 deg)	East (45 to 135 deg)	South (135 to 225 deg)	West (225 to 315 deg)
Gross Wall Area [m2]	1500.29	398.60	351.56	398.64	351.49
Above Ground Wall Area [m2]	1500.29	398.60	351.56	398.64	351.49
Window Opening Area [m2]	12.34	6.16	0.00	4.94	1.24
Gross Window-Wall Ratio [%]	0.82	1.55	0.00	1.24	0.35
Above Ground Window-Wall Ratio [%]	0.82	1.55	0.00	1.24	0.35

Conditioned Window-Wall Ratio

	Total	North (315 to 45 deg)	East (45 to 135 deg)	South (135 to 225 deg)	West (225 to 315 deg)
Gross Wall Area [m2]	1455.17	385.49	337.04	385.99	346.65
Above Ground Wall Area [m2]	1455.17	385.49	337.04	385.99	346.65
Window Opening Area [m2]	12.12	5.94	0.00	4.94	1.24
Gross Window-Wall Ratio [%]	0.83	1.54	0.00	1.28	0.36
Above Ground Window-Wall Ratio [%]	0.83	1.54	0.00	1.28	0.36

Skylight-Roof Ratio

	Total
Gross Roof Area [m2]	314.53
Skylight Area [m2]	0.00
Skylight-Roof Ratio [%]	0.00

PERFORMANCE

Zone Summary

	Area [m2]	Conditioned (Y/N)	Part of Total Floor Area (Y/N)	Volume [m3]	Multipliers	Above Ground Gross Wall Area [m2]	Underground Gross Wall Area [m2]	Window Glass Area [m2]	Opening Area [m2]	Lighting [W/m2]	People [m2 per person]
BLOC1:ZONE1	63.47	Yes	Yes	190.42	1.00	72.39	0.00	0.44	0.61	7.5000	53.32
BLOC3:ZONE1	58.66	Yes	Yes	175.97	1.00	122.15	0.00	0.44	0.61	7.5000	53.32
BLOC4:ZONE1	58.31	Yes	Yes	174.94	1.00	122.15	0.00	0.44	0.61	7.5000	53.32
BLOC6:ZONE1	58.27	Yes	Yes	174.81	1.00	125.12	0.00	0.44	0.61	7.5000	53.32
BLOC7:ZONE1	60.75	Yes	Yes	176.17	1.00	129.32	0.00	0.88	1.22	7.5000	53.32
BLOC8:ZONE1	17.50	Yes	Yes	50.74	1.00	47.92	0.00	0.15	0.22	7.5000	53.32
BLOC2:ZONE1	15.08	Yes	Yes	0.01	1.00	118.19	0.00	0.00	0.00	7.5000	53.32
BLOC2:ZONE1	63.47	Yes	Yes	184.07	1.00	72.39	0.00	3.50	4.11	7.5000	53.32
BLOC5:ZONE1	58.31	Yes	Yes	169.11	1.00	122.15	0.00	0.88	1.22	7.5000	53.32
BLOC1:ZONE1	58.66	Yes	Yes	170.10	1.00	122.15	0.00	0.88	1.22	7.5000	53.32
BLOC2:ZONE1	14.01	Yes	Yes	40.62	1.00	54.80	0.00	0.15	0.22	7.5000	53.32
BLOC9:ZONE1	14.89	No	Yes	43.17	1.00	45.12	0.00	0.15	0.22	7.5000	53.32
BLOC10:ZONE1	14.89	Yes	Yes	43.17	1.00	45.12	0.00	0.15	0.22	7.5000	53.32
BLOC9:ZONE1	14.61	Yes	Yes	0.01	1.00	81.55	0.00	0.28	0.41	7.5000	53.32
BLOC5:ZONE1	14.61	Yes	Yes	0.01	1.00	114.72	0.00	0.28	0.41	7.5000	53.32
BLOC10:ZONE1	14.61	Yes	Yes	0.01	1.00	105.04	0.00	0.28	0.41	7.5000	53.32
Total	600.07			1593.32		1500.29	0.00	9.33	12.34	7.5000	53.32
Conditioned Total	585.18			1550.15		1455.17	0.00	9.17	12.12	7.5000	53.32
Unconditioned Total	14.89			43.17		45.12	0.00	0.15	0.22	7.5000	53.32

End Uses

	Electricity [W]	Natural Gas [W]	Propane [W]	District Cooling [W]	District Heating [W]	Water [m3/s]
Time of Peak	01-JAN-16:30	-	-	19-JUL-14:00	04-MAR-14:00	22-MAY-18:00
Heating	0.00	0.00	0.00	0.00	16909.74	0.00
Cooling	0.00	0.00	0.00	24029.49	0.00	0.00
Interior Lighting	4500.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	2340.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	6840.80	0.00	0.00	24029.49	16909.74	0.00

End Uses By Subcategory

	Subcategory	Electricity [W]	Natural Gas [W]	Propane [W]	District Cooling [W]	District Heating [W]	Water [m3/s]
Heating	General	0.00	0.00	0.00	0.00	16909.74	0.00
Cooling	General	0.00	0.00	0.00	24029.49	0.00	0.00
Interior Lighting	General	4500.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	ELECTRIC EQUIPMENT#BLOC1:Zone1#05	247.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#BLOC3:Zone1#05	328.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#BLOC4:Zone1#05	327.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#BLOC6:Zone1#05	327.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#BLOC7:Zone1#05	396.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

	ELECTRIC EQUIPMENT #Bloc2 Zone1#05	247.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT #Bloc2 Zone1#05	227.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT #Bloc11 Zone1#05	228.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT #Bloc12 Zone1#05	54.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT #Bloc9 Zone1#05	58.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT #Bloc10 Zone1#05	58.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT #Bloc19 Zone1#05	56.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT #Bloc5 Zone1#05	56.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT #Bloc20 Zone1#05	56.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	Ventilation (simple)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	DHW Bloc1 Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	DHW Bloc3 Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	DHW Bloc4 Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	DHW Bloc16 Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	DHW Bloc17 Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	DHW Bloc22 Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	DHW Bloc2 Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	DHW Bloc6 Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	DHW Bloc11 Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	DHW Bloc12 Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	DHW Bloc9 Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	DHW Bloc10 Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	DHW Bloc19 Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	DHW Bloc5 Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	DHW Bloc20 Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Refrigeration	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ZoneHVAC:IdealLoadsAirSystem

	Design Size Maximum Heating Air Flow Rate [m3/s]	Design Size Maximum Sensible Heating Capacity [W]	Design Size Maximum Cooling Air Flow Rate [m3/s]	Design Size Maximum Total Cooling Capacity [W]	User-Specified Maximum Heating Air Flow Rate [m3/s]	User-Specified Maximum Cooling Air Flow Rate [m3/s]
BLOC1:ZONE1 IDEAL LOADS A/R	0.570976	9684.78	0.746579	11553.32		
BLOC3:ZONE1 IDEAL LOADS A/R					0.000000	0.000000
BLOC4:ZONE1 IDEAL LOADS A/R					0.000000	0.000000
BLOC16:ZONE1 IDEAL LOADS A/R					0.000000	0.000000
BLOC17:ZONE1 IDEAL LOADS A/R					0.000000	0.000000
BLOC18:ZONE1 IDEAL LOADS A/R					0.000000	0.000000
BLOC22:ZONE1 IDEAL LOADS A/R					0.000000	0.000000
BLOC2:ZONE1 IDEAL LOADS A/R	0.615646	10423.20	0.949486	14606.80		
BLOC6:ZONE1 IDEAL LOADS A/R					0.000000	0.000000
BLOC11:ZONE1 IDEAL LOADS A/R					0.000000	0.000000
BLOC12:ZONE1 IDEAL LOADS A/R					0.000000	0.000000
BLOC10:ZONE1 IDEAL LOADS A/R					0.000000	0.000000
BLOC19:ZONE1 IDEAL LOADS A/R					0.000000	0.000000
BLOC5:ZONE1 IDEAL LOADS A/R					0.000000	0.000000
BLOC20:ZONE1 IDEAL LOADS A/R					0.000000	0.000000

User-Specified values were used. Design Size values were used if no User-Specified values were provided.

Time Not Meeting the Adaptive Comfort Models during Occupied Hours

	ASHRAE55 90% Acceptability Limits [Hours]	ASHRAE55 80% Acceptability Limits [Hours]	CEN15251 Category I Acceptability Limits [Hours]	CEN15251 Category II Acceptability Limits [Hours]	CEN15251 Category III Acceptability Limits [Hours]
PEOPLE BLOC1:ZONE1	672.00	259.00			
PEOPLE BLOC3:ZONE1	1530.00	1357.50			
PEOPLE BLOC4:ZONE1	1518.00	1313.50			
PEOPLE BLOC16:ZONE1	1531.50	1297.00			
PEOPLE BLOC17:ZONE1	1581.50	1323.50			
PEOPLE BLOC18:ZONE1	1606.50	1354.00			
PEOPLE BLOC22:ZONE1	1602.00	1330.50			
PEOPLE BLOC2:ZONE1	682.50	271.00			
PEOPLE BLOC6:ZONE1	1564.50	1332.50			
PEOPLE BLOC11:ZONE1	1568.00	1374.50			
PEOPLE BLOC12:ZONE1	1608.50	1386.00			
PEOPLE BLOC10:ZONE1	1561.00	1318.50			
PEOPLE BLOC19:ZONE1	1606.50	1352.50			
PEOPLE BLOC5:ZONE1	1559.00	1364.50			
PEOPLE BLOC20:ZONE1	1581.00	1319.50			
PEOPLE BLOC20:ZONE1	1582.50	1372.00			

Time Not Meeting the Adaptive Comfort Models during Occupied Hours

	ASHRAE55 90% Acceptability Limits [Hours]	ASHRAE55 80% Acceptability Limits [Hours]	CEN15251 Category I Acceptability Limits [Hours]	CEN15251 Category II Acceptability Limits [Hours]	CEN15251 Category III Acceptability Limits [Hours]
PEOPLE BLOC1:ZONE1	672.00	259.00			
PEOPLE BLOC3:ZONE1	1530.00	1357.50			
PEOPLE BLOC4:ZONE1	1518.00	1313.50			
PEOPLE BLOC6:ZONE1	1531.50	1297.00			
PEOPLE BLOC7:ZONE1	1581.50	1323.50			
PEOPLE BLOC8:ZONE1	1606.50	1354.00			
PEOPLE BLOC2:ZONE1	1602.00	1330.50			
PEOPLE BLOC2:ZONE1	682.50	271.00			
PEOPLE BLOC8:ZONE1	1564.50	1332.50			
PEOPLE BLOC11:ZONE1	1568.00	1374.50			
PEOPLE BLOC12:ZONE1	1608.50	1386.00			
PEOPLE BLOC9:ZONE1	1561.00	1318.50			
PEOPLE BLOC10:ZONE1	1606.50	1352.50			
PEOPLE BLOC9:ZONE1	1559.00	1364.50			
PEOPLE BLOC5:ZONE1	1581.00	1319.50			
PEOPLE BLOC10:ZONE1	1582.50	1372.00			

Sizing Period Design Day

	Maximum Dry Bulb [C]	Daily Temperature Range [deltaC]	Humidity Value	Humidity Type	Wind Speed [m/s]	Wind Direction
SUMMER DESIGN DAY IN SANS TITRE (01-01:31-12) JUL	45.10	13.50	21.70	Wetbulb [C]	0.00	0.00
SUMMER DESIGN DAY IN SANS TITRE (01-01:31-12) AUG	44.20	13.10	21.50	Wetbulb [C]	0.00	0.00
SUMMER DESIGN DAY IN SANS TITRE (01-01:31-12) SEP	41.50	13.10	20.20	Wetbulb [C]	0.00	0.00
WINTER DESIGN DAY IN SANS TITRE (01-01:31-12)	3.80	0.00	3.80	Wetbulb [C]	15.00	0.00

	Construction	Reflectance	U-Factor with Film [W/m2-K]	U-Factor no Film [W/m2-K]	Gross Area [m2]	Net Area [m2]	Azimuth [deg]	Tilt [deg]	Cardinal Direction
BLOC1:ZONE1_WALL_3_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.700	4.533	10.27	10.27	210.00	90.00	S
BLOC1:ZONE1_WALL_4_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.700	4.533	6.98	4.56	299.92	90.00	W
BLOC1:ZONE1_WALL_5_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.700	4.533	10.28	10.28	29.97	90.00	N
BLOC1:ZONE1_WALL_8_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.700	4.533	6.98	6.98	120.00	90.00	E
BLOC1:ZONE1_WALL_9_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.700	4.533	23.40	20.58	30.00	90.00	N
BLOC1:ZONE1_WALL_12_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.700	4.533	3.65	3.65	210.00	90.00	S
BLOC1:ZONE1_WALL_13_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.700	4.533	3.59	3.59	120.00	90.00	E
BLOC1:ZONE1_WALL_14_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.700	4.533	3.65	3.65	30.00	90.00	N
BLOC1:ZONE1_WALL_15_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.700	4.533	3.59	3.59	300.00	90.00	W
BLOC1:ZONE1_GROUNDFLOOR_0_0_0	PROJET DE PLANCHER BAS SUR TERRAIN	0.40	0.253	0.264	0.66	0.66	210.00	180.00	
BLOC1:ZONE1_GROUNDFLOOR_0_0_1	PROJET DE PLANCHER BAS SUR TERRAIN	0.40	0.253	0.264	9.25	9.25	210.00	180.00	
BLOC1:ZONE1_GROUNDFLOOR_0_0_2	PROJET DE PLANCHER BAS SUR TERRAIN	0.40	0.253	0.264	25.07	25.07	210.00	180.00	
BLOC1:ZONE1_GROUNDFLOOR_0_0_3	PROJET DE PLANCHER BAS SUR TERRAIN	0.40	0.253	0.264	0.69	0.69	210.00	180.00	
BLOC1:ZONE1_GROUNDFLOOR_0_0_4	PROJET DE PLANCHER BAS SUR TERRAIN	0.40	0.253	0.264	1.42	1.42	210.00	180.00	
BLOC1:ZONE1_GROUNDFLOOR_0_0_5	PROJET DE PLANCHER BAS SUR TERRAIN	0.40	0.253	0.264	13.54	13.54	209.97	180.00	
BLOC1:ZONE1_GROUNDFLOOR_0_0_6	PROJET DE PLANCHER BAS SUR TERRAIN	0.40	0.253	0.264	19.40	19.40	210.00	180.00	
BLOC1:ZONE1_GROUNDFLOOR_0_0_7	PROJET DE PLANCHER BAS SUR TERRAIN	0.40	0.253	0.264	7.22	7.22	210.00	180.00	
BLOC3:ZONE1_WALL_2_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.700	4.533	14.52	14.52	300.00	90.00	W
BLOC3:ZONE1_WALL_3_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.700	4.533	10.27	10.27	210.00	90.00	S
BLOC3:ZONE1_WALL_4_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.700	4.533	6.98	4.56	299.92	90.00	W
BLOC3:ZONE1_WALL_5_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.700	4.533	10.28	10.28	29.97	90.00	N
BLOC3:ZONE1_WALL_6_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.700	4.533	11.85	11.85	300.01	90.00	W
BLOC3:ZONE1_WALL_7_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.700	4.533	23.40	23.40	210.00	90.00	S
BLOC3:ZONE1_WALL_8_2_0	PROJET DE MUR	0.40	2.700	4.533	6.98	6.98	120.00	90.00	E
BLOC3:ZONE1_WALL_9_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.700	4.533	23.40	20.58	30.00	90.00	N
BLOC3:ZONE1_WALL_12_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.700	4.533	3.65	3.65	210.00	90.00	S
BLOC3:ZONE1_WALL_13_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.700	4.533	3.59	3.59	120.00	90.00	E
BLOC3:ZONE1_WALL_14_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.700	4.533	3.65	3.65	30.00	90.00	N
BLOC3:ZONE1_WALL_15_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.700	4.533	3.59	3.59	300.00	90.00	W
BLOC3:ZONE1_WALL_15_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.700	4.533	3.59	3.59	300.00	90.00	W
BLOC3:ZONE1_GROUNDFLOOR_0_0_0	PROJET DE PLANCHER BAS SUR TERRAIN	0.40	0.253	0.264	0.66	0.66	210.00	180.00	
BLOC3:ZONE1_GROUNDFLOOR_0_0_1	PROJET DE PLANCHER BAS SUR TERRAIN	0.40	0.253	0.264	9.25	9.25	210.00	180.00	
BLOC3:ZONE1_GROUNDFLOOR_0_0_2	PROJET DE PLANCHER BAS SUR TERRAIN	0.40	0.253	0.264	25.07	25.07	210.00	180.00	
BLOC3:ZONE1_GROUNDFLOOR_0_0_3	PROJET DE PLANCHER BAS SUR TERRAIN	0.40	0.253	0.264	0.69	0.69	210.00	180.00	
BLOC3:ZONE1_GROUNDFLOOR_0_0_4	PROJET DE PLANCHER BAS SUR TERRAIN	0.40	0.253	0.264	1.42	1.42	210.00	180.00	
BLOC3:ZONE1_GROUNDFLOOR_0_0_5	PROJET DE PLANCHER BAS SUR TERRAIN	0.40	0.253	0.264	13.54	13.54	209.97	180.00	
BLOC3:ZONE1_GROUNDFLOOR_0_0_6	PROJET DE PLANCHER BAS SUR TERRAIN	0.40	0.253	0.264	19.40	19.40	210.00	180.00	
BLOC3:ZONE1_GROUNDFLOOR_0_0_7	PROJET DE PLANCHER BAS SUR TERRAIN	0.40	0.253	0.264	7.22	7.22	210.00	180.00	
BLOC4:ZONE1_WALL_3_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.700	4.533	10.27	10.27	210.00	90.00	S
BLOC4:ZONE1_WALL_4_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.700	4.533	6.98	4.57	299.92	90.00	W
BLOC4:ZONE1_WALL_5_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.700	4.533	10.28	10.28	29.97	90.00	N
BLOC4:ZONE1_WALL_7_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.700	4.533	23.40	23.40	210.00	90.00	S
BLOC4:ZONE1_WALL_8_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.700	4.533	33.35	33.35	120.00	90.00	E
BLOC4:ZONE1_WALL_9_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.700	4.533	23.40	20.58	30.00	90.00	N
BLOC4:ZONE1_WALL_12_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.700	4.533	3.65	3.65	210.00	90.00	S
BLOC4:ZONE1_WALL_13_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.700	4.533	3.59	3.59	120.00	90.00	E
BLOC4:ZONE1_WALL_14_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.700	4.533	3.65	3.65	30.00	90.00	N
BLOC4:ZONE1_WALL_15_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.700	4.533	3.59	3.59	300.00	90.00	W
BLOC4:ZONE1_GROUNDFLOOR_0_0_0	PROJET DE PLANCHER BAS SUR TERRAIN	0.40	0.253	0.264	0.66	0.66	210.00	180.00	
BLOC4:ZONE1_GROUNDFLOOR_0_0_1	PROJET DE PLANCHER BAS SUR TERRAIN	0.40	0.253	0.264	9.25	9.25	210.00	180.00	
BLOC4:ZONE1_GROUNDFLOOR_0_0_2	PROJET DE PLANCHER BAS SUR TERRAIN	0.40	0.253	0.264	25.07	25.07	210.00	180.00	
BLOC4:ZONE1_GROUNDFLOOR_0_0_3	PROJET DE PLANCHER BAS SUR TERRAIN	0.40	0.253	0.264	0.69	0.69	210.00	180.00	
BLOC4:ZONE1_GROUNDFLOOR_0_0_4	PROJET DE PLANCHER BAS SUR TERRAIN	0.40	0.253	0.264	1.42	1.42	210.00	180.00	
BLOC4:ZONE1_GROUNDFLOOR_0_0_5	PROJET DE PLANCHER BAS SUR TERRAIN	0.40	0.253	0.264	13.54	13.54	209.97	180.00	
BLOC4:ZONE1_GROUNDFLOOR_0_0_6	PROJET DE PLANCHER BAS SUR TERRAIN	0.40	0.253	0.264	19.40	19.40	210.00	180.00	
BLOC4:ZONE1_GROUNDFLOOR_0_0_7	PROJET DE PLANCHER BAS SUR TERRAIN	0.40	0.253	0.264	7.22	7.22	210.00	180.00	
BLOC16:ZONE1_WALL_2_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.700	4.533	14.52	14.52	300.00	90.00	W
BLOC16:ZONE1_WALL_3_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.700	4.533	10.27	10.27	210.00	90.00	N
BLOC16:ZONE1_WALL_4_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.700	4.533	6.98	4.57	300.08	90.00	W
BLOC16:ZONE1_WALL_5_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.700	4.533	10.28	10.28	210.03	90.00	S
BLOC16:ZONE1_WALL_6_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.700	4.533	11.85	11.85	299.99	90.00	W

Simulation maison 02 ;(rapport)

Program Version:EnergyPlus, Version 8.9.0-40101eaffd, YMD=2021.06.27 05:25

Tabular Output Report in Format: HTML

Building: Building

Environment: SANS TITRE (01-01:31-12) ** Ghardaia Noumerat Zakaria AP GR DZA ISD-TMYx WMO #-605660

Simulation Timestamp: 2021-06-27 05:25:37

Report : Annual Building Utility Performance Summary

For: Entire Facility

Timestamp: 2021-06-27 05:25:37

Values gathered over 8760.00 hours

Site and Source Energy

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m2]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m2]
Total Site Energy	85753.67	155.70	579.83
Net Site Energy	85753.67	155.70	579.83
Total Source Energy	231851.28	420.96	1567.67
Net Source Energy	231851.28	420.96	1567.67

Building Area

	Area [m2]
Total Building Area	550.77
Net Conditioned Building Area	147.89
Unconditioned Building Area	402.87

End Uses

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	0.00	0.00	0.00	0.00	5834.78	0.00
Cooling	0.00	0.00	0.00	20349.18	0.00	0.00
Interior Lighting	34368.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	23792.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	1409.43	22.07
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	58160.28	0.00	0.00	20349.18	7244.20	22.07

Note: District heat appears to be the principal heating source based on energy usage.

End Uses By Subcategory

	Subcategory	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	General	0.00	0.00	0.00	0.00	5834.78	0.00
Cooling	General	0.00	0.00	0.00	20349.18	0.00	0.00
Interior Lighting	General	34368.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	ELECTRIC EQUIPMENT #Bloc1.Zone1#05	3132.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT #Bloc4.Zone1#05	214.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT #Bloc5.Zone1#05	2731.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT #Bloc7.Zone1#05	175.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT #Bloc8.Zone1#05	2731.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT #Bloc10.Zone1#05	175.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT #Bloc11.Zone1#05	2726.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT #Bloc12.Zone1#05	2726.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT #Bloc13.Zone1#05	214.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT #Bloc2.Zone1#05	3256.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT #Bloc6.Zone1#05	2862.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT #Bloc9.Zone1#05	2847.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	Ventilation (simple)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	DHW Bloc1.Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	240.83	3.77
	DHW Bloc4.Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	16.45	0.26
	DHW Bloc7.Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	13.47	0.21
	DHW Bloc8.Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	209.95	3.29
	DHW Bloc10.Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	13.47	0.21
	DHW Bloc12.Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	209.60	3.28
	DHW Bloc13.Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	16.45	0.26

	DHW Bloc10:Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	13.47	0.21
	DHW Bloc12:Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	209.60	3.28
	DHW Bloc13:Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	16.45	0.26
	DHW Bloc2:Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	250.30	3.92
	DHW Bloc6:Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	220.03	3.45
	DHW Bloc9:Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	218.88	3.43
Refrigeration	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Normalized Metrics

Utility Use Per Conditioned Floor Area

	Electricity Intensity [kWh/m2]	Natural Gas Intensity [kWh/m2]	Additional Fuel Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]	Water Intensity [m3/m2]
Lighting	232.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	0.00	0.00	0.00	137.59	48.98	0.00
Other	160.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	393.25	0.00	0.00	137.59	48.98	0.00

Utility Use Per Total Floor Area

	Electricity Intensity [kWh/m2]	Natural Gas Intensity [kWh/m2]	Additional Fuel Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]	Water Intensity [m3/m2]
Lighting	62.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	0.00	0.00	0.00	36.95	13.15	0.00
Other	43.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	105.60	0.00	0.00	36.95	13.15	0.00

Electric Loads Satisfied

	Electricity [kWh]	Percent Electricity [%]
Fuel-Fired Power Generation	0.000	0.00
High Temperature Geothermal*	0.000	0.00
Photovoltaic Power	0.000	0.00
Wind Power	0.000	0.00
Power Conversion	0.000	0.00
Net Decrease in On-Site Storage	0.000	0.00
Total On-Site Electric Sources	0.000	0.00
Electricity Coming from Utility	58160.279	100.00
Surplus Electricity Going To Utility	0.000	0.00
Net Electricity from Utility	58160.279	100.00
Total On-Site and Utility Electric Sources	58160.279	100.00
Total Electricity End Uses	58160.279	100.00

On-Site Thermal Sources

	Heat [kWh]	Percent Heat [%]
Water-Side Heat Recovery	0.00	0.00
Air to Air Heat Recovery for Cooling	0.00	0.00
Air to Air Heat Recovery for Heating	0.00	0.00
High-Temperature Geothermal*	0.00	0.00
Solar Water Thermal	0.00	0.00
Solar Air Thermal	0.00	0.00
Total On-Site Thermal Sources	0.00	0.00

Water Source Summary

	Water [m3]	Percent Water [%]
Rainwater Collection	0.00	0.00
Condensate Collection	0.00	0.00
Groundwater Well	0.00	0.00
Total On Site Water Sources	0.00	0.00
-	-	-
Initial Storage	0.00	0.00
Final Storage	0.00	0.00
Change in Storage	0.00	0.00
-	-	-
Water Supplied by Utility	22.07	100.00
-	-	-
Total On Site, Change in Storage, and Utility Water Sources	22.07	100.00
Total Water End Uses	22.07	100.00

On-Site Thermal Sources

	Heat [kWh]	Percent Heat [%]
Water-Side Heat Recovery	0.00	0.00
Air to Air Heat Recovery for Cooling	0.00	0.00
Air to Air Heat Recovery for Heating	0.00	0.00
High-Temperature Geothermal*	0.00	0.00
Solar Water Thermal	0.00	0.00
Solar Air Thermal	0.00	0.00
Total On-Site Thermal Sources	0.00	0.00

Water Source Summary

	Water [m3]	Percent Water [%]
Rainwater Collection	0.00	0.00
Condensate Collection	0.00	0.00
Groundwater Well	0.00	0.00
Total On Site Water Sources	0.00	0.00
-	-	-
Initial Storage	0.00	0.00
Final Storage	0.00	0.00
Change in Storage	0.00	0.00
-	-	-
Water Supplied by Utility	22.07	100.00
-	-	-
Total On Site, Change in Storage, and Utility Water Sources	22.07	100.00
Total Water End Uses	22.07	100.00

Normalized Metrics

Utility Use Per Conditioned Floor Area

	Electricity Intensity [kWh/m2]	Natural Gas Intensity [kWh/m2]	Additional Fuel Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]	Water Intensity [m3/m2]
Lighting	232.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	0.00	0.00	0.00	137.59	48.98	0.15
Other	160.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	393.25	0.00	0.00	137.59	48.98	0.15

Utility Use Per Total Floor Area

	Electricity Intensity [kWh/m2]	Natural Gas Intensity [kWh/m2]	Additional Fuel Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]	Water Intensity [m3/m2]
Lighting	62.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	0.00	0.00	0.00	36.95	13.15	0.04
Other	43.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	105.60	0.00	0.00	36.95	13.15	0.04

Electric Loads Satisfied

	Electricity [kWh]	Percent Electricity [%]
Fuel-Fired Power Generation	0.000	0.00
High Temperature Geothermal*	0.000	0.00
Photovoltaic Power	0.000	0.00
Wind Power	0.000	0.00
Power Conversion	0.000	0.00
Net Decrease in On-Site Storage	0.000	0.00
Total On-Site Electric Sources	0.000	0.00
Electricity Coming From Utility	58160.279	100.00
Surplus Electricity Going To Utility	0.000	0.00
Net Electricity From Utility	58160.279	100.00
Total On-Site and Utility Electric Sources	58160.279	100.00
Total Electricity End Uses	58160.279	100.00

Report: Input Verification and Results Summary

For: Entire Facility

Timestamp: 2021-06-27 05:25:37

General

	Value
Program Version and Build	EnergyPlus, Version 8.9.0-40101eaa5d, YMD=2021.06.27 05:25
RunPeriod	SANS TITRE (01-01:31-12)
Weather File	Ghardaia Noumerat Zakaria AP GR DZA ISD-TMYx W MO#=605660
Latitude [deg]	32.38
Longitude [deg]	3.79
Elevation [m]	460.90
Time Zone	0.00
North Axis Angle [deg]	0.00
Rotation for Appendix G [deg]	0.00
Hours Simulated [hrs]	8760.00

ENVELOPE

Window-Wall Ratio

	Total	North (315 to 45 deg)	East (45 to 135 deg)	South (135 to 225 deg)	West (225 to 315 deg)
Gross Wall Area [m2]	897.80	255.98	192.92	255.98	192.92
Above Ground Wall Area [m2]	897.80	255.98	192.92	255.98	192.92
Window Opening Area [m2]	0.22	0.00	0.00	0.22	0.00
Gross Window-Wall Ratio [%]	0.02	0.00	0.00	0.09	0.00
Above Ground Window-Wall Ratio [%]	0.02	0.00	0.00	0.09	0.00

Conditioned Window-Wall Ratio

	Total	North (315 to 45 deg)	East (45 to 135 deg)	South (135 to 225 deg)	West (225 to 315 deg)
Gross Wall Area [m2]	104.50	71.44	9.01	15.04	9.01
Above Ground Wall Area [m2]	104.50	71.44	9.01	15.04	9.01
Window Opening Area [m2]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Gross Window-Wall Ratio [%]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Above Ground Window-Wall Ratio [%]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Skylight-Roof Ratio

	Total
Gross Roof Area [m2]	360.56
Skylight Area [m2]	0.00
Skylight-Roof Ratio [%]	0.00

Report: Component Sizing Summary

[Table of Contents](#)

For: Entire Facility

Timestamp: 2021-06-27 05:25:37

ZoneHVAC:IdealLoadsAirSystem

	Design Size Maximum Heating Air Flow Rate [m3/s]	Design Size Maximum Sensible Heating Capacity [W]	Design Size Maximum Cooling Air Flow Rate [m3/s]	Design Size Maximum Total Cooling Capacity [W]
BLOC1:ZONE1 IDEAL LOADS AIR	0.532084	9897.22	0.602153	10564.94
BLOC2:ZONE1 IDEAL LOADS AIR	0.539088	10070.65	0.872028	14460.33

User-Specified values were used. Design Size values were used if no User-Specified values were provided.

Report: Adaptive Comfort Summary

[Table of Contents](#)

For: Entire Facility

Timestamp: 2021-06-27 05:25:37

Time Not Meeting the Adaptive Comfort Models during Occupied Hours

ASHRAE55 90% Acceptability Limits [Hours]	ASHRAE55 80% Acceptability Limits [Hours]	CEN15251 Category I Acceptability Limits [Hours]	CEN15251 Category II Acceptability Limits [Hours]	CEN15251 Category III Acceptability Limits [Hours]
---	---	--	---	--

Report: Climatic Data Summary

[Table of Contents](#)

For: Entire Facility

Timestamp: 2021-06-27 05:25:37

SizingPeriod.DesignDay

	Maximum Dry Bulb [C]	Daily Temperature Range [deltaC]	Humidity Value	Humidity Type	Wind Speed [m/s]	Wind Direction
SUMMER DESIGN DAY IN SANS TITRE (01-01:31-12) JUL	45.10	13.50	21.70	WetBulb [C]	0.00	0.00
SUMMER DESIGN DAY IN SANS TITRE (01-01:31-12) AUG	44.20	13.10	21.50	WetBulb [C]	0.00	0.00
SUMMER DESIGN DAY IN SANS TITRE (01-01:31-12) SEP	41.50	13.10	20.20	WetBulb [C]	0.00	0.00
WINTER DESIGN DAY IN SANS TITRE (01-01:31-12)	3.80	0.00	3.80	WetBulb [C]	15.00	0.00

Weather Statistics File

Value
None

Report: Envelope Summary

[Table of Contents](#)

For: Entire Facility

Timestamp: 2021-06-27 05:25:37

Opaque Exterior

	Construction	Reflectance	U-Factor with Film [W/m2-K]	U-Factor no Film [W/m2-K]	Gross Area [m2]	Net Area [m2]	Azimuth [deg]	Tilt [deg]	Cardinal Direction
BLOC1:ZONE1_WALL_5_0_0	PROJET DE MUR	0.40	1.450	1.852	28.20	25.68	30.00	90.00	N
BLOC1:ZONE1_WALL_8_0_0	PROJET DE MUR	0.40	1.450	1.852	3.45	3.45	300.00	90.00	W
BLOC1:ZONE1_WALL_9_0_0	PROJET DE MUR	0.40	1.450	1.852	7.52	7.52	210.00	90.00	S
BLOC1:ZONE1_WALL_10_0_0	PROJET DE MUR	0.40	1.450	1.852	3.45	3.45	120.00	90.00	E
BLOC1:ZONE1_WALL_11_0_0	PROJET DE MUR	0.40	1.450	1.852	7.52	7.52	30.00	90.00	N
BLOC1:ZONE1_GROUNDFLOOR_0_0_0	PROJET DE PLANCHER BAS SUR TERRAIN	0.40	2.362	3.825	2.27	2.27	210.00	180.00	

BLOC1:ZONE1_GROUNDFLOOR_0_0_3	PROJET DE PLANCHER BAS SUR TERRAIN	0.40	2.362	3.825	1.70	1.70	210.00	180.00	
BLOC1:ZONE1_GROUNDFLOOR_0_0_4	PROJET DE PLANCHER BAS SUR TERRAIN	0.40	2.362	3.825	19.94	19.94	210.00	180.00	
BLOC1:ZONE1_GROUNDFLOOR_0_0_5	PROJET DE PLANCHER BAS SUR TERRAIN	0.40	2.362	3.825	16.62	16.62	210.00	180.00	
BLOC4:ZONE1_WALL_2_0_0	PROJET DE MUR	0.40	1.450	1.852	10.95	10.95	300.00	90.00	W
BLOC4:ZONE1_WALL_4_0_0	PROJET DE MUR	0.40	1.450	1.852	10.95	10.95	120.00	90.00	E
BLOC4:ZONE1_WALL_5_0_0	PROJET DE MUR	0.40	1.450	1.852	8.87	8.87	30.00	90.00	N
BLOC4:ZONE1_ROOF_1_0_0	PROJET DE TOITURE TERRASSE	0.15	0.250	0.259	10.79	10.79	30.00	0.00	
BLOC5:ZONE1_WALL_3_0_0	PROJET DE MUR	0.40	1.450	1.852	28.20	28.20	210.00	90.00	S
BLOC5:ZONE1_WALL_4_0_0	PROJET DE MUR	0.40	1.450	1.852	28.80	28.80	120.00	90.00	E
BLOC5:ZONE1_WALL_5_0_0	PROJET DE MUR	0.40	1.450	1.852	28.20	25.68	30.00	90.00	N
BLOC5:ZONE1_WALL_8_0_0	PROJET DE MUR	0.40	1.450	1.852	3.45	3.45	300.00	90.00	W
BLOC5:ZONE1_WALL_9_0_0	PROJET DE MUR	0.40	1.450	1.852	7.52	7.52	210.00	90.00	S
BLOC5:ZONE1_WALL_10_0_0	PROJET DE MUR	0.40	1.450	1.852	3.45	3.45	120.00	90.00	E
BLOC5:ZONE1_WALL_11_0_0	PROJET DE MUR	0.40	1.450	1.852	7.52	7.52	30.00	90.00	N
BLOC5:ZONE1_GROUNDFLOOR_0_0_0	PROJET DE PLANCHER BAS SUR TERRAIN	0.40	2.362	3.825	2.27	2.27	210.00	180.00	
BLOC5:ZONE1_GROUNDFLOOR_0_0_1	PROJET DE PLANCHER BAS SUR TERRAIN	0.40	2.362	3.825	30.92	30.92	210.00	180.00	
BLOC5:ZONE1_GROUNDFLOOR_0_0_2	PROJET DE PLANCHER BAS SUR TERRAIN	0.40	2.362	3.825	15.90	15.90	210.00	180.00	
BLOC5:ZONE1_GROUNDFLOOR_0_0_3	PROJET DE PLANCHER BAS SUR TERRAIN	0.40	2.362	3.825	1.70	1.70	210.00	180.00	
BLOC5:ZONE1_GROUNDFLOOR_0_0_4	PROJET DE PLANCHER BAS SUR TERRAIN	0.40	2.362	3.825	19.94	19.94	210.00	180.00	
BLOC5:ZONE1_GROUNDFLOOR_0_0_5	PROJET DE PLANCHER BAS SUR TERRAIN	0.40	2.362	3.825	16.62	16.62	210.00	180.00	
BLOC7:ZONE1_WALL_2_0_0	PROJET DE MUR	0.40	1.450	1.852	10.95	10.95	300.00	90.00	W
BLOC7:ZONE1_WALL_3_0_0	PROJET DE MUR	0.40	1.450	1.852	8.87	8.87	210.00	90.00	S
BLOC7:ZONE1_WALL_4_0_0	PROJET DE MUR	0.40	1.450	1.852	10.95	10.95	120.00	90.00	E
BLOC7:ZONE1_WALL_5_0_0	PROJET DE MUR	0.40	1.450	1.852	8.87	8.87	30.00	90.00	N
BLOC7:ZONE1_ROOF_1_0_0	PROJET DE TOITURE TERRASSE	0.15	0.250	0.259	10.79	10.79	30.00	0.00	
BLOC8:ZONE1_WALL_2_0_0	PROJET DE MUR	0.40	1.450	1.852	28.80	28.80	300.00	90.00	W
BLOC8:ZONE1_WALL_3_0_0	PROJET DE MUR	0.40	1.450	1.852	28.20	28.20	210.00	90.00	S
BLOC8:ZONE1_WALL_5_0_0	PROJET DE MUR	0.40	1.450	1.852	28.20	25.68	30.00	90.00	N
BLOC8:ZONE1_WALL_8_0_0	PROJET DE MUR	0.40	1.450	1.852	3.45	3.45	300.00	90.00	W
BLOC8:ZONE1_WALL_9_0_0	PROJET DE MUR	0.40	1.450	1.852	7.52	7.52	210.00	90.00	S
BLOC8:ZONE1_WALL_10_0_0	PROJET DE MUR	0.40	1.450	1.852	3.45	3.45	120.00	90.00	E
BLOC8:ZONE1_WALL_11_0_0	PROJET DE MUR	0.40	1.450	1.852	7.52	7.52	30.00	90.00	N
BLOC8:ZONE1_GROUNDFLOOR_0_0_0	PROJET DE PLANCHER BAS SUR TERRAIN	0.40	2.362	3.825	2.27	2.27	210.00	180.00	

Zone Summary

	Area [m2]	Conditioned (Y/N)	Part of Total Floor Area (Y/N)	Volume [m3]	Multipliers	Above Ground Gross Wall Area [m2]	Underground Gross Wall Area [m2]	Window Glass Area [m2]	Opening Area [m2]	Lighting [W/m2]	People [m2 per person]	Plug and Process [W/m2]
BLOC1.ZONE1	72.52	Yes	Yes	217.56	1.00	50.15	0.00	0.00	0.00	20.0000	9.01	11.770
BLOC4.ZONE1	4.95	No	Yes	11.89	1.00	30.76	0.00	0.00	0.00	20.0000	9.01	11.770
BLOC5.ZONE1	63.22	No	Yes	189.67	1.00	107.15	0.00	0.00	0.00	20.0000	9.01	11.770
BLOC7.ZONE1	4.05	No	Yes	9.73	1.00	39.64	0.00	0.00	0.00	20.0000	9.01	11.770
BLOC8.ZONE1	63.22	No	Yes	189.67	1.00	107.15	0.00	0.00	0.00	20.0000	9.01	11.770
BLOC10.ZONE1	4.05	No	Yes	9.73	1.00	39.64	0.00	0.00	0.00	20.0000	9.01	11.770
BLOC11.ZONE1	63.12	No	Yes	189.36	1.00	107.75	0.00	0.00	0.00	20.0000	9.01	11.770
BLOC12.ZONE1	63.12	No	Yes	151.48	1.00	107.75	0.00	0.15	0.22	20.0000	9.01	11.770
BLOC13.ZONE1	4.95	No	Yes	11.89	1.00	30.76	0.00	0.00	0.00	20.0000	9.01	11.770
BLOC2.ZONE1	75.37	Yes	Yes	180.90	1.00	54.35	0.00	0.00	0.00	20.0000	9.01	11.770
BLOC6.ZONE1	66.26	No	Yes	159.02	1.00	111.35	0.00	0.00	0.00	20.0000	9.01	11.770
BLOC9.ZONE1	65.91	No	Yes	158.19	1.00	111.35	0.00	0.00	0.00	20.0000	9.01	11.770
Total	550.77			1479.10		897.80	0.00	0.15	0.22	20.0000	9.01	11.770
Conditioned Total	147.89			398.46		104.50	0.00	0.00	0.00	20.0000	9.01	11.770
Unconditioned Total	402.87			1080.64		793.30	0.00	0.15	0.22	20.0000	9.01	11.770
Not Part of Total	0.00			0.00		0.00	0.00	0.00	0.00			

Report: Demand End Use Components Summary

For: Entire Facility

Timestamp: 2021-06-27 05:25:37

End Uses

	Electricity [W]	Natural Gas [W]	Propane [W]	District Cooling [W]	District Heating [W]	Water [m3/s]
Time of Peak	02-JAN-07:30	-	-	01-MAY-15:00	02-JAN-05:00	02-JAN-09:30
Heating	0.00	0.00	0.00	0.00	19299.82	0.00
Cooling	0.00	0.00	0.00	23436.88	0.00	0.00
Interior Lighting	11015.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	6482.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	17497.95	0.00	0.00	23436.88	19299.82	0.00

End Uses By Subcategory

	Subcategory	Electricity [W]	Natural Gas [W]	Propane [W]	District Cooling [W]	District Heating [W]	Water [m3/s]
Heating	General	0.00	0.00	0.00	0.00	19299.82	0.00
Cooling	General	0.00	0.00	0.00	23436.88	0.00	0.00
Interior Lighting	General	11015.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	ELECTRIC EQUIPMENT #Bloc1.Zone1#05	853.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT #Bloc4.Zone1#05	58.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT #Bloc5.Zone1#05	744.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT #Bloc7.Zone1#05	47.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT #Bloc8.Zone1#05	744.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT #Bloc10.Zone1#05	47.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT #Bloc11.Zone1#05	742.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT #Bloc12.Zone1#05	742.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT #Bloc13.Zone1#05	58.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT #Bloc2.Zone1#05	887.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT #Bloc6.Zone1#05	779.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT #Bloc9.Zone1#05	775.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	Ventilation (simple)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	DHW Bloc1.Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	DHW Bloc4.Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	DHW Bloc7.Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	DHW Bloc8.Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	DHW Bloc10.Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	DHW Bloc12.Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Simulation maison 03 : projet (rapport)

Analyse

Rapports

Variable paramétrique

Optimisation

Visualisation des Données

Program Version:EnergyPlus, Version 8.9.0-40101eaafd, YMD=2021.07.11 21:45

Tabular Output Report in Format: HTML

Building: Building

Environment: SANS TITRE (01-01:31-12) ** Ghardaia Noumerat Zakaria AP GR DZA ISD-TMYx WMO#=605660

Simulation Timestamp: 2021-07-11 21:45:10

Report: Annual Building Utility Performance Summary

For: Entire Facility

Timestamp: 2021-07-11 21:45:10

Values gathered over 8760.00 hours

Site and Source Energy

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m2]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m2]
Total Site Energy	103870.84	151.59	580.66
Net Site Energy	103870.84	151.59	580.66
Total Source Energy	284410.72	415.06	1589.91
Net Source Energy	284410.72	415.06	1589.91

Site to Source Energy Conversion Factors

	Site=>Source Conversion Factor
Electricity	3.167
Natural Gas	1.084
District Cooling	1.056
District Heating	3.613
Steam	0.250
Gasoline	1.050
Diesel	1.050
Coal	1.050
Fuel Oil #1	1.050
Fuel Oil #2	1.050
Propane	1.050
Other Fuel 1	1.000
Other Fuel 2	1.000

Building Area

	Area [m2]
Total Building Area	685.22
Net Conditioned Building Area	178.89
Unconditioned Building Area	506.34

End Uses

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	0.00	0.00	0.00	0.00	6564.21	0.00
Cooling	0.00	0.00	0.00	22916.77	0.00	0.00
Interior Lighting	42757.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	29600.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	2031.81	31.82
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	72358.06	0.00	0.00	22916.77	8596.02	31.82

Note: District heat appears to be the principal heating source based on energy usage.

	Subcategory	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	General	0.00	0.00	0.00	0.00	6564.21	0.00
Cooling	General	0.00	0.00	0.00	22916.77	0.00	0.00
Interior Lighting	General	41257.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	ELECTRIC EQUIPMENT#Bloc1.Zone1.#05	3444.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Bloc2.Zone1.#05	3420.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Bloc3.Zone1.#05	861.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Bloc4.Zone1.#05	3193.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Bloc5.Zone1.#05	3169.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Bloc5.Zone1.#05	716.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Bloc7.Zone1.#05	3329.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Bloc8.Zone1.#05	3305.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Bloc9.Zone1.#05	746.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Bloc10.Zone1.#05	3304.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Bloc11.Zone1.#05	3279.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Bloc12.Zone1.#05	826.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	Ventilation (simple)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	DHW Bloc1.Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	264.81	4.15
	DHW Bloc2.Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	262.98	4.12
	DHW Bloc3.Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	66.25	1.04
	DHW Bloc4.Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	245.52	3.84
	DHW Bloc6.Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	55.08	0.86
	DHW Bloc7.Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	255.98	4.01
	DHW Bloc8.Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	254.11	3.98
	DHW Bloc9.Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	57.42	0.90
	DHW Bloc10.Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	253.99	3.98
	DHW Bloc11.Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	252.13	3.95
	DHW Bloc12.Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	63.55	1.00
Refrigeration	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Normalized Metrics

Utility Use Per Conditioned Floor Area

	Electricity Intensity [kWh/m2]	Natural Gas Intensity [kWh/m2]	Additional Fuel Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]	Water Intensity [m3]
Lighting	239.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	0.00	0.00	0.00	128.11	48.05	0.00
Other	165.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	404.49	0.00	0.00	128.11	48.05	0.00

Utility Use Per Total Floor Area

	Electricity Intensity [kWh/m2]	Natural Gas Intensity [kWh/m2]	Additional Fuel Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]	Water Intensity [m3]
Lighting	62.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	0.00	0.00	0.00	33.44	12.54	0.00
Other	43.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	105.60	0.00	0.00	33.44	12.54	0.00

Bedric Loads Satisfied

	Electricity [kWh]	Percent Electricity [%]
Fuel-Fired Power Generation	0.000	0.00
High Temperature Geothermal*	0.000	0.00
Photovoltaic Power	0.000	0.00
Wind Power	0.000	0.00
Power Conversion	0.000	0.00
Net Decrease in On-Site Storage	0.000	0.00
Total On-Site Electric Sources	0.000	0.00
Electricity Coming From Utility	72358.055	100.00
Surplus Electricity Going To Utility	0.000	0.00
Net Electricity From Utility	72358.055	100.00
Total On-Site and Utility Electric Sources	72358.055	100.00
Total Electricity End Uses	72358.055	100.00

On-Site Thermal Sources

	Heat [kWh]	Percent Heat [%]
Water-Side Heat Recovery	0.00	0.00
Air-to-Air Heat Recovery For Cooling	0.00	0.00
Air-to-Air Heat Recovery For Heating	0.00	0.00
High-Temperature Geothermal*	0.00	0.00
Solar Water Thermal	0.00	0.00
Solar Air Thermal	0.00	0.00
Total On-Site Thermal Sources	0.00	0.00

Water Source Summary

	Water [m3]	Percent Water [%]
Estimation Collection	0.00	0.00
Groundwater Collection	0.00	0.00
Groundwater Well	0.00	0.00
Total On-Site Water Sources	0.00	0.00
	-	-
Initial Storage	0.00	0.00
Final Storage	0.00	0.00
Change in Storage	0.00	0.00
	-	-
Water Supplied by Utility	31.82	100.00
	-	-
Total On-Site, Change in Storage, and Utility Water Sources	31.82	100.00
Total Water End Uses	31.82	100.00

Note 1: An asterisk (*) indicates that the feature is not yet implemented.

Table of Contents

Top
Annual Building Utility Performance Summary
Input Verification and Results Summary
Demand End Use Components Summary
Component Sizing Summary
Adaptive Comfort Summary
Climate Delta Summary
Envelope Summary
Lighting Summary
Equipment Summary
HVAC Sizing Summary
System Summary
Outdoor Air Summary
Object Count Summary
Sensible Heat Gain Summary

Report: Input Verification and Results Summary

For: Entire Facility

Timestamp: 2021-07-11 21:45:10

General

	Value
Program Version and Build	EnergyPlus, Version 8.9.0-40101easfd, YMD=2021.07.11 21:45
RunPeriod	SANS TTRE (01-01-31-12)
Weather File	Ghardaie Noumerd Zekara AP GR DZA ISO-TMYx WMO#=#605660
Latitude [deg]	32.38
Longitude [deg]	3.79
Elevation [m]	460.90
Time Zone	0.00
North Axis Angle [deg]	0.00
Rotation for Appendix G [deg]	0.00
Hours Simulated [hrs]	8760.00

PERFORMANCE

Zone Summary

	Area [m2]	Conditioned (Y/N)	Part of Total Floor Area (Y/N)	Volume [m3]	Multipliers	Above Ground Gross Wall Area [m2]	Underground Gross Wall Area [m2]	Window Glass Area [m2]	Opening Area [m2]	Lighting [W/m2]	People [m2 per person]
BUC1-ZONE1	79.74	Yes	Yes	239.23	1.00	57.10	0.00	0.41	0.52	20.0000	9.01
BUC2-ZONE1	79.19	Yes	Yes	204.32	1.00	73.30	0.00	3.30	4.14	20.0000	9.01
BUC3-ZONE1	19.95	Yes	Yes	51.47	1.00	34.90	0.00	0.00	0.00	20.0000	9.01
BUC4-ZONE1	73.94	No	Yes	221.81	1.00	114.06	0.00	0.41	0.52	20.0000	9.01
BUC5-ZONE1	73.37	No	Yes	189.30	1.00	130.26	0.00	3.30	4.14	20.0000	9.01
BUC6-ZONE1	16.59	No	Yes	42.79	1.00	69.66	0.00	0.00	0.00	20.0000	9.01
BUC7-ZONE1	77.08	No	Yes	231.25	1.00	82.86	0.00	0.41	0.52	20.0000	9.01
BUC8-ZONE1	76.52	No	Yes	197.43	1.00	99.06	0.00	3.30	4.14	20.0000	9.01
BUC9-ZONE1	17.29	No	Yes	44.61	1.00	60.66	0.00	0.00	0.00	20.0000	9.01
BUC10-ZONE1	76.49	No	Yes	229.46	1.00	88.30	0.00	0.41	0.52	20.0000	9.01
BUC11-ZONE1	75.92	No	Yes	195.88	1.00	104.50	0.00	3.30	4.14	20.0000	9.01
BUC12-ZONE1	19.14	No	Yes	49.37	1.00	43.90	0.00	0.00	0.00	20.0000	9.01
Total	685.22			1896.91		958.55	0.00	14.83	18.63	20.0000	9.01
Conditioned Total	178.89			495.02		165.29	0.00	3.71	4.66	20.0000	9.01
Unconditioned Total	506.34			1401.90		793.25	0.00	11.13	13.97	20.0000	9.01
Not Part of Total	0.00			0.00		0.00	0.00	0.00	0.00		

Report: Demand End Use Components Summary

For: Entire Facility

Timestamp: 2021-07-11 21:45:10

End Uses

	Electricity [W]	Natural Gas [W]	Propane [W]	District Cooling [W]	District Heating [W]	Water [m3/s]
Time of Peak	02-JAN-07:30	-	-	01-MAY-15:00	02-JAN-05:00	02-JAN-09:30
Heating	0.00	0.00	0.00	0.00	20280.54	0.00
Cooling	0.00	0.00	0.00	26141.95	0.00	0.00
Interior Lighting	13704.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	8065.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	21769.45	0.00	0.00	26141.95	20280.54	0.00

DWELF

Window-Wall Ratio

	Total	North (315 to 45 deg)	East (45 to 135 deg)	South (135 to 225 deg)	West (225 to 315 deg)
Gross Wall Area [m2]	958.55	234.60	244.67	234.60	244.6
Above Ground Wall Area [m2]	958.55	234.60	244.67	234.60	244.6
Window Opening Area [m2]	18.63	3.10	4.66	3.10	7.7
Gross Window-Wall Ratio [%]	1.94	1.32	1.90	1.32	3.1
Above Ground Window-Wall Ratio [%]	1.94	1.32	1.90	1.32	3.1

Conditioned Window-Wall Ratio

	Total	North (315 to 45 deg)	East (45 to 135 deg)	South (135 to 225 deg)	West (225 to 315 deg)
Gross Wall Area [m2]	165.29	76.50	3.20	5.10	80.4
Above Ground Wall Area [m2]	165.29	76.50	3.20	5.10	80.4
Window Opening Area [m2]	4.66	0.77	0.77	0.77	2.3
Gross Window-Wall Ratio [%]	2.82	1.01	24.16	15.18	2.9
Above Ground Window-Wall Ratio [%]	2.82	1.01	24.16	15.18	2.9

Skylight-Roof Ratio

	Total
Gross Roof Area [m2]	372.18
Skylight Area [m2]	0.00
Skylight-Roof Ratio [%]	0.00

End Uses By Subcategory

Subcategory	Electricity [W]	Natural Gas [W]	Propane [W]	District Cooling [W]	District Heating [W]	Water [m3/s]
Heating	General	0.00	0.00	0.00	20280.54	0.00
Cooling	General	0.00	0.00	0.00	26141.95	0.00
Interior Lighting	General	13704.41	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	ELECTRIC EQUIPMENT#Buc1-Zone1#OS	638.57	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Buc2-Zone1#OS	632.09	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Buc3-Zone1#OS	244.62	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Buc4-Zone1#OS	670.21	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Buc5-Zone1#OS	863.60	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Buc6-Zone1#OS	195.21	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Buc7-Zone1#OS	907.27	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Buc8-Zone1#OS	606.66	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Buc9-Zone1#OS	203.52	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Buc10-Zone1#OS	600.24	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Buc11-Zone1#OS	893.63	0.00	0.00	0.00	0.00
	ELECTRIC EQUIPMENT#Buc12-Zone1#OS	225.23	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	Ventilation (simple)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	DHW_Buc1-Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	DHW_Buc2-Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	DHW_Buc3-Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	DHW_Buc4-Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	DHW_Buc5-Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	DHW_Buc6-Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	DHW_Buc7-Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	DHW_Buc8-Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	DHW_Buc9-Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	DHW_Buc10-Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	DHW_Buc11-Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	DHW_Buc12-Zone1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Report : Component Sizing Summary

For: Entire Facility

Timestamp: 2021-07-11 21:45:10

ZoneHVAC:IdealLoadsAirSystem

	Design Size Maximum Heating Air Flow Rate [m3/s]	Design Size Maximum Sensible Heating Capacity [W]	Design Size Maximum Cooling Air Flow Rate [m3/s]	Design Size Maximum Total Cooling Capacity [W]	User-Specified Maximum Heating Air Flow Rate [m3/s]	User
BLOC1:ZONE1 IDEAL LOADS AIR	0.631566	11598.64	0.715790	12373.26		
BLOC2:ZONE1 IDEAL LOADS AIR	0.679273	12315.90	0.974711	16007.69		
BLOC3:ZONE1 IDEAL LOADS AIR					0.000000	

User-Specified values were used. Design Size values were used if no User-Specified values were provided.

Report : Adaptive Comfort Summary

[Table of Content](#)

For: Entire Facility

Timestamp: 2021-07-11 21:45:10

Time Not Meeting the Adaptive Comfort Models during Occupied Hours

ASHRAE55 90% Acceptability Limits [Hours] ASHRAE55 80% Acceptability Limits [Hours] CEN15251 Category I Acceptability Limits [Hours] CEN15251 Category II Acceptability Limits [Hours] CEN15251 Category III Acceptability Limits [Hours]

Report : Climatic Data Summary

[Table of Content](#)

For: Entire Facility

Timestamp: 2021-07-11 21:45:10

SizingPeriod:DesignDay

	Maximum Dry Bulb [C]	Daily Temperature Range [deltaC]	Humidity Value	Humidity Type	Wind Speed [m/s]	Wind Direction
SUMMER DESIGN DAY IN SANS TITRE (01-01-31-12) JUL	45.10	13.50	21.70	Wetbulb [C]	0.00	0.00
SUMMER DESIGN DAY IN SANS TITRE (01-01-31-12) AOG	44.20	13.10	21.50	Wetbulb [C]	0.00	0.00
SUMMER DESIGN DAY IN SANS TITRE (01-01-31-12) SEP	41.50	13.10	20.20	Wetbulb [C]	0.00	0.00
WINTER DESIGN DAY IN SANS TITRE (01-01-31-12)	3.80	0.00	3.80	Wetbulb [C]	15.00	0.00

Weather Statistics File

Value
None

Report : Envelope Summary

For: Entire Facility

Timestamp: 2021-07-11 21:45:10

Opaque Exterior

	Construction	Reflectance	U-Factor with Film [W/m2-K]	U-Factor no Film [W/m2-K]	Gross Area [m2]	Net Area [m2]	Azimuth [deg]	Tilt [deg]	Cardinal Direction
BLOC1:ZONE1_WALL_3_1_0	PROJET DE MUR	0.40	2.882	5.068	0.07	0.07	52.00	90.00	E
BLOC1:ZONE1_WALL_4_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.882	5.068	31.20	31.20	322.00	90.00	N
BLOC1:ZONE1_WALL_5_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.882	5.068	25.83	22.88	232.00	90.00	W
BLOC1:ZONE1_GROUND_FLOOR_0_0_0	PROJET DE PLANCHER BAS SUR TERRAIN	0.40	2.362	3.825	89.54	89.54	52.00	180.00	
BLOC1:ZONE1_ROOF_1_0_0	PROJET DE TOITURE TERRASSE	0.15	0.250	0.259	1.00	1.00	232.00	0.00	
BLOC2:ZONE1_WALL_2_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.882	5.068	2.10	2.10	142.00	90.00	S
BLOC2:ZONE1_WALL_3_1_0	PROJET DE MUR	0.40	2.882	5.068	0.07	0.07	52.00	90.00	E
BLOC2:ZONE1_WALL_4_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.882	5.068	31.20	31.20	322.00	90.00	N
BLOC2:ZONE1_WALL_5_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.882	5.068	10.83	10.31	232.00	90.00	W
BLOC2:ZONE1_WALL_6_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.882	5.068	2.10	2.10	322.00	90.00	N
BLOC2:ZONE1_WALL_7_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.882	5.068	15.00	14.48	232.00	90.00	W
BLOC2:ZONE1_WALL_10_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.882	5.068	3.00	2.23	232.00	90.00	W
BLOC2:ZONE1_WALL_11_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.882	5.068	3.00	2.23	142.00	90.00	S
BLOC2:ZONE1_WALL_12_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.882	5.068	3.00	2.23	52.00	90.00	E
BLOC2:ZONE1_WALL_13_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.882	5.068	3.00	2.23	322.00	90.00	N
BLOC2:ZONE1_EXT_FLOOR_0_1_0	PROJET DE PLANCHER EXTERNE	0.40	0.431	0.470	3.50	3.50	52.00	180.00	
BLOC2:ZONE1_ROOF_1_0_0	PROJET DE TOITURE TERRASSE	0.15	0.250	0.259	1.25	1.25	232.00	0.00	
BLOC2:ZONE1_ROOF_1_0_1	PROJET DE TOITURE TERRASSE	0.15	0.250	0.259	22.17	22.17	232.00	0.00	
BLOC2:ZONE1_ROOF_1_0_2	PROJET DE TOITURE TERRASSE	0.15	0.250	0.259	22.15	22.15	232.00	0.00	
BLOC2:ZONE1_ROOF_1_0_3	PROJET DE TOITURE TERRASSE	0.15	0.250	0.259	10.25	10.25	232.00	0.00	
BLOC2:ZONE1_ROOF_1_0_4	PROJET DE TOITURE TERRASSE	0.15	0.250	0.259	2.55	2.55	232.00	0.00	
BLOC2:ZONE1_ROOF_1_0_5	PROJET DE TOITURE TERRASSE	0.15	0.250	0.259	4.67	4.67	232.00	0.00	
BLOC2:ZONE1_ROOF_1_0_6	PROJET DE TOITURE TERRASSE	0.15	0.250	0.259	3.16	3.16	232.00	0.00	
BLOC3:ZONE1_WALL_3_1_0	PROJET DE MUR	0.40	2.882	5.068	0.07	0.07	52.00	90.00	E
BLOC3:ZONE1_WALL_4_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.882	5.068	9.00	9.00	322.00	90.00	N
BLOC3:ZONE1_WALL_5_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.882	5.068	25.83	20.85	232.00	90.00	W
BLOC3:ZONE1_ROOF_1_0_0	PROJET DE TOITURE TERRASSE	0.15	0.250	0.259	25.83	25.83	232.00	0.00	
BLOC4:ZONE1_WALL_2_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.882	5.068	31.20	31.20	142.00	90.00	S
BLOC4:ZONE1_WALL_3_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.882	5.068	25.83	25.83	52.00	90.00	E
BLOC4:ZONE1_WALL_4_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.882	5.068	31.20	31.20	322.00	90.00	N
BLOC4:ZONE1_WALL_5_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.882	5.068	25.83	22.88	232.00	90.00	W
BLOC4:ZONE1_GROUND_FLOOR_0_0_0	PROJET DE PLANCHER BAS SUR TERRAIN	0.40	2.362	3.825	89.54	89.54	52.00	180.00	

BLOC5ZONE1_WALL_5_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.882	5.068	10.83	10.31	232.00	90.00	W
BLOC5ZONE1_WALL_5_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.882	5.068	2.10	2.10	322.00	90.00	N
BLOC5ZONE1_WALL_7_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.882	5.068	15.00	14.48	232.00	90.00	W
BLOC5ZONE1_WALL_10_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.882	5.068	3.00	2.23	232.00	90.00	W
BLOC5ZONE1_WALL_11_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.882	5.068	3.00	2.23	142.00	90.00	S
BLOC5ZONE1_WALL_12_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.882	5.068	3.00	2.23	52.00	90.00	E
BLOC5ZONE1_WALL_13_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.882	5.068	3.00	2.23	322.00	90.00	N
BLOC5ZONE1_EXTFLOOR_0_1_0	PROJET DE PLANCHER EXTERNE	0.40	0.431	0.470	3.50	3.50	52.00	180.00	
BLOC5ZONE1_ROOF_1_0_0	PROJET DE TOITURE TERRASSE	0.15	0.250	0.259	1.10	1.10	232.00	0.00	
BLOC5ZONE1_ROOF_1_0_1	PROJET DE TOITURE TERRASSE	0.15	0.250	0.259	20.68	20.68	232.00	0.00	
BLOC5ZONE1_ROOF_1_0_2	PROJET DE TOITURE TERRASSE	0.15	0.250	0.259	22.57	22.57	232.00	0.00	
BLOC5ZONE1_ROOF_1_0_3	PROJET DE TOITURE TERRASSE	0.15	0.250	0.259	12.47	12.47	232.00	0.00	
BLOC5ZONE1_ROOF_1_0_4	PROJET DE TOITURE TERRASSE	0.15	0.250	0.259	2.70	2.70	232.00	0.00	
BLOC5ZONE1_ROOF_1_0_5	PROJET DE TOITURE TERRASSE	0.15	0.250	0.259	4.15	4.15	232.00	0.00	
BLOC5ZONE1_ROOF_1_0_6	PROJET DE TOITURE TERRASSE	0.15	0.250	0.259	2.53	2.53	232.00	0.00	
BLOC6ZONE1_WALL_2_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.882	5.068	9.00	9.00	142.00	90.00	S
BLOC6ZONE1_WALL_3_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.882	5.068	25.83	25.83	52.00	90.00	E
BLOC6ZONE1_WALL_4_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.882	5.068	9.00	9.00	322.00	90.00	N
BLOC6ZONE1_WALL_5_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.882	5.068	25.83	20.85	232.00	90.00	W
BLOC6ZONE1_ROOF_1_0_0	PROJET DE TOITURE TERRASSE	0.15	0.250	0.259	25.83	25.83	232.00	0.00	
BLOC7ZONE1_WALL_2_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.882	5.068	31.20	31.20	142.00	90.00	S
BLOC7ZONE1_WALL_3_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.882	5.068	25.83	25.83	52.00	90.00	E
BLOC7ZONE1_WALL_5_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.882	5.068	25.83	22.88	232.00	90.00	W
BLOC7ZONE1_GROUNDFLOOR_0_0_0	PROJET DE PLANCHER BAS SUR TERRAIN	0.40	2.362	3.825	89.54	89.54	52.00	180.00	
BLOC7ZONE1_ROOF_1_0_0	PROJET DE TOITURE TERRASSE	0.15	0.250	0.259	1.00	1.00	232.00	0.00	
BLOC8ZONE1_WALL_2_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.882	5.068	33.30	33.30	142.00	90.00	S
BLOC8ZONE1_WALL_3_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.882	5.068	25.83	25.83	52.00	90.00	E
BLOC8ZONE1_WALL_5_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.882	5.068	10.83	10.31	232.00	90.00	W
BLOC8ZONE1_WALL_6_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.882	5.068	2.10	2.10	322.00	90.00	N
BLOC8ZONE1_WALL_7_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.882	5.068	15.00	14.48	232.00	90.00	W
BLOC8ZONE1_WALL_10_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.882	5.068	3.00	2.23	232.00	90.00	W
BLOC8ZONE1_WALL_11_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.882	5.068	3.00	2.23	142.00	90.00	S
BLOC8ZONE1_WALL_12_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.882	5.068	3.00	2.23	52.00	90.00	E
BLOC8ZONE1_WALL_13_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.882	5.068	3.00	2.23	322.00	90.00	N
BLOC8ZONE1_EXTFLOOR_0_1_0	PROJET DE PLANCHER EXTERNE	0.40	0.431	0.470	3.50	3.50	52.00	180.00	
BLOC9ZONE1_WALL_5_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.882	5.068	25.83	20.85	232.00	90.00	W
BLOC9ZONE1_ROOF_1_0_0	PROJET DE TOITURE TERRASSE	0.15	0.250	0.259	25.83	25.83	232.00	0.00	
BLOC10ZONE1_WALL_2_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.882	5.068	31.20	31.20	142.00	90.00	S
BLOC10ZONE1_WALL_3_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.882	5.068	0.07	0.07	232.00	90.00	W
BLOC10ZONE1_WALL_4_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.882	5.068	31.20	31.20	322.00	90.00	N
BLOC10ZONE1_WALL_5_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.882	5.068	25.83	22.87	52.00	90.00	E
BLOC10ZONE1_GROUNDFLOOR_0_0_0	PROJET DE PLANCHER BAS SUR TERRAIN	0.40	2.362	3.825	89.54	89.54	52.00	180.00	
BLOC10ZONE1_ROOF_1_0_0	PROJET DE TOITURE TERRASSE	0.15	0.250	0.259	1.00	1.00	232.00	0.00	
BLOC11ZONE1_WALL_2_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.882	5.068	33.30	33.30	142.00	90.00	S
BLOC11ZONE1_WALL_3_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.882	5.068	0.07	0.07	232.00	90.00	W
BLOC11ZONE1_WALL_4_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.882	5.068	31.20	31.20	322.00	90.00	N
BLOC11ZONE1_WALL_5_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.882	5.068	10.83	10.31	52.00	90.00	E
BLOC11ZONE1_WALL_6_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.882	5.068	2.10	2.10	322.00	90.00	N
BLOC11ZONE1_WALL_7_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.882	5.068	15.00	14.48	52.00	90.00	E
BLOC11ZONE1_WALL_10_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.882	5.068	3.00	2.23	52.00	90.00	E
BLOC11ZONE1_WALL_11_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.882	5.068	3.00	2.23	142.00	90.00	S
BLOC11ZONE1_WALL_12_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.882	5.068	3.00	2.23	232.00	90.00	W
BLOC11ZONE1_WALL_13_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.882	5.068	3.00	2.23	322.00	90.00	N
BLOC11ZONE1_EXTFLOOR_0_1_0	PROJET DE PLANCHER EXTERNE	0.40	0.431	0.470	3.50	3.50	52.00	180.00	
BLOC11ZONE1_ROOF_1_1_0	PROJET DE TOITURE TERRASSE	0.15	0.250	0.259	1.10	1.10	232.00	0.00	
BLOC11ZONE1_ROOF_1_1_1	PROJET DE TOITURE TERRASSE	0.15	0.250	0.259	2.08	2.08	232.00	0.00	
BLOC11ZONE1_ROOF_1_1_2	PROJET DE TOITURE TERRASSE	0.15	0.250	0.259	6.21	6.21	232.00	0.00	
BLOC11ZONE1_ROOF_1_1_3	PROJET DE TOITURE TERRASSE	0.15	0.250	0.259	2.70	2.70	232.00	0.00	
BLOC11ZONE1_ROOF_1_1_4	PROJET DE TOITURE TERRASSE	0.15	0.250	0.259	1.96	1.96	232.00	0.00	
BLOC11ZONE1_ROOF_1_1_5	PROJET DE TOITURE TERRASSE	0.15	0.250	0.259	36.83	36.83	232.00	0.00	
BLOC11ZONE1_ROOF_1_1_6	PROJET DE TOITURE TERRASSE	0.15	0.250	0.259	15.33	15.33	232.00	0.00	
BLOC12ZONE1_WALL_2_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.882	5.068	9.00	9.00	142.00	90.00	S
BLOC12ZONE1_WALL_3_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.882	5.068	0.07	0.07	232.00	90.00	W
BLOC12ZONE1_WALL_4_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.882	5.068	9.00	9.00	322.00	90.00	N
BLOC12ZONE1_WALL_5_0_0	PROJET DE MUR	0.40	2.882	5.068	25.83	23.86	52.00	90.00	E
BLOC12ZONE1_ROOF_1_0_0	PROJET DE TOITURE TERRASSE	0.15	0.250	0.259	25.83	25.83	232.00	0.00	