

République algérienne démocratique
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université de Blida I
Institut d'architecture et d'urbanisme



Mémoire de master 2

Option : Architecture et Efficience Energétique

Identification du potentiel énergétique du tissu historique de la casbah d'Alger

Travail réalisé par :

Rouibi Nour El Houda

Sous l'encadrement de :

Mr Boukarta Sofiane

jury d'examen :

président : Mme khelifi Lamia

Examineur : Mme Khettab Samira

Année universitaire 2015-2016

Résumé

Le présent travail vise à montrer l'impact des indicateurs microclimatiques et de la morphologie urbaine sur la consommation d'énergie dans le tissu traditionnel de la casbah d'Alger.

Dans le but d'identifier le potentiel énergétique du tissu traditionnel de la casbah d'Alger et ses maisons à patio, on a effectué une analyse in situ de la morphologie urbaine de ces derniers, en tirant les éléments spécifiques qui les différencie de la forme urbaine de nos jours.

Nous avons développé une méthode analytique basée sur une approche mono paramétrique qui vise à connaître l'effet qu'induit chaque indicateur étudié sur la consommation d'énergie, à savoir, la compacité urbaine, le Ratio H/L et la forme géométrique.

Les résultats des recherches appliqués peuvent être exploités dans le développement d'un nouveau model urbain plus efficace dans les conceptions futures en Algérie.

Mots clés :

Morphologie urbaine, efficience énergétique, Casbah d'Alger, maison à patio, consommation énergétique.

Table des matières

Résumé	I
Liste des figures :	IV
Liste des tableaux :	VI
Introduction générale :	1
Problématique :	2
Hypothèse	3
Méthodologie de recherche :	3
Structure du mémoire :	4
Chapitre II : ETAT DE L'ART	5
Introduction :	5
Qu'est-ce qu'une morphologie urbaine ?	5
Efficiencé énergétique à l'échelle de la ville :	5
1. Mobilité urbaine	5
2. Le facteur de vue du ciel « FVC »	6
3. La densité :	7
4. La compacité :	9
5. L'îlot de chaleur urbain :	11
6. La ventilation :	13
7. Le profil H/L	16
8. Volume passif :	17
Efficacité thermique à l'échelle du bâti :	18
1. Rôle thermique du patio :	18
2. La forme du bâtiment :	22
.....	23
3. Les ouvertures :	23
4. Enveloppe du bâtiment :	24
Conclusion :	26
Chapitre II : Analyse de la casbah d'Alger :	27
Introduction :	27
1. Présentation de la ville	27
2. Etude climatique :	28
1. Les précipitations :	28
2. La température :	28

3. Les vents :.....	28
4. L'humidité :.....	29
5. L'ensoleillement :.....	29
3. Lecture diachronique :.....	30
Etablissement de la ville :.....	30
Développement de la structure de la ville :.....	30
Période coloniale :.....	33
4. Lecture synchronique.....	34
Zone 01 : Tissu traditionnel.....	34
Zone 2 : tissu mixte :.....	38
Zone 03 : Tissu colonial.....	39
5. Etude paramétrique :.....	40
6. Aspect bioclimatique de la casbah d'Alger.....	44
1. Échelle urbaine :.....	44
1. La protection contre le soleil :.....	44
Conclusion.....	46
Chapitre III : Simulations.....	47
1. Objectifs de la recherche :.....	47
2. Présentation du cas d'étude :.....	47
Protocoles de simulation :.....	48
- Choix des paramètres d'étude.....	48
- Développement des paramètres étudiés :.....	48
Scénarios de simulation :.....	48
Logiciel de simulation :.....	49
Résultats de simulation :.....	50
1. Influence de la compacité sur la consommation d'énergie :.....	50
Simulation 01 : Etat initial « cas de référence ».....	50
Simulation 02 : état actuel :.....	51
Simulation 3 : maison sans mitoyenneté.....	52
2. Influence du ratio H/L sur la consommation d'énergie :.....	53
Simulation 4 : ration H/L = 1.....	54
Simulation 5 : ratio H/L= 2.....	55
3. Influence de la forme du patio sur la consommation d'énergie :.....	56
Simulation 6 : patio sans galerie : surface du patio élargie.....	56
Simulation 7 : Patio sans galerie : surface du patio rétrécie.....	57

4. Etude de l'influence du milieu urbain sur la consommation d'énergie :	58
Simulation 8 : maison isolée : sans contexte urbain	58
5. Proposition d'amélioration du confort d'hiver de la maison à patio.....	58
Simulation 9 : patio avec verrière	59
Synthèse :	60
Synthèse des résultats	60
Conclusion.....	64
Conclusion générale :	65
Bibliographie	67

Liste des figures :

Figure 1: Sky View-Factor Profile. Source: Sebastian Wypych (d'après Oke, 1987)	6
Figure 2: A FC-E8 fish-eye lens equipped NIKON Coolpix 4500 camera, alongside a typical fish eye photograph.	6
Figure 3: Le facteur de vue du ciel pour les trois configurations étudiées. Formes fermées avec cours intérieures (a), formes compactes (b) et formes pavillonnaires (c) (Ratti et al. 2003).....	7
Figure 4: Densité de construction et variations de typo-morphologies [LAURIF, 2005, p.1]	8
Figure 5: Compacité de différentes formes géométriques. Source : Cherqui (2005)	10
Figure 6: Coupe schématique de visualisation des températures en 2008 pour une nuit de canicule (type été 2003) –	11
Figure 7: valeurs de l'Albédo dans le microclimat urbain	12
Figure 8: effets aérodynamiques dans une rue canyon.	13
Figure 9: Un tissu poreux démontre des bâtiments de hauteurs homogènes.	14
Figure 10: Un effet de pyramide sur un groupement de construction à caractère pyramidal. Source : Gandemer, 1976.	14
Figure 11: Différentes géométries de la rue: canyon, dièdre et dégagée. Source : Jean Louis Iazard, 2000.	16
Figure 12: The passive zone is located less than 6 meters from the façade (Ratti et al., 2005).	17
Figure 13: Les formes rectangulaires simulées. Source: Muhaisen S A et Gadi. B M, 2005.....	18
Figure 14: Effet de changement des ratios du patio sur les besoins annuels de refroidissement et de chauffage. Source: Muhaisen.S A et Gadi. BM, 2005	19
Figure 15: Les formes rectangulaires simulées (effet combiné de la hauteur et l'ouverture au ciel). Source : Muhaisen.S A et Gadi. B M, 2005	19
Figure 16: Effet de changement de la hauteur et l'ouverture au ciel sur les besoins énergétiques de refroidissement et de chauffage. Source : Muhaisen.S A et Gadi. B M, 2005.....	20
Figure 17: Les formes rectangulaires simulées (élongation). Source: Muhaisen.S A et Gadi. B M, 2005	20
Figure 18: Schéma d'organisation de Sahabiye Madrasa à Kayseri (Source: Hisarligil. 2011)	21
Figure 19: Les périodes d'exposition de l'iwan principal au soleil. (Source: Hisarligil. 2011).....	21
Figure 20: Section horizontale montre la relation entre la MTR et le PMV à midi. (Source : Hisarligi, 2011)	22
Figure 21: La compacité varie suivant la forme, la taille et le mode de contact des volumes construits.	22
Figure 22: http://www.energiepositive.info/fr/reduire-besoin/construire-compact.html	22

Figure 23 : Impact of building shape on annual heating energy for a small 144 m ² (1500 ft ²) building in a cold climate.[Gratia & De Herde 2003]. Source : http://buildingscience.com/documents/insights/bsi-061-function-form-building-shape-and-energy	23
Figure 24: Choix des composants et identification des facteurs intervenant dans la thermique de la fenêtre.	24
Figure 25: L'isolation permet de réduire les besoins en énergie du bâtiment. Les premiers centimètres d'isolant apportent les gains relatifs les plus importants.....	25
Figure 26: Comparatif de l'épaisseur requise des matériaux pour obtenir la même isolation	25
Figure 27: La médina d'Alger vue depuis la mer.(Théodore Guadin, Argel en 1830, acuarela, 19x27 cm, col. Part.)	27
Figure 28: situation de la ville d'Alger	27
Figure 29: situation de la casbah d'Alger/ source : Google earth.....	28
Figure 30: Les moyennes annuelles des précipitations de la ville d'Alger (2000-2009). (Source : l'ONM)	28
Figure 31: précipitation de la ville d'Alger / source : CRENU	28
Figure 32: La moyenne mensuelle de l'insolation en heures -Alger- (2000 - 2009). (Source : l'ONM).	29
Figure 33: lignes de crêtes, source : Revue vies de villes.....	30
Figure 34: comptoir phénicien	30
Figure 35: Cardo et Decumanus : source : Sakina missoum modifié par l'auteur.....	31
Figure 36: structure urbaine de la casbah pendant la période arabo-berbère/ source : CRENU.....	31
Figure 37: structure urbaine de la casbah d'Alger à l'époque ottomane. Source : PSSMVS	32
Figure 38: période avant 1830.....	33
Figure 39: période entre 1830-1880	33
Figure 40: période après 1880.....	33
Figure 41: zones homogènes de la casbah / source : Google earth, modifiée par l'auteur	34
Figure 42: tissu de la casbah / source : PSSMSV.....	34
Figure 43: 1. Rue sidi Driss Hamidouche.2. Ruelle. 3. impasse. Source : Auteur.....	35
Figure 44: formes des parcelles. Source : PSSMSV.....	35
Figure 45: ilot d'étude. Source : PSSMVS	36
Figure 46: plan et coupe d'une maison à patio. source: Sakina Missoum 2003	36
Figure 47: plan d'une maison à chebek. Source : Sakina missoum 2003	37
Figure 48: plans d'une maison Aloui. / Source : Sakina missoum 2003	37
Figure 49: Figure 48 : Skifa du palais Mustapha pacha. Source : auteur.....	37
Figure 50: West eddar. Source : auteur	38
Figure 51: La pièce. Source : auteur.....	38
Figure 52: Le Kbou. Source : auteur.	38
Figure 53: La terrasse. Source : auteur	38
Figure 54: Persée coloniale au sein du tissu traditionnel. source : auteur.....	39
Figure 55: vue aérienne sur le tissu colonial de la basse casbah	39
Figure 56: liens et nœuds dans la casbah d'Alger / source : Google earth modifiée par auteur	40
Figure 57: séquence 01 : Rue Bab el oued. Source : Auteur.....	40
Figure 58: séquence 02 : Rue Aoua Abdelkader. Source : auteur	41
Figure 59: séquence 03 : La rue Arbadji. Source : auteur.....	41
Figure 60: séquence 04 : La rue Sidi Driss hamidouche	42
Figure 61: vue sur les terrasses des maisons de la casbah. source: auteur	44
Figure 62: Implantation et brise marine De la casbah d'Alger. Source : Francesco Giovannetti.	44
Figure 63: l'inertie thermique dans les maisons à patio. Source : André Ravereau 1989.....	45
Figure 64: protection contre le soleil dans la maison à patio. Source : André Ravereau 1989.....	45
Figure 65: source : Abdulac Samir LES MAISONS À PATIO.....	45
Figure 66: ventilation naturelle dans les maisons à patio. Source : Samir Abdulac.....	45
Figure 67: l'ilot d'étude	47
Figure 68: photo de la terrasse. Source : auteur.....	47
Figure 69: patio de la maison étudiée. Source : auteur	47
Figure 70: vue sur la voie Sidi Driss Hamidouche. Source : auteur	47

Figure 71: façade de la maison étudiée. Source : auteur.....	47
Figure 72: model 3D.....	49
Figure 73: plan étage.....	49
Figure 74: plan RDC.....	49
Figure 75: diagramme du besoin mensuel en chauffage et climatisation du CAS 01.....	51
Figure 76: diagramme de la consommation du cas 02.....	52
Figure 77: diagramme de la consommation du cas 03.....	53
Figure 78: ratio H/L = 2.....	53
Figure 79: ratio H/L = 1.....	53
Figure 80: ratio H/L = 5.....	53
Figure 81: Diagramme de la consommation énergétique du Cas 04.....	54
Figure 82: diagramme de la consommation énergétique du cas 05.....	55
Figure 83: diagramme de la consommation énergétique du cas 06.....	56
Figure 84: Diagramme de la consommation énergétique du cas 07.....	57
Figure 85: diagramme de la consommation énergétique du cas 08.....	58
Figure 86: Diagramme de la consommation énergétique du cas 09.....	59
Figure 87: synthèse des résultats des simulations.....	60

Liste des tableaux :

Tableau 1: Propriétés aérodynamiques typiques pour des zones urbaines homogènes (Grimmond et Oke, 1999).	16
Tableau 2: Relations entre le rapport d'aspect de la rue canyon et les conditions thermiques. Source: Tiraoui, 2000.	17
Tableau 3: résultats des calculs des paramètres énergétiques. Source : Auteur.....	43
Tableau 4 scénarios de simulation. Source : auteur.....	48
Tableau 5: consommation énergétique du cad de référence.....	50
Tableau 6: consommation énergétique du cas 02.....	51
Tableau 7: consommation énergétique du cas 03.....	52
Tableau 8: Diagramme de la consommation énergétique du Cas 04.....	54
Tableau 9: la consommation énergétique du Cas 05.....	55
Tableau 10: consommation énergétique du cas 06.....	56
Tableau 11: consommation énergétique du cas 07.....	57
Tableau 12: consommation énergétique du cas 08.....	58
Tableau 13: consommation énergétique du cas 09.....	59
Tableau 14: synthèse des résultats de simulations.....	63

Introduction générale :

Ces dernières années, l'homme a commencé à prendre conscience des dégâts de son impacte vis-à-vis de son environnement, et réalise enfin qu'il doit vivre en entente parfaite avec sa nature en utilisant rationnellement ses ressources et diminuant ses empreintes écologiques.

Les enjeux énergétiques s'inscrivent quant à eux dans le futur, ou plus précisément dans la projection, sur l'avenir, d'un possible. Pour orienter les stratégies locales ou nationales, et identifier les tendances lourdes de l'urbanisation, les prospectivistes doivent faire appel à des projections rétrospectives solides.

Une ville avec une faible efficacité des ressources consomme environ quatre fois plus d'énergie primaire qu'une ville optimisée pour une haute efficacité des ressources. Les villes à faible densité exigent des vitesses plus élevées de transport sur de longues distances et les bâtiments occupent des zones plus vastes avec plus de surfaces exposées pour la même norme de construction. L'énergie de transport et l'énergie primaire pour le chauffage et l'électricité sont, dans une ville compacte, réduites d'environ 50% par rapport à une ville étalée. En optimisant uniquement le secteur de la production d'énergie, la baisse des émissions est de l'ordre de 20%. En optimisant les bâtiments uniquement, la consommation baisse de plus de 40%. Avec un modèle de ville compacte uniquement, les émissions baissent d'environ 50%.¹

L'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments est l'une des principales approches pour parvenir à un développement durable. Le bilan énergétique de ces derniers, même pris isolément, dépend fortement de la configuration physique du voisinage plus ou moins immédiat, ainsi que les liens entre l'agencement du tissu urbain et ses consommations énergétiques sont assez perceptibles, les choix qu'il effectue en la matière impactent la lumière, les vents et les îlots de chaleur.

Ces indicateurs essentiels permettent de comparer ou d'étudier des propositions d'urbanisme avec objectivité et de faire tomber certaines idées reçues.

L'approche bioclimatique dans ce cas, s'impose fortement comme une approche qui conduit à un important débat sur les formes urbaines du futur (formes étalée ou compacte) initié autour de l'enjeu du développement durable, du surcroît de la consommation d'énergie et ses conséquences sur le climat et récemment avec l'optimisation des ambiances physiques dans les espaces urbains.

Selon Lévy(2005), elle est en étroite relation avec les autres approches, notamment celle des tissus urbains.

En effet, Les éléments composant les formes des tissus urbains et des tracés agissent comme des facteurs de variation du microclimat urbain et induisent une distribution fluctuante des paramètres de confort (température de l'air, vitesse du vent et rayonnement incident par exemple)

¹Serge salat REUSSIR LA TRANSITION ENERGETIQUE DANS LES TERRITOIRES Novembre 2013 Résumé du rapport préparé par Serge Salat, Loëiz Bourdic et Françoise Labbe Pour la Caisse des Dépôts

En Algérie, l'enseignement des Anciens est trop souvent ignoré actuellement, au profit d'un recours irréflecti à la technologie et à l'air conditionné. On construit à l'écart de toutes ces préoccupations en continuant à produire des bâtiments énergivores par négligence ou par ignorance d'autres modèles urbains qui peuvent se présenter comme alternative efficiente et efficace dans les années future, avec la croissance de la crise énergétique qui se manifeste de jour en jour au pays.

La casbah d'Alger, le chef-d'œuvre qui demeure depuis des siècles déjà résume tous les atouts du savoir-faire ancestral. Les grands principes du développement durable y sont présents – bien avant l'adoption de ce concept à Rio – à savoir : un écosystème subtil et abouti entre nature et urbanisation, une capacité d'adaptation étonnante de la morphologie et des typologies architecturales, une économie d'énergie par la limitation de la mobilité polluante des automobiles et la densité du bâti, un processus participatif et une gestion conviviale des espaces urbains.

Dans ce travail, on présente un essai de définition des potentiels énergétiques que présente le tissu vernaculaire de la casbah d'Alger ainsi que son architecture traditionnelle afin de tirer quelques directifs qui pourront nous orienter à construire avec une manière plus efficace dans le future proche.

Problématique :

Les bâtiments et leurs usages représentent une part importante de la demande énergétique globale.

Selon une étude réalisée par le **laboratoire VUDD²** en se basant sur une analyse de la composante principale à 9 dimensions, la casbah d'Alger fait partie de la classe la moins énergivore³, malgré sa densité populaire très forte.

Le GCI⁴ de la commune de la casbah obtient un bon score, ce qui s'explique par la faible consommation d'énergie des ménages (1740kwh/an) et par l'absence de source de pollution atmosphérique du fait de la nature traditionnelle de son tissu urbain.

Ce tissu qui présente un système qui répond parfaitement au mode de vie et aux conditions climatiques extrêmes d'été à travers des formes urbaines compactes.

Ces données nous ont incités à poser les interrogations suivantes :

- Quels sont les éléments morphologiques urbains qui influent sur la consommation d'énergie dans le tissu de la casbah d'Alger ?
- Quel sont les éléments les plus pertinents à l'échelle urbaine et architecturale dans l'économie d'énergie qu'on peut tirer de la casbah d'Alger ?

² Laboratoire ville urbanise et développement durable, EPAU

³« Newsletter VUDD N°2. Mars 2016 LE CLIMAT DANS TOUS SES ETATS »

⁴ Green City Index, Baromètre des performances urbaines locales: Alger et ses communes, alternatives urbaine 2015

Hypothèse

La casbah d'Alger avec sa forme urbaine et architecturale demeure un exemple vivant du savoir-faire ancestral qui s'adaptait parfaitement avec son climat.

Des témoignages des habitants de la casbah -précisément notre cas d'étude - qui y vivait depuis des décennies déjà confirment que les maisons dans leur état initial présentaient le degré du confort souhaitable surtout dans la période estivale.

Ces données nous ont orientés pour annoncer des hypothèses dans lesquelles on suppose l'existence d'une relation forte entre La forme urbaine compacte du tissu de la casbah et ses maisons à patio et la consommation d'énergie, et que ces derniers présentent l'élément primordial dans l'économie d'énergie dans la casbah d'Alger.

Méthodologie de recherche :

Notre recherche consiste à identifier le rôle important que joue la morphologie urbaine de la casbah d'Alger et ses maisons traditionnelles dans sa consommation d'énergie. Pour atteindre à nos objectifs et prouver l'efficacité de ce tissu traditionnel, on a eu recours à la méthodologie suivante :

1. **La recherche bibliographique** : En premier lieu, on va identifier l'ensemble d'indicateurs et éléments architecturaux qui influencent la consommation d'énergie en exposant les recherches scientifiques menées dans le domaine de la morphologie urbaine ainsi que l'efficacité énergétique.
2. **L'analyse urbaine** : on va par la suite effectuer une analyse urbaine sur un échantillon du tissu traditionnel de la casbah d'Alger, afin de connaître l'origine de sa forme urbaine et pouvoir affecter une étude paramétrique qui nous permettra d'évaluer les performances énergétique de ce dernier.
3. **La simulation** : on conclura notre travail par l'application d'un ensemble de simulations mono paramétriques sur notre ilot étudié, ou on changera à chaque fois un élément de la configuration urbaine initial pour identifier son impact sur la consommation d'énergie. La comparaison des résultats pour nous permettra de sortir avec des conclusions et des directifs sur les éléments de conception à considérer dans le future.

Structure du mémoire :

Afin de répondre à la problématique posée, ce travail de recherche est structuré selon les chapitres suivants :

- **Chapitre 01** : ce chapitre consiste en « l'état de l'art » qui présente la recherche thématique de notre travail, ou on essaiera à développer l'ensemble de recherches menées en relation avec notre thématique, sur le niveau urbain, ainsi qu'architectural en essayant de tirer le maximum de résultats qui pourront nous orienter dans notre cas d'étude.

- **Chapitre 02** : analyse de l'exemple d'étude : On a par la suite exposé notre cas d'étude qui s'agit de la casbah d'Alger, ou on va analyser le model urbain qui caractérise son tissu traditionnel et ses maisons à patio, et présenter les atouts qui nous incitent à mener des recherches approfondies sur l'efficacité énergétique de ce model urbain
 - **Chapitre 03** : contient l'ensemble de simulations appliquées avec le logiciel Ecotect sur les différentes configuration urbaines et les résultats de chaque simulation

Chapitre II : ETAT DE L'ART

Introduction :

Dans certaines villes ;La consommation d'énergie par habitant a augmenté avec un rythme équivalent à leur développement spatiale «Baynes and Bai, 2009 ».A l'échelle urbaine, de nombreux paramètres morphologiques, spatio-temporels, optiques ou encore thermiques liés aux matériaux de revêtement sont à l'origine des modifications des paramètres de confort. Dans les sections suivantes, les modifications engendrées par la morphologie urbaine sont examinées.

Qu'est-ce qu'une morphologie urbaine ?

Selon le CERTU « **Centre d'Etude sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme et les constructions publiques** » : la morphologie urbaine comme étant le résultat des conditions historiques, politiques, culturelles et plus particulièrement architecturales dans lesquelles la ville a été créée et s'est agrandie. Elle est le fruit d'une évolution spontanée ou planifiée par la volonté des pouvoirs publics.

La morphologie urbaine est l'étude de la forme physique de la ville, de la constitution progressive de son tissu urbain et des rapports réciproques des éléments de ce tissu qui définissent des combinaisons particulières, des figures urbaines (rues, places et autres espaces publiques...) (Rémy Allain, 2005). Les notions voisines de "structure urbaine" et de "forme urbaine" ne sont pas toujours claires et les définitions varient souvent d'un auteur à l'autre. « Khaled Athamena »

NIKOLOPOULOU, M. & al. (2004) a défini la morphologie urbaine comme étant la forme tridimensionnelle d'un groupe de bâtiments ainsi que les espaces qu'il crée. L'utilisation d'une gamme d'indicateurs de forme permet de faire des liens avec les performances environnementales, exemple : l'influence de la géométrie des bâtiments sur l'ensoleillement, le vent, ou le bruit dans un espace ouvert

Efficiéce énergétique à l'échelle de la ville :

1. Mobilité urbaine

Les travaux conduits par Serge Salat utilisent un critère issu de la théorie des graphes, le nombre cyclomatique, qui traduit la complexité d'une trame viaire. Celui-ci donne « une idée du nombre de chemins qu'il est possible d'emprunter pour aller d'un point à un autre.

L'intérêt est que plus ce nombre est élevé, plus les chemins possibles seront diversifiés et moins il y aura de congestion dans la ville. De plus une diversité de chemins, permet une diversité de transports, à pied, en vélo, en bus, en tram, adaptés à différentes activités. »⁵

⁵SALAT, S., CELNIK, S., NOWACKI, C., VIALAN, D., Etude de la relation entre consommation d'énergie et paramètres de forme urbaine, Rapport d'analyse comparative, Université Paris-Est, CSTB, 2009

2. Le facteur de vue du ciel « FVC »

C'est un paramètre sans dimension qui correspond à l'angle solide sous lequel le ciel est vu d'un certain point de l'espace urbain. Il dépend du rapport géométrique des surfaces et varie en fonction de dimensions urbaines (hauteurs des constructions, distance entre les façades) (voir Figure). Selon OKE, T.R. (1988)

De ce fait, un tissu urbain caractérisé par des ruelles exprime un « FVC » minime contrairement étroites à un tissu urbain avec des routes ouvertes dont le « FVC » tend vers 1. L'évaluation du facteur de vue du ciel peut être directement liée au rapport H / L (hauteur sur largeur) pour les simples canyons, il s'exprime par rapport au centre du sol d'une rue canyon

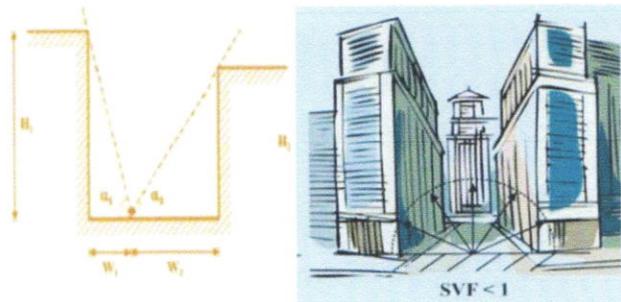


Figure 1: Sky View-Factor Profile. Source: Sebastian Wypych (d'après Oke, 1987)

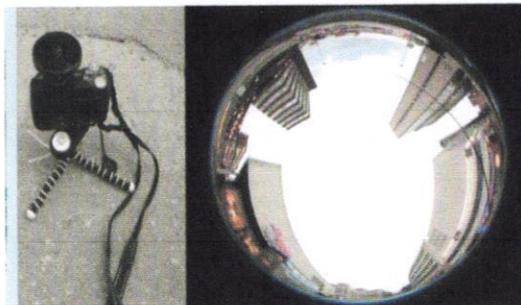


Figure 2: A FC-E8 fish-eye lens equipped NIKON Coolpix 4500 camera, alongside a typical fish eye photograph.

La définition du niveau d'ouverture du ciel peut être d'une réelle complexité, due principalement au caractère parfois conflictuel ou incompatible des nombreuses exigences urbanistiques à satisfaire liées à la vue au ciel. L'accès ou protection du soleil peuvent s'opposer aux besoins de refroidissement urbain nocturne. A titre d'exemple, dans un climat chaud où le rayonnement solaire est intense, la première disposition à prendre serait une faible vue du ciel, pour un captage minimal de la radiation, en particulier l'été, toutefois le meilleur refroidissement nocturne au contraire, nécessiterait, pour la même raison, la plus grande ouverture au ciel possible.

Selon Khaled Athamena, Ratti et al, (2003) ont mené des recherches qui montrent l'impact du FVC sur les températures des surfaces urbaines, en étudiant numériquement trois configurations différentes dans les régions chaudes et arides. La première présente des formes géométriquement fermées avec des cours intérieures, similaires aux formes urbaines observées dans les anciens centre-ville européens (Figure 3(a)). Dans la seconde configuration, les cours intérieures ont été supprimées, présentant ainsi des formes compactes (Figure 3 (b)). Notons que, ces deux configurations présentent un tissu dense avec une densité surfacique bâtie élevée et des rues étroites. En revanche, la troisième configuration présente un tissu ouvert avec des formes aérées représentatives des formes pavillonnaires (Figure 3 (c))⁶

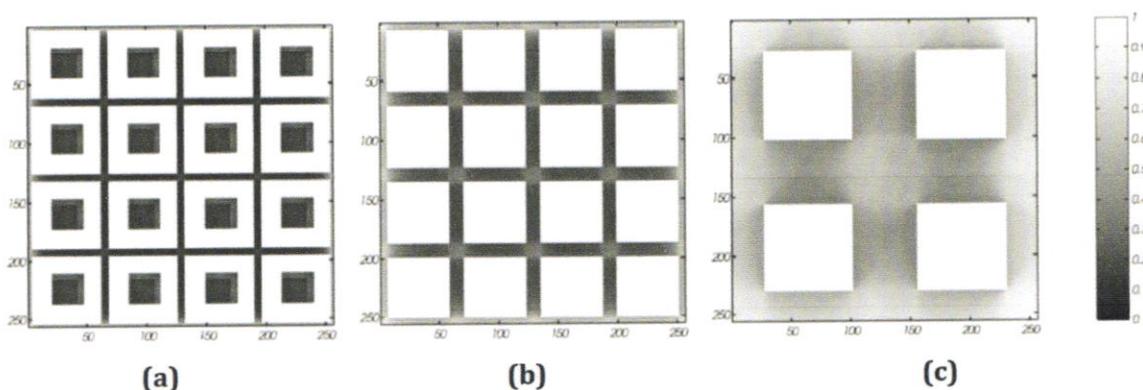


Figure 3: Le facteur de vue du ciel pour les trois configurations étudiées. Formes fermées avec cours intérieures (a), formes compactes (b) et formes pavillonnaires (c) (Ratti et al. 2003)

Les résultats obtenus pour ces configurations montrent que les formes fermées avec des cours intérieures présentent les valeurs les plus faibles du FVC de l'ordre de 0,13, alors qu'il est de 0,23 pour les formes compactes et de 0,48 pour les formes pavillonnaires. Les températures de surfaces les plus élevées sont obtenues pour les formes pavillonnaires avec des valeurs de l'ordre de 40,5°C. Cette valeur maximale est supérieure de 5,3°C par rapport aux formes compactes et de 8,6°C par rapport aux formes fermées avec des cours intérieures. Ratti et al. (2003) suggèrent alors d'ouvrir les tissus urbains afin de favoriser la dissipation de la chaleur et d'éviter ainsi les risques d'inconfort thermique dans ces espaces

3. La densité :

Une densité est un rapport entre une quantité et une surface. On utilise couramment au numérateur la surface construite (coefficient d'emprise au sol) ou la surface bâtie hors œuvre autorisée (coefficient d'occupation du sol) ou effective (densité bâtie), le nombre de logements L (densité de logements), la population P (densité de population) ou le nombre d'emplois E (densité d'emplois).

Les débats sur le rôle de la densité dans la consommation énergétique sont complexes car ils font appel à plusieurs critères et définitions de la densité :

- Coefficient d'occupation du sol (COS) : surface constructible / surface de la parcelle

⁶ Khaled Athamena 2012

- Coefficient d'emprise au sol (CES) : emprise au sol du bâti / surface de l'îlot
- Densité bâtie : CES multiplié par le nombre de niveaux

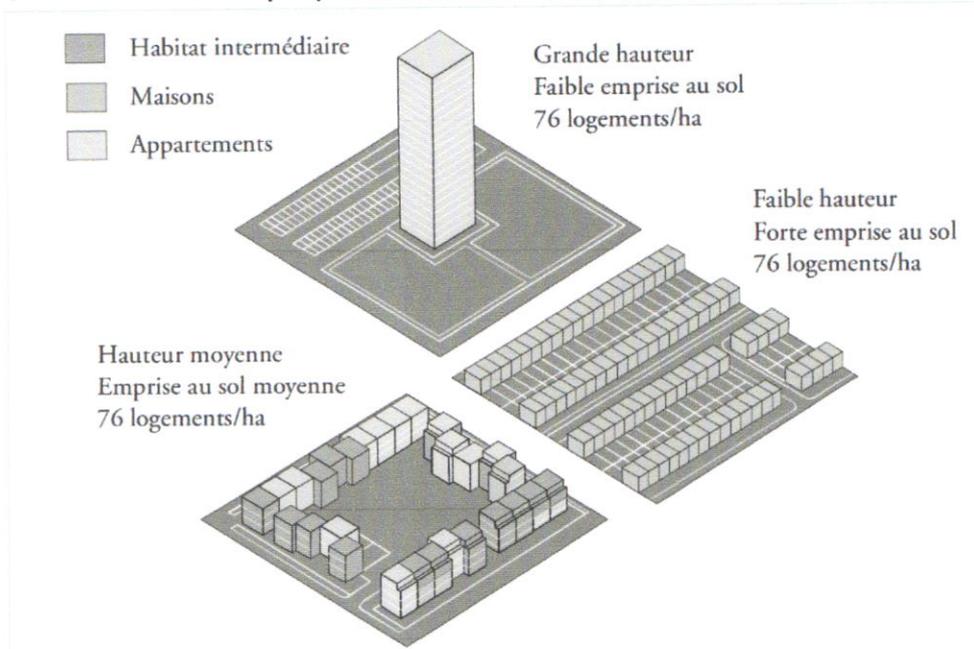


Figure 4: Densité de construction et variations de typo-morphologies [LAURIF, 2005, p.1]

La densité surfacique urbaine rend compte de l'occupation des structures bâties dans le milieu urbain. Celle-ci correspond au rapport entre la surface construite et la surface totale urbaine. Elle interfère avec certaines préoccupations climatiques urbaines comme l'îlot de chaleur urbain.

Les bâtiments de grande emprise au sol se caractérisent par une faible efficacité énergétique (d'environ moins de 12 % pour chaque 1000 m² de surface de plancher). D'autre part, les bâtiments d'un volume assez surprenant ont tendance d'être plus économes en énergie, en ajoutant d'environ 2,7% pour tous les 1000 m³. Les bâtiments avec un plus grand rapport entre le volume et l'emprise au sol sont caractérisés par les meilleures performances. En d'autres termes, les bâtiments les plus grands et les plus étroits sont les plus efficaces en matière d'énergie [Tzikopoulos, Karatza, Paravantis, 2005], car la demande d'énergie thermique est indirectement liée à l'élancement de la forme du bâtiment. L'équilibre d'énergie thermique peut être amélioré dans les premières étapes de la conception d'un bâtiment, par un bon choix de la forme architecturale qui pourrait également réguler la consommation en intégrant le captage solaire passif.

Une étude menée par Boukhezer (2002) sur trois tissus urbains présentant des densités d'occupation de sol différentes dans la ville d'Oran en Algérie a montré que la densité surfacique des bâtis agit sur la quantité d'énergie journalière absorbée par les bâtiments. Le centre historique de la ville caractérisé par son tissu organique, sa forte minéralisation et sa densité surfacique élevée, présente de plus grandes quantités d'énergie solaire absorbée par rapport aux tissus urbains en damier et dispersés. Athamena

Serge Salat a contribué à des études réalisées en partenariat avec l'APUR, l'Ecole des Mines de Paris et des universités chinoises visant à comparer l'efficacité énergétique des morphologies de trames bâties de 200x200 mètres, 400x400 mètres ou 800x800 mètres de Paris et de villes asiatiques et nord-américaines⁸. Les paramètres sélectionnés dans ces études pour caractériser les consommations en énergie des bâtiments sont essentiellement les densités urbaines (surfaces bâti) et de bâtiments, la compacité du

bâtiment, c'est-à-dire le ratio entre la surface de l'enveloppe et le volume du bâtiment, notion proche du facteur de forme finale décrit précédemment, ainsi que l'admittance solaire totale. Ce dernier critère traduit la capacité d'un bâtiment à recevoir la lumière du soleil sur ses façades et bénéficier ainsi d'apports thermiques et d'éclairage naturel.⁷

Newton et al. (2000) ont évalué et modélisé la performance énergétique de deux types de logements « typiques » -maisons individuelles et appartements- dans de diverses zones climatiques en Australie ; deux conclusions principales ont été tirées

- L'énergie de chauffage et refroidissement annuelle par unité de surface étaient similaires pour les appartements et les maisons individuelles .Par personne, cependant, l'énergie du cycle de vie d'appartements était significativement (10-30%) inférieure à celle des maisons individuelles, en toutes circonstances, car la surface occupée par personne était beaucoup moins
- Le cycle de vie des émissions de dioxyde de carbone par unité de surface varient considérablement par zone climatique. Newton et al. a suggéré qu'un changement dans le type de logement de maison individuelle à l'appartement se traduirait par d'importantes économies d'énergie opérationnelles et des réductions de GES concomitants⁸.

4. La compacité :

L'une des principales "causes" de déperditions thermiques est, avec le renouvellement de l'air, liée au différentiel de température entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment. Ces déperditions se font principalement par conduction.

Ainsi, à volume équivalent, les déperditions seront d'autant plus grandes que la surface déperditive, ou enveloppe du bâtiment, sera importante. Le rapport entre ces deux facteurs est appelé coefficient de compacité (c).

Evaluation :

Ce coefficient correspond au rapport entre surface de parois en contact avec l'extérieur (s) et volume (v).

$$C = s/v$$

S : surfaces des murs extérieurs + surface de toiture + emprise au sol
v : volume habitable du bâtiment.

Le coefficient de compacité nette est défini comme la somme pour un tissu urbain du coefficient de compacité des bâtiments. Il correspond au rapport entre la surface d'enveloppe extérieure non contigüe du bâtiment, et son volume élevée à la puissance 2/3

$$C = \sum_{\text{bâtiments}} \frac{A_{\text{ext}}}{V^{2/3}}$$

Aext : Surface extérieure d'enveloppe non contigüe d'un bâtiment V : Volume du bâtiment

⁷SALAT, S., CELNIK, S., NOWACKI, C., VIALAN, D., Etude de la relation entre consommation d'énergie et paramètres de forme urbaine, Rapport d'analyse comparative, Université Paris-Est, CSTB, 2009

⁸ Michael Doherty, Hitomi Nakanishi, Xuemei Bai and Jacqui Meyers CSIRO Sustainable Ecosystems, Canberra, Australia: Relationships between form, morphology, density and energy in urban environments

Plus ce coefficient est faible, meilleure est la compacité ; par convention, on considère comme bonne une valeur inférieure ou égale à 0,7.

Elle est supérieure à 0,2 et généralement inférieure à 1,2 pour des configurations standards.

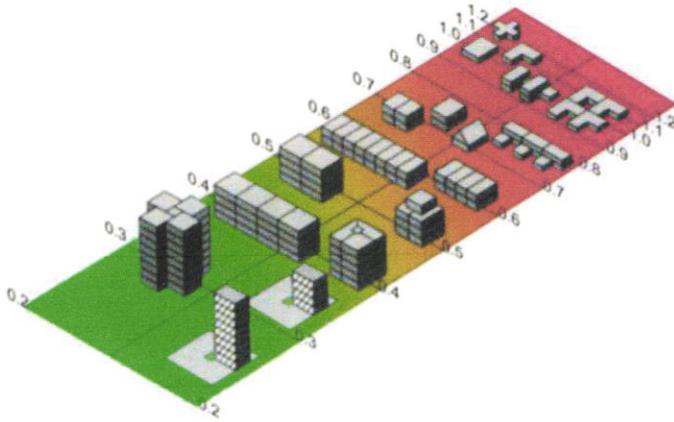


Figure 5: Compacité de différentes formes géométriques. Source : Cherqui (2005)

La surface d'enveloppe est constituée des façades verticales exposées aux conditions extérieures, de l'emprise au sol et des toitures. Plus est faible, plus les constructions sont compactes et donc moins elles subissent les effets externes (Cherqui, 2005).

Influence de la compacité urbaine :

L'introduction de la notion de compacité des formes urbaines permet de dépasser le simple critère du ratio entre différentes surfaces. Selon Mindjid Maïza, la compacité est « une forme de densité qui rapporte la surface d'enveloppe au volume que celle-ci abrite, ces deux notions ayant un sens bien plus approprié d'un point de vue thermique. Evaluer la compacité d'un tissu urbain revient à quantifier la surface d'enveloppe relativement au volume chauffé.

Il s'agit d'une manière d'occuper le territoire, de façon à créer des liens (physiques et sociaux) en limitant les vides et les discontinuités, et permet ainsi de créer des milieux de vie à la fois denses et conviviaux, respectueux de l'échelle humaine et favorables à la création d'une ville des courtes distances. Ce mode d'occupation du territoire se veut une réponse aux problèmes engendrés par l'étalement urbain.

La diminution de la surface d'enveloppe implique une réduction des gains et des pertes calorifiques, L'altération de stockage et de diffusion de chaleur limite le réchauffement, du fait que les gains solaires sont limités, à cause de l'atténuation de la surface exposée. Ce qui répercute favorablement sur le microclimat en milieu aride ;« on remarque que le cas de l'enveloppe bâti en forme de plot compacte, à patio ou cour centrale, constitue le cas le plus optimal du point de vue de réduction de gains thermiques en été, et de perte calorifiques en hiver ; ceci pour le cas d'un climat chaud et sec(HamelK, 2005) ».

Un tissu urbain compact est généralement étroit et profond. Il empêche les rayons solaires d'atteindre les espaces publics (rues, places ou cours intérieures) et génère des ombres qui participent à augmenter le confort de ces espaces. Par ailleurs, par temps stable et en période chaude, ces espaces favorisent le phénomène du piégeage radiatif augmentant ainsi les températures de surface et de l'air et le risque d'inconfort. Ce piégeage radiatif est dû aux multi-réflexions des rayons solaires par les surfaces urbaines (Terjung et Louie, 1973 ; Hunter et al. 1991), à la réduction de l'albédo et à la diminution du facteur de vue du ciel (Oke, 1981).

La recherche menée par Hénon, (2008) pour mesurer le flux de chaleur sensible sur un fragment urbain en forme d'îlot traditionnel du centre-ville de Marseille a montré que, pendant la journée, l'énergie transférée des toitures vers l'atmosphère représente 49 % de la chaleur sensible totale.

Les façades ne contribuent qu'à hauteur de 39 %, les cours intérieures de 5 % et les rues de 7 %.

Ces résultats montrent que le piégeage de la chaleur est amplifié dans les rues et les cours intérieures.⁹

5. L'îlot de chaleur urbain :

Le terme d'îlots de Chaleur Urbains (ICU) désigne une zone urbaine où la température de l'air et des surfaces est supérieure à celle des milieux ruraux. Lors de la canicule de 2003 par exemple, des différences de température de 8 à 10°C entre le centre de Paris et la périphérie ont été observées¹. Les ICU sont principalement observés la nuit où le refroidissement nocturne est moindre en ville que dans les zones rurales plus végétalisées. C'est un phénomène local qui peut varier d'une rue à l'autre avec une durée limitée dans le temps.

Avec une conservation de la chaleur la nuit, la zone soumise à ICU reste donc également plus chaude la journée qui suit et nuit à son confort



Figure 6: Coupe schématique de visualisation des températures en 2008 pour une nuit de canicule (type été 2003) – Source : Groupe DESCARTES – Consultation internationale de recherche et de développement sur le grand prix de l'agglomération parisienne, 02/2009

Evaluation:

$$\Delta(T_u - r) = 7.54 + 3.94 \ln\left(\frac{H}{W}\right). \text{ Source: Khaled Athamena 2012}$$

Principales causes :

Les ICU sont particulièrement intenses en été dans les centres des grandes métropoles qui atteignent, le plus souvent la nuit, une température de cinq à dix degrés supérieure aux zones situées à leurs périphéries. Ce réchauffement, dont les activités anthropiques sont en grande partie responsables, est dû à :

- la conjonction de nombreux facteurs, et en tout premier lieu à la compacité et à la densité accrue des tissus bâtis,
- la minéralisation et à l'imperméabilisation accélérée des sols par des matériaux peu réfléchissants qui absorbent la chaleur et imposent des systèmes de drainage réduisant l'évaporation des eaux.
- Les formes urbaines, la configuration des rues formant des canyons qui emprisonnent la chaleur, l'existence et l'emplacement de places, de parcs et de plans d'eau, tout comme l'inertie des matériaux et l'albédo des façades, des toitures et des sols, ont une incidence sur les transferts de

⁹ Khaled Athamena 2012

chaleur, ceux-ci se faisant par absorption et par convection de l'énergie solaire sur les enveloppes des édifices et sur les surfaces minéralisées des sols.

- En outre, la densité urbaine et la rugosité des façades ont tendance à atténuer la vitesse du vent au niveau du sol et freinent la dissipation de la chaleur accumulée.
- À ces premières causes, il faut ajouter les émissions d'air pollué, l'augmentation des activités liées à l'habitat, aux services, à l'industrie et à la circulation automobile, et à toutes les technologies, générant de la chaleur : chauffage, climatisation, éclairage, etc.

L'albédo désigne l'indice de réfléchissement d'une surface en fonction de sa couleur mais aussi de sa texture et porosité. C'est une valeur comprise entre 0 et 1 : un corps noir a un albédo nul car il absorbe toute la lumière incidente et un miroir, un albédo de 1 car il réfléchit toute la lumière incidente.

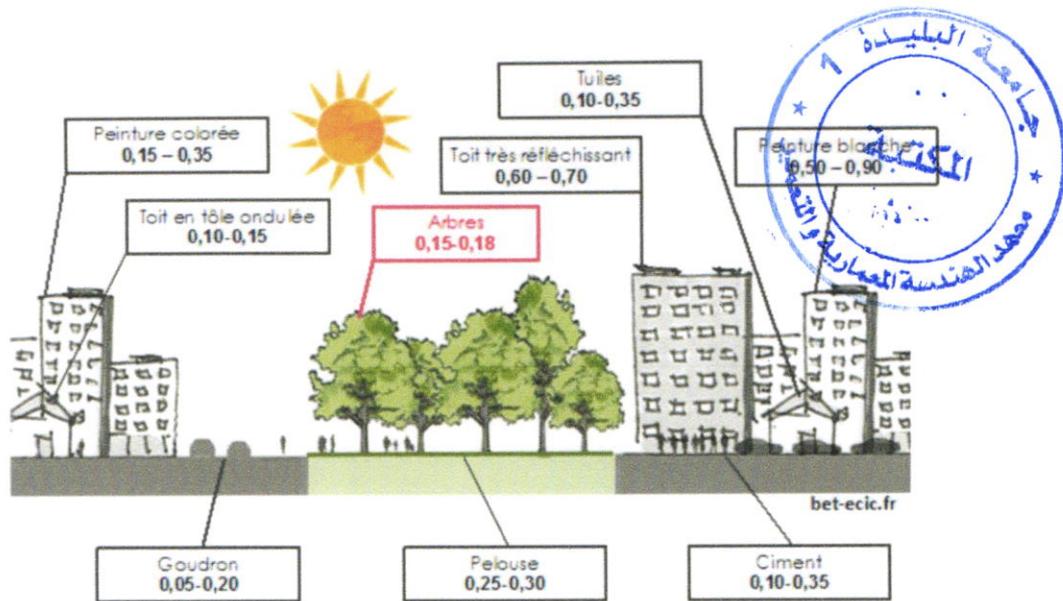


Figure 7: valeurs de l'Albédo dans le microclimat urbain

Impacts / conséquences des îlots de chaleur urbains

Les ICU ont un effet négatif sur le confort thermique urbain (effets d'inconfort des espaces publics et privés) et sont donc un risque pour la santé publique, pour les habitants des villes avec une augmentation des problèmes respiratoires et une surmortalité accrue notamment lorsqu'ils sont combinés à un épisode caniculaire.

Épisodes qui devraient se multiplier avec la hausse des températures liée au changement climatique. Une étude de Météo France estime en effet qu'aux alentours de 2050, une canicule comme 2003 se reproduira tous les 2 à 3 ans. Or, il est important de rappeler que la canicule de 2003 a été la cause d'environ 15 000 décès en France (INED).

Ils ont également un effet sur la consommation électrique : en été, les bâtiments climatisés ont une consommation énergétique importante et la climatisation intérieure des bâtiments rejette des calories à l'extérieur. Au contraire, en hiver, l'ICU permettrait de réduire les consommations d'énergie : le centre d'Athènes a une diminution de charge de chauffage de 30 à 50% par rapport à celle de la banlieue due à l'effet d'ICU.

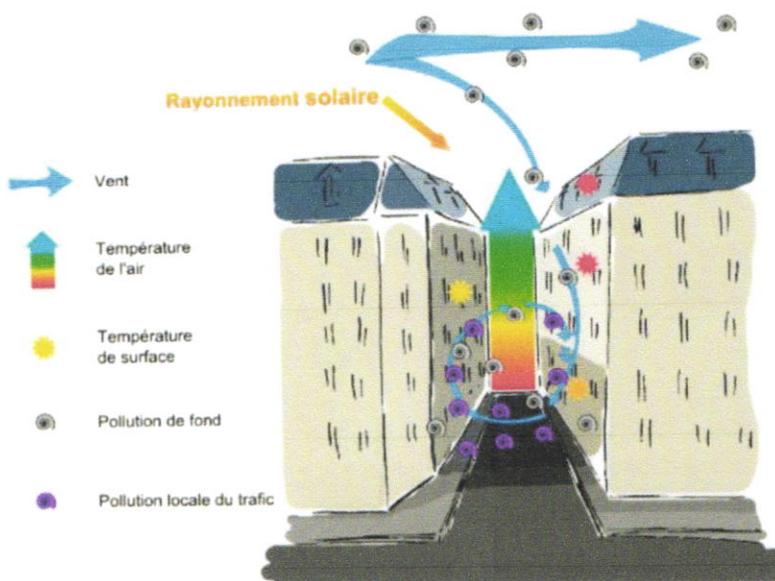


Figure 8: effets aérodynamiques dans une rue canyon.

Le vent dominant s'engouffre dans la rue et est dévié par les obstacles que constituent les bâtiments « ce qui explique pourquoi au niveau du sol, lorsque le vent est perpendiculaire à la rue, sa direction est inverse au vent dominant ». Les masses d'air ont alors un mouvement en spirale, renforcé par la convection due à la chaleur : l'air chaud des rues monte et se remplace par l'air froid qui circule au-dessus de la ville ce qui permet de chasser la chaleur et les polluants de la ville et de la rue.

Une étude menée sur des villes américaines dont la population est supérieure de 100000 personnes, dans le but de trouver une relation entre l'augmentation de température et la demande énergétique. Il a été montré que les citoyens consommaient de 1.5 à 2% plus d'énergie pour chaque 1°C d'augmentation de la température. En outre, les dernières décennies, la température aux centres villes des Etats Unis a augmenté de près de 2°C à 4°C, ce qui se traduit à une consommation énergétique augmentée de 3 à 8% [Akbari92].

Dans le même esprit, les résultats d'une étude réalisée au centre-ville d'Athènes ont montré l'impact de l'îlot de chaleur sur la demande énergétique pour la climatisation et pour le chauffage d'un bâtiment représentatif. L'intensité d'îlot de chaleur d'Athènes est très forte et peut atteindre les 10°C. Il a été mis en évidence que la demande énergétique afin de climatiser l'intérieur de l'immeuble a été doublée, voire triplée pour la période du point où la température atteint sa valeur maximale. Par contre, l'effet d'îlot de chaleur avait un impact positif pendant l'hiver, puisque le charge thermique nécessaire pour chauffer les pièces a été diminuée de près de 30% en comparaison avec les bâtiments qui se situent aux espaces ruraux environnants [Santamouris 01]

6. La ventilation :

Un bâtiment, et qui plus est un ensemble de bâtiments, constitue un obstacle à l'écoulement des masses d'air. L'aspect aérodynamique a été très étudié par le centre de Nantes du C.S.T.B. à l'aide de la soufflerie à couche limite turbulente ; Sacré (1983) explique que : « l'écoulement de l'air au niveau du sol, dans un site urbain est le résultat d'interactions complexes entre le vent et les bâtiments. La forme et la disposition de ceux-ci modifient l'écoulement incident en générant des régions à pression statique différente, autour des obstacles. Les gradients locaux de pression induisent alors des écoulements secondaires qui se manifestent par des zones de survitesse ou l'existence de rotors et de tourbillons. »¹⁰

¹⁰Contribution à l'analyse de la prise en compte du climat urbain dans les différents moyens d'intervention sur la ville Morgane Colombert page 64

Ventilation urbaine traditionnelle : L'organisation de certaines cités dans le passé, offrent des exemples remarquables par l'intégration architecturale et urbanistique des systèmes de confort variés et efficaces tels que celui relatif à la ventilation urbaine naturelle. Dans l'urbanisme vernaculaire en général, La largeur des rues irrégulières, la concavité et la convexité éventuelles sont à l'origine de cette description. Les rues alors rétrécies permettent au volume d'air d'y passer avec une vitesse plus importante, cette technique s'applique aussi bien en urbanisme qu'en architecture. Signalons tout de même que cet effet n'existe que pour les hauteurs de constructions égales à deux fois la largeur de la rue au minimum

6.1 La porosité :

La porosité urbaine fait référence au volume total d'air des creux urbains et leur rapport avec le volume de la canopée urbaine (Steemers, et Steane, 2004). Les creux urbains peuvent être classés en deux catégories :

- *Creux urbains publics :* il s'agit de l'ensemble des espaces ouverts au public (rue, square, boulevard,...etc.), c'est-à-dire l'ensemble des espaces identifiés comme espaces publics urbains extérieurs.
- *Creux urbains privés :* il s'agit des cours et jardins privés distribués généralement en début ou en fond de parcelles dans les tissus anciens (Quartier), ainsi qu'autour des maisons de type isolées dans les tissus récents (Ahmed Ouameur)

Evaluation

$$P = \frac{Vv}{Vt}$$

Vv : le volume des vides (d'air et des creux urbains).

Vt : le volume de la canopée urbaine.

La porosité d'un tissu urbain conditionne la pénétration du vent dans le tissu. Le vent arrivant sur l'agglomération avec une vitesse plus faible que sa vitesse d'origine est soumis à une variation de sa trajectoire ainsi que de sa vitesse. Des survitesses peuvent en effet apparaître dans un canyon urbain. Des mouvements tourbillonnaires peuvent aussi se produire à proximité d'obstacles urbains atypiques pour une silhouette urbaine spécifique.

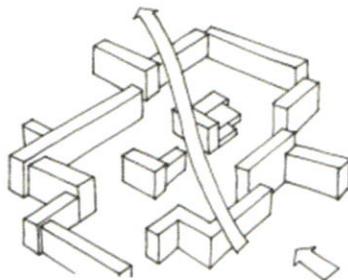


Figure 9: Un tissu poreux démontre des bâtiments de hauteurs homogènes.

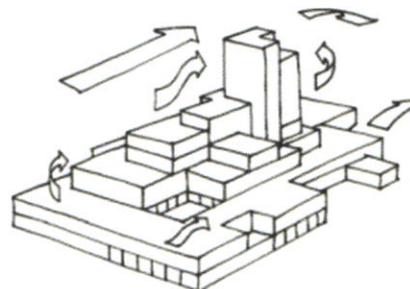


Figure 10: Un effet de pyramide sur un groupement de construction à caractère pyramidal. Source : Gandemer, 1976.

La mesure de la densité d'un tissu urbain permet d'évaluer sa porosité par rapport au vent. Dans les tissus compacts et resserrés, seuls les toits et les terrasses constituent des probables zones d'inconfort. Un groupement de construction à décrochement organisé de manière verticale peut engendrer un effet de

pyramide défini par Gandemer (1976). Cette forme semble judicieuse car elle ne produit pas d'inconfort, elle dissipe le maximum d'énergie du vent dans tous les azimuts et diminue les survitesses dans les niveaux inférieurs des immeubles et aux niveaux des terrasses. Cependant, les tissus poreux ou ouverts engendrent des perturbations aérodynamiques qui s'étendent sur de longues distances.

En effet, la porosité horizontale ou verticale des tissus urbains (cours, espaces résidentiels par exemple) ainsi que la porosité des immeubles pilotis, trous par exemple) modifie l'écoulement de l'air et crée des zones à risques liées à de forts courants d'air. Afin de limiter ces risques, il faut que l'ouverture d'un tissu urbain soit inférieure à 0,25 fois son périmètre et qu'il soit constitué de bâtiments de hauteurs voisines¹¹

6.2 La rugosité

La rugosité du tissu urbain est caractérisée par la hauteur moyenne de la canopée urbaine, constituée par les surfaces bâties, les surfaces végétales verticales et horizontales, et les surfaces non bâties (Adolphe, 1999).

$$R = \frac{S}{S_c}$$

R_u : Rugosité urbaine;

S_b : surface bâtie; et

S_c : Surface de la canopée urbaine ;

La rugosité fait varier l'intensité des forces de friction auxquelles le vent est exposé. Ces forces sont dues essentiellement à l'action du substratum défini par les aménagements urbains et la nature des surfaces. Lorsque la densité du bâti est importante, en raison d'un regroupement des mailles bâties, ces forces sont également importantes. Des circulations transversales et d'autres au-dessus des toits se produisent ; en conséquence, un franchissement global du bloc de construction par le vent parvient alors à protéger les zones intérieures des fortes rafales. Cependant, les zones sont souvent privées du renouvellement d'air, particulièrement dans les espaces très clos¹².

Selon Gandemer (1976), pour que l'effet soit observé, le couloir canalisant doit être étanche et composé de parois peu poreuses, doté d'une largeur inférieure ou égale à l'épaisseur des bâtiments et enfin, la hauteur des bâtiments doit être supérieure ou égale à 6 m. Par ailleurs, Gandemer (1976) précise que, la canalisation ne constitue pas une gêne en soi.

Grimmond et Oke,(1999) ont montré que la hauteur de déplacement et la longueur de rugosité peuvent être estimées à partir de valeurs caractéristiques pour différents types de zones urbaines répertoriées dans la littérature. Ils présentent une zone urbaine comme un assemblage de plusieurs zones bâties où les seuls paramètres qui les différencient sont la hauteur des immeubles et la densité bâtie. Les résultats de cette étude sont présentés dans le Tableau suivant ;

¹¹ Khaled Athamena, 2012

¹² Ahmed Ouameur 2005

Types de zones urbaines	Hauteur de déplacement z_d (m)	Longueur de rugosité z_0 (m)
Densité et hauteur faibles (bâtiments 1 ou 2 étages)	2 – 4	0,3 – 0,8
Densité et hauteur faibles (bâtiments 2 ou 3 étages)	3,5 – 8	0,7 – 1,5
Forte densité et grande hauteur (bâtiment à 6 étages)	7 – 15	0,8 – 1,5
Immeubles de grande hauteur	>12	>2,0

Tableau 1: Propriétés aérodynamiques typiques pour des zones urbaines homogènes (Grimmond et Oke, 1999).

7. Le profil H/L

Le profil urbain est révélé comme étant le premier facteur influant en matière de contrôle solaire et énergétique en milieu urbain. C'est le paramètre le plus pertinent dans la description d'une entité urbaine en ce sens qu'il réagit la préoccupation la plus essentielle dans une conception bioclimatique à savoir l'accès au soleil puisqu'il détermine le taux de disponibilité de la radiation et ses modes de distribution sur les différentes surfaces, en l'occurrence les rues et les murs. « Ali-toudert »

Le choix d'un profil de la rue a été identifié comme étant le paramètre le plus pertinent dans la description d'une entité urbaine au point de vue de sa capacité de contrôle solaire et énergétique « Arnfield 1990 ; Oke A988 ; etc. »

L'étude de la relation entre géométrie et accès au soleil a révélé que le ratio H/L détermine d'abord la quantité d'énergie reçue dans l'espace global de la rue ; plus le ratio H/L augmente, le profil devient profond, moins les surfaces urbaines reçoivent de radiation solaire.

Hormis l'ensoleillement, la capacité de restitution de chaleur des bâtiments la nuit s'est également révélée dépendante du profil de la rue. Le potentiel de refroidissement diminue à mesure que le ratio H/L augmente « Oke 1988a »

Une étude menée par Bouchriba Fouzia, sur les rues canyons de la ville de Constantine nous montre que le gradient de la vitesse de l'air entre le début et la fin du canyon Nord-Sud (donc dans le sens d'écoulement des vents dominants d'été) à ratio= 1 est égal à 1m/s, c'est à dire plus importante que celui du canyon à ratio= 4 avec une même orientation qui est égal à 0.2 m/s. Ceci, nous confirme ce que Yochiba.A, Tommaga.K et Watani.S ont pu prouver à travers une étude établie sur le bilan énergétique à l'intérieur

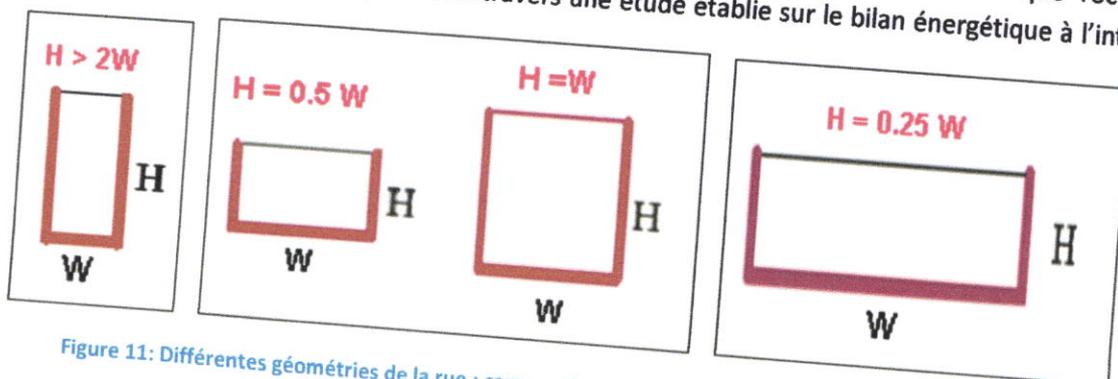


Figure 11: Différentes géométries de la rue : canyon, dièdre et dégagée. Source : Jean Louis Izard, 2000.

d'un canyon urbain où ils ont abouti au fait qu'une rue large contribue à la diminution de la vitesse de l'air même si elle est orientée dans le sens d'écoulement des vents.

Des études expérimentales faites par Aida (1982) Et Aida Et Gotoh, (1982) sur des rues canyon présentant différents rapports d'aspect H/W ont montré une réduction d'absorption de l'énergie solaire incidente de 27% à 13 % lorsque le rapport H/W passe de 0,5 à 2 (Figure I. 10).

Des résultats similaires ont été obtenus plus récemment par Bourbia et Awbi, (2004). Ils ont alors observé qu'une rue avec un rapport H/W égal à 0,5 reçoit un pourcentage élevé d'énergie solaire direct notamment les surfaces verticales des bâtiments atteignant un pic de température de surface de 53°C. Ce captage thermique diminue lorsque le rapport H/W est égal à 2 où les pics de température ne dépassent pas 46°C. Une synthèse sur l'impact des différences de rapport H/W par rapport aux conditions thermiques d'une rue canyon localisée à la latitude de 45° Nord et orientée Nord-Sud effectuée par Tiraoui (2000) est présentée dans le Tableau suivant :

	H/W	Avantages
L'accessibilité solaire	0,5 à 2	L'absorption solaire est comprise entre 13% (H/W = 0,5) et 27% (H/W = 2) lorsque l'albédo de surface est égal à 0,4
	0,58	Le rapport H/W est représentatif des villes de latitude 45°N
Gain de chaleur	0,4	Le gain de chaleur est de 30% par rapport à une situation de surface dégagée (H/W = 0)
	0,7	Le gain de chaleur est de 50% par rapport au cas H/W = 0
	1,0	Le gain de chaleur est de 70% par rapport au cas H/W = 0

Tableau 2: Relations entre le rapport d'aspect de la rue canyon et les conditions thermiques. Source: Tiraoui, 2000.

Quand la valeur $H/L < 0.4$ l'écoulement est à rugosité isolée, la ventilation est bonne au niveau du canyon urbain ;

Quand cette valeur $0.4 < H/L < 0.64$ l'écoulement est à interférence de sillage et la ventilation est bonne est présente une protection.

Quand la valeur $H/L > 0.64$ l'écoulement est rasant et représente un risque de smog, 28

8. Volume passif :

Le ratio volume passif / volume total est aussi utilisé, l'augmentation de ce ratio engendrant selon des travaux scientifiques une moindre consommation énergétique. Le volume passif correspond à la somme des volumes compris à moins de six mètres d'une façade. L'impact de ce critère sur les consommations d'énergie d'un bâtiment a été analysé dans une étude dirigée par Ratti, C., qui

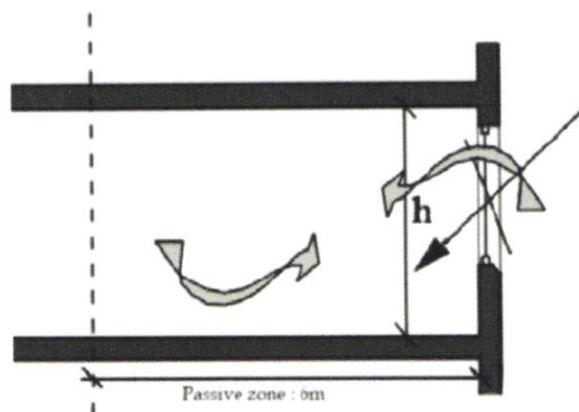


Figure 12: The passive zone is located less than 6 meters from the façade (Ratti et al., 2005).

portait sur une comparaison entre Londres, Toulouse et Berlin.

Ces volumes peuvent bénéficier d'un éclairage et d'une ventilation naturelle, si l'on suppose que les fenêtres sont suffisamment grandes et que la ventilation naturelle est facilitée par la conception générale du bâtiment

Efficacité thermique à l'échelle du bâti :

1. Rôle thermique du patio :

Le patio caractérise un type d'habitat plutôt urbain que rural. Il serait possible de différencier le patio de la cour par une position plus centrale, par un rôle fonctionnel plus complexe et surtout socialement comme un lieu d'habitation et de vie familiale. C'est une sorte de microcosme qui met la maison en relation avec la nature, le ciel, le soleil, l'air frais, la terre et parfois l'eau et la végétation. La configuration spatiale du patio en forme de cuvette génère une sorte de microclimat. L'air frais qui s'y rassemble la nuit repousse l'air chaud vers le haut, autrement dit vers l'extérieur. Le rayonnement du sol vers le zénith renforce alors la baisse de température. Ainsi, l'été, une température agréable est conservée pendant un long moment, d'autant plus que la cour est protégée de l'ensoleillement une bonne partie de la journée grâce aux ombres portées des murs périphériques. Enfin l'effet « cuvette » assure une protection des vents¹³

La performance du bâtiment à patio dépend de la quantité des radiations reçues par l'enveloppe, mais cela reste relatif pour des climats bien déterminés, car l'irradiation est en fonction de la latitude, les conditions climatiques, la période saisonnière et journalière et la configuration du patio lui-même, ceci est confirmé à travers des études réalisées par plusieurs chercheurs tel que Etzion (1995), Cadima (2000)

1. L'effet de la proportion du patio sur les gains solaire et la demande énergétique dans le climat

tempéré de Rome : Muhaisen.S A et Gadi.B M ont traité l'effet de la proportion du patio sur les gains de chaleur et la demande énergétique de chauffage et de refroidissement, sous le climat de Rome qui bénéficie d'un climat méditerranéen modéré -été chaud et humide et hiver froid tempéré -situé à « latitude 42°N longitude 18° E ». En utilisant : "ModeleIT" pour introduire la base de données), "Apache-Sim" pour la simulation thermique et "SunCast" pour l'analyse de l'ombrage (l'ombre portée par les parois du patio).

La figure suivante présente les cas étudiés, R1 prend les valeurs de : 1, 5, 10 et R2 : 0.2, 1 avec un pas de 0.2. Où : $R1 = P/H$ avec : P : représente le périmètre et H : la hauteur du patio $R2 = W/L$ avec : W : représente la largeur et L la longueur

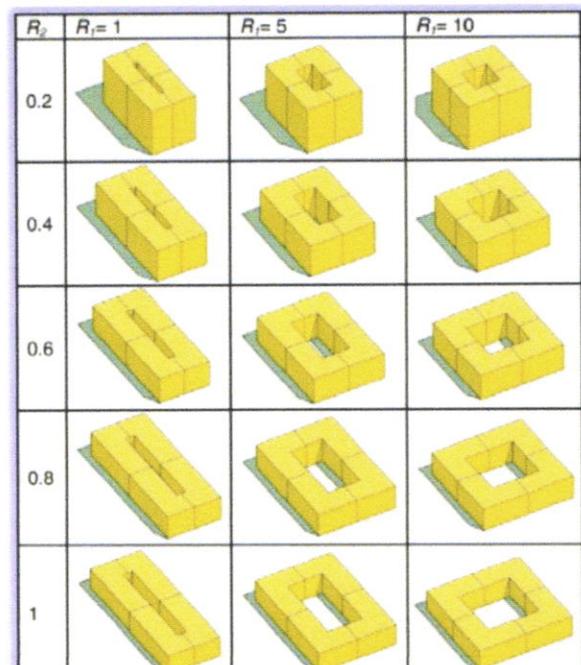


Figure 13: Les formes rectangulaires simulées. Source: Muhaisen S A et Gadi. B M, 2005

¹³ Abdulac Samir, LES MAISONS À PATIO Continuités historiques, adaptations bioclimatiques et morphologies urbaines

Résultats :

Le besoin en **refroidissement** augmente en augmentant la valeur « R2 » et ceci est pour toutes les valeurs « R1 », le rythme de cette augmentation sera plus petit lorsque $R1 > 5$

Le besoin en **chauffage** reste stable pour les valeurs de R1 : 1 et 2 pour n'importe valeur R2.

Lorsque R2 est inférieur à 0.4 le besoin en chauffage augmente remarquablement lorsque $R1 > 2$. Lorsque $R2 > 0.4$ les besoins sont stables pour toutes les valeurs R1.

La lecture horizontale des graphes montre que pour des valeurs $R1 > 5$ on ne remarque pas une augmentation significative dans les besoins en chauffage.

D'une manière générale, la forme la plus adéquate est celle qui assure moins de consommation énergétique pour les deux périodes (chaude et froide). Il est clair que le besoin annuel s'accroît en augmentant le ratio (R2) et cela pour toutes les valeurs de (R1), en signalant un minimum pour ($R1 = 1$) et le maximum pour ($R1 = 10$). La forme optimale est celle qui possède ($R1 = 1$ et $R2 = 0.1$), mais cette forme est architecturalement non préférée ou irréalisable. Généralement, les besoins énergétiques sont maximaux pour $R2 = 1$ (forme carrée), tandis que le minimum est remarqué lorsque $R2 = 0.1$

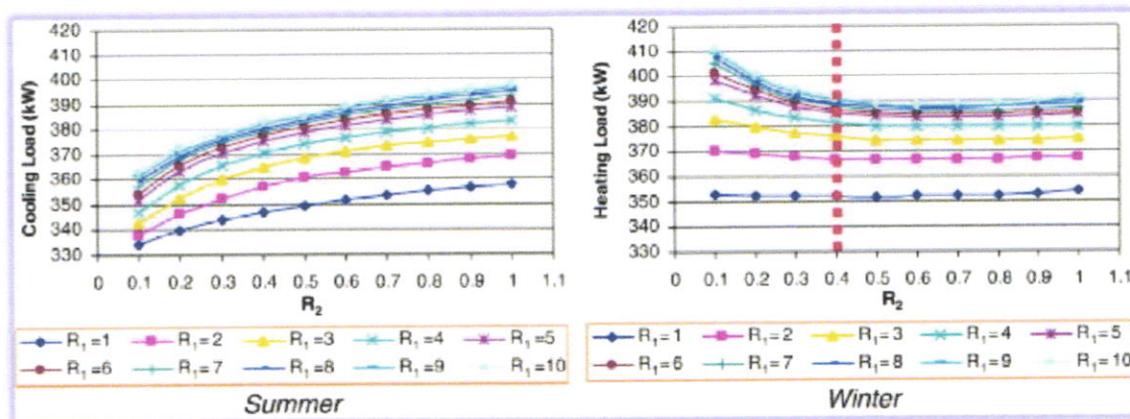


Figure 14: Effet de changement des ratios du patio sur les besoins annuels de refroidissement et de chauffage. Source: Muhaisen.S A et Gadi. BM, 2005

2. L'effet de l'ombre sur les gains solaires et la demande énergétique

Dans cette partie les auteurs sont intéressés à l'effet de la l'ombre sur les besoins énergétique de chauffage et de refroidissement, avec ($R1$ entre 1 et 10, $R2 = 0.5$). Les formes simulées sont représentées sur la figure suivante :

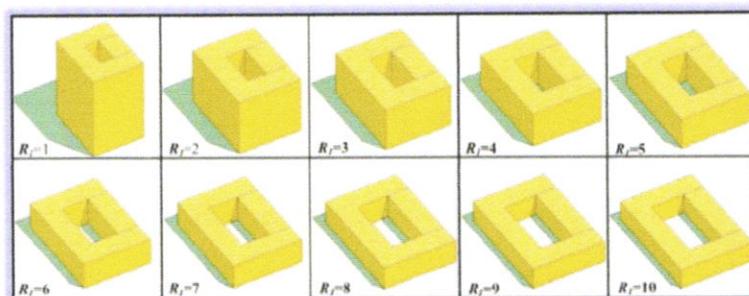


Figure 15: Les formes rectangulaires simulées (effet combiné de la hauteur et l'ouverture au ciel). Source : Muhaisen.S A et Gadi. B M, 2005

Résultats :

Pour les valeurs R_1 entre 1 et 5, c'est-à-dire plus la hauteur est élevée et le taux d'ouverture est petit, le besoin en refroidissement diminue. Par contre si on ne prend pas en considération l'effet de l'ombre on aura plus d'énergie et dans ce cas les deux indices cités au-dessus n'ont pas un effet significatif sur la demande énergétique

Plus la hauteur est profonde le besoin en chauffage diminue ce qui explique l'effet des déperditions thermiques sur la consommation énergétique pour les formes superficielles et ouvertes (c'est-à-dire l'ouverture du patio)

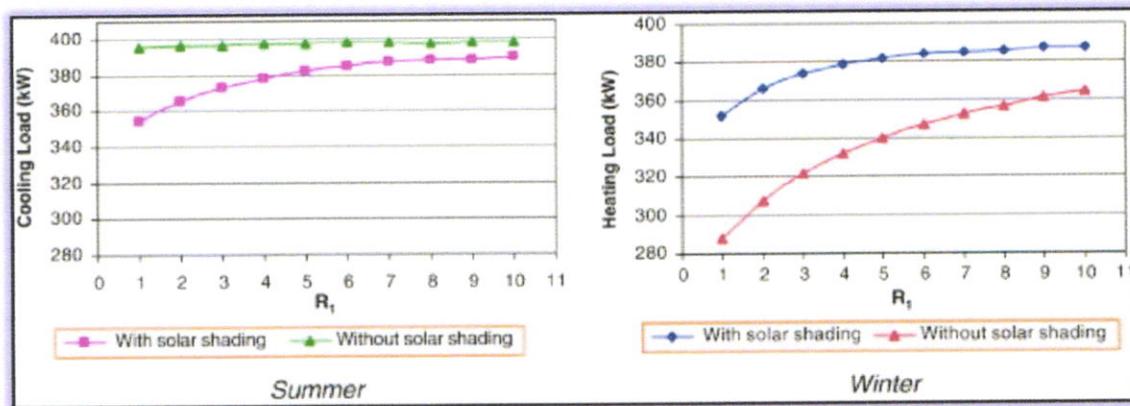


Figure 16: Effet de changement de la hauteur et l'ouverture au ciel sur les besoins énergétiques de refroidissement et de chauffage. Source : Muhaisen.S A et Gadi. B M, 2005

3. L'effet de l'élongation du patio sur les gains solaire et la demande énergétique :

Pour montrer les effets de la largeur sur la demande énergétique une étude menée dans des patios presque similaires mais de largeurs différentes, (R_2) qui se varie entre (0.1 et 1) et $R_1=5$

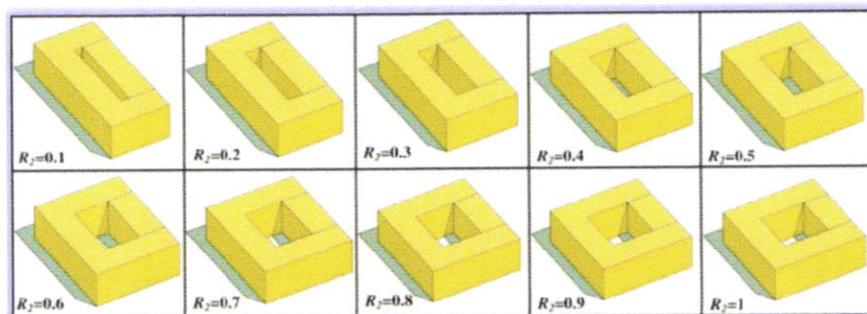


Figure 17: Les formes rectangulaires simulées (élongation). Source: Muhaisen.S A et Gadi. B M, 2005

Les résultats ont montré que la quantité d'énergie nécessaire pour rétablir le confort est très importante si on néglige l'effet de l'ombre. La forme la plus allongée demande une énergie pour le refroidissement moins que la forme moins effilée avec un taux de 4% le cas où on prend en considération l'effet de l'ombre, le minimum et le maximum soient respectivement avec l'indice $R_2 = 0.1$, $R_2 = 1$, et si on prend en considération l'effet de l'ombrage sur des parois, la quantité d'énergie en chauffage diminue en augmentant le R_2 . Lorsque $R_2 > 0.5$ on remarque une stabilité dans le besoin en énergie

Une autre étude menée par Hisarligil (2011) sur les cours construites par les turcs seldjoukides dans l'Anatolie au XIIIe siècle, dont l'objectif était d'étudier l'effet de la géométrie de la cour sur le confort

Trois formes sont étudiées, dont la hauteur de la cour était prise constante et égale à 8m qui est la hauteur de la cour du cas d'étude (la Madrasa Sahabiye, à Kayseri). Cette dernière est prise comme référence avec des dimensions horizontales égales à 13 m * 20 m (proportion 1:5) (B). Les autres cas sont obtenus par la variation des dimensions horizontales (A) 6 m * 20 m (proportion 3:3), et (C) de 20 m * 20 m (proportion 1:1) en effectuant des simulations pendant 18 heures, de 4h à 22h avec les paramètres de base suivant : la température de l'air=273 K, la vitesse du vent (à 10 m au-dessus du sol)= 2,5 m/s ; la direction du vent : l'ouest et l'humidité relative (HR)-50%.

Les résultats ont montré que, le changement de rapport n'a pas un effet significatif sur la vitesse du vent. Tandis qu'il influence d'une manière significative la température de l'air, dont la différence de température entre la cour et l'extérieur est d'environ 2 K à 6h et de 5 K à midi.

de différences considérables sont constatées dans l'écart de température entre la cour et l'intérieur du bâtiment dans les trois formes étudiées, dont il est de 5K dans le type(A), de 3.8 K dans le type B et de 2.6K dans le type(C) à midi. Donc plus la cour est profonde, plus la température de l'air dans la période froide est élevée. De même les cours étroites sont les plus appropriées que les cours larges dans les zones de forte densité [Tsanaka, 2006].

4. Rôle des espaces semi-ouverts : kbous et galeries

Une autre étude menée par Hisarligil (2011) sur le rôle des espaces semi-ouverts, comme l'iwan et les galeries qui entourent la cour qui s'organisent de manière à répondre efficacement aux variations journalières et saisonnières de température dans l'atténuation des variations de températures journalières et saisonnières.

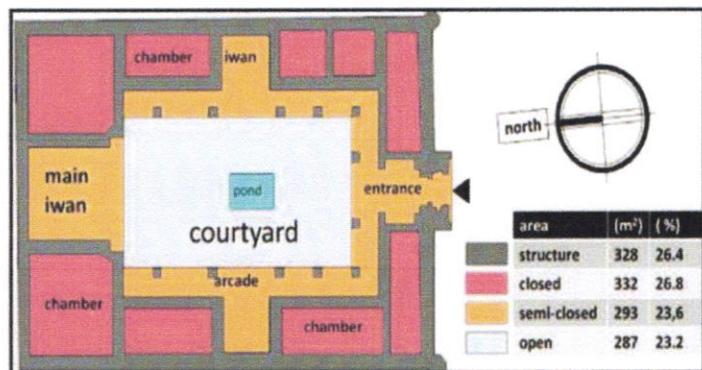


Figure 18: Schéma d'organisation de Sahabiye Madrasa à Kayseri (Source: Hisarligil, 2011)

Les simulations ont été faites à l'aide d'ENVI-met 3.1.

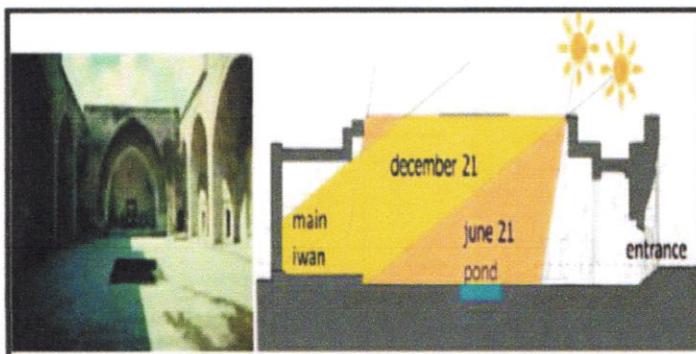


Figure 19: Les périodes d'exposition de l'iwan principal au soleil. (Source : Hisarligil, 2011)

Les résultats montrent que l'iwan principal orienté au sud reçoit le rayonnement solaire pour près de 4h (10:00 h-14:00 h), pendant la journée la plus courte à Kayseri qui est le 21 décembre. Ce résultat signifie que, l'iwan principal situé à l'extrémité nord de la cour est conçu pour recevoir autant de rayonnement de courtes longueurs d'onde pendant les périodes froides pour

améliorer les conditions du confort thermique hivernal, via le captage solaire passif (voir figure).

Pendant la période chaude, la température moyenne radiante TMR dans l'iwan et sous les arcades est inférieure à 299.4 K à midi, alors qu'elle est d'environ 339.5 K dans la partie centrale de la cour, qui est exposée aux rayons solaires directs. Tandis qu'elle baisse jusqu'à 314 K autour de l'étage

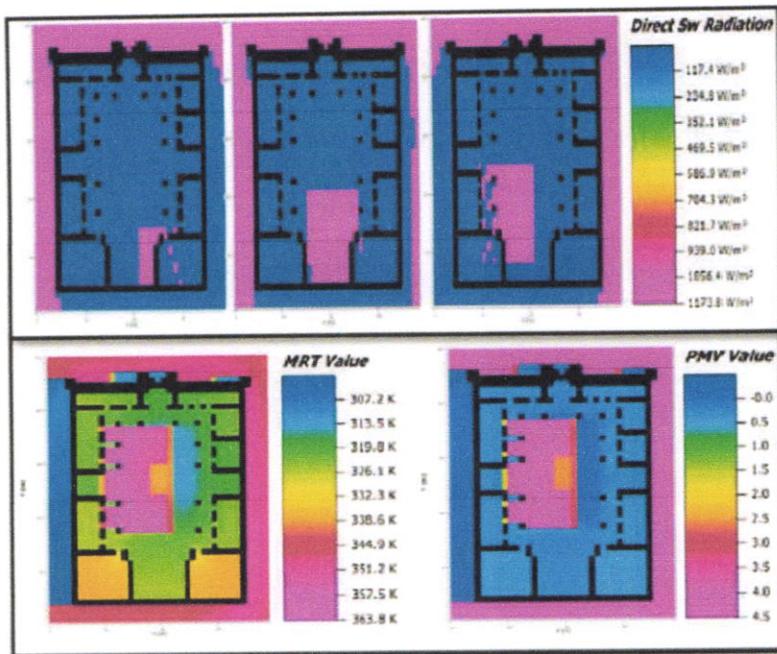


Figure 20: Section horizontale montre la relation entre la MTR et le PMV à midi. (Source : Hisarligi, 2011)

On conclue que l'iwan principal est utilisé pour contrôler le microclimat. Il ressemble à une bouche de respiration ouverte et fonctionne comme un régulateur thermique durant les deux périodes de l'année. En recevant le rayonnement incident de courtes longueurs d'onde pendant les journées et libérant le rayonnement de grandes longueurs d'onde durant les nuits dans les périodes froides.

2. La forme du bâtiment :

La forme d'une construction, passive ou non, ou plutôt la proportion entre sa surface habitable et celle de ses parois déperditives est caractérisée par son coefficient de compacité.

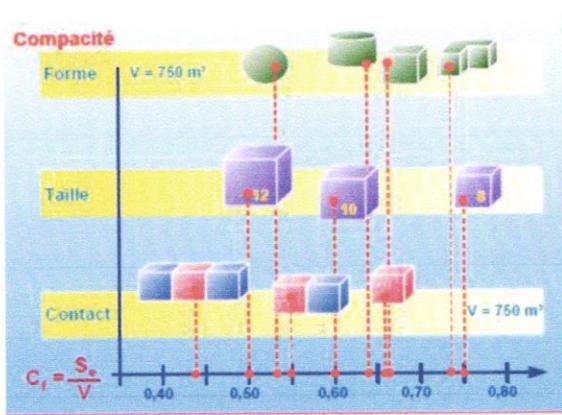


Figure 21: La compacité varie suivant la forme, la taille et le mode de contact des volumes construits.

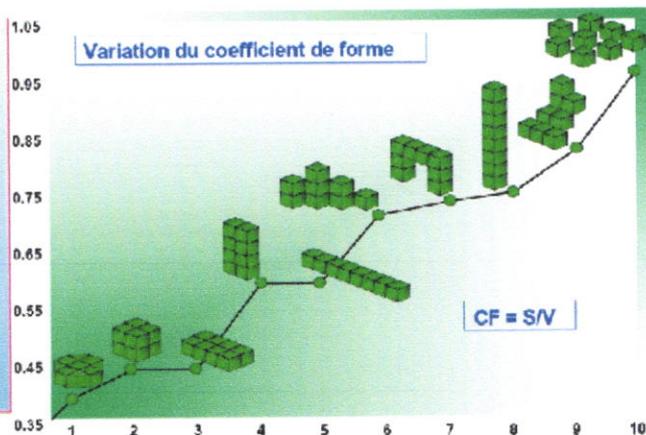


Figure 22: <http://www.energiepositive.info/fr/reduire-besoin/construire-compact.html>

Plus un bâtiment est compact, plus il est performant. Plus le rapport S/V est grand, plus il y a de surfaces déprédatives, plus il y a de pertes par les parois. La forme la meilleure est la sphère : c'est le volume géométrique qui a le rapport le plus petit. Ainsi plus le bâtiment ressemble à une sphère, moins il y a de pertes. C'est pourquoi à volume égal : un immeuble consomme moins que plein de petites maisons individuelles. Le graphique ci-dessous illustre la compacité de géométries types. Pour un bâtiment de 1000 m², il convient de ne pas dépasser un ratio S/V de 0,65 (soit +12% par rapport à une sphère).

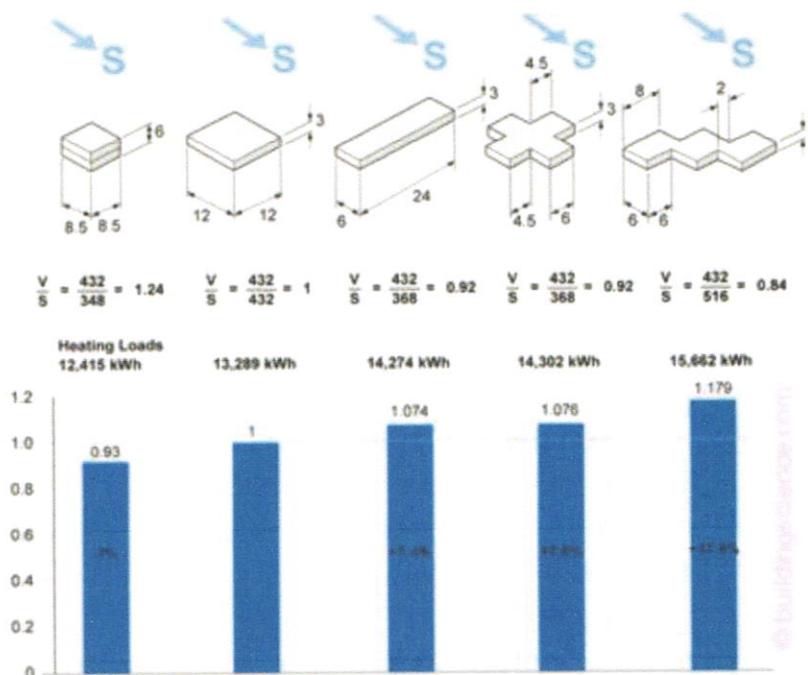


Figure 23 : Impact of building shape on annual heating energy for a small 144 m² (1500 ft²) building in a cold climate. [Gratia & De Herde 2003]. Source : <http://buildingscience.com/documents/insights/bsi-061-function-form-building-shape-and-energy>

3. Les ouvertures :

Les ouvertures, et les fenêtres qui s'y nichent, jouent un rôle important dans les relations du bâtiment et de l'occupant avec son environnement. En effet, les échanges de chaleur, les déperditions thermiques et les apports de chaleur ainsi que les apports solaires proviennent principalement des ouvertures. Celles-ci établissent le contact entre l'extérieur et l'intérieur et permettent ainsi d'améliorer le bien-être de l'occupant. Les ouvertures, et particulièrement les fenêtres, sont donc un élément majeur de tout édifice et ont toujours bénéficié de la plus grande attention des architectes « traité d'architecture et urbanisme bioclimatique.

Au plan thermique, même les fenêtres les mieux isolées présentent encore aujourd'hui un coefficient de déperdition thermique K nettement supérieur à celui des parois isolées. Elles constituent donc une des sources principales de déperditions du bâtiment. « 10% des déperditions thermiques totales dans un logement sont liées à l'isolation des parois vitrées. La performance thermique des parois vitrées dépend des performances du vitrage et de la menuiserie »¹⁴. La déperdition peut être améliorée si l'on recourt à des volets isolants ou à des rideaux. En hiver, la pénétration du soleil par les ouvertures assure une économie d'énergie. En été, elle peut avoir l'effet opposé s'il devient nécessaire de refroidir l'habitation. L'orientation, l'inclinaison et la distribution des ouvertures sont des éléments décisifs dans la conception

¹⁴ « GUIDE DEL'ÉCO-HABITAT, Construire et rénover sans se tromper. CEDER

du projet. Sur le plan énergétique, l'orientation sud est la plus favorable en hiver (rayonnement intense) et en été (rayonnement limité, limitation des surchauffes). L'inclinaison la plus efficace se situe entre 45° et la verticale (90°).

Kolokotronis et Young (1990) ont étudié la relation entre la capacité thermique « **Keskas Imene 2014** », le niveau d'isolation et la taille des fenêtres de la façade sud qui influencent les conditions internes du confort thermique. Ils ont recommandé par la suite les combinaisons les plus efficaces pour les quatre régions climatiques de la Grèce qui concilient entre les trois critères suivants :

- Fournir une température interne en été inférieure à la limite supérieure du confort thermique
- Obtenir une moyenne de la valeur U (le coefficient de la transmission calorifique surfacique) du logement inférieure à la maximale autorisée par la réglementation thermique grec.
- La fenêtre doit avoir la plus grande surface possible pour optimiser la quantité des gains solaires directs en hiver et assurer la ventilation naturelle en été.

Des valeurs U compris entre 0.2 et 1.0 W m⁻² °C et des pourcentages de vitrage de la paroi sud, entre 6 et 48% étaient examinés. Le tableau (cf.Tab.III.4) présente les valeurs alternatives qui satisfont aux deux premiers critères. Tandis que, les valeurs soulignées satisfont tous les trois.

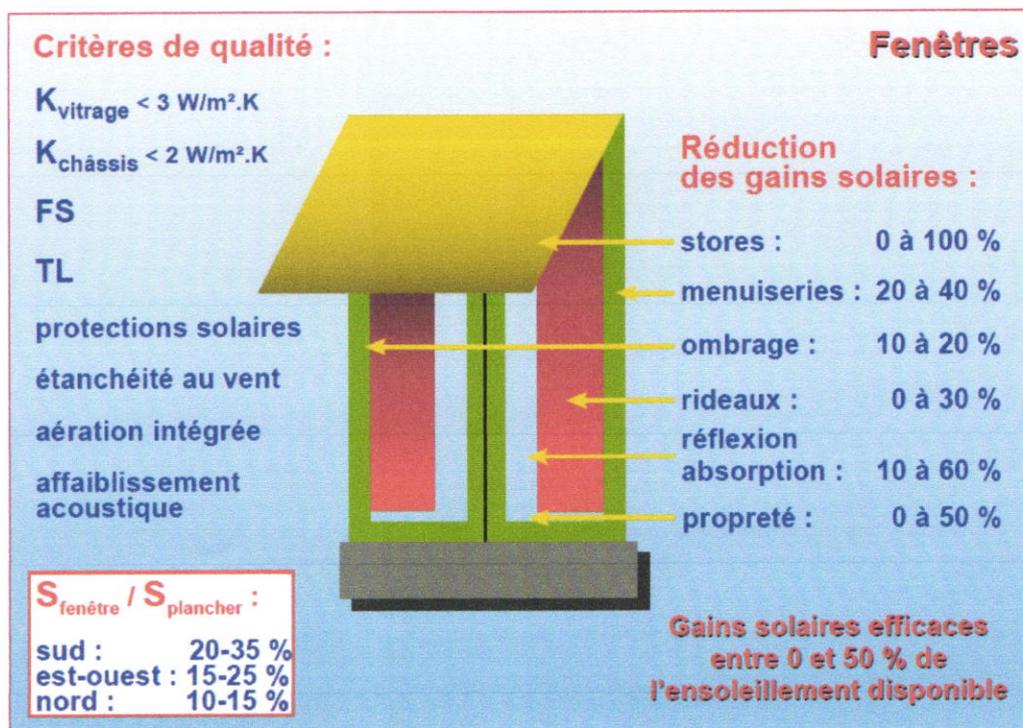


Figure 24: Choix des composants et identification des facteurs intervenant dans la thermique de la fenêtre.

4. Enveloppe du bâtiment :

Les déperditions thermiques au travers de l'enveloppe constituent la première source de refroidissement des édifices, à voir plus de deux tiers des déperditions totales « **livre traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique** »

Les matériaux à forte inertie permettent d'améliorer le confort thermique en été, car ils emmagasinent et stockent la chaleur qu'ils restituent six à dix heures après, au moment de la journée où il sera possible de

faire entrer de l'air plus frais dans le bâtiment. De même en hiver, où le bâtiment emmagasine l'énergie la journée (apports solaires) pour la restituer sous forme de chaleur le soir ou la nuit lorsqu'il fait le plus froid. A noter qu'il est important de trouver un juste milieu entre le confort thermique d'été et d'hiver.

Comparatif de l'épaisseur requise des matériaux pour obtenir la même isolation.

Un mur de plus d'un mètre d'épaisseur en béton isole tout autant que 2,3 cm de laine minérale.

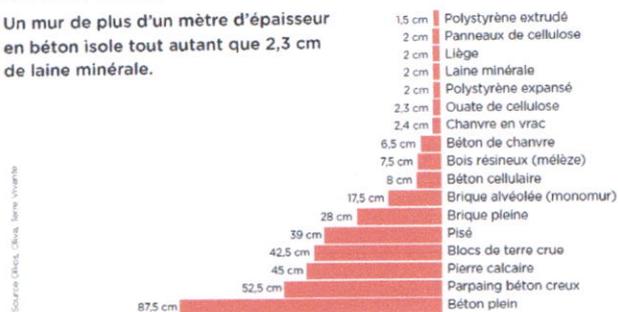


Figure 26: Comparatif de l'épaisseur requise des matériaux pour obtenir la même isolation

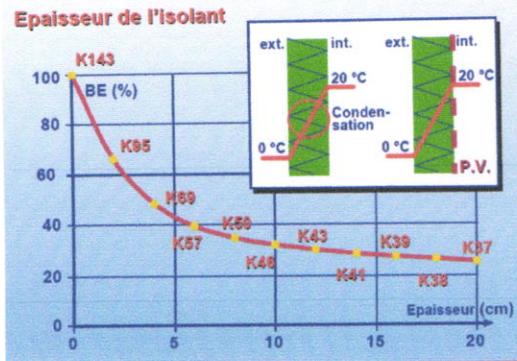


Figure 25: L'isolation permet de réduire les besoins en énergie du bâtiment. Les premiers centimètres d'isolant apportent les gains relatifs les plus importants.

La figure « à droite » présente une comparaison pour la maison expérimentale basse énergie Pléiade à Louvain-la-Neuve en Belgique, la réduction des besoins en énergie et les niveaux d'isolation globale « K moyen » atteints pour différentes épaisseurs d'isolants. A cet égard, il n'est pas à rechercher une isolation maximale, mais une isolation optimale qui tient compte des besoins en énergie pour un climat déterminé

En fonction de sa conductivité et de sa capacité thermique, des études en Allemagne ont montré qu'un matériau n'aura pas la même efficacité en termes d'isolation en hiver et en été selon son épaisseur. Pour la ouate de cellulose, par exemple, l'épaisseur minimale requise en hiver est de 17,3 cm tandis qu'elle est de 28,6 cm en été. De même, si un matériau avec une conductivité faible et une bonne épaisseur suffit en hiver, on préférera en été, un matériau ayant également une forte capacité thermique, c'est à dire qu'il stocke la chaleur sans s'échauffer notablement, et un déphasage qui permet de restituer la chaleur le soir quand on peut ventiler.

Conclusion :

Les liens entre l'agencement du tissu urbain et ses consommations énergétiques sont assez perceptibles.

Dans ce chapitre, on a essayé de jeter la lumière sur les recherches relatives à l'effet de la morphologie urbaine qui peut diminuer par 2 les émissions de carbone¹⁵ sur la consommation d'énergie.

On a développé un ensemble d'indicateurs qui ont le plus d'influence sur le bilan énergétique des bâtiments à l'échelle urbaine, à savoir, la densité urbaine qui est à travers les recherches menées par Serge Salat et d'autres chercheurs indiquée comme la forme du futur, la compacité urbaine, le facteur de vue du ciel SVF, le prospect H/L et son effet sur le contrôle du soleil, ainsi que l'effet de la ventilation urbaine et l'îlot de chaleur urbain sur le refroidissement des espaces intérieurs.

A l'échelle du bâti, on a essayé d'aborder les différents éléments qui influencent la consommation d'énergie dans la maison à patio notamment la forme géométrique du patio qui indique que l'augmentation de la profondeur de ce dernier augmente la température de l'air dans la période froide, et que les cours étroites sont les plus appropriées que les cours larges dans les zones de forte densité. On a également montré l'effet de l'ombre entraîné par les galeries qui entourent le patio et le rôle de ces dernières dans la modération du climat intérieur de la maison, ainsi que l'influence de l'enveloppe du bâtiment, les matériaux et sa forme sur sa consommation énergétique.

Les résultats des recherches cités, nous ont orienté à conduire une étude plus détaillée sur l'influence de la forme urbaine de la casbah d'Alger à caractère très dense et compacte sur le bilan énergétique de ses maisons à patio.

¹⁵ Salat, S. & Nowacki, N. De l'importance de la morphologie dans l'efficacité énergétique des villes,

Chapitre II : Analyse de la casbah d'Alger :

Introduction :

C'est une ville qu'on ne peut se lasser d'admirer et dont l'aspect enchante l'imagination. Assise au bord de la mer, sur le penchant d'une montagne, elle jouit de tous les avantages qui résultent de cette position exceptionnelle ; elle a pour elle les ressources du golfe et de la plaine. Rien n'approche l'agrément de sa perspective." Abou-Mohamed-El-Abery - XIIIe siècle

la casbah ou « médina d'Alger » ceinturée par une muraille défensive, par sa situation géographique, sur la pente de la colline qui surplombe la baie d'Alger, la vieille ville jouissait des conditions climatiques, esthétiques et économiques exceptionnelles, à l'abri des vents d'hivers et ventilée par la brise marine des vents en été.

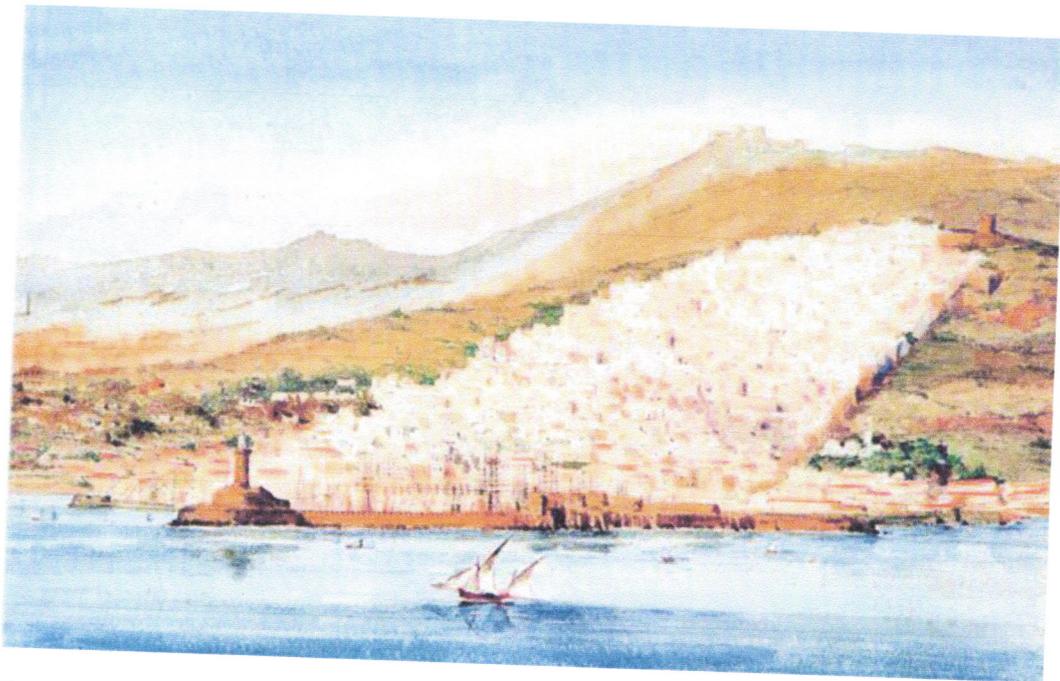


Figure 27: La médina d'Alger vue depuis la mer. (Théodore Gudin, Argel en 1830, acuarela, 19x27 cm, col. Part.)

1. Présentation de la ville

Alger se situe au centre géométrique de la côte algérienne son territoire s'étend sur une superficie de 300Km environ et bordée au nord par la Méditerranée. Le territoire de la commune de Casbah est situé au nord de la ville d'Alger, à l'extrémité ouest de la baie d'Alger. Entourée par les communes de Bab oued et Alger centre et la mer méditerranéenne

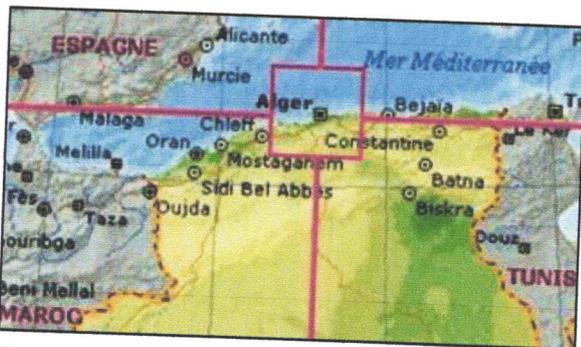


Figure 28: situation de la ville d'Alger

Le territoire de la commune de Casbah est situé au nord de la ville d'Alger, à l'extrémité ouest de la baie d'Alger. Entourée par les communes de Bab el oued et Alger centre et la mer méditerranéenne.

Accessibilité :

La casbah d'Alger est accessible :

- Au nord par la RN n°11 en provenant du quartier Bab el Oued
- Du sud à partir de l'autoroute qui longe la baie d'Alger qui sera succédé plus tard soit par la rue d'Angkor ou le boulevard Zighout Youcef et la rue Che Guevara. Puis l'avenue du 1er novembre
- Du sud-ouest : par la route communale qui descend de la défense
- Par voie maritime



Figure 29: situation de la casbah d'Alger/ source : Google earth

2. Etude climatique :

La Casbah jouit d'un climat méditerranéen subhumide qui se manifeste par deux saisons principales : l'une pluvieuse s'étendant d'Octobre à Mars, et l'autre sèche allant d'Avril à Septembre. D'après la source d'information : Seltzer de la station de référence : Alger port, la station la plus proche de la Casbah.

1. Les précipitations :

Les pluies relativement importantes tombent essentiellement en 07 mois, de la fin du mois de Septembre jusqu'à la fin du mois de Mai, de Juin à septembre les pluies sont rares. Les précipitations irrégulières surtout en hiver. La moyenne annuelle se situe entre 730mm et 760mm d'eau /an

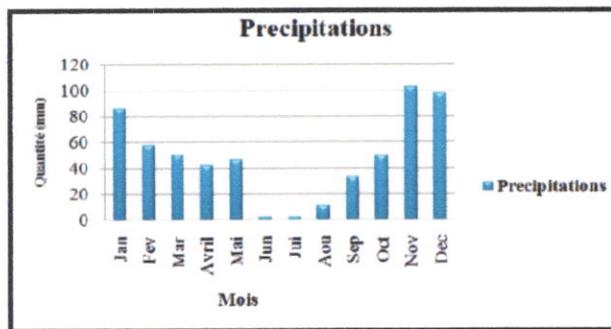


Figure 30: Les moyennes annuelles des précipitations de la ville d'Alger (2000-2009). (Source : l'ONM)

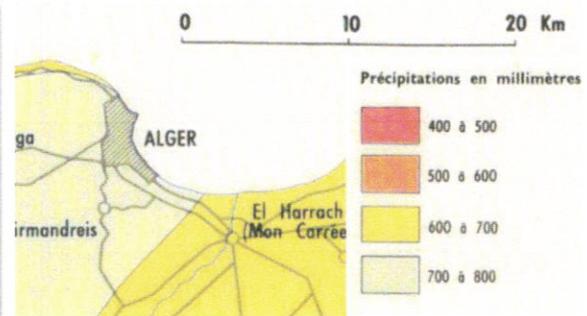


Figure 31: précipitation de la ville d'Alger / source : CRENU

2. La température :

La température annuelle est de 22°C, l'année peut se diviser en deux semestres : l'un est froid et l'autre est chaud, les températures de la région varient, tel que la température moyenne est de 1°C en hiver, et de 44 °C en été.

3. Les vents :

Un vent faible à modéré, frais et humide d'Est souffle de Mai en Octobre, tandis que le vent d'Ouest souffle de Novembre en Mai apportent les pluies.

Le sirocco se manifeste 14 jours / an en moyenne pendant la période estivale juillet et Août. Les vents dominant sont de direction Nord-Ouest en hiver avec une vitesse qui varie entre 1 et 16m/s et Nord Est en été.

4. L'humidité :

Elle est calculée selon plusieurs paramètres qui caractérisent l'humidité relative, et ceci selon trois horaires précis : 7 h, 13 h, et 18 h illustrés dans le tableau suivant :

Horaires	t	t - t'	f	h
7H00	17,0	2,8	10,9	72
13H00	20,3	4,4	11,3	61
18H00	17,9	2,7	11,7	74

- t = température de l'air
- t - t' = différence psychométrique de l'étude de l'évaporation
- f = tension de vapeur en mm de mercure
- h = humidité relative : c'est le rapport exprimé en pourcentage de la tension de vapeur d'eau à la tension correspondante.

L'humidité des murs à la Casbah par infiltration des eaux de pluies, dégradation des égouts cause une remontée par capillarité et par faute d'étanchéité, il y a danger pour le bâti.

5. L'ensoleillement :

L'ensoleillement est considérable dans la ville d'Alger. Potentiellement, pour une latitude de 36° Nord, le nombre d'heures d'ensoleillement dépasse les 14 heures par jours en été, et 09 heures en hiver, « voire figure ». Ceci permet de dire que l'énergie incidente sur le sol est considérable pour qu'elle soit captée.

La durée moyenne d'insolation effective de la ville d'Alger est importante pendant toute l'année, elle est comprise entre 159.3h pour le mois de décembre et 325.3h pour le mois de juillet.

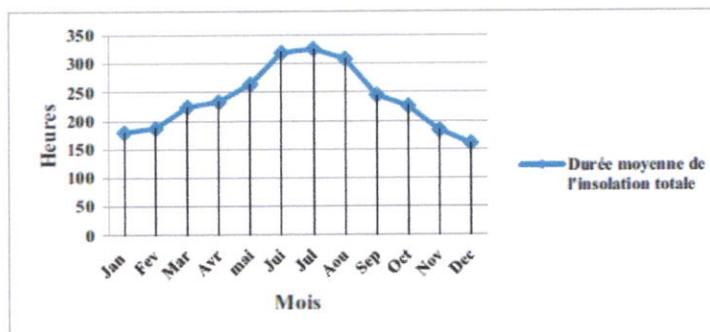


Figure 32: La moyenne mensuelle de l'insolation en heures -Alger- (2000 - 2009). (Source : l'ONM).

3. Lecture diachronique :

Etablissement de la ville :

Evolution historique de la casbah d'Alger : la casbah présente le noyau urbain original de la capitale, vu son emplacement stratégique, la ville a été successivement occupée par les phéniciens, les romains, les arabo-musulmans, les turcs puis finalement les français.

La baie d'Alger est en forme d'amphithéâtre, régulièrement coupée de talwegs, fossés des eaux de ruissellement devenues des routes et des escaliers. La lecture de la structure morphologique du relief de la Casbah 1831 nous permet de faire ressortir dans un premier temps les lignes maîtresses de la sculpture naturelle « d'Alger et ailleurs par Habib Tahari » (Pl.02). Dans un deuxième temps, elle permet de délimiter l'ensemble des unités morphologiques formant le territoire de la Casbah(Pl.04).

La Casbah comporte trois phases de l'implantation territoriale « mémoire Hadji 2013 » :

- Emplacement de La citadelle comme haut promontoire.
- Le développement de la ville sur les deux collines, comme bas promontoire.
- La basse Casbah au fond de la vallée, ou dans notre cas le port.

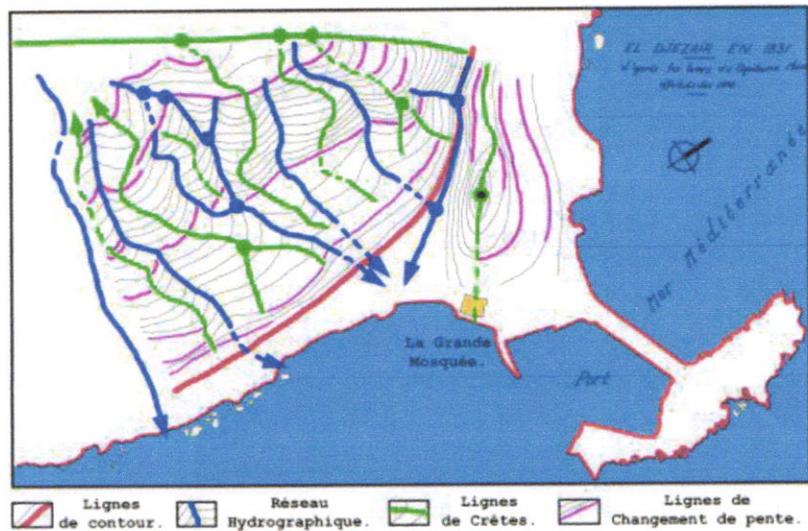


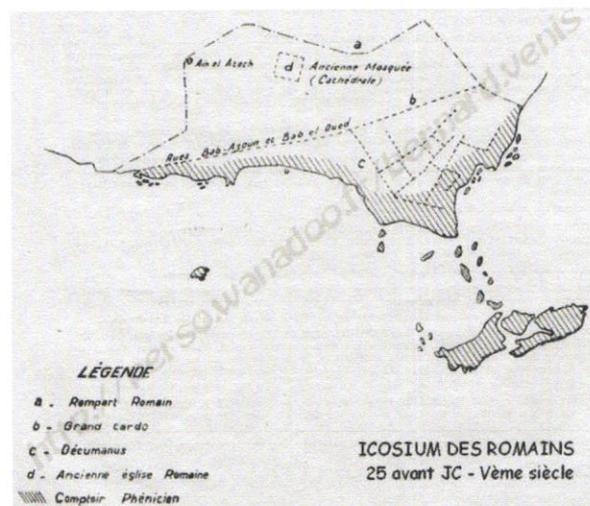
Figure 33: lignes de crêtes, source : Revue vies de villes

Développement de la structure de la ville :

1. Période punique «phénicienne» :

Mis à part le port, IKOSIM, « l'île aux mouettes » était constituée d'une simple agglomération de quelques maisons, où peut-être le comptoir se limitait à quelques constructions élevées sur le lot principal, probablement muni d'un dépôt de marchandise et d'une modeste construction religieuse.(F .Cresti).

Son existence à l'époque libyenne serait attestée par une légende de la mythologie gréco-latine, selon laquelle une vingtaine d'homme auraient abandonné Hercule, lors de sa traversée, pour aller s'installer sur la colline aujourd'hui occupée par la médina d'Alger. De là viendrait l'origine du nom Icosium, latinisé à partir de la racine grecque et qui a pour traduction le chiffre vingt. Cette tradition, très contestée par les premiers chercheurs, a été



http://alger-roi.fr/Alger/documents_algeriens/culture/pages/62_pheniciens_romains.htm

Figure 34: comptoir phénicien

confirmée par la découverte d'une série de vestiges de l'époque qui révèlent le nom de la ville : Ikosim qui signifie « île des mouettes », selon M. LE Glay.¹⁶

2. Période romaine :

La ville Romaine était comprise à l'intérieur d'une ceinture de deux murs dont les limites de l'axe nord-sud se trouvaient à la hauteur des deux portes construites par la suite par les Ottomans (Bab Azzoun. Bab el oued). c'est en dehors de ses limites que furent retrouvés les restes de nécropoles romaines.

On retient de cette période le premier tracé Romain par deux axes structurant la ville : Cardo (E-W) et le Decumanus (S-N) dont les traces concerneraient la rue de la marine et l'axe Bab Azzoun/Bab el Oued, et une trame régulière orthogonale dans la partie basse de la Casbah.

L'intersection du Cardo et du Decumanus matérialisée par le forum correspondant aujourd'hui à la **place des martyrs**. Des vestiges de cette époque ont été découverts non loin de Dar El Hamra

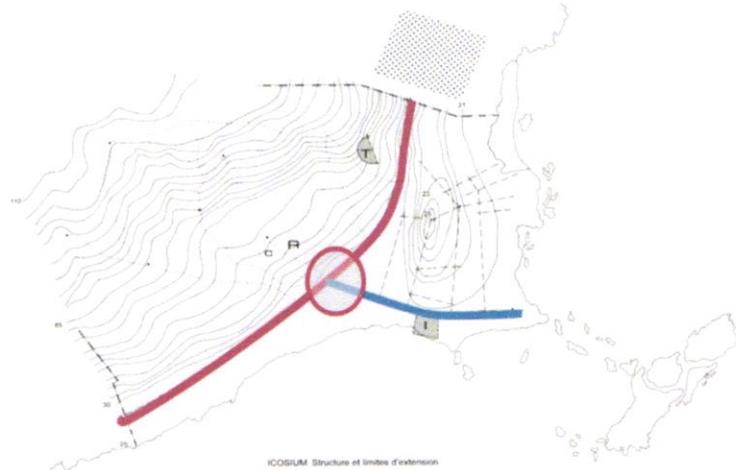


Figure 35: Cardo et Decumanus : source : Sakina missoum modifié par l'auteur

3. Période arabo-berbère :

Limites : la ville a conservé ses limites nord-sud de l'époque romaine, elle était probablement surmontée d'une citadelle « la casbah kdima »

Le système viaire : la rue de la marine et la rue Bab el oued étaient conservées.

A la haute casbah, les rues principales sont la rue de la casbah et la rue « Bab jdid »

Structure bâtie :

- Au cœur de la ville c'était les bazars et les marchés, organisés selon leur spécialisation artisanale.
- Un marché hebdomadaire se tenait sur un espace dégagé situé dans les environs de l'actuelle place Jannina.
- La Qisariya : ensemble de rues et de boutiques située entre Djenina et la mosquée neuve.
- Les fondouks : établissements où vivaient les marchands européens sous la surveillance de leurs consuls.

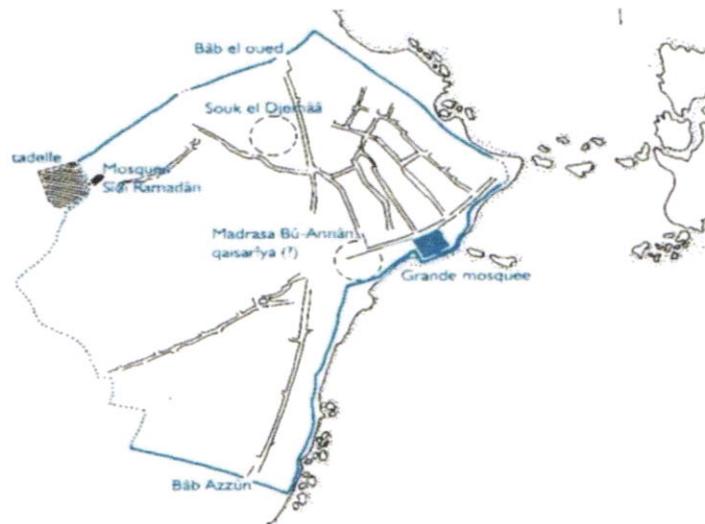


Figure 36: structure urbaine de la casbah pendant la période arabo-berbère/ source : CRENU

¹⁶ Missoum Sakina, 2003, Alger à l'époque ottomane ; la médina et la maison traditionnelle, Edi sud, Paris, France.

4. Période turque :

Les Limites :

- Les limites Nord-sud de la ville sont restées les mêmes que celles d'avant.
- Fortification a été introduite à la médina, s'agissant d'un rempart de 2500m de longueur entourait la ville, ayant des tours, 16 bastions, 5 portes « Bab el oued, Bab Azzoun, Bab jdid, Bab el bahr et Bab Djezira ».

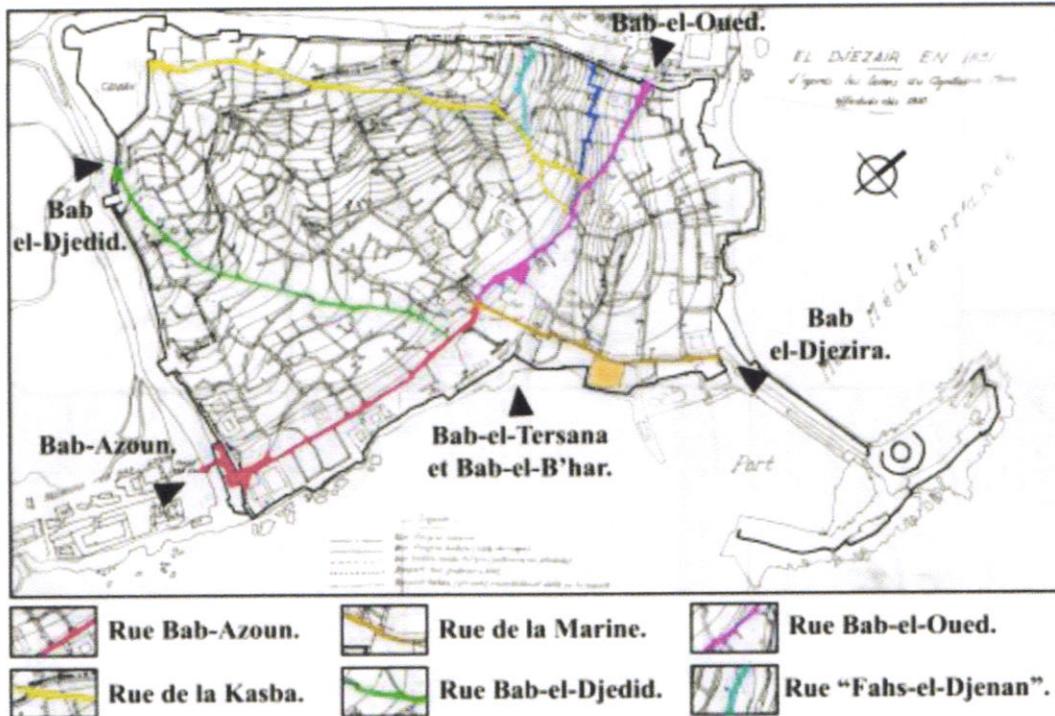


Figure 37: structure urbaine de la casbah d'Alger à l'époque ottomane. Source : PSSMVS

Structure du bâti :

- **La partie haute** : (el djebel) composé par 2 rues principales la rue de la casbah et la rue de Bâb el Djaidid, elle est caractérisé par son tissu urbain qu'il est très dense et compact, une zone résidentielle avec la présence par endroit de quelques points d'activités secondaires ; vente ou service, l'expression architecturale est celle de boutiques ou ateliers ouvrant de part et d'autre de la rue, ex. Fours, moulins, hammam, fontaines, mosquées.
- **La partie basse** : conçue comme un grand espace public à dominance des édifices publiques, et c'est là où se trouvent les belles demeures tel que « dar Hassan pacha », « dar Mustapha pacha », le grand complexe de la Djenina ainsi les grandes moquées d'El Djazair.
- A l'intérieur de la ville, les rues les plus importantes sont-elles conservées depuis l'époque romaine et arabo-berbère « rue Bad el oued, Bab Azzoun, rue de la marine, rue de la casbah, rue Bab jdid »
- Ces rues étaient plus ou moins larges « 3m environs », les autres étaient étroites, elles ne constituaient que de simples accès aux maisons.

- Sur l'axe Bab el oued –Bab Azzoun, se trouvait : « le souk el Kbir »
- Sur le croisement des axes Bab Azzoun-rue de la marine se trouvait le centre du pouvoir « Djenina, résidence des deys »

Période coloniale :

La première décennie de l'occupation Française, fut caractérisée par la réutilisation de l'ancienne ville dont le territoire sera partagé en trois arrondissements :

* **Le quartier de la marine** : le plus accessible et le plus commercial, sera le tissu qui subira le plus de transformations ; quelques voies y seront élargies et bordées d'immeubles européens, quelques maisons traditionnelles subsisteront.

Le Djebel : la ville haute, ce tissu subira le moins de transformations grâce à sa topographie, il servira d'abris pour la population indigène.

* **La zone commerciale** : zone intermédiaire, ce tissu, qui malgré les grandes percées des rues de la marine, Bab Azzoun, Bab el Oued, rue de Chartres, la lyre, Randon et des places : de chartes et celle du gouvernement, gardera une bonne partie de son parcellaire et de sa structure porteuse d'origine, on parle de tissu mixte, tissu colonial sur vestige traditionnel où la structure des fondations est précoloniale ainsi que le tracé mais les édifices sont d'architecture classique.

En effet avec la définition vers 1840 du plan général d'alignement des tracés des deux rues d'Isly et de Constantine et de la place BUGEAUD et de quelques transversales que débutent les grandes transformations de la période coloniale.

Il y a eu donc déplacement des fonctions urbaines de la ville vers le nouveau centre européen, la population européenne quitta la Casbah pour s'installer donc dans les quartiers les plus propices à son mode de vie, celle-ci sera vite remplacée par la population musulmane qui se déversa dans le vieux tissu.

Commença alors le long processus selon lequel la Casbah sera vidée de toutes ses fonctions originelles et donc de sa signification en tant que centre urbain, devenant ainsi un quartier en marge du reste de la ville. Aussi elle subira un processus d'arborescence croissant puisque toutes les opérations de restructuration entreprises tendaient à

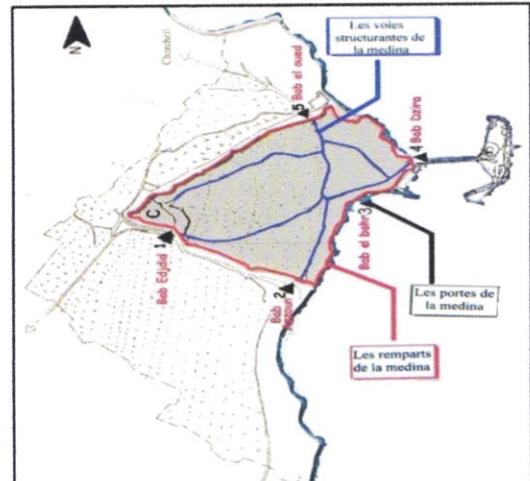


Figure 38: période avant 1830

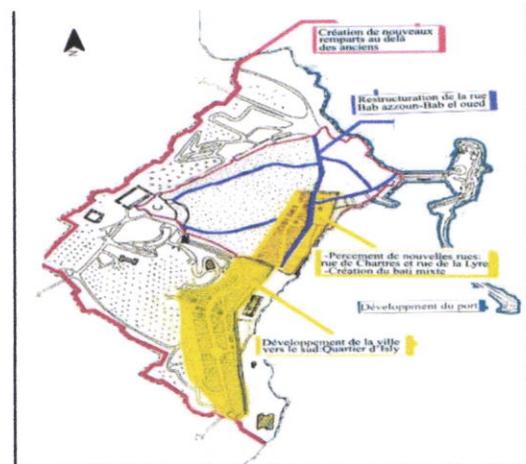


Figure 39: période entre 1830-1880

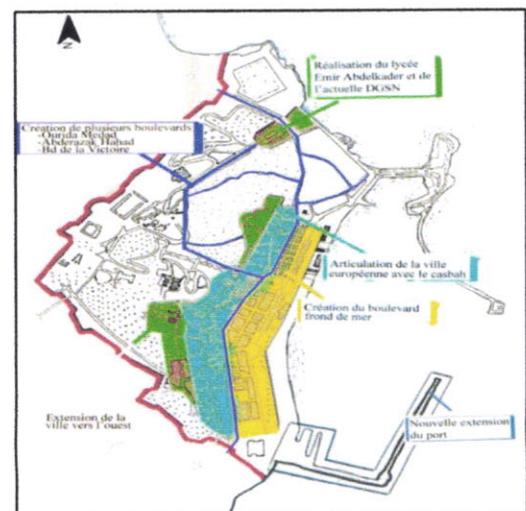


Figure 40: période après 1880

marginaliser davantage, la ville ancienne par rapport à la ville européenne.

- Apparaissent alors les premiers signes de dégradation du tissu dus aux phénomènes suivants
- Sur occupation des structures résidentielles traditionnelles
- Mutation dans le mode d'utilisation du bâti : (émigrés ruraux)
- Arborescence fonctionnelle, due au déplacement des fonctions centrales à l'exception du front de mer.

4. Lecture synchronique

Forme urbaine :



Figure 41: zones homogènes de la casbah / source : Google earth, modifiée par l'auteur

Zone 01 : Tissu traditionnel

Elle englobe la haute casbah « partie haute du site, caractérisée par un parcellaire non hiérarchisé avec des formes irrégulières car la parcelle est le résultat de la nature. Son tracé est perpendiculaire aux courbes de niveau pour faciliter l'écoulement des eaux si non parallèle aux courbes de niveaux pour les retenir.

Les dimensions sont variées dues à l'irrégularité des formes limitant un espace central qui converge vers le patio.

Système viaire : de type arborescent typique des villes de la méditerranée, basé sur la hiérarchie des voies :

- **La rue « al Tarik »** : Elle constitue la rue principale de la ville, le long de laquelle s'échelonnaient les activités de production et d'échange, ainsi que les grands équipements. Dans cette rue très animée, par les souks et les souikates des villes musulmanes, la fonction de l'habitat n'occupe qu'un rôle secondaire.

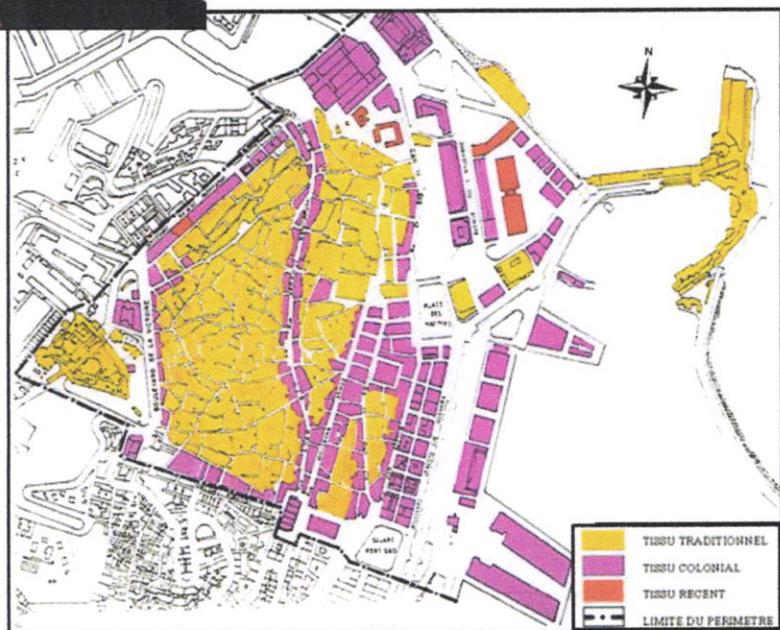


Figure 42: tissu de la casbah / source : PSSMSV

- **La ruelle « al zenka »** : Les ruelles sont hiérarchisées selon « le principe d'arbre » Au fur et à mesure de leur pénétration dans les zones d'habitat, elles perdent leur fonction d'échange, leur dimension se réduit pour ne servir que de desserte aux maisons, avec des points de vente de produits de première nécessité ou à des locaux destinés aux activités.
- **L'impasse « al darb »** : Ruelle plus étroite, elle aboutit toujours à la maison, c'est un espace privé qui appartient plus à la maison qu'à la ville.

L'empiétement graduel sur les rues et la fermeture de ruelles a été commun aux villes islamiques durant toute leur existence »2 « C'est la conséquence logique du glissement de la vie publique vers la cellule familiale de Al Tarik vers Al Zenka vers Al Darb »



Figure 43: 1. Rue sidi Driss Hamidouche. 2. Ruelle. 3. impasse. Source : Auteur

Système parcellaire :

Il obéit à deux éléments : la topographie du site ; le tracé est perpendiculaire aux courbes de niveau pour faciliter l'écoulement des eaux.

Le tracé des axes structurants convergeant vers la citadelle.

La trame du tissu urbain présente un maillage d'îlots et de voies de formes irrégulières et de dimensions différentes qui varient selon leurs positions dans la trame.



Figure 44: formes des parcelles. Source : PSSMSV

La parcelle est le point d'articulation entre la typologie architecturale et la morphologie urbaine dont les limites dictent la forme du bâti.

Espaces libres : la densification du tissu de la casbah a fait en sorte d'occuper toutes les parcelles vides au sein des murailles, ce qui a induit une absence totale des espace libre à travers ce tissu très dense. Les places vides qu'on aperçoit aujourd'hui sont des espaces résiduels, issue de la démolition et l'effondrement de quelques habitations, ce sont des espaces non aménagés et sans fonction précise.

Système bâti : constitué d'ensemble d'habitations individuelles plurifamiliales et d'équipements, accolées les unes aux autres pour former une masse continue interrompue uniquement par les rues. Leurs façades sont caractérisées en général par une introversion, quant aux éléments architecturaux, dimension des portes, sont variés d'une maison à une autre.

Typologie du cadre bâti

Notre îlot est le résultat des 4 rues qui le délimitent : la rue N'Fissa, Arouri, Sidi Driss Hamidouche, Smala Rabah. Il est composé de 4 parties chacune regroupant 3 à 4 maisons de différents types et grandeurs architectoniques



Figure 45: îlot d'étude. Source : PSSMVS

- Maison à west-eddar :** C'est une maison de petite, moyenne ou grande dimension, organisée autour d'un West eddar à 2, 3 ou 4 portiques. Ces portiques sont soit à arcature, soit à linteau de bois. Toutes les pièces d'habitation ouvrent directement sur eux.

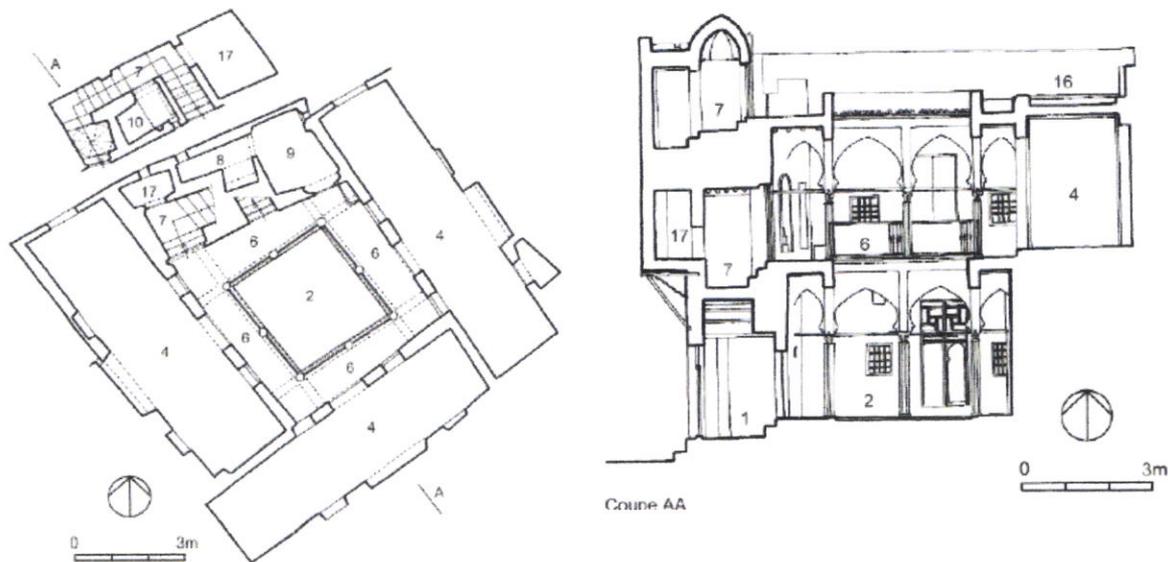


Figure 46: plan et coupe d'une maison à patio. source: Sakina Missoum 2003

2. **Maison à chebek** : C'est une maison de petite dimension, organisée autour d'un West eddar couvert qui prend air et lumière par un chebek. Toutes les chambres s'ouvrent sur le patio avec ou sans galeries et sur un des côtés. Le bloc de service relie les étages jusqu'à la terrasse et regroupe la circulation, les conduits et les espaces de services.



Figure 47: plan d'une maison à chebek. Source : Sakina missoum 2003

3. **Maison Aloui** ; C'est un type de maison très particulier, en hauteur, de très petite dimension. Il est organisé autour d'un escalier éclairé par un puits de lumière, mais, contrairement aux autres types d'habitat, il comprend des ouvertures sur l'extérieur

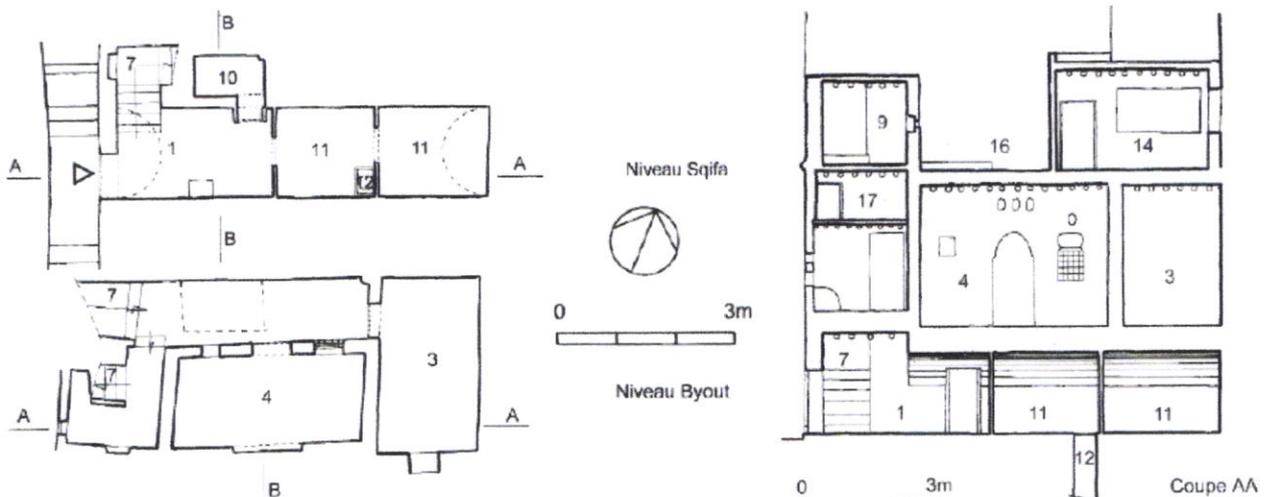


Figure 48: plans d'une maison Aloui. / Source : Sakina missoum 2003

Compartiments de la maison traditionnelle de la casbah d'Alger :

1. **La Skifa « l'entrée en chicane »** : le passage de la rue à la maison se fait par un espace de transition surélevé par rapport au niveau de la rue qui se présente souvent en chicane appelé la Skifa ; une pièce qui sert comme filtre entre l'espace public et l'espace privé alors c'est l'espace d'accueil qui donne directement sur West eddar.



Figure 49: Figure 48 : Skifa du palais Mustapha pacha. Source : auteur

2. **Le patio ou West eddar** : possède généralement une forme géométrique simple carrée ou rectangulaire, ouvert sur le ciel, il permet l'éclairage et l'aération de la maison. C'est le cœur de la vie communautaire, et le lieu de passage obligé de la maison.

3. **LE S'hin « la galerie »** : il s'agit d'un espace semi-couvert, un couloir plus ou moins large, véritable portique qui entoure le West eddar, il joue le rôle de communication horizontale et distribue aux autres pièces.

4. **Les pièces** : Par leur situation, elles ont une appellation particulière et qui en même temps désigne l'étage : au RDC on les appelle « byout » .au premier niveau on les appelle « el Ghourfa ».Au deuxième niveau on les appelle « el menzeh ».

5. **Le Kbou** : Aux étages, les pièces sortent en encorbellement (Kbou), ces derniers par leur juxtaposition et leur traitement participent à l'enrichissement des façades aveugles .il augmente la surface des pièces.

6. **La terrasse(Stah)** : Un large espace entièrement ouvert, donnant sur la baie d'Alger constituant l'espace féminin par excellence, il permet une communication discrète et un échange quotidien direct sans passer par l'extérieur (la rue).



Figure 50: West eddar. Source : auteur

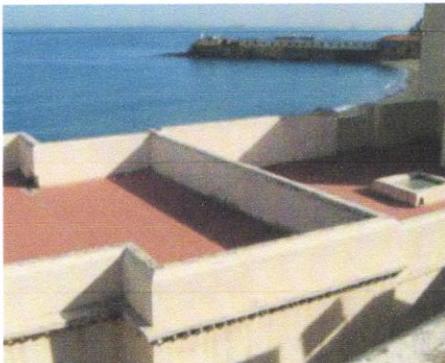


Figure 53: La terrasse. Source : auteur



Figure 51: La pièce. Source : auteur



Figure 52: Le Kbou. Source : auteur.

Zone 2 : tissu mixte :

Traditionnel et colonial qui régit par l'orthogonalité avec une régularité des îlots. Située dans la partie basse de la casbah, délimité par la rue Amar Ali et l'axe Bab el oued-Bab Azzoun, cette zone a résulté suite d'opération de percement et d'alignement établie par le génie français de liaisons mécaniques furent établies dans le tissu traditionnel, des voies furent élargies et des places aménagées.



Figure 54: Persée coloniale au sein du tissu traditionnel. Source : auteur

Système viaire : varie entre type traditionnel arborescent et colonial orthogonal. Quelques voies articulant les constructions furent élargies permettant une perméabilité au flux mécanique tel que : La rue Arbadji

Système parcellaire : à l'intérieur du tissu, le parcellaire a conservé les mêmes caractéristiques du tissu traditionnel. Les îlots sont composés de maisons traditionnelles avec des façades coloniales ce qui a résulté un parcellaire plus ou moins régulier.

Système bâti : les maisons coloniales étaient édifiées à la limite des nouvelles voies sur les vestiges des constructions traditionnelles.



Figure 55: vue aérienne sur le tissu colonial de la basse casbah

Zone 03 : Tissu colonial

Présenté par l'actuel « quartier de la marine », autonome ne répondant à aucune logique d'ensemble où les notes de parcelle et d'îlots ont disparu au profit de la nouvelle typologie des barres.

Système viaire : résulte de la superposition de la trame coloniale sur la trame traditionnelle, a donné un type linéaire, souvent bordées d'arcades ou galeries sur pilotis donnant sur des commerces au R.D.C

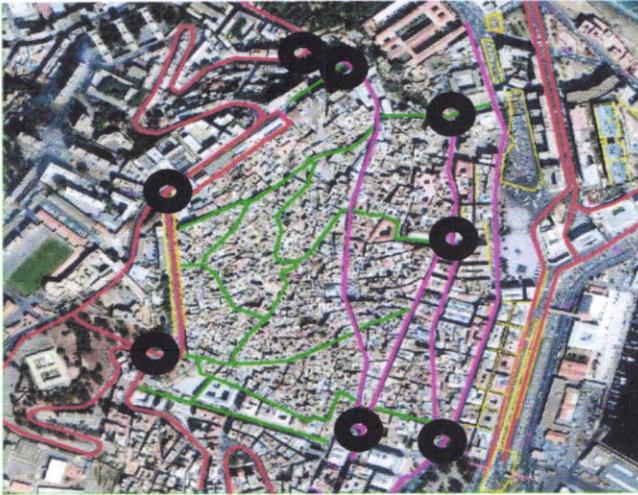
Système parcellaire : les directions du parcellaire colonial sont généralement hiérarchisées suivant une direction qui est généralement perpendiculaire à l'axe principal.

Système bâti : caractérisé par un style haussmannien, des immeubles éclectiques extravertis, des barres de logement « projet Socard », ainsi la présence de quelques édifices traditionnels datant de la période ottomane, et arabo berbère à caractère religieux en général.

Espaces publics : On remarque une passivité du « vide » et une activité du « plein » : les places résiduelles telles que la place de la régence qui est le résultat de la démolition de l'ancien tissu traditionnel, non reconstruit, occupée actuellement en tant qu'espace libre public.

5. Etude paramétrique :

1. Mobilité :



Nombre cyclomatique : $U = L - N + 1 = 14 - 10 + 1 = 3$

L'indice γ : $\gamma = L/3(N-2) = 14/3(10-2) = 58\%$

La connectivité : l'accès des îlots aux véhicules y est difficile et conduit à un enclavement des maisons, ce qui implique des adaptations passant par une réhabilitation du système à îlots. En fait, la transposition des modèles traditionnels ne peut se faire car elle nécessiterait l'occidentalisation des modèles, lesquels sont souvent trop connotés culturellement pour qu'une telle évolution soit acceptée par la population « Bencherif 2007 »

Figure 56: liens et nœuds dans la casbah d'Alger / source : Google earth modifiée par auteur

Analyse séquentielle :

1. Rue Bab el oued : voie mécanique à sens unique, l'un des axes structurant de la casbah dès la période romaine.

Actuellement elle a perdu sa notion de « rue » à cause des vides urbains qui l'entourent.

Ponctuée par des monuments forts : Dar Aziza, la place des martyrs, mosquée Ali Bitchine

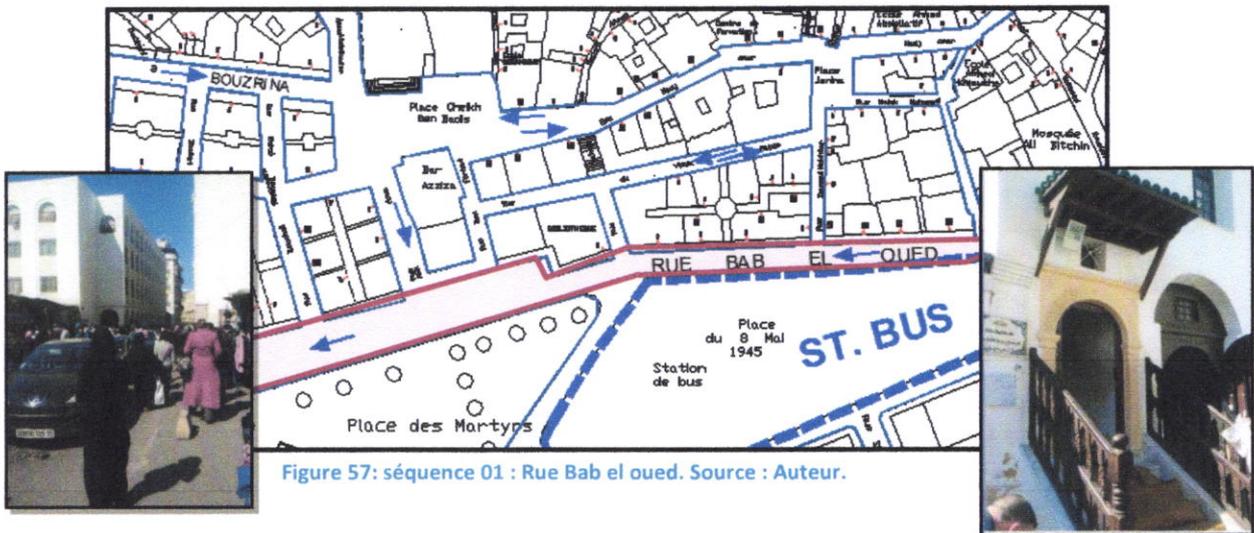


Figure 57: séquence 01 : Rue Bab el oued. Source : Auteur.

2. La rue Aoua Abd el Kader : elle relie la rue Bab el oued à la rue Arbadji Abderrahmane Facile à être identifiée grâce à l'ouverture directe vers la place des martyrs elle se rétrécit à partir du CEM « Taleb Abderrahmane » traversant une série de maisons traditionnelles donnant un caractère intime jusqu'à la débouché Rue Arbadji.

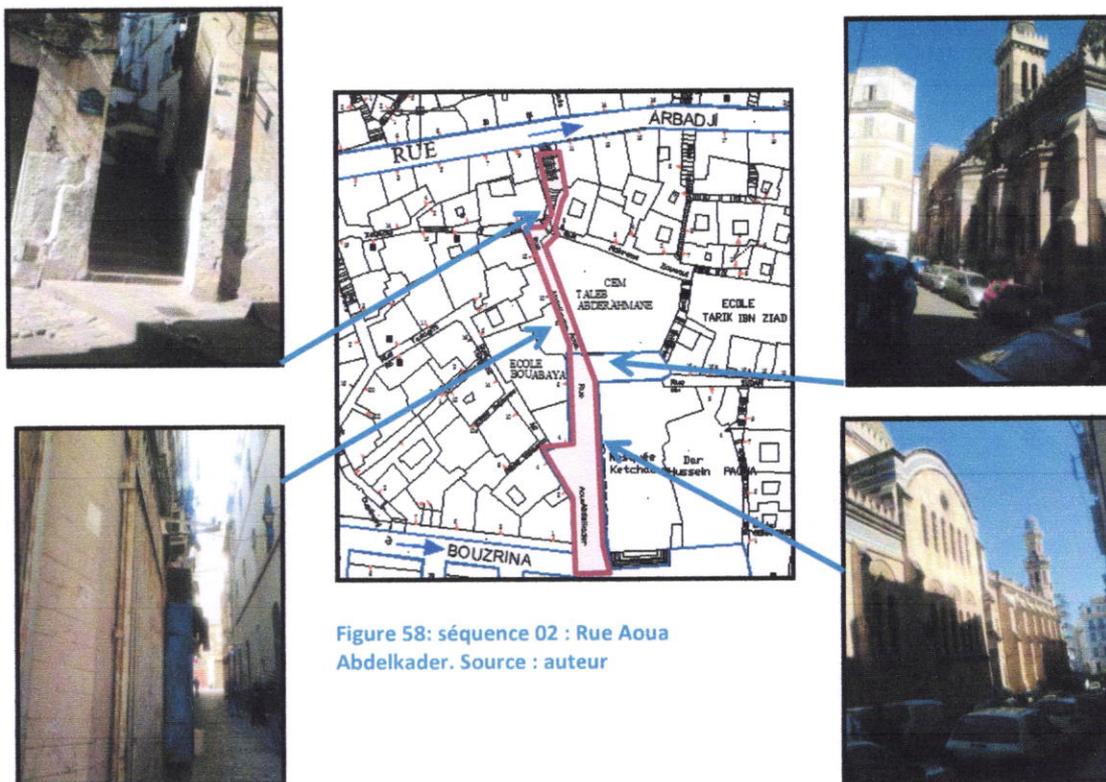


Figure 58: séquence 02 : Rue Aoua Abdelkader. Source : auteur



3. La rue Arbadji : rue mécanique à sens unique, pratiquement elle divise la casbah en deux parties
Elle est le réceptacle de l'ensemble des voies piétonnes descendant de la haute casbah ou montent vers la haute

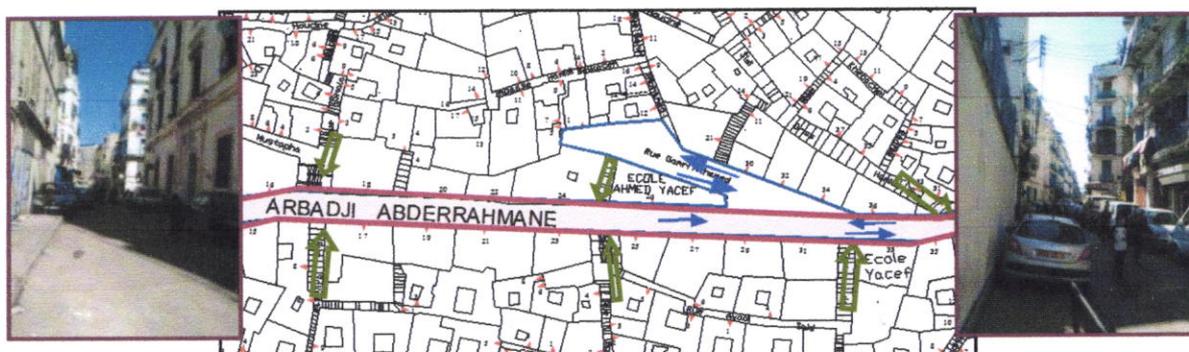


Figure 59: séquence 03 : La rue Arbadji. Source : auteur

4. La rue Sidi Driss Hamidouche :

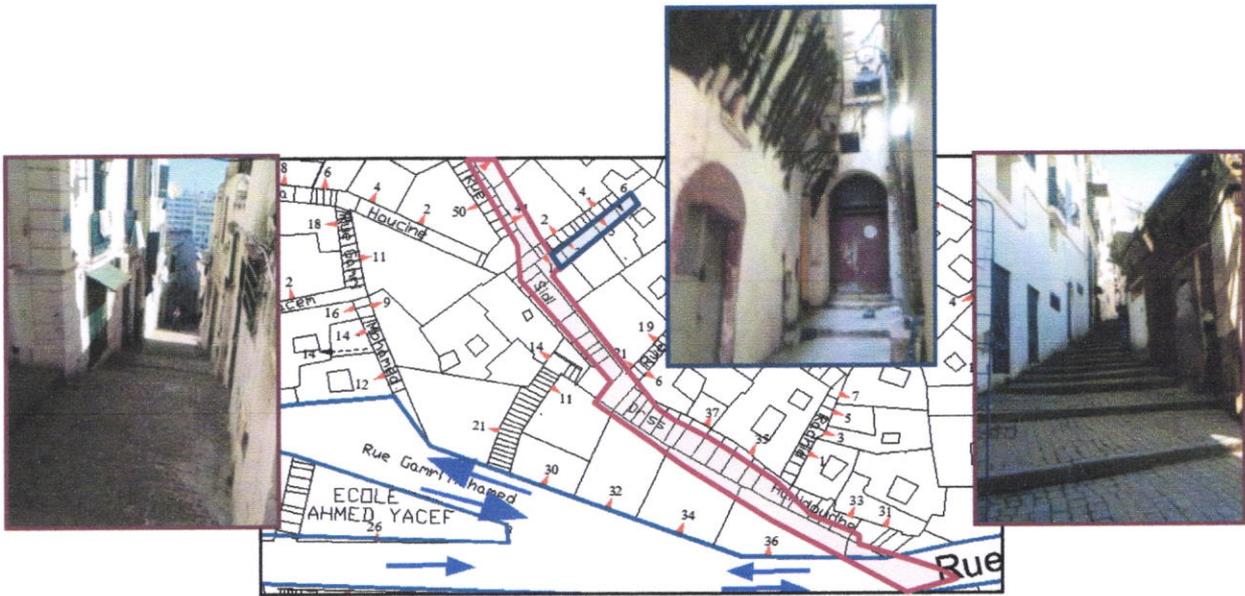


Figure 60: séquence 04 : La rue Sidi Driss hamidouche

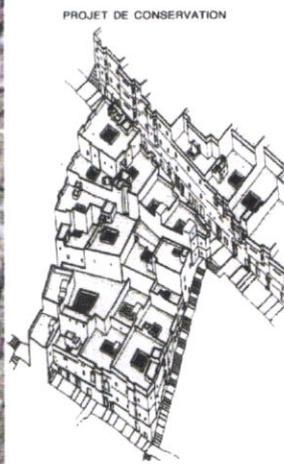
Synthèse de la mobilité :

La circulation mécanique et les espaces de stationnement dans la haute casbah « tissu traditionnel » sont limitées à sa périphérie vue l'impossibilité de la pénétration des véhicules à l'intérieur du tissu traditionnel à cause de la morphologie arborescente des rues, dont la largeur maximale ne dépasse pas les 5m.

Le sentiment d'intimité s'accroît avec la hiérarchie des rues, l'accolement des habitations en formant « les sabbat »

La fréquentation des voies dépend à la fois de leur largeur ainsi de leur visibilité, par cela on peut expliquer l'enclavement de quelques quartiers de la casbah

Présentation de l'ilot d'étude :



Etude paramétrique :



Tableau 3: résultats des calculs des paramètres énergétiques. Source : Auteur

6. Aspect bioclimatique de la casbah d'Alger

Dans la médina d'Alger, la pluie, la chaleur, l'humidité est l'ensoleillement sont pris en considération dès le départ dans la conception de ses maison, et ce qui implique une bonne ventilation des zones ombragées, et un système de refroidissement adapté afin d'obtenir les conditions de confort et de bien-être.

1. Échelle urbaine :

Ensoleillement : la configuration des constructions de la casbah d'Alger en gradin et son orientation Sud-Sud-est ; lui donne l'avantage de profiter pleinement des rayons solaires en hiver, où la courbe solaire est basse, par contre, elle sera épargnée partiellement en été vu que la courbe du soleil est haute où ce sont les terrasses qui reçoivent ces rayons pendant la journée « confort d'été optimisé »



Figure 61: vue sur les terrasses des maisons de la casbah.
Source: auteur

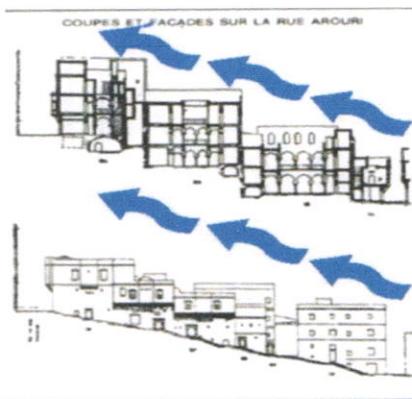


Figure 62: Implantation et brise marine De la casbah d'Alger. Source : Francesco Giovannetti.

La ventilation :

au-delà de l'orientation du site et son exposition vers la mer qui lui favorise un maximum de brises « nord-est » et une protection contre les vents dominants d'hiver « nord-ouest » par les masses de Bouzeréa, les ruelles sont profondes et sinueuses, amenuisant ainsi les durées d'ensoleillement des façades et empêchant le vent de chasser l'air frais accumulé la nuit. Suivant leurs orientations, les rues étroites peuvent offrir de l'ombre sur une durée plus ou moins longue de la journée. Pour des causes impératives où l'ombre se fait rare, les passages couverts (au niveau des rues) assuraient la protection des piétons

La compacité : À l'inverse des assemblages modernes qui restent souvent linéaires, les tissus urbains traditionnels optimisent la densité pour constituer des îlots compacts et épais, dont l'effet de masse confère aux maisons une bonne inertie thermique. Là encore, les dispositifs vernaculaires rejoignent les préoccupations actuelles de l'architecture bioclimatique. (Bencherif, 2007)

2. Echelle architecturale :

1. La protection contre le soleil :

La protection contre le rayonnement solaire est assurée par les galeries qui contournent le *wast ed-dar*. Pendant l'été le point culminant du soleil forme un angle de 76° par rapport au sol, la galerie « façade sud » projette son ombre sur le mur de la chambre, atténuant ainsi son échauffement. En hiver, au contraire, le rayonnement solaire est le bienvenu, et le soleil étant plus bas avec une hauteur maximale de 30° , pénètre jusqu'au fond de la chambre de l'étage supérieur par la porte et les fenêtres.

Parmi les cinq palais étudiés, deux disposent d'une double galerie devant la chambre la plus exposée au soleil pour lui fournir une protection maximale. Dans *dar Aziza* la chambre à double galerie se situe au troisième

niveau sur le côté sud-est ; dans Dar Bakri, avec la même orientation, elle se trouve au deuxième niveau –le dernier étage de la maison-

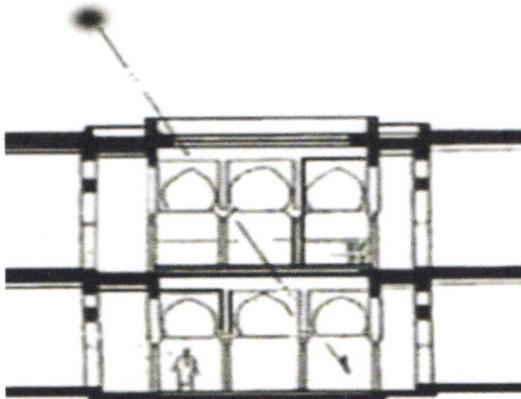


Figure 64: protection contre le soleil dans la maison à patio. Source : André Ravereau 1989

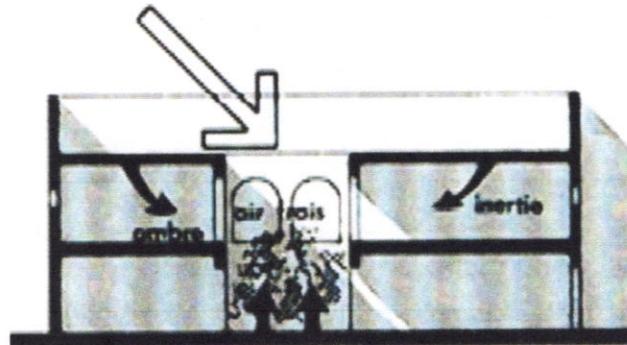


Figure 63: L'inertie thermique dans les maisons à patio. Source : André Ravereau 1989

2. L'inertie thermique :

L'inertie thermique des parois joue un grand rôle dans l'amélioration du confort thermique hivernal, il compense relativement la contribution limitée des gains solaires passifs dans l'amélioration du confort thermique surtout dans l'RDC. La masse importante des matériaux de construction joue un grand rôle dans l'isolation des espaces habitables des conditions climatiques extérieur.

3. La ventilation :

Le patio est une sorte de microcosme qui met la maison en relation avec la nature, le ciel, le soleil, l'air frais, la terre et parfois l'eau et la végétation.

La configuration spatiale du patio en forme de cuvette génère une sorte de microclimat. L'air frais qui s'y rassemble la nuit repousse l'air dit vers l'extérieur.

Un autre élément de confort thermique est la cheminée d'air, dispositif conçu pour profiter des mouvements d'air provoqués par la pression des vents lorsqu'ils commencent à peine à souffler.

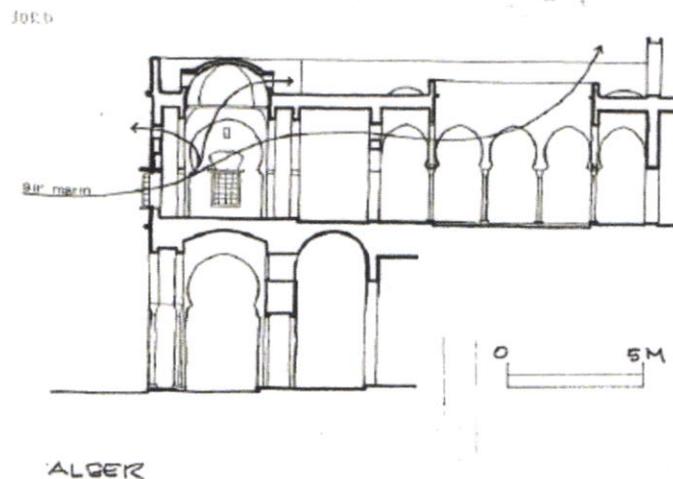


Figure 66: ventilation naturelle dans les maisons à patio. Source : Samir Abdulac

Cette cheminée, lorsqu'elle existe, est généralement orientée au nord-est ou à l'est pour capter les vents dominants de l'est, et ressort sensiblement au-dessus du parapet de la terrasse afin de ne pas être obstruée par les maisons adjacentes.

Chapitre II : Analyse De La Casbah D'Alger

Conclusion :

L'analyse des résultats montre une série de rapports intéressants entre les formes urbaines et ses performances énergétiques.

L'ilot présente un bon rapport de compacité «majoritaire entre 0.6 et 0.8 », une densité de bâtie assez élevée « entre 1 et 3 » et un bon rapport de volume passif « 90% du tissu affiche la valeur 100% » malgré sa forte densité, et cela et grâce à la présente des patios ainsi que la forme géométrique du site et son orientation « est- sud-est ». Ce qui permet à toutes les maisons de bénéficier d'une ventilation naturelle ainsi qu'une bonne exposition au soleil « 90% du tissu affiche un taux d'admittance solaire entre 0.7 et 09 ».

Sur le niveau urbain ; on constate que la concentration des équipements utilitaires et administratifs dans la périphérie et aux limites extramuros, hormis les nouveaux tracés mécaniques issus de l'intervention coloniale tel que « rue Arbadji Abderrahmane » qui ont créé une rupture entre la première zone « à caractère résidentiel » et les zones II et III « à caractère administratif et commercial ». Par conséquence, ils ont accentué la marginalisation la haute casbah, Ce qui a répercuté sur l'entretien de cette zone et qui a accéléré le rythme de dégradation du cadre bâti, et par la suite L'abandon des commerces locaux et la moitié des activités artisanales par la population indigène.

Chapitre III : Simulations

1. Objectifs de la recherche :

D'après la problématique et les hypothèses posées, qui sont directement liées à la géométrie de la maison à patio de la Casbah d'Alger, et sa forme urbaine compacte et dense ; les objectifs de cette étude viseront à

- Prouver l'efficacité énergétique de la morphologie urbaine de la casbah d'Alger et tirer quelques directifs pour concevoir efficacement dans la future,
- Ainsi de proposer des solutions pour améliorer le confort d'hivers dans les maisons à patio et diminuer la consommation pour le chauffage

2. Présentation du cas d'étude :

L'îlot étudié est situé dans le quartier « Amar El Kama » qui présente un tissu traditionnel, situé entre les rue : Sidi Driss Hamidouche, la rue Nfissa, la rue Smala Rabah et la rue Mohamed Arouri.

La maison étudiée est une maison de typologie « maison avec West-eddar » composé d'un R+1

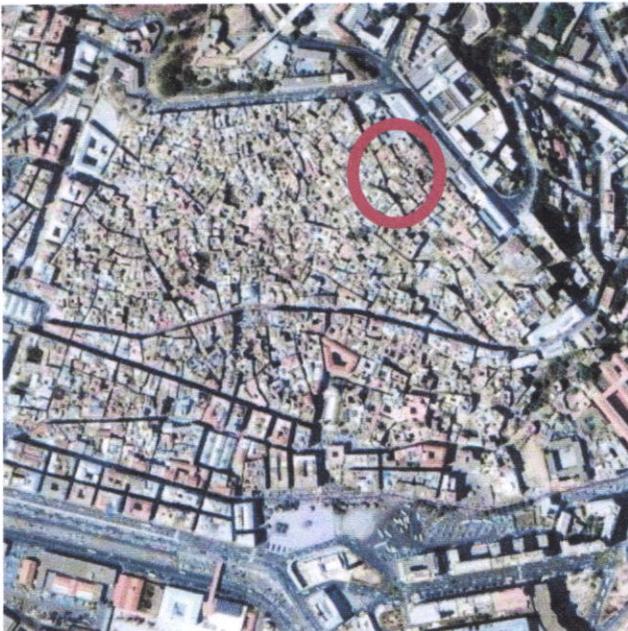


Figure 68: situation de l'îlot d'étude dans la casbah d'Alger

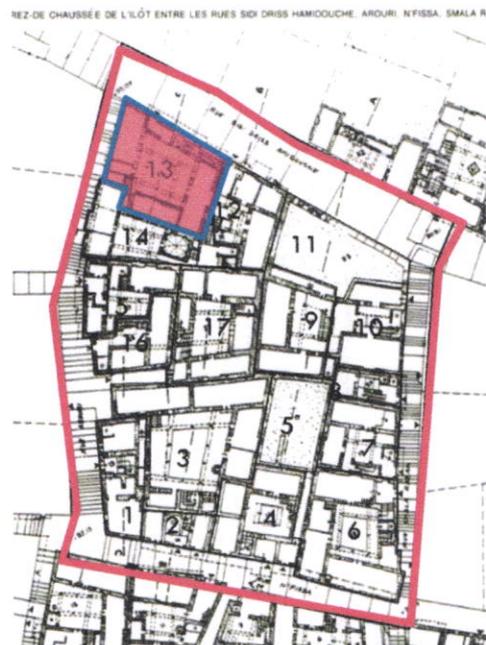


Figure 67: plan de l'îlot d'étude

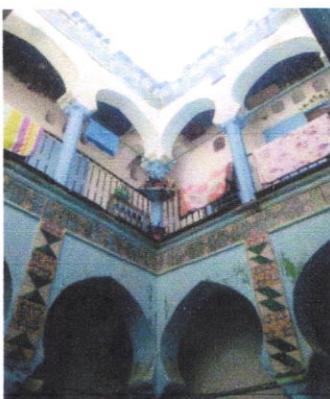


Figure 69: patio de la maison étudiée. Source : auteur



Figure 71: vue sur la voie Sidi Driss Hamidouche. Source : auteur



Figure 70: façade de la maison étudiée. Source : auteur

Chapitre III : Simulations

Protocoles de simulation :

- Choix des paramètres d'étude

La casbah se distingue par son tissu dense, compacte, ses ruelles sinueuses et étroites ainsi que son architecture typique de ses maisons à patio. Ces éléments morphologiques ne présentent pas seulement son authenticité en point de vue bioclimatique qui fait d'elle un exemple de savoir-faire d'un urbanisme et d'architecture qui s'adaptent parfaitement avec son climat et son contexte géographique, mais aussi les éléments qui font la différence entre ce tissu traditionnel, et ce qui est en train d'être construit de nos jours.

A cet égard, notre choix d'indicateur est porté sur trois éléments essentiels qui sont : la compacité, le ratio H/L et la forme géométrique des patios.

Le choix de simulation est basé sur une approche mono-paramétrique afin de connaître l'effet de chaque paramètre choisi sur la consommation d'énergie dans la casbah d'Alger.

- Développement des paramètres étudiés :

Compacité :

1. Etat initial « relevé original »
2. Etat actuel « maison 12-à droite- effondrée »
3. Maison isolée « sans maisons mitoyennes »

Ratio H/L :

1. Etat original : H/L = 5
2. Cas 2 : H/L = 2
3. Cas 3 : H/L = 1

Patio : ratio périmètre/hauteur

1. Etat original P/H = 12/7.45
2. Cas 2 : patio sans galerie P/H = 21.5/7.45 « grand patio »
3. Cas 3 : patio sans galerie P/H = 12/7.45 « petit patio »

Scénarios de simulation :

		compacité	H/L	P/L
Etude de l'influence de la compacité	Cas de référence	Etat initial	5	Etat initial
	Simulation 2	Etat actuel	5	Etat initial
	Simulation 3	Maison isolée	5	Etat original
Etude de l'influence du Ratio H/L	Simulation 4	Etat initial	2	Etat initial
	Simulation 5	Etat initial	1	Etat initial
Etude de l'influence de la forme du patio	Simulation 6	Etat initial	5	Sans galerie 12/7.45
	Simulation 7	Etat initial	5	Sans galerie 21.5/7.45
Etude de l'influence du contexte urbain	Simulation 8	/	/	Etat initial
Proposition d'amélioration du confort d'hiver	Simulation 9	/	/	Patio avec verrière

Tableau 4 scénarios de simulation. Source : auteur

Logiciel de simulation :

ECOTECT est un Logiciel de simulation complet qui associe un modelleur 3D avec des analyses solaire, thermique, acoustique et de coût. ECOTECT est un outil d'analyse simple et qui donne des résultats très visuels. ECOTECT a été conçu avec comme principe que la conception environnementale la plus efficace est à valider pendant les étapes conceptuelles du design.

Le model 3D de l'îlot est réalisé par le logiciel Ecotect analysis 2010 a partir des relevé du tissu urbain « voir annexe »

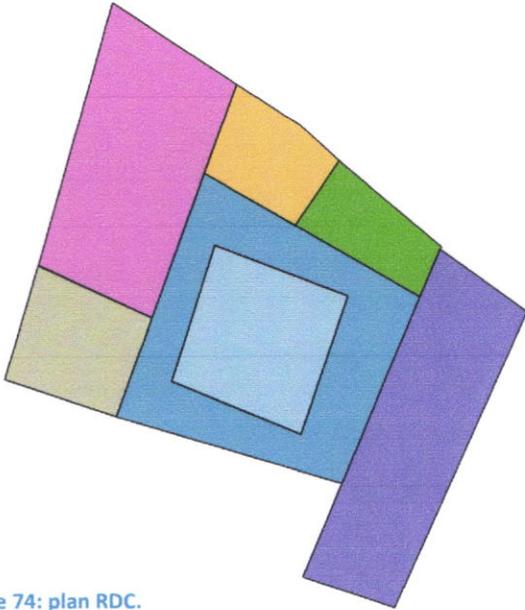


Figure 74: plan RDC.

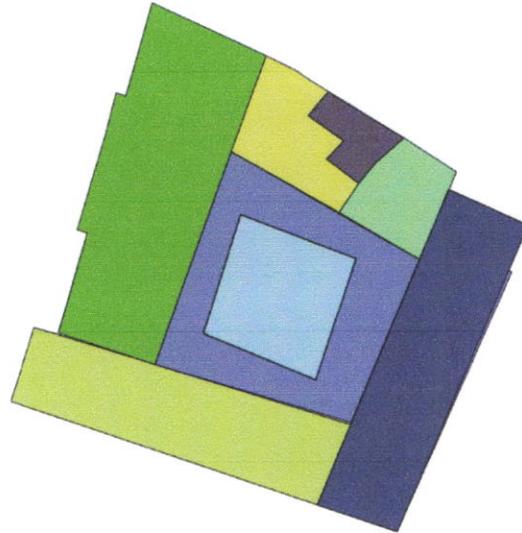


Figure 73: plan étage

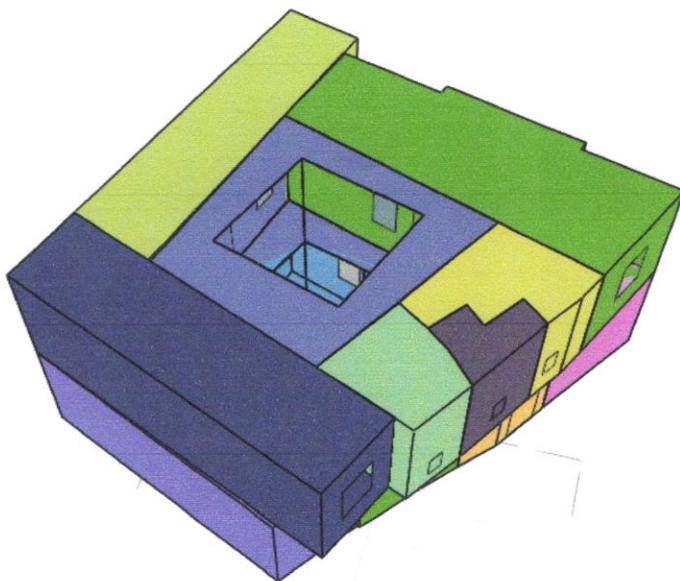


Figure 72: model 3D

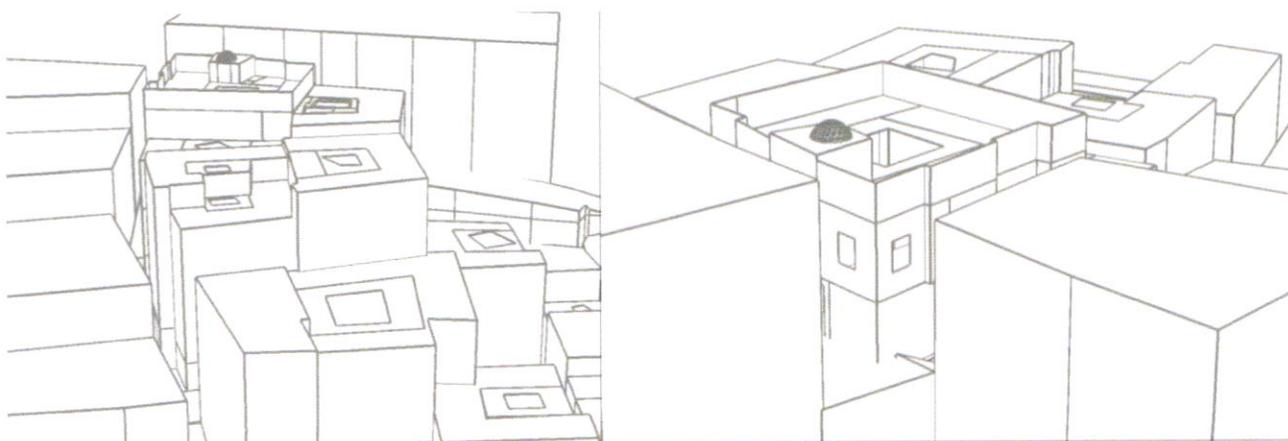
- Zone 1
- Zone 2
- Zone 3
- Galerie(1)
- Patio(1)
- Zone 4
- Zone 5
- Zone 6
- Rdc : Zone 1
- Rdc : Zone2
- Rdc : Galerie(1)
- Rdc : Patio(1)
- Rdc : Zone 3
- Rdc : Zone 4
- Rdc : Zone 5
- Terrase : Zone 1

Résultats de simulation :

1. Influence de la compacité sur la consommation d'énergie :

Dans cette étude, on va comparer la consommation énergétique de trois configurations urbaines dont la différence réside dans la surface exposée de la maison étudiée.

En prenant l'état initial de la forme urbaine comme référence, on va comparer la consommation énergétique de la configuration actuelle « maison 12 détruite » et la dernière configuration qui suppose que la maison étudiée est isolée « on supprime également la maison mitoyenne 14 ».



Simulation 01 : Etat initial « cas de référence »

MONTH	HEATING (Wh)	COOLIN (Wh)	TOTAL (Wh)
Jan	1885084	0	1885084
Feb	1424913	0	1424913
Mar	979525	0	979525
Apr	496697	0	496697
May	144900	0	144900
Jun	0	48059	48059
Jul	0	1120358	1120358
Aug	0	1320124	1320124
Sep	0	295551	295551
Oct	39301	25850	65151
Nov	778312	1530	779842
Dec	1532414	0	1532414
TOTAL	7281146	2811472	10092618
PER M²	35705	13787	49492
Floor Area:	203.925 m²		

Les résultats de la consommation énergétique montrent que le besoin en chauffage est trois fois plus grand que le besoin en climatisation. La consommation énergétique est plus élevée dans L'RDC par rapport à l'étage

Tableau 5: consommation énergétique du cad de référence

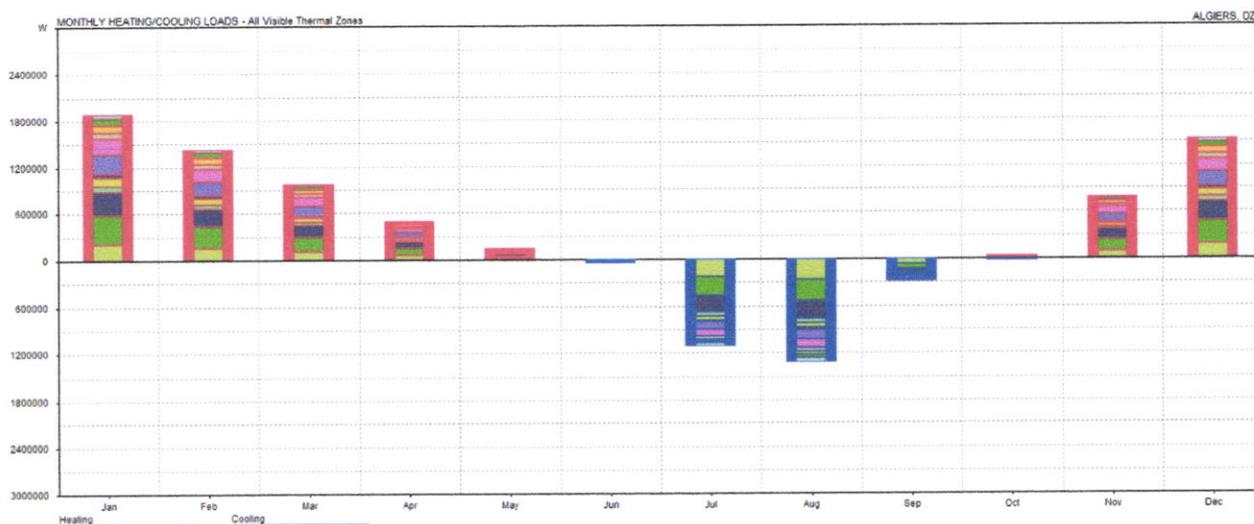


Figure 75: diagramme du besoin mensuel en chauffage et climatisation du CAS 01

Simulation 02 : état actuel :

MONTH	HEATING (Wh)	COOLING (Wh)	TOTAL (Wh)
Jan	2321667	0	2321667
Feb	1812430	0	1812430
Mar	1225871	0	1225871
Apr	592706	0	592706
May	167061	0	167061
Jun	0	75678	75678
Jul	0	1692948	1692948
Aug	0	2018774	2018774
Sep	0	465437	465437
Oct	48670	42946	91616
Nov	968114	2653	970767
Dec	1864486	0	1864486
TOTAL	9001004	4298437	13299441
PER M²	44139	21078	65217
Floor Area:	203.925 m²		

la consommation énergétique de cette configuration est plus élevée que la configuration initiale par une valeur de **3206,823 KWH/an**, l'équivalent de **15,72 KWH/an. m²**

les besoins en climatisation sont doublés dans les mois de Juillet et Aout par rapport à la configuration initiale par une valeur de **1486,965 KWH/an**, l'équivalent de **7.29 KWH/an. M²**

les besoins en chauffages sont également augmentés par une valeur égale à **1719,858 KWH/an**, l'équivalent d'environ **8.43 KWH/m²**

Tableau 6: consommation énergétique du cas 02

Chapitre III : Simulations

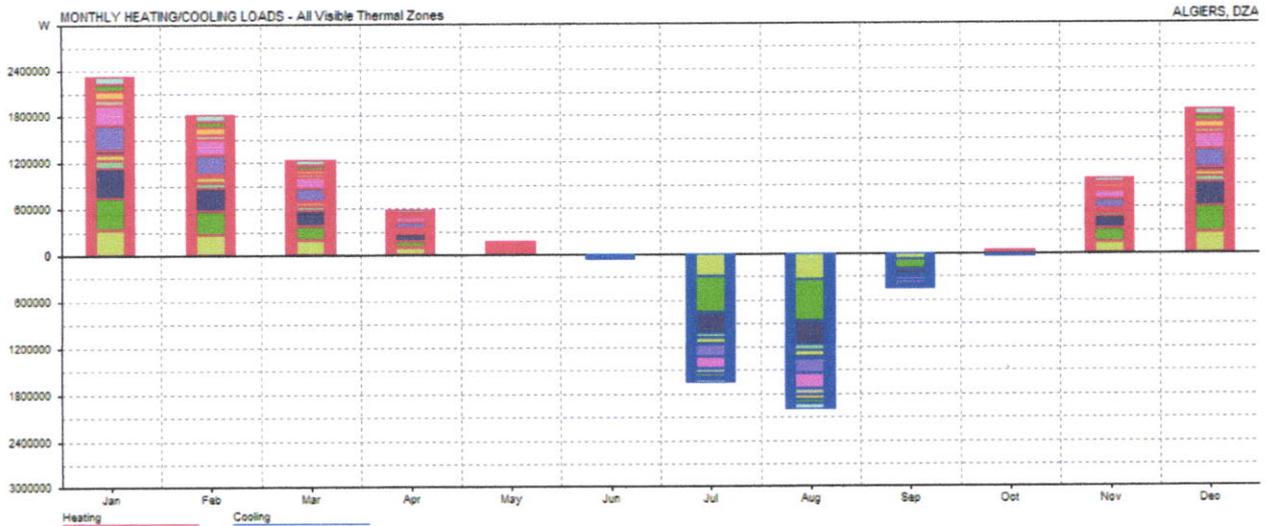


Figure 76: diagramme de la consommation du cas 02

Simulation 3 : maison sans mitoyenneté

MONTH	HEATING (Wh)	COOLING (Wh)	TOTAL (Wh)
Jan	2330545	0	2330545
Feb	1818564	0	1818564
Mar	1227678	0	1227678
Apr	590248	0	590248
May	166141	0	166141
Jun	0	75182	75182
Jul	0	1673123	1673123
Aug	0	1998486	1998486
Sep	0	460302	460302
Oct	47882	42639	90521
Nov	968293	2626	970919
Dec	1867822	0	1867822
TOTAL	9017172	4252358	13269530
PER M²	44218	20852	65070
Floor Area:	203.925 m²		

la consommation énergétique de cette configuration est plus élevée que la configuration initiale par une valeur de 3176,912 KWH/an, l'équivalent de 1015,5KWH/an. m²

les besoins en climatisation sont doublés dans les mois de **Juillet et Aout** par rapport à la configuration initiale par une valeur de **1440,886 KWH/an**, l'équivalent de **7 KWH/an. M²**

les besoins en chauffages sont également augmentés par une valeur égale à **1736,026 KWH/an**, l'équivalent d'environ **8,5 KWH/m²**

Tableau 7: consommation énergétique du cas 03

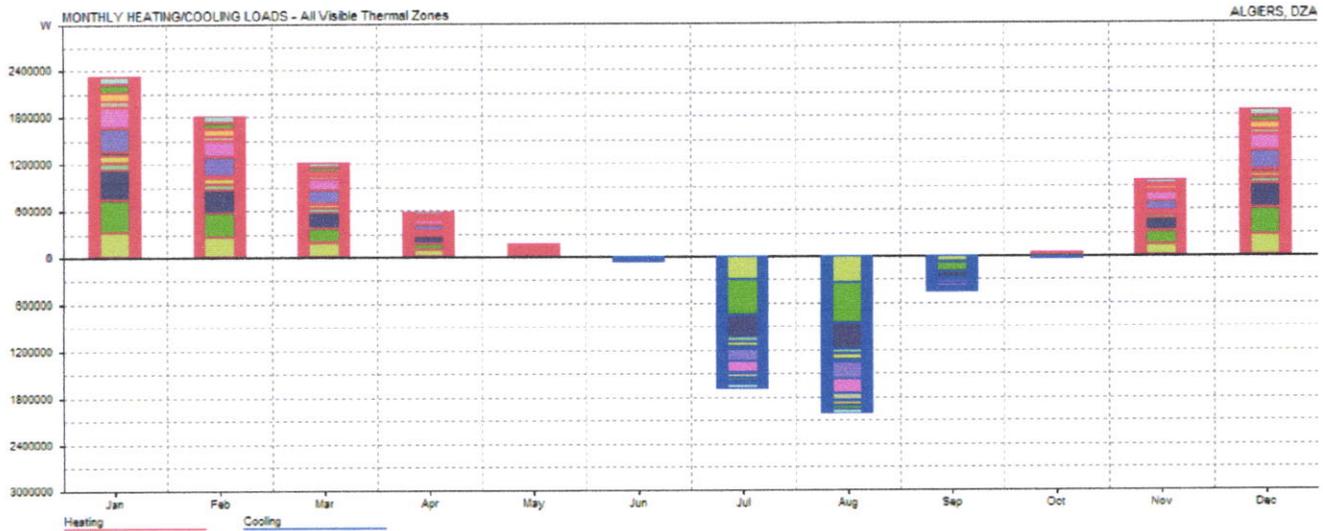


Figure 77: diagramme de la consommation du cas 03

Synthèse :

Les résultats ont démontré que la compacité des maisons de la casbah d'Alger joue un rôle très important dans la consommation énergétique de ces dernières.

La configuration initiale présente une diminution de besoin total en énergie d'environ **31.5 %** par rapport à l'état actuel « une seule maison mitoyenne détruite » et d'environ **31.8%** par rapport au cas où la maison est prise isolée « sans maisons mitoyennes ».

La différence d'écart entre les résultats de l'état actuel et la configuration initiale est très grand par rapport à l'écart entre la configuration initiale et le cas de la maison isolée : « 0.3 % seulement ». Ceci peut être expliqué par la surface de mitoyenneté « très grande dans le cas de la maison 12 », ainsi que l'orientation des façades exposées « façade orienté nord-est dans le cas de la mitoyenneté avec la maison 12 » et « façade orienté sud-est dans le cas de la mitoyenneté avec la maison 14 ».

2. Influence du ratio H/L sur la consommation d'énergie :

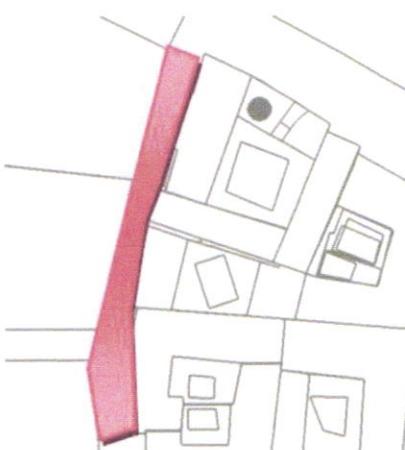


Figure 78: ratio H/L = 5

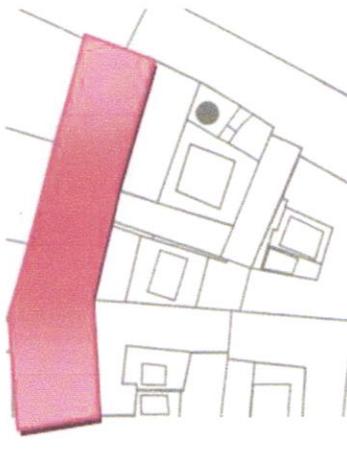


Figure 79: ratio H/L = 2

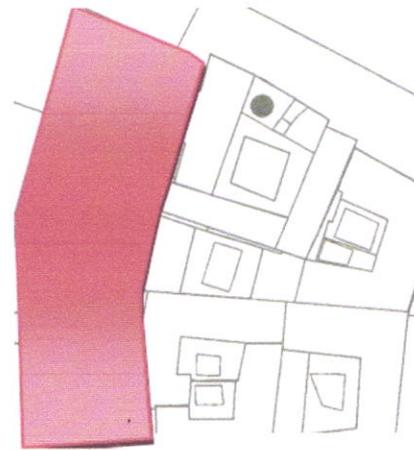


Figure 80: ratio H/L = 1

Chapitre III : Simulations

Simulation 4 : ration H/L = 1

MONTH	HEATING (Wh)	COOLING (Wh)	TOTAL (Wh)
Jan	2578001	0	2578001
Feb	2022027	0	2022027
Mar	1364051	0	1364051
Apr	656191	0	656191
May	186789	0	186789
Jun	0	78238	78238
Jul	0	1695711	1695711
Aug	0	2041821	2041821
Sep	0	472982	472982
Oct	55024	43514	98538
Nov	1085026	570	1085596
Dec	2081484	0	2081484
TOTAL	10028593	4332835	14361428
PER M²	49178	21247	70425
Floor Area:	203.925		
	m²		

la consommation énergétique de cette configuration est plus élevée que la configuration initiale par une valeur de **4268,810 KWH/an**, l'équivalent de **20.93 KWH/an. m²** soit une augmentation par **29.7 %**

les besoins en climatisation sont doublés dans les mois de Juillet et Aout par rapport à la configuration initiale par une valeur de **1521,363 KWH/an**, l'équivalent de **7,46 KWH/an. M²**

les besoins en chauffages sont également augmentés par une valeur égale à **2747,447 KWH/an**, l'équivalent d'environ **13.47 KWH/m²**

Tableau 8: la consommation énergétique du Cas 04

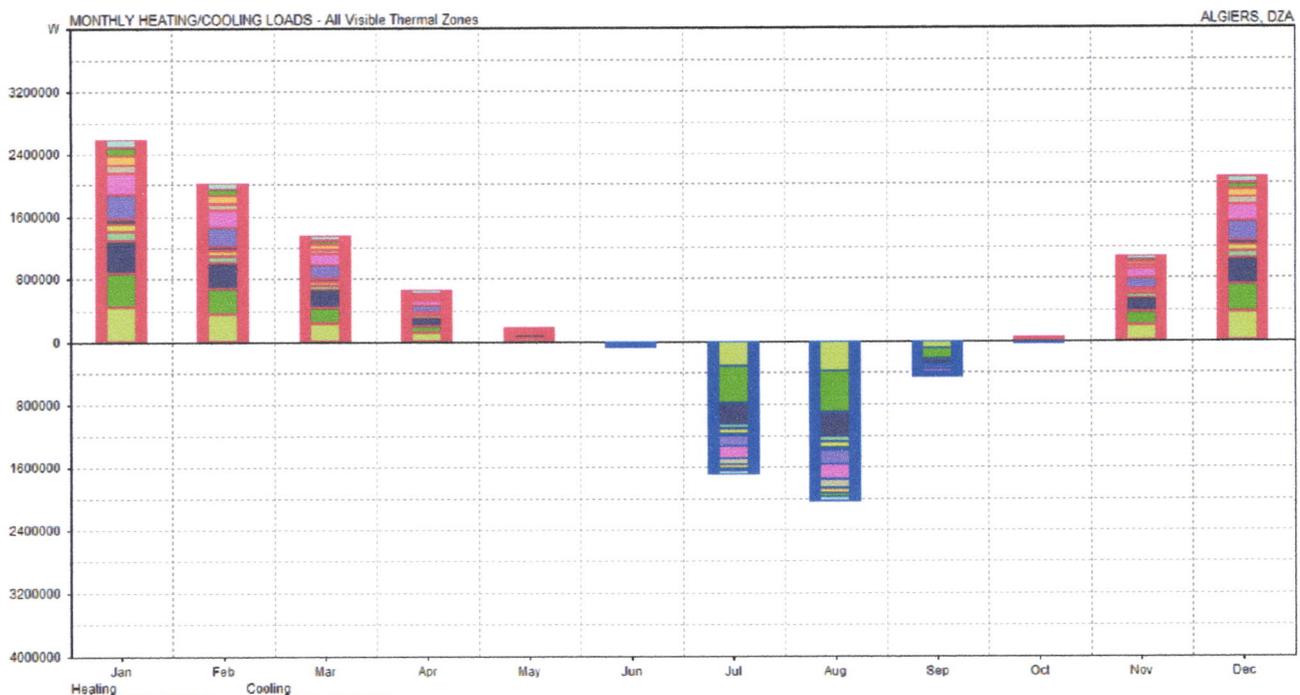


Figure 81: Diagramme de la consommation énergétique du Cas 04

Simulation 5 : ratio H/L= 2

	HEATING	COOLING	TOTAL
MONTH	(Wh)	(Wh)	(Wh)
Jan	1809401	0	1809401
Feb	1355011	0	1355011
Mar	933108	0	933108
Apr	469009	0	469009
May	137689	0	137689
Jun	0	47846	47846
Jul	0	1054438	1054438
Aug	0	1292732	1292732
Sep	0	274649	274649
Oct	42487	20372	62859
Nov	764259	1833	766092
Dec	1489711	0	1489711
TOTAL	7000675	2691870	9692545
PER M²	34436	13200	47530
Floor Area:	203.925 m2		

la consommation énergétique de cette configuration est moins élevée que la configuration initiale par une valeur de **280,471 KWH/an**, l'équivalent de **1.37 KWH/an. m²**

les besoins en climatisation ont diminué par rapport à la configuration initiale par une valeur de **119,602 KWH/an**, l'équivalent de **0,58 KWH/an. M²**

les besoins en chauffages sont également diminués par une valeur égale à **400,073 KWH/an**, l'équivalent d'environ **1.96KWH/m²**

Tableau 9: la consommation énergétique du Cas 05

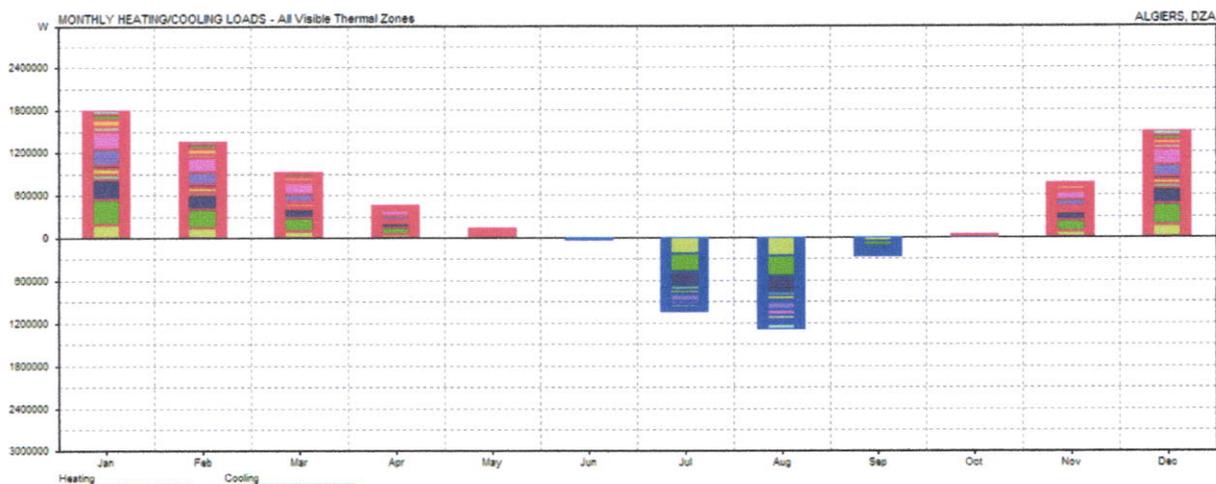


Figure 82: diagramme de la consommation énergétique du cas 05

Synthèse :

Les résultats cette étude nous confirment que le ratio H/L influe sur la consommation énergétique des maisons.

Le besoin en énergie augmente avec l'augmentation de la largeur de la rue « cas du Ratio H/L=1 »

Par contre, le ratio H/L=2 conduit à une meilleur performance énergétique des maisons par rapport à leur configuration initiale « ratio H/L =5 » ce qui peut être expliqué par un meilleur ensoleillement et ventilation des façades donnant sur cette rue.

3. Influence de la forme du patio sur la consommation d'énergie :

Simulation 6 : patio sans galerie : surface du patio élargie

MONTH	HEATING (Wh)	COOLING (Wh)	TOTAL (Wh)
Jan	2907881	0	2907881
Feb	2391304	0	2391304
Mar	1962421	0	1962421
Apr	1185810	0	1185810
May	405957	0	405957
Jun	0	100687	100687
Jul	0	767552	767552
Aug	0	903350	903350
Sep	0	310160	310160
Oct	136460	42675	179135
Nov	1384365	7160	1391525
Dec	2413420	0	2413420
TOTAL	12787618	2131585	14919203
PER M²	89926	14990	104916
Floor Area:	142.202 m2		

la consommation énergétique de cette configuration est plus élevée que la configuration initiale par une valeur de **4826,585 KWH/an**, l'équivalent de **33.94 KWH/an. m²**

les besoins en climatisation sont diminués par rapport à la configuration initiale par une valeur de **679,887 KWH/an**, l'équivalent de **4.78 KWH/an. M²**

les besoins en chauffages sont également augmentés par une valeur égale à **5506,472 KWH/an**, l'équivalent d'environ **38.72 KWH/m²**

Tableau 10: consommation énergétique du cas 06

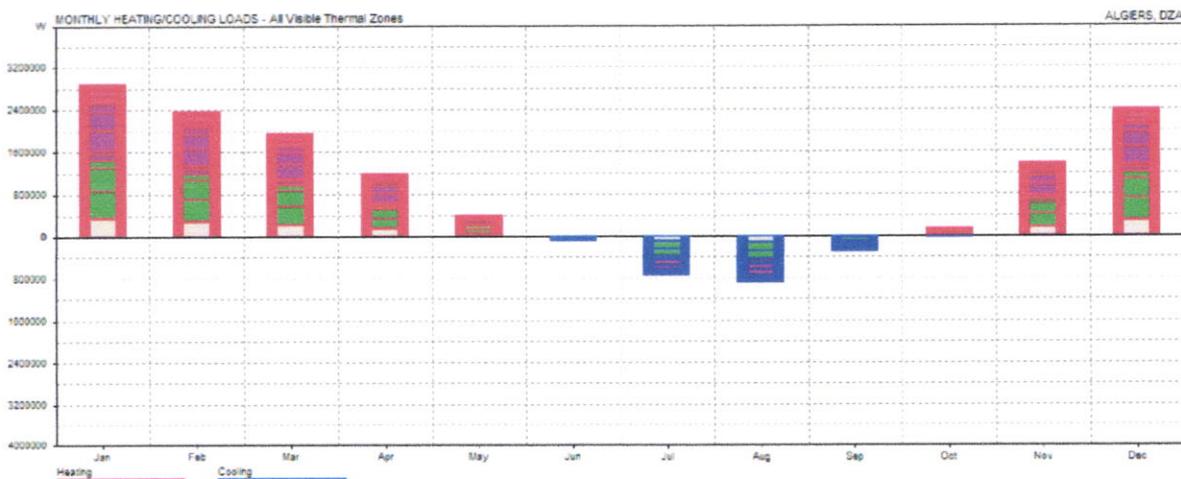


Figure 83: diagramme de la consommation énergétique du cas 06

Simulation 7 : Patio sans galerie : surface du patio rétrécie

	HEATING	COOLING	TOTAL
MONTH	(Wh)	(Wh)	(Wh)
Jan	2981076	0	2981076
Feb	2442019	0	2442019
Mar	1986615	0	1986615
Apr	1175528	0	1175528
May	378643	0	378643
Jun	0	108508	108508
Jul	0	905794	905794
Aug	0	1034743	1034743
Sep	0	354120	354120
Oct	111407	56308	167715
Nov	1392946	11753	1404700
Dec	2443575	0	2443575
TOTAL	12911809	2471226	15383035
PER M²	62134	11892	74025
Floor Area:	207.807 m2		

la consommation énergétique de cette configuration est plus élevée que la configuration initiale par une valeur de **5290,417 KWH/an**, l'équivalent de **25,45 KWH/an. m²**

les besoins en chauffages sont également augmentés par une valeur égale à **5630,663KWH/an**, l'équivalent d'environ **27 KWH/m²**

les besoins en climatisation sont diminués de la configuration initiale par une valeur de **340,246 KWH/an**, l'équivalent de **1.63 KWH/an. M²**

Tableau 11: consommation énergétique du cas 07

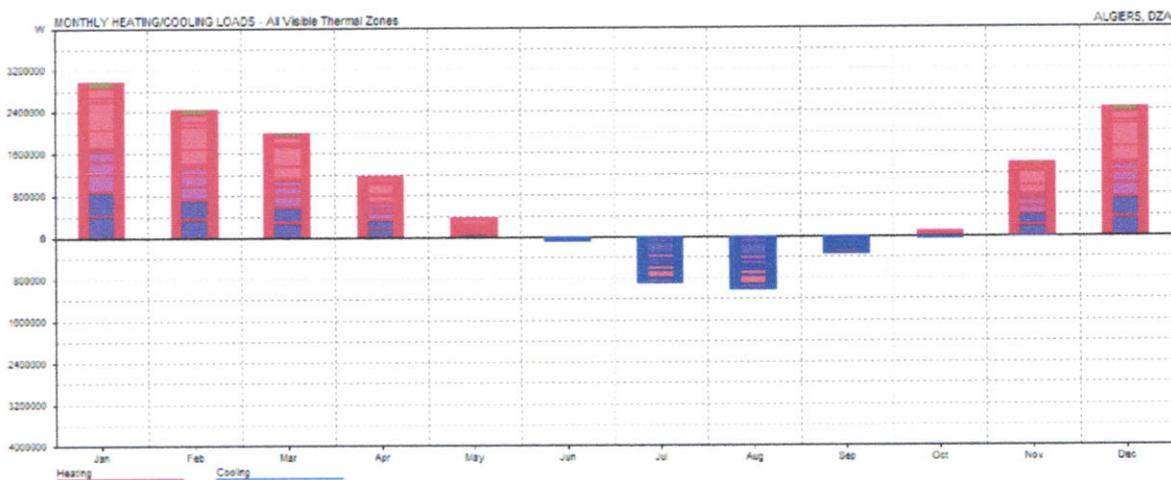


Figure 84: Diagramme de la consommation énergétique du cas 07

Synthèse :

La forme géométrique du patio contrôle le degré d'exposition des façades intérieur au soleil, et la ventilation des espaces intérieurs.

Les résultats de cette étude démontrent l'influence de la présence de la galerie sur la consommation de l'énergie car ce dernier présente l'élément géométrique qui diminue l'accès du soleil à l'intérieur du patio Plus le surface du patio est grande, plus la consommation énergétique augmente, par contre, le besoin en climatisation diminue.

4. Etude de l'influence du milieu urbain sur la consommation d'énergie :

Simulation 8 : maison isolée : sans contexte urbain

	HEATING	COOLING	TOTAL		
MONTH	(Wh)	(Wh)	(Wh)		
Jan	2275804	0	2275804	la consommation énergétique de la maison étudiée prise sans contexte urbain plus élevée que sa configuration dans son milieu urbain par une valeur de 3129,986 KWH/an , l'équivalent de 15,34 KWH/an. m²	
Feb	1769478	0	1769478		
Mar	1186852	0	1186852		
Apr	570741	0	570741		
May	159781	0	159781		
Jun	0	77517	77517		les besoins en climatisation sont augmentés de la configuration initiale par une valeur de 1620,656 KWH/an , l'équivalent de 7,94 KWH/an. M²
Jul	0	1750346	1750346		
Aug	0	2073336	2073336		
Sep	0	483132	483132		les besoins en chauffages sont également augmentés par une valeur égale à 1509,331 KWH/an , l'équivalent d'environ 7,4 KWH/m²
Oct	45971	45372	91342		
Nov	946034	2424	948458		
Dec	1835815	0	1835815		
TOTAL	8790477	4432128	13222604		
PER M²	43106	21734	64840		
Floor Area:	203.925 m2				

Tableau 12: consommation énergétique du cas 08

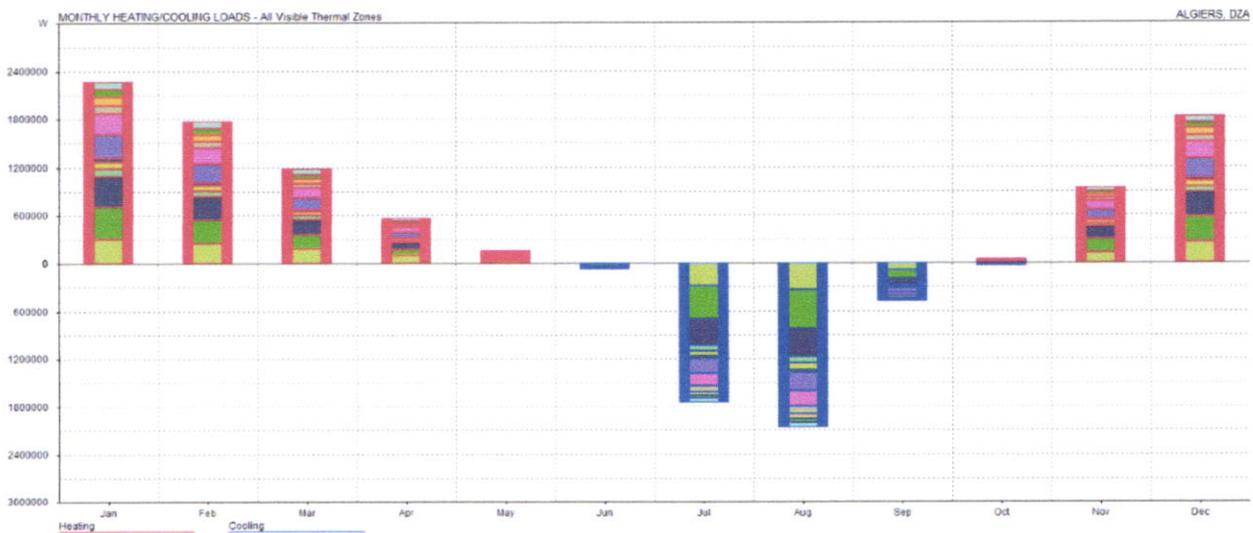


Figure 85: diagramme de la consommation énergétique du cas 08

5. Proposition d'amélioration du confort d'hiver de la maison à patio

Les espaces situés dans l'RDC de la maison à patio reçoivent une quantité très limitée du soleil par rapport aux étages supérieurs. Leur chauffage est notamment fait grâce à la forte inertie des murs des maisons à patio qui reconstitue la chaleur absorbée des étages supérieurs.

De ce fait, on a pensé d'augmenter cette chaleur par l'ajout d'une verrière au patio qui se ferme pendant la période hivernale afin de diminuer les pertes de chaleur à travers le principe de « l'effet de serre ».

Chapitre III : Simulations

On va comparer dans cette étude la consommation d'énergie entre deux maisons : la première sans verrière et la deuxième avec une verrière qui couvre le patio.

Simulation 9 : patio avec verrière

	HEATING	COOLING	TOTAL
MONTH	(Wh)	(Wh)	(Wh)
Jan	2169591	0	2169591
Feb	1677771	0	1677771
Mar	1110079	0	1110079
Apr	519593	0	519593
May	143782	0	143782
Jun	0	77768	77768
Jul	0	1690370	1690370
Aug	0	2005488	2005488
Sep	0	466760	466760
Oct	39635	44003	83639
Nov	890273	2422	892696
Dec	1739589	0	1739589
TOTAL	8290314	4286812	12577126
PER M²	40654	21021	61675
FloorArea:	203.925 m²		

la consommation énergétique de cette configuration est moins élevée que la configuration initiale par une valeur de **645,478 KWH/an**, l'équivalent de **3,16 KWH/an. m²**

les besoins en climatisation sont diminués de la configuration initiale par une valeur de **145,316 KWH/an**, l'équivalent de **0.71 KWH/an. M²**

les besoins en chauffages sont également diminués par une valeur égale à **500,163 KWH/an**, l'équivalent d'environ **2,45 KWH/m²**

Tableau 13: consommation énergétique du cas 09

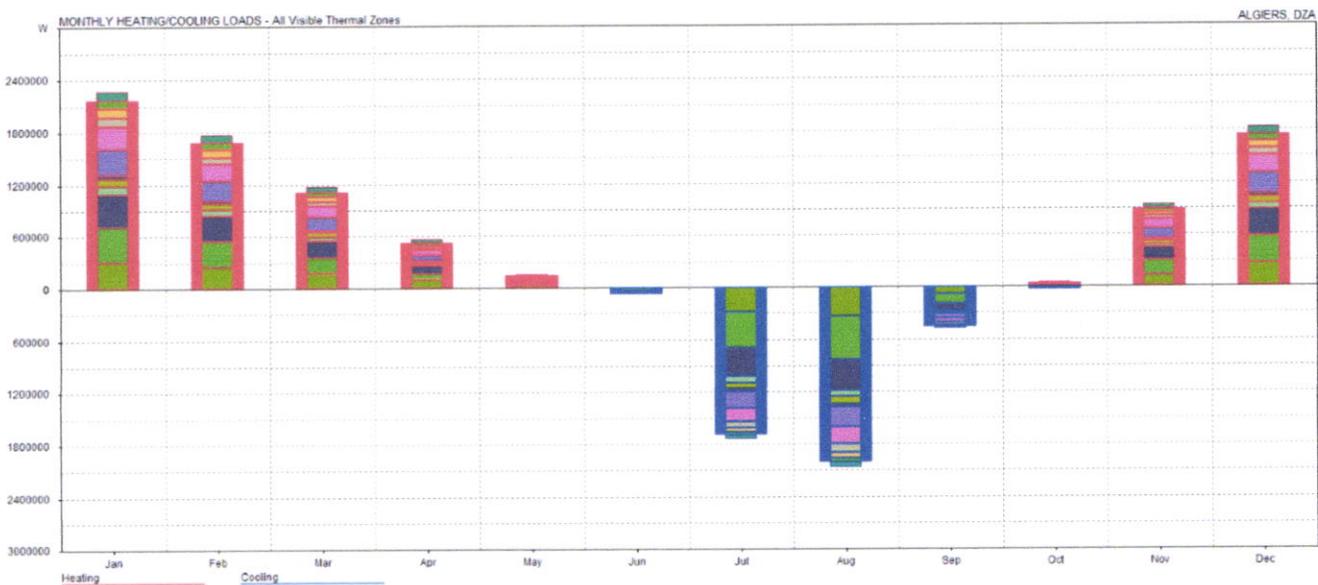


Figure 86: Diagramme de la consommation énergétique du cas 09

Synthèse :

Les résultats ont montré l'effet de la verrière dans la diminution de la consommation énergétique soit en besoins de chauffage ou climatisation. Dans notre cas d'étude, l'ajout de la verrière a entraîné une diminution de la consommation par un pourcentage de 4.88%.

Son degré d'efficacité dépend toutefois de la qualité du vitrage utilisé et ses propriétés thermiques « dans cette étude on a utilisé un vitrage simple »

Synthèse des résultats

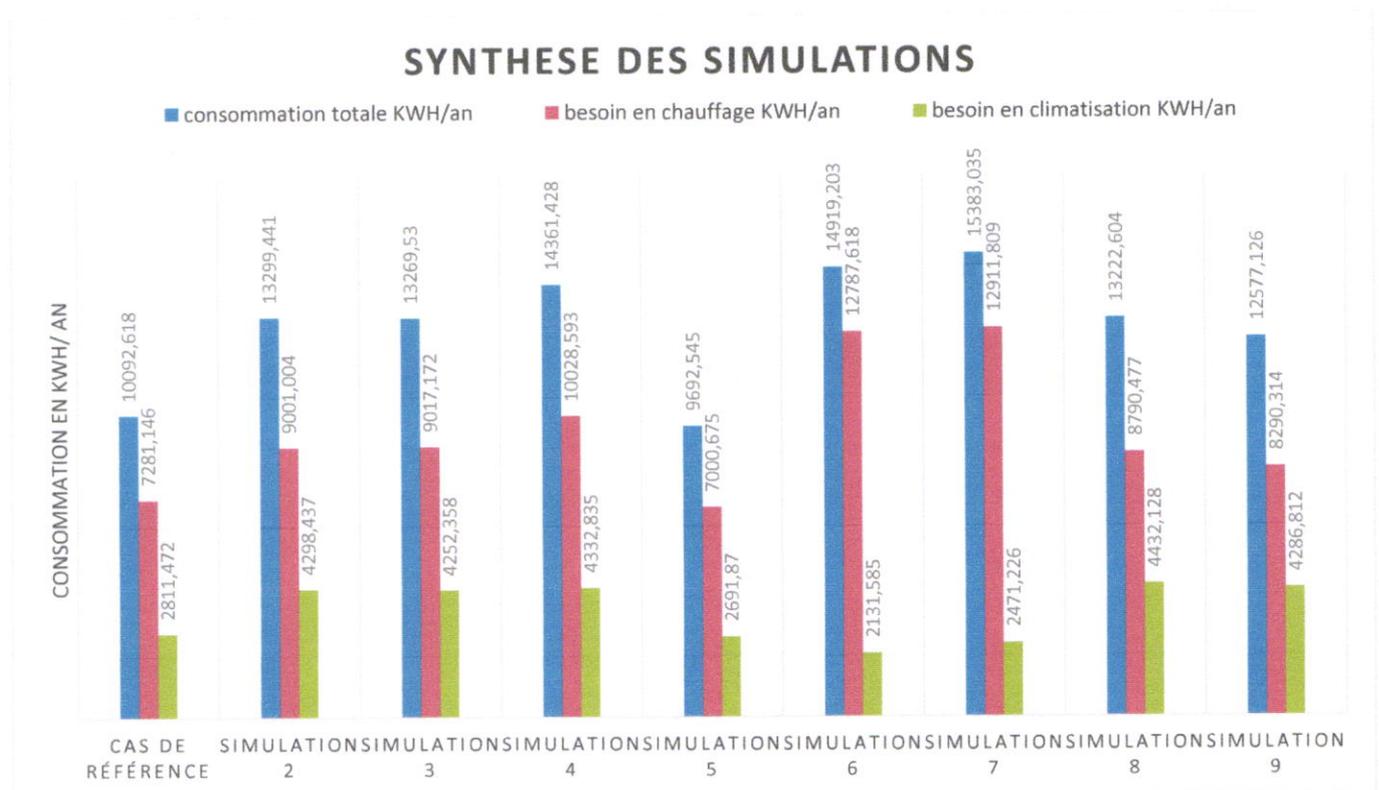
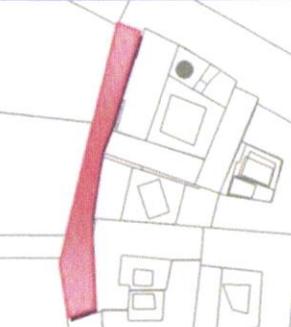
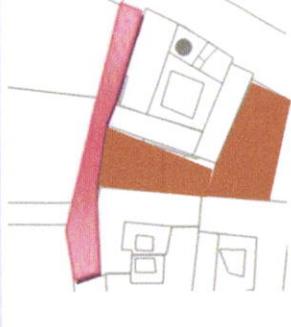
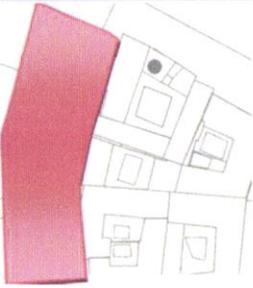
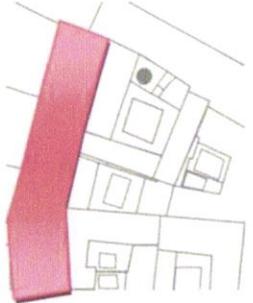
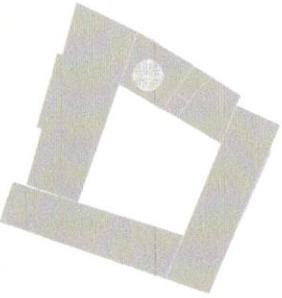


Figure 87: synthèse des résultats des simulations

Chapitre III : Simulations

Cas de simulation		Besoin en chauffage	pourcentage	Besoin en climatisation	pourcentage	Besoin total En KWH	
Cas de référence	 <p>compacité : état initial initial H/L : 5 P/L : état initial</p>	7281.146		2811,472		10092,618	
		35,705 kwh/an		13,787		49,492	
Simulation 2	 <p>compacité : état actuel actuel H/L : 5 P/L : état initial</p>	+ 1 736 .026	23.84 %	+ 1440.886	51.25 %	+3176.912	31.47%
		+ 8 .51 kwh/an		+7.06		+15.57	
Simulation 3	 <p>compacité : maison isolée H/L : 5 P/L : état initial</p>	+ 1719,858	23.62 %	+ 1486,965	52.87 %	+ 3206,823	31.76 %
		+ 8.43 kwh/an		+ 7.29		+ 15,72	

Chapitre III : Simulations

Simulation 4		compacité : état initial H/L : 1 P/L : état initial	+ 2747,447 + 13.47kwh/an	37.72 %	+ 1521,363 + 7,46	54.1 %	+ 4268,810 + 20.93	42.28 %
Simulation 5		compacité : état initial H/L : 2 P/L : état initial	-280,471 -1.96 kwh/an	5.48 %	-119,602 -0,58	4.2 %	- 280,471 -1.37	2.76 %
Simulation 6		compacité : état initial initial H/L : 5 P/L : Sans galerie 12/7.45	+ 5506,472 + 38.72 kwh/an	108.44 %	- 679,887 -4.78	34.67%	+ 4826,585 + 33.94	68.57 %

Chapitre III : Simulations

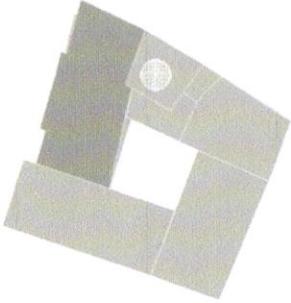
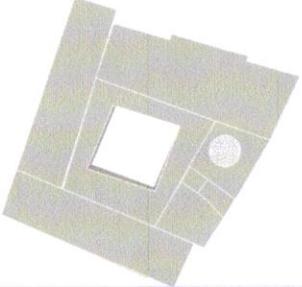
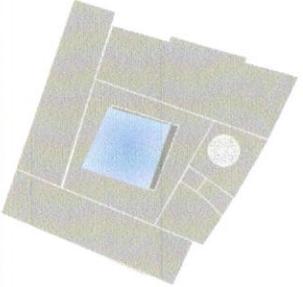
Simulation 7		compacité : initial H/L : 5 P/L : Sans e21.5/7.45 état galerie	+ 5630,663 + 27 kwh/an	75.61 %	- 340,246 -1.63	11.82 %	+ 5290,417 + 25,45	51.42 %
Simulation 8		maison isolée P/L : état initial	+ 1509,331 + 7,4 kwh/an	20.72 %	+ 1620,656 + 7,94	57.59 %	+ 3129,986 + 15,34	30.99 %
Simulation 9		P/L : Patio avec verrière	-500,163 -2,45 kwh/an	33.1	-145,316 -0.71	8.94 %	-645,478 -3,16	20.59 %

Tableau 14: synthèse des résultats de simulati

Conclusion

Les résultats obtenus des simulations de différentes configurations urbaines, nous ont clairement montré l'influence des indicateurs étudiés sur la consommation d'énergie.

Ces résultats ont mis l'accent sur le rôle que joue la compacité, qui entraîne dans notre cas d'étude une augmentation de la consommation de 31,71 % dans la configuration la moins compacte par rapport à la configuration initiale ayant la compacité la plus forte.

On a également étudié le rôle du ratio H/L, ou on a comparé entre trois configurations avec trois largeurs différentes, celle dont le ratio H/L = 2 montre des performances meilleur que le ratio initial « H/L = 5 » avec une diminution de la consommation énergétique totale d'un pourcentage de 2,76 %.

Quant au patio, les résultats des simulations 7 et 6 ont clairement montré le rôle de la galerie dans l'économie d'énergie dans les maisons à patio. On retient que la suppression de la galerie d'après notre cas d'étude, entraîne une augmentation dans la consommation énergétique qui peut aller jusqu'à 51.42% par rapport à l'état initial. D'autre part, l'ajout de la verrière a entraîné une diminution de la consommation par un pourcentage de 4.88%, ce qui semble un bon moyen d'amélioration du confort d'hiver des maisons à patio

Ces résultats ont soutenus l'hypothèse posée, et souligne l'efficacité du tissu urbain de la casbah dans son état initial. D'une part, ils nous ont aidé à déterminer les éléments d'une conception efficace, et d'autre part, nous oriente à mener plus de recherche sur d'autres aspects tel que l'inertie des murs et les propriétés thermiques des matériaux utilisés pour avoir une combinaison optimale entre les éléments de conception et les techniques de construction pour minimiser l'impact sur l'environnement.

Conclusion générale :

Aujourd'hui, nous sommes tous confrontés à une dynamique urbaine rapide, développée, mais aussi agressive. La situation alarmante de l'étalement urbain, les émissions de gaz qui étouffent le globe nous incitent à revoir nos modes de gestion urbaine.

Notre recherche est basée sur le développement de la relation entre la forme urbaine et la consommation énergétique en s'appuyant sur les différentes recherches scientifiques qui s'articulent autour de certains indicateurs qui déterminent la forme urbaine du tissu urbain et leur influence sur son bilan énergétique. Nous avons cité la densité urbaine, la compacité urbaine, le ratio H/L, le volume passif... etc.

Le processus du travail a été réparti sur trois volets, dont le premier était consacré à définir à travers les travaux scientifiques menés dans le domaine de la morphologie urbaine l'influence de ces indicateurs sur le bilan énergétique des bâtiments, ainsi que le rôle de la géométrie du patio et l'enveloppe du bâtiment sur son efficacité énergétique.

Le deuxième volet qui se concentre sur la partie analytique de la casbah d'Alger, prend en soin la représentation du cas d'étude comme entité globale, en détaillant sa morphologie urbaine afin de déterminer les éléments qui contrôlent la consommation d'énergie dans ce tissu traditionnel.

Hormis l'état de dégradation et marginalisation que vit la casbah d'Alger nos jours, l'analyse urbaine de son tissu urbain, et les résultats de l'étude paramétrique des performances énergétiques ont dévoilé un grand potentiel en matière d'économie d'énergie. De ce fait, notre recherche est orientée vers une approche analytique où on a développé dans le troisième volet une série de simulations mono paramétriques qui tentent à identifier le rôle de chaque élément caractérisant le tissu traditionnel de la casbah d'Alger, notre choix est porté essentiellement sur la compacité, le ratio H/L et la géométrie du patio.

Les résultats de ces simulations, on confirmés les recherches menée sur l'influence de la morphologie urbaine, notamment celle de N. Baker et K. Steemers (2000), puis Carlo Ratti (2005) qui montrent que les caractéristiques de la morphologie urbaine peuvent à elles seules diviser par deux la consommation énergétique d'un morceau de ville¹⁷.

Nous avons pu à travers les simulations effectuées sur les différentes configurations urbaines mettre mis l'accent sur le rôle que joue la compacité, qui entraîne dans notre cas d'étude une augmentation de la consommation de 31,71 % dans la configuration la moins compacte par rapport à la configuration initiale ayant la compacité la plus forte.

Nous avons également étudié le rôle du ratio H/L, ou on a comparé entre trois configurations avec trois largeurs différentes, celle dont le ratio H/L = 2 montre des performances meilleur que le ratio initial « H/L = 5 » avec une diminution de la consommation énergétique totale d'un pourcentage de 2,76 %.

Nous avons également retenu que la suppression de la galerie d'après notre cas d'étude, entraîne une augmentation dans la consommation énergétique qui peut aller jusqu'à 51.42% par rapport à l'état initial. D'autre part, l'ajout de la verrière a entraîné une diminution de la consommation par un pourcentage de 4.88%, ce qui semble un bon moyen d'amélioration du confort d'hiver des maisons à patio.

¹⁷ Laëtitia Arantes, Solène Marry, Olivier Baverel et Daniel Quenard, Efficacité énergétique et formes urbaines : élaboration d'un outil d'optimisation morpho-énergétique 2016.

Conclusion Générale

Pour conclure notre travail de recherche, on peut dire que les résultats obtenus ont prouvé dans un aspect global la problématique posée sur l'efficacité énergétique du tissu traditionnel de la casbah d'Alger et ses maisons à patio, et ont également prouvé que l'architecture de ce dernier n'est pas faite au hasard, en nous ouvrant de nouvelles perspectives sur d'autres axes de recherches afin d'avoir une combinaison optimale entre les éléments de conception et les techniques de construction pour minimiser l'impact lourd de l'urbanisation sur l'environnement.

Bibliographie

Articles et publications :

Abdulac Samir, 2011, 'les maisons à patio, Continuités historiques, adaptations bioclimatiques et morphologies urbaines', Icomos, Paris, France.

CSTB .Coordination. Lydie LAIGLE Novembre 2012 Apports et limites des Plans Climat-Energie Territoriaux à l'aune des connaissances scientifiques, Tome 1 : État des connaissances scientifiques : quelles relations entre formes urbaines, mobilités, consommation d'énergie et émissions de gaz à effet de serre.

Habib Tahari, D'Alger et ailleurs ; histoire naturelle d'une morphologie urbaine. Revue vies de villes Revue n° 13 Décembre 2009

John Straube, The Function of Form: Building Shape and Energy, published in "High Performance Enclosures"

Laëtitia Arantes, Solène Marry, Olivier Baverel et Daniel Quenard, Efficacité énergétique et formes urbaines : élaboration d'un outil d'optimisation morpho-énergétique 2016.

Le ministère algérien de la culture, (2005) Le plan permanent de sauvegarde et de mise en valeur du secteur sauvegardé la Casbah d'Alger (le PPSMVSS)

Michael Doherty, Hitomi Nakanishi, Xuemei Bai and Jacqui Meyers, Relationships between form, morphology, density and energy in urban environments. GEA Background Paper, prepared by: CSIRO Sustainable Ecosystems, Canberra, Australia

Rajesh Gopinath, Jagdeep Singh, Dharmender Singh, Ghanshyam Kumar and Navneet Singh, An Analytical and Practically Feasible improvisation over representation of Sky-View-Factor, Department of Civil Engineering, Acharya Institute of Technology, Bangalore, INDIA

Serge salat 2013 REUSSIR LA TRANSITION ENERGETIQUE DANS LES TERRITOIRES. Résumé du rapport préparé par Serge Salat, Loeiz Bourdic et Françoise Labbe Pour la Caisse des Dépôts

Ouvrage :

Alain Liébard ; André De Herde ; traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique ; 2005 ; Editions Le Moniteur.

André Ravereau, 1989, ' La Casbah d'Alger, et le site créa la ville'. Sindibad.

Emmanuelle Valette et Erwan Cordeau 2010 Les îlots de chaleur urbains Répertoire de fiches connaissance

Gonzalo Roberto. Habermann Karl J., 2008, ' Architecture et efficacité énergétique', Birkhauser.

Jean-Jacques Terrin, villes et changement climatique, îlots de chaleur urbains, Parenthèses collection.

MISSOUM Sakina, 2003, 'Alger à l'époque ottoman la médina et la maison traditionnelle', Edisud, Paris, France.

Salat Serge. (2011). Les villes et les formes sur l'urbanisme durable. France : laboratoire des morphologies urbaines

Mémoires et thèses :

Atek Amina, 2012. 'Pour une réinterprétation du vernaculaire dans l'architecture durable cas de la Casbah d'Alger'. Tizi-Ouzou.

ATHAMENA, Khaled. 2012. modélisation et simulation des microclimats urbains : étude de l'impact de la morphologie urbaine sur le confort dans les espaces extérieurs. Université de Nantes

BOUAKAZ Mohamed Essadek El-Amine, 2016 Optimisation morphologique du comportement aéraulique d'une maison à patio

BOUCHERIBA FOUZIA, IMPACT DE LA GEOMETRIE DES CANYONS URBAINS SUR LE CONFORT THERMIQUE EXTERIEUR - Cas du Coudiat de Constantine

Fouad Ahmed Ouameur. (2007). morphologie urbaine et confort thermique dans l'espace public, étude comparatif entre trois tissus urbains de la ville de Québec. Université du Québec

Keskas Imen, 2014 : pour une amélioration du potentiel solaire de la maison à patio ; source d'inspiration la maison traditionnelle de la casbah d'Alger ; Université de Sétif.

Matallah Mohamed Elhadi, 2015, L'impact de la morphologie des tissus urbains sur le confort thermique extérieur - Cas d'étude ville de Tolga

Mohamed DJAAFRI, 2014, formes urbaines, climat et énergie, quels indicateurs et quels outils ? EPAU.

Tsoka Stella 2011. Relation entre morphologie urbaine, microclimat et confort des piétons : application au cas des écoquartiers

Websites :

<http://www.ceder-provence.fr/article/compacite.html>

<http://www.energiepositive.info/fr/reduire-besoin/construire-compact.html>

<http://collectivitesviables.org/articles/compacite-densite/>

http://conseils.xpair.com/actualite_experts/ilot-chaleur-urbain-consequences-batiments.htm

<http://www.passivact.com/Infos/InfosConcepts/files/CompaciteBatiment-ElementsArchitecture.html>