Université **M**ouloud **M**ammeri de **T**izi **O**uzou
Faculté du **G**énie de la **C**onstruction
Département d'**A**rchitecture

MEMOIRE DE MASTER 2

Spécialité : **Architecture**

Option : **Architecture et Environnement**

Sur le thème :

OPTIMISATION DE LA VENTILATION NATURELLE DANS LES IMMEUBLES TERTIAIRES CAS DE LA DIRECTION DU LOGEMENT DE TIZI OUZOU

Présenté par :

M^me^ YAHIAOUI Ahlam

Devant le jury composé de :

M^me^ BENASSIL-CHABANE Fariza	**MAA UMMTO**	**Membre de jury**
M^me^ GUERRAH-ABASSENE Naima	**MAA UMMTO**	**Membre de jury**
M^r^ CHERADI Mahdi	**MAA UMMTO**	**Rapporteur**

Juillet 2019

Sommaire

Remerciements ……. i

Résumé …… ii

Résumé ……... iii

Chapitre introductif ……. 01

Introduction ……. 02

I-Intérêt du sujet …….. 03

II-Problématique ……. 05

III-Hypothèses ……..... 05

IV-Objectifs de la recherche …… 06

V-Structure de la recherche ……..06

Première partie : Théorique

Chapitre I : Le vent et la ventilation naturelle : définitions et généralités...…… 08

Introduction …….....09

I- Le vent et la ventilation ……..…..09

I-1) le vent ……...09

I-1-a) Effet du vent sur le confort (échelle de BEAUFORT) ……..... 10

I-1-b) Effet du vent sur les bâtiments selon l'implantation ……. 10

I-1-c) Les effets aérodynamiques liés aux formes architecturales ……11

I-2) La ventilation naturelle …… **1**3

I-3) La relation entre le vent et la ventilation naturelle ……...1**4**

I-4) Les types de la ventilation naturelle ……1**5**

I-4-a) Ventilation d'un seul côté / mono exposé ……... 1**5**

I-4-b) Ventilation transversale ……..……..……... 15

I-4-c) Capteur de vent et variantes …… 16

I-4-d) La ventilation naturelle hybride …….. 19

Chapitre II : L'Algérie et ses énergies renouvelables ….……...……20

Introduction ……21

I-Situation énergétique de l'Algérie ……....21

I-1) Production nationale d'énergie ……23
A. Production d'énergie primaire …….. 23
B. Production d'énergie dérivée …….. 24
II) Les différentes énergies renouvelables disponibles en Algérie ……..26
II-1) L'énergie solaire ……26
II-2) L'énergie éolienne ……26
II-1) L'énergie hydraulique……27
II-1) L'énergie nucléaire ……27
III) Objectifs du programme des énergies renouvelables en Algérie (2015-2020-2030) ……28
IV) Le cadre règlementaire …….. 30
Conclusion ……33
Deuxième partie : Pratique
Chapitre III : La ventilation naturelle et le confort thermique dans les locaux de la direction du logement à Tizi Ouzou ……... 34
Introduction ……..35
I) Présentation de la ville de Tizi Ouzou ……...…...35
I-1) Données géographiques …….....35
I-1) Relief et hydrographie.. …….....35
a) Relief ……...…..35
b) Hydrographie ……....36
I-1) Données climatiques …….....37
a) La température …… 37
b) La pluviométrie …….……39
c) Rayonnement solaire et la durée d'insolation ……...41
d) Le vent …….…..41
e) Humidité de l'air ……...43
f) degrés-jour et ensoleillement ……44
II) Présentation générale du bâtiment à étudier……..……..45
II-1) Environnement immédiat du siège de la wilaya …….45
II-2) Environnement immédiat de la direction du logement …….…46

II-3) Caractéristiques de réalisation ……...…46
II-4) Répartition intérieure ……...…..…47
II-5) Equipements de confort et dispositifs de contrôle ……50
a) Dispositifs pour le confort d'hiver ……..……50
b) Dispositifs pour le confort d'été ……...……50
c) Sources d'apports internes ……..….51
III) Orientation du projet et exposition au vent ……...51
Conclusion ……..55
Chapitre IV : Le confort des usagers entre ventilation naturelle et climatisation artificielle ……..…….56
Introduction ……57
I- le questionnaire ……...57
II- Analyse et interprétation des données d'enquête ……..58
II-1) Niveau de satisfaction des occupants…….59
II-2) le confort selon les usagers ……....59
II-3) Exposition aux vents dominants ……61
II-4) comportement et consommation ……61
II-5) les horaires d'utilisation de la climatisation ……..62
II-6) Utilisation de la climatisation dans les maisons ……...63
Conclusion ……63
Conclusion générale ……...…65
Bibliographie ……..68
Liste des figures et tableaux ……..70

REMERCIEMENTS

Je remercie en premier lieu le bon Dieu de m'avoir donné courage et puissance pour accomplir ce travail.

J'adresse mes sincères remerciements à mon encadreur Mr CHERADI Mahdi maitre-assistant A à l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, qui m'a proposé ce sujet de master 2 et qui a guidé mes réflexions tout au long de ce travail par ses conseils et orientations.

Je tiens aussi à remercier les membres du jury qui ont accepté de porter leur apport.

Merci à Mr DEHMOUS M'hand pour son aide particulière.

Un grand merci à ma famille pour m'avoir donné le goût des études ainsi que mon mari pour sa compréhension et son soutien qui ont été déterminants pour l'accomplissement de ce mémoire. Sans oublier l'ensemble des collègues qui m'ont vraiment soutenu et encourager.

Je tiens à remercier vivement toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à l'accomplissement de ce modeste travail.

RÉSUMÉ

Le secteur tertiaire est l'un des secteurs les plus consommateurs d'énergie puisque les usagers passent la majeure partie de leur temps au travail plus qu'à la maison, ils sont alors confrontés à des problèmes d'inconfort en période de chaleur et se trouvent devant le dilemme suivant : se résigner à l'inconfort ou assurer leur confort au prix des dépenses énergétiques importantes (la climatisation). C'est ainsi qu'une mesure telle que la rationalisation de l'énergie dans le bâtiment tertiaire suppose un effort considérable dans le domaine de la maîtrise de l'énergie.

Désormais, des systèmes de rafraîchissement passifs existent et peuvent compenser ce moyen technique tel que la ventilation naturelle ; un dispositif naturel qui est efficace et préserve l'environnement, afin de réduire les émissions des gaz à effet de serres sources du réchauffement climatique.

Notre objectif consiste à chercher des moyens pour assurer un niveau de confort thermique acceptable dans les espaces de bureaux, avec une consommation énergétique réduite. Nous avons étudié un bloc administratif dans le chef-lieu de Tizi Ouzou, parce que le bâtiment tertiaire nous offre des possibilités importantes d'économie d'énergie, jusqu'à l'heure actuelle, ce secteur n'est soumis à aucune exigence réglementaire d'ordre thermique et énergétique. Par la suite nous avons réalisé une enquête sur le terrain pour déterminer les lignes directrices qui vont nous aider à optimiser la ventilation naturelle dans les bureaux de travail à travers une évaluation des employés de leur espace intérieur, puis par l'étude de leur comportement vis-à-vis l'inconfort thermique.

En dernier, et en se basant sur les aboutissements de l'enquête, nous avons essayé de donner quelques conseils et recommandation qui serviront et contribueront au confort thermique des employés dans la période d'été.

Mots clés : Ventilation naturelle, bâtiment administratif, confort thermique.

ملخص

يعد قطاع الخدمات أحد أكثر القطاعات في استخدام الطاقة؛ لأن العمال يقضون معظم وقتهم في العمل أكثر من المنزل، فإنهم يواجهون بعد ذلك مشاكل من عدم الراحة أثناء الطقس الحار ويجدون أنفسهم في مأزق الاستسلام للاراحة أو الراحة على حساب نفقات الطاقة الكبيرة (تكييف الهواء). وبالتالي فإن إجراء مثل ترشيد الطاقة في مبنى الخدمات يتطلب بذل جهد كبير في مجال إدارة الطاقة.

أنظمة التبريد المحافظة على البيئة موجودة ويمكن أن تعوض عن هذه الوسائل التقنية مثل التهوية الطبيعية؛ جهاز طبيعي يتسم بالكفاءة ويحافظ على البيئة، من أجل تقليل انبعاثات الغازات التي تشكل مصادر للاحتباس الحراري.

هدفنا هو البحث عن طرق لضمان مستوى مقبول من الراحة الحرارية في المساحات المكتبية، مع تقليل استهلاك الطاقة. قمنا بدراسة كتلة إدارية في تيزي وزو، لأن مبنى الخدمات يوفر لنا إمكانيات مهمة لتوفير الطاقة، لكن لحد الآن هذا القطاع لا يخضع للمتطلبات التنظيمية الحرارية والطاقة، بعد ذلك قمنا بإجراء مسح ميداني لتحديد الإرشادات التي ستساعدنا على تحسين التهوية الطبيعية في مكاتب العمل من خلال تقييم العاملين للمساحة الداخلية الخاصة بهم، ثم عن طريق دراسة سلوكهم تجاه إلى الانزعاج الحراري.

أخيرًا، وبناءً على نتائج الاستبيان، حاولنا تقديم بعض النصائح والتوصيات التي من شأنها أن تساهم في توفير الراحة الحرارية للموظفين في فترة الصيف.

الكلمات المفتاحية: التهوية الطبيعية، المبنى الإداري، الراحة الحرارية.

CHAPITRE INTRODUCTIF

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Suite à la révolution industrielle et l'accroissement des populations, les besoins en énergie ont augmenté ayant pour objet la réponse aux exigences du confort des êtres-humains par la création de différentes machines, ce qui a engendré des émissions importantes des gaz à effet de serre qui provoquent des changements climatiques sérieux bouleversant le comportement de la planète (inondation, tempêtes, sécheresses…) et portent préjudice aux générations actuelles et futures. Ces cataclysmes feront fuir les populations ou les décimeront.

Avant l'âge des combustibles fossiles et de la révolution industrielle du XIXème siècle, les hommes dépendaient du feu, du soleil, du vent, de l'eau, des animaux et d'eux-mêmes pour effectuer leurs travaux, et avec l'arrivée du pétrole et de ses dérivés, du moteur à vapeur, de l'électricité et de plusieurs nouveautés, les gens profitaient aussitôt de ces moyens nouveaux mis à leur disposition. Au bout d'un certain temps, l'environnement naturel devient trop pollué et malsain pour la vie à cause des différents déchets issus de l'industrie et des différents gaz affectant la couche d'ozone. L'approvisionnement en combustibles qui paraissaient inépuisables devient plus limité et les stocks des énergies commençaient à en avoir la fin.

Etant donné que le bâtiment est un important secteur d'activité qui contribue à l'émission de gaz à effet de serre, et à la production de déchets. C'est aussi un gros consommateur de ressources naturelles et d'énergie, les gens commençaient à rechercher des solutions économiques et moins polluantes sans le recours à des machines et à des combustibles qui réduisent l'impact négatif des activités de l'homme sur son environnement.

Il semble de plus en plus stupide et lourdement inefficace de bruler du fuel, source de pollution, à des températures dépassant 500°C pour produire de l'électricité et de l'envoyer ensuite à des centaines de kilomètres pour répondre aux besoins de confort (chauffage et climatisation), alors que la question du confort peut être solutionnée autrement par le maitre de l'œuvre et le maitre de l'ouvrage qui sont les acteurs clés dans la quête d'un développement durable (D.Wright, Soleil, nature, architecture).

La conservation de l'environnement consiste à des actions de corrections scientifiques, citoyenne et politique à la fois, scientifique car elle nécessite de développer nos connaissances dans ce nouveau domaine, citoyenne, puisque les décisions à prendre ont un coût pour les générations actuelles, et un impact pour les générations futures ; politique, étant donné que les décisions à prendre sont forcément collectives et parfois planétaires.

En 1972, la création simultanée du Programme des Nations unies pour l'environnement et d'instances gouvernementales correspondantes dans les pays développés marque le point de départ de la volonté d'agir sur un plan collectif.

En 1987 émergea cette alternative : le développement durable, un développement fondé sur l'interdépendance de ses trois piliers : le développement économique, l'équité sociale et la protection de l'environnement. Cette question environnementale, allait s'imposer comme un enjeu vital de tout développement socio-économique pour les décennies à venir.

L'architecture étant le début du processus de construction d'un bâtiment, l'architecte se trouve ainsi interpelé en premier pour « concevoir durablement » et donc prendre en compte la question environnementale. D'un environnement agressé, nous essayons de conserver l'environnement et d'atteindre « une qualité environnementale », un environnement sain et équilibré alliant nature, économie et société. Tel est l'objectif de l'option « Architecture et Environnement ».

Protéger l'environnement, c'est préserver la survie et l'avenir de l'humanité. En effet, l'environnement est notre source de nourriture et d'eau potable. L'air est notre source d'oxygène. Le climat permet notre survie. Et la biodiversité est un réservoir potentiel de médicaments. Préserver l'environnement est donc une question de survie. « Plus les hommes se rapprochèrent de la nature, et plus facilement ils en tirent profit ».Antoine de Saint-Exupéry (écrivain, poète et aviateur).

I- INTERET DU SUJET

Le secteur du bâtiment, spécifiquement l'administration (les espaces de bureaux) est l'un des gros consommateurs d'énergie au niveau mondial. Sa fonction principale est le maintien des conditions de confort des employés en utilisant les mécanismes électriques pour avoir une température modérée, cette énergie électrique est principalement produite à partir de la combustion de fioul ou de charbon, et utilisée par la suite pour la climatisation qui la bouffe énormément et pollue l'environnement par l'émissions de gaz à effet de serre, d'où l'émergence d'une dynamique visant à réduire les consommations qui s'est traduite par l'apparition d'une nouvelle conception architecturale intégrant des procédés passifs tel que la ventilation naturelle ou hybride et privilégient l'usage des énergies renouvelables, afin de préserver la planète pour les générations futures, "Nous n'héritons pas de la terre de nos parents, nous l'empruntons à nos enfants" Antoine de Saint-Exupéry.

Ce désir de rationalisation et d'optimisation énergétique des espaces de travail, se traduit de la part des professionnels du secteur, vu la nécessité d'utiliser des outils d'estimation des performances à tous les stades de la conception.

Pour avoir un espace de travail sain, il est important de veiller à avoir une bonne ventilation des volumes qui le composent, la ventilation a pour but d'éviter les dégradations (condensation, humidité et moisissures) et de préserver la qualité de l'air intérieur pour une bonne hygiène (santé). Elle permet non seulement d'évacuer l'humidité, les particules volatiles et autres polluants qui pourraient stagner, mais aussi l'économie de l'énergie.

Malheureusement, la qualité de l'air, dans les espaces de travail, a longtemps été négligée. Bien souvent, il faut être exposé à des désordres de types moisissures ou problèmes d'odeurs pour réagir. Les problèmes de la qualité d'air peuvent être résolus par l'usage d'un système de ventilation adapté. L'obtention d'une bonne qualité d'air, c'est se soucier en premier lieu des sources polluantes, et ensuite des moyens de rejeter ces polluants.

Ce problème du réchauffement climatique et des questions énergétiques est devenu un enjeu public, l'Union Européenne a établi plusieurs directives et documents incitant les pays membres à mettre en place leurs réglementations thermiques : la directive 93/73/CEE (directive du conseil du 13 septembre 1993 sur la limitation des émissions de CO2 au travers de l'amélioration de l'efficacité énergétique), la directive 2002/91/CE également appelée Energy Performance of Buildings Directive (directive du conseil et du parlement européen du 16 décembre 2002 sur la performance énergétique des bâtiments) et le livre vert européen (2000). Dans les divers pays européens, les réglementations thermiques ont donc vu le jour et ont apporté un cadre aux modes constructifs, les climats et les habitudes de chaque pays influençant le choix des contraintes imposées. En France, la réglementation thermique 2005 a amené progressivement les constructeurs vers le label BBC (Bâtiment Basse Consommation) imposant un niveau maximal de consommation énergétique (chauffage, eau chaude sanitaire, auxiliaires, ventilation et éclairage) et demandant aux entreprises de se former aux techniques d'étanchéité à l'air des bâtiments. En Algérie plusieurs efforts ont été dirigés dans le but de créer des villes durables par la vulgarisation de plusieurs textes législatifs qui décrivent la politique nationale d'aménagement et du développement durable sur le territoire national, que nous allons bien détailler dans le chapitre II.

Parmi les postes importants de consommation énergétique du bâtiment, on trouve le rafraîchissement et le renouvellement d'air. Ils entrent à présent dans les critères à prendre en compte lors des validations de performances imposées par la réglementation thermique de 2012. À travers plusieurs études et travaux de recherche effectués jusqu'à aujourd'hui, l'importance de l'utilisation de la ventilation naturelle pour améliorer le confort et diminuer la consommation d'énergie de ces postes est démontrée. Une meilleure prise en compte de la ventilation naturelle dans les simulations du comportement énergétique du bâtiment apparaît alors indispensable pour en favoriser l'utilisation.

II- PROBLEMATIQUE

Depuis que la crise énergétique s'est faite ressentie, les alternatives de réduire la consommation ont été concentrées sur le secteur du bâtiment qui est l'un des grands consommateurs de l'énergie.

En effet l'évolution de la technologie du matériel de bureautique (ordinateurs, imprimantes, scanner, photocopieurs etc…), ainsi que l'utilisation massive de la climatisation suite au réchauffement climatique et aux exigences de confort des occupants ont provoqué l'augmentation de la consommation d'énergie dans le bâtiment tertiaire. De ce fait, la question que l'on se pose est : **Comment créer des ambiances intérieures confortables dans les bureaux d'administration sans recourir à la climatisation artificielle en Eté ?**

III- HYPOTHESES

La négligence de ce procédé passif du rafraichissement malgré son efficacité est due au recours des usagers vers les machines consommant de l'énergie tel que les climatiseurs et les ventilateurs qui présentent selon eux un efficace outil pour acquérir le confort d'une part, ainsi que la méconnaissance des différents intervenants dans le domaine du bâtiment en matière de l'architecture durable et de ses notions d'autre part , malgré que la ventilation naturelle est une méthode performante pour se rafraichir en période d'été.

Par ailleurs, une meilleure ventilation est tributaire de plusieurs facteurs, elle est contrainte avant tout par les choix architecturaux, la conception architecturale doit assurer une meilleure intégration au site tout en tenant compte de l'environnement et des caractéristiques climatiques y afférentes. En effet, de par les différentiels de pression qui se créent

naturellement, il faut que les espaces à ventiler soient conçus intelligemment pour que cette dernière soit efficace.

IV- OBJECTIFS DE LA RECHERCHE

L'objectif principal de ce mémoire est de valoriser ce procédé naturel : ventilation dans les bâtiments tertiaires pour en favoriser l'utilisation, afin de minimiser l'impact nocif qu'apporte l'utilisation abusive de la climatisation sur l'environnement et la santé et aussi réduire la consommation énergétique à travers la sensibilisation de l'ensemble des fonctionnaires de l'importance et l'efficacité que ce procédé nous offre.

Cette étude s'intéresse à la qualité vécue des espaces de bureaux, à travers les processus d'interaction entre occupants et environnement sur la base d'un questionnaire. Elle prend pour cas d'étude un édifice de bureaux occupé par la direction du logement.

V- STRUCTURE DE LA RECHERCHE :

Notre travail est composé d'un chapitre introductif et de deux parties.

Le chapitre introductif comporte la problématique, les hypothèses, les objectifs ainsi que la méthodologie de recherche.

La première partie, concerne le corpus théorique, il s'agit d'introduire le thème de recherche, à travers un état de l'art sur le confort thermique, elle comporte

- **Chapitre I : Le vent et la ventilation naturelle : définitions et généralités**

  Dans ce chapitre, nous allons aborder les notions du vent et de la ventilation naturelle, la relation entre eux, ainsi que les moteurs qui produisent et favorisent la ventilation naturelle, ses types, ses avantages et ses inconvénients, toutes ces informations vont nous aider à mieux appréhender le cas d'étude.

- **Chapitre II : L'Algérie et ses énergies renouvelables**

  Ce second chapitre consiste à décrire la situation énergétique de l'Algérie, les énergies renouvelables disponibles dans notre pays, les objectifs du programme des Energies Renouvelables (2015-2020-2030), ainsi que les différents textes législatifs relatifs au développement durables et aux énergies renouvelables, à travers ce chapitre nous distinguons la volonté de l'Algérie pour l'adoption d'une stratégie visant le développement durable.

La deuxième partie, expérimentale, basée sur l'analyse du cas d'étude et l'enquête par questionnaire auprès de la direction du logement.

- **Chapitre III : la ventilation naturelle et le confort thermique dans les locaux de la direction du logement**

  Ce chapitre est consacré pour l'analyse d'un cas d'étude à caractère tertiaire, c'est un ensemble de bureaux de la direction du logement.

  Nous allons commencer par une présentation générale de la ville de Tizi Ouzou (données géographiques, relief et hydrographie, donnée climatiques, données urbaines et architecturales concernant le projet telles que l'environnement, la distribution intérieure et les caractéristiques de réalisation, équipement de contrôle et dispositifs de contrôle) puis tirer des remarques et conclusions qui seront la base de nos recommandation pour optimiser la ventilation naturelle comme solution passive de rafraîchissement.

- **Chapitre IV : Enquête**

Quant à ce chapitre, nous allons exposer et interpréter les résultats de l'enquête menée, cette dernière va nous aider à cerner les bons et les mauvais comportements des fonctionnaires ainsi que leurs et habitudes, qui vont nous aider à proposer les différentes préconisations et recommandations pour avantager ce procédé passif qui contribue à la fois à la préservation de l'environnement et à l'économie de l'énergie.

- **La conclusion générale** expose les différentes conclusions tirées de chaque chapitre, des recommandations architecturales et techniques qui seront établies pour l'amélioration de la ventilation naturelle dans les bâtiments administratifs.

CHAPITRE I

LE VENT ET LA VENTILATION NATURELLE

DÉFINITIONS ET GÉNÉRALITÉS

INTRODUCTION

Parmi les préoccupations en matière de conception des administrations, les conditions des ambiances intérieures occupent une place prépondérante, puisque les employés passe toute la journée dans cet établissement, il est donc impératif de concevoir de façon à maintenir les ambiances dans des conditions de confort acceptables en été afin de minimiser l'utilisation de la climatisation artificielle qui consomme énormément de l'énergie électrique et émet les gaz à effet de serre, et ce pour préserver la planète et réduire le cout énergétique.

Pour garantir le confort d'été et sa durabilité, sans climatisation, on a recours à des systèmes passifs de rafraîchissement qui sont divers, tels que : la ventilation naturelle, la ventilation nocturne, le rafraîchissement par évaporation, par contact avec le sol,….etc. Ces systèmes se basent sur des sources d'énergies naturelles suivant différents mécanismes de transfert de chaleur : convection, conduction et rayonnement.

La ventilation au travers de son fonctionnement et surtout de son impact sur nous ou notre environnement est très souvent peu maîtrisée. De ce fait, la qualité de l'air intérieur fait l'objet d'études approfondies, en se basant sur un atout naturel le vent, qui est l'un des moteurs de la ventilation naturelle (procédé passif de raffraichissement).

I) LE VENT ET LA VENTILATION

I-1) le vent

Le vent est un déplacement d'air essentiellement horizontal d'une zone de haute pression (masse d'air froid) vers une zone de basse pression (masse d'air chaud) ; la différence des températures entre les masses d'air résulte de l'action du soleil. Le régime des vents en un lieu est représenté par la rose des vents, qui exprime leur direction et leur intensité mesurées par un anémomètre (Liébard et al 2005).

L'air est mis en mouvement par deux phénomènes naturels : la force du vent (zones de pression et dépression) et le tirage thermique (différence de température entre l'intérieur et l'extérieur) d'un bâtiment, créant ainsi un mouvement d'air (c'est le balayage naturel).

Les vents sont généralement classifiés selon leur ampleur spatiale, leur vitesse (ex : échelle de Beaufort), leur localisation géographique, le type de force qui les produit et leurs effets.

I-1-a) Effet du vent sur le confort (échelle de BEAUFORT)

L'échelle de Beaufort est une échelle de mesure empirique, comportant 13 degrés (de 0 à 12), de la vitesse moyenne du vent sur une durée de dix minutes utilisée dans les milieux maritimes. Le degré Beaufort correspond à la vitesse moyenne du vent.

L'échelle de BEAUFORT nous permis d'évaluer l'effet du vent sur le confort qui dépend de la vitesse du vent et de la température de l'air ambiant, on parle alors du confort aérothermique, selon cette échelle à la vitesse confort à ne pas dépasser est de 4m/s.

ÉCHELLE DE BEAUFORT

Force	Terme	Km/h	Kts	Descriptions
0	Calme	< 1	< 1	La fumée monte verticalement
1	Très légère brise	1 à 5	1 à 3	La fumée indique la direction du vent – les girouettes ne s'orientent pas
2	Légère brise	6 à 11	4 à 6	On sent le vent sur le visage – les feuilles bougent
3	Petite brise	12 à 19	7 à 10	Les drapeaux flottent bien – les feuilles sont sans cesse en mouvement
4	Jolie brise	20 à 28	11 à 15	Les poussières s'envolent – les petites branches plient
5	Bonne brise	29 à 38	16 à 20	Les petits arbres balancent – les sommets de tous les arbres sont agités
6	Vent frais	39 à 49	21 à 26	On entend siffler le vent
7	Grand frais	50 à 61	27 à 33	Tous les arbres s'agitent
8	Coup de vent	62 à 74	34 à 40	Quelques branches cassent
9	Fort coup de vent	75 à 88	41 à 47	Le vent peut endommager les bâtiments
10	Tempête	89 à 102	48 à 55	Visibilité Réduite – gros dégâts
11	Violente tempête	103 à 117	56 à 63	Conditions exceptionnelles – visibilité réduite – gros dégâts
12	Ouragan	> 118	> 64	Dommage maximum

Figure 01 : Echelle de BEAUFORT
http://www.simexperts.com/wp-content/uploads/2015/08/echelle-de-beaufort.jpg

I-1-b) Effet du vent sur les bâtiments selon l'implantation

Ces informations sont puisées du cours de l'option architecture et environnement présenté par Mr CHABI, intitulé le vent et la ventilation naturelle dans l'Architecture (année 2018/2019).

Plusieurs facteurs peuvent influencer sur la fréquence du vent à savoir :

- La topographie qui peut renforcer le vent, ou l'atténuer
- La rugosité forte (ville) ou faible (bord de mer) vont respectivement freiner ou le laisser le vent se développer.
- La végétation.

La vitesse de l'air dépend principalement du site d'implantation, dans un milieu urbain l'air est freiné par la densité du cadre bâti, Contrairement dans une banlieue l'air atteint les vitesses maximales à des hauteurs réduites.

A partir d'une certaine hauteur au dessus du sol, nommée couche limite, la vitesse moyenne du vent est constante.

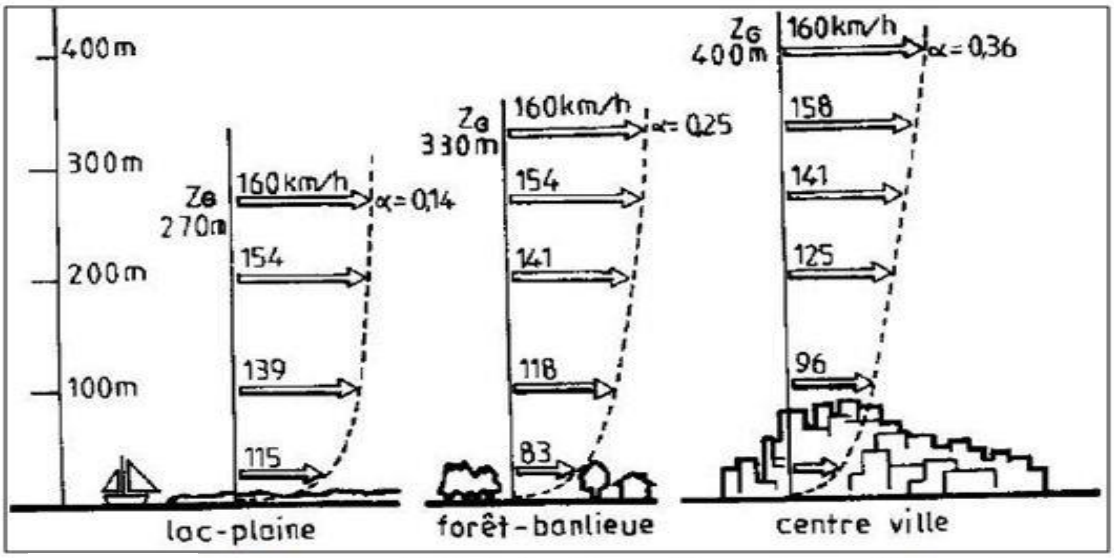


Figure02 : Evolution spatiale de la vitesse du vent pour différents milieux / source Baumuller et al 1993

I-1-c) Les effets aérodynamiques liés aux formes architecturales

- **Effet de trous sous immeubles**

Phénomène d'écoulement dans les trous ou passage sous immeuble qui relie l'avant du bâtiment en surpression et son arrière en dépression (Hauteur minimum > 15 rn).

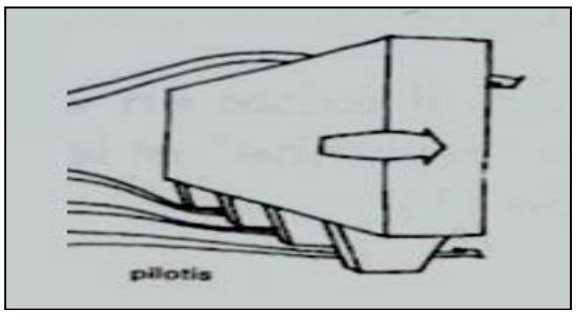


Figure 03 : Effet de trous sous immeubles (châtelet et al,1998)

- **Effet de coin**

Phénomène d'écoulement aux angles des constructions qui mettent en relation la zone de surpression amont et la zone de pression latérale du bâtiment. (Formes isolées).

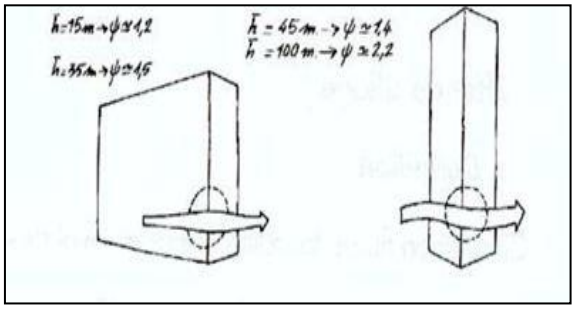


Figure 04 : Effet de coin (châtelet et al,1998)

➢ **Effet de sillage**

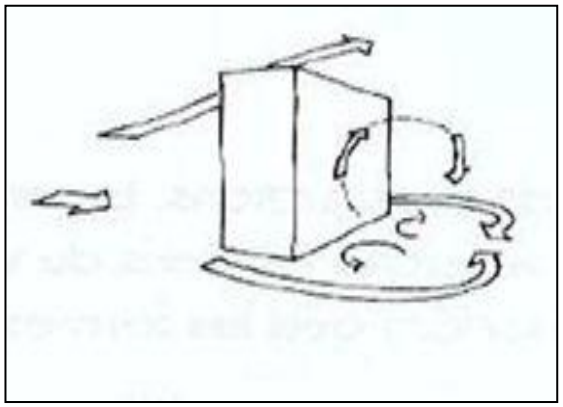


Figure 05 : Effet de sillage (châtelet et al,1998)

Circulation tourbillonnaire en aval des formes.

Le sillage intègre l'effet de coin.

- Formes parallélépipédiques : l'importance du sillage est fonction du maître couple offert au vent incident;
- La persistance de l'effet de sillage est d'environ quatre fois la hauteur du bâtiment pour 15m<h<35m. la zone particulièrement exposée s'étend sur une aire de chaque côté de la forme.
- Immeuble tour (45 < h < 100 m) : la zone particulièrement affectée s'étend sur une aire plus grande des deux côtés de la forme.

➢ **Effet de Venturi**

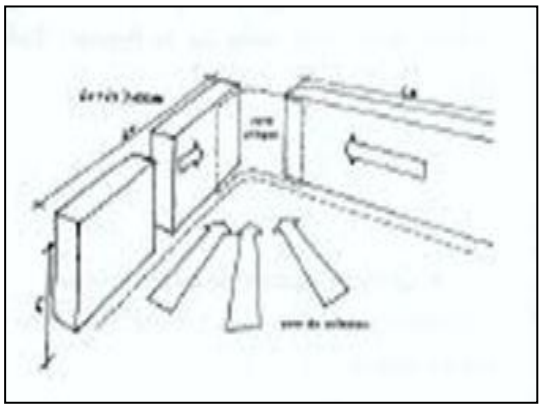


Figure 06 : Effet de venturi (châtelet et al,1998)

Phénomène de collecteur formé par des constructions dessinant un angle ouvert au vent. La zone critique pour le confort se situe à l'étranglement.

- Hauteur moyenne des bras h > 15 m.
- Longueur minimale des bras pour un angle aigu ou droit entre ceux-ci : L1+L2 > 100 m. Si L1+L2<100 m, l'entonnoir ne collecte pas suffisamment le flux.

➢ **Effet de canalisation**

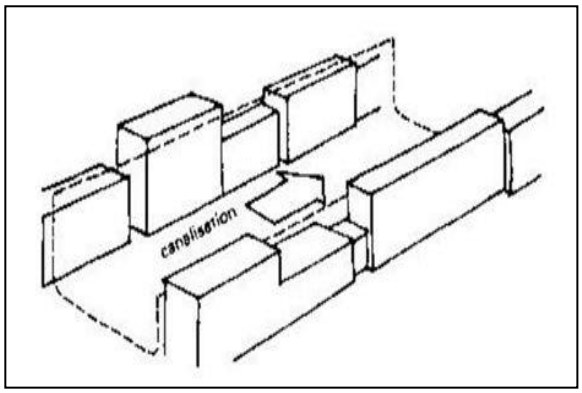


Figure 07 : Effet de canalisation (châtelet et al,1998)

Ensemble construit Formant un couloir à ciel ouvert. Une canalisation n'est pas une cause de gêne en soi. Elle n'agit que si elle est associée à une anomalie aérodynamique qu'elle transmet sur toute sa longueur, exemple: association canalisation-Venturi.

- Le couloir est constitué de parois peu poreuses : espacement égal ou inférieur à l'épaisseur des bâtiments

- Pour une porosité supérieure à 5 %, le couloir ne fonctionne pas.
- Pour une largeur > 3 h, pas de guidage du flux (le phénomène de canalisation s'estompe).

Hauteur minimum des bras > 6 m.

➢ **Effet de pyramide**

Groupement de construction à décrochement et à caractère pyramidal. Les secteurs critiques sont :

- les coins de la pyramide. Si la hauteur de la pyramide = 40 m, alors Y = 1,6.
- les balcons ou loggias au vent et au voisinage des crêtes.

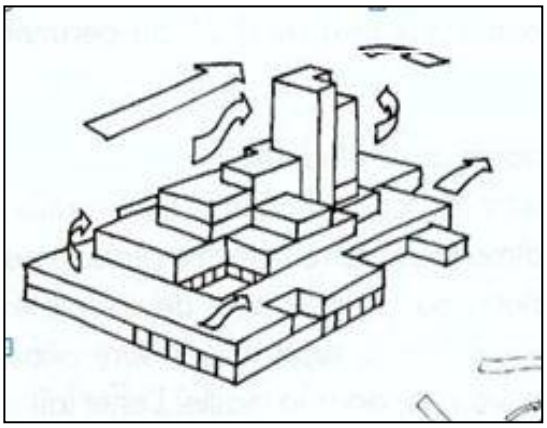


Figure 08 : Effet de pyramide
(châtelet et al,1998)

I-2) La ventilation naturelle

La ventilation naturelle est le processus par lequel l'air intérieur est renouvelé par admission d'air neuf et par évacuation d'air vicié, à l'aide de moyens naturels, dans le but d'assurer le confort des occupants. Les besoins en ventilation d'un bâtiment donné sont conditionnés par de multiples facteurs, susceptibles de varier d'un bâtiment à un autre. Les différences de température entre l'intérieur et l'extérieur, le vent et les appareils qui évacuent ou introduisent de l'air sont autant de facteurs susceptibles d'influer sur la pression d'air d'un bâtiment, phénomène associé aux déplacements d'air à l'intérieur.

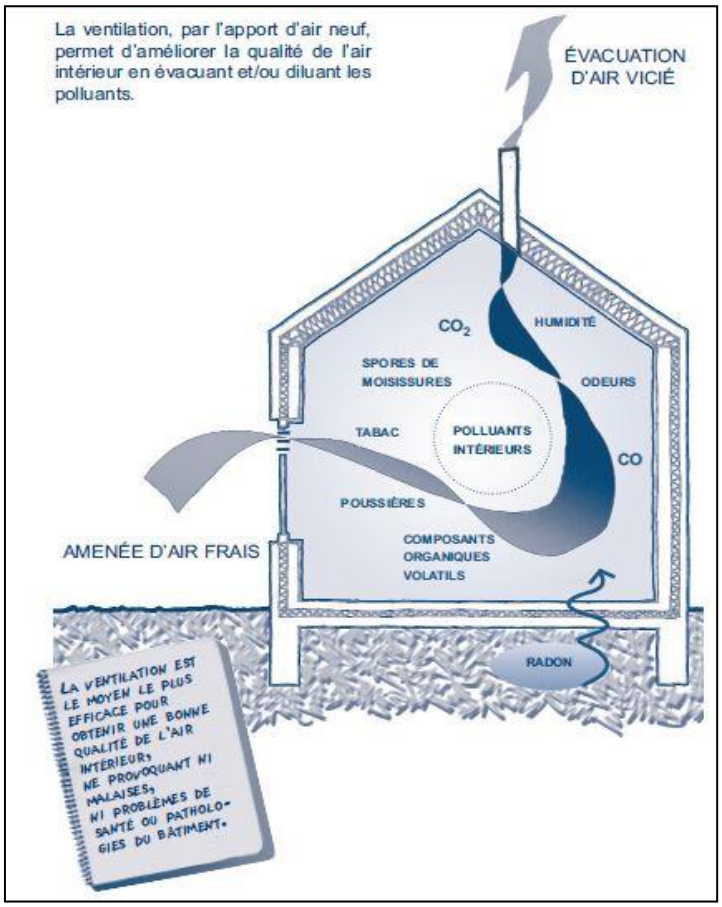


Figure 09 : la ventilation naturelle
(Guide pratique de la ventilation naturelle des habitations/Sep 2018)

La ventilation a pour but d'éviter les dégradations du bâtiment et de préserver la qualité de l'air intérieur. Elle permet d'évacuer l'humidité produite par les occupants et leurs activités, les gaz et les particules volatils et autres polluants qui pourraient stagner.

Avantages	Inconvénients
- Système facile à installer, - Système économique avec un entretien peu contraignant, - Silencieux.	- Air non filtré (selon le système choisis), - Les mouvements d'air continus créés entraînent une perte importante de la chaleur du bâtiment en hiver, - Le renouvellement de l'air est en fonction des saisons et du climat.

- Toute solution de ventilation doit être adaptée au contexte local, à la fois climatique, urbain, technique et économique. Il est notamment important de savoir si les solutions préconisées feront l'objet d'une maintenance correcte.

I-3) La relation entre le vent et la ventilation naturelle

La ventilation naturelle est le résultat de deux phénomènes : la force du vent et le tirage thermique,

a) Effet du vent

C'est le renouvellement d'air produit par une différence de pression d'air entre l'extérieur d'un bâtiment et son intérieur, ainsi qu'entre deux façades opposées d'un bâtiment, ce différentiel de pression engendre un mouvement d'air. L'air entre d'un côté, traverse les pièces et ressort du côté opposé, comme un courant d'air. Ce système de ventilation naturelle dépend du climat, par conséquent il n'est pas toujours fiable.

b) Le tirage thermique

C'est le renouvellement d'air basé sur une différence de température, il consiste à installer des bouches d'aération en bas des murs. L'air froid, reste au sol car plus lourd que l'air chaud, y pénètre et est évacué grâce à un conduit vertical qui le rejette vers le toit.

Souvent, ces deux moyens sont utilisés simultanément, pour être encore plus efficaces.

I-4) Les types de la ventilation naturelle

I-4-a) Fonctionnement par différence de pression

1) Ventilation d'un seul côté / mono exposé

C'est le cas où il n'y a des ouvertures que d'un seul côté, généralement une seule façade de l'espace à ventiler, tandis que l'autre côté est cloisonné et sans ouvrants.

- **Ouverture unique en façade**

L'efficacité de cette configuration étant faible, il faut se limiter, en général, à une profondeur de la pièce inférieure ou égale à 2 fois la hauteur sous plafond. On considère qu'une profondeur de 6 mètres est le maximum pour avoir une ventilation efficace dans toute la zone.

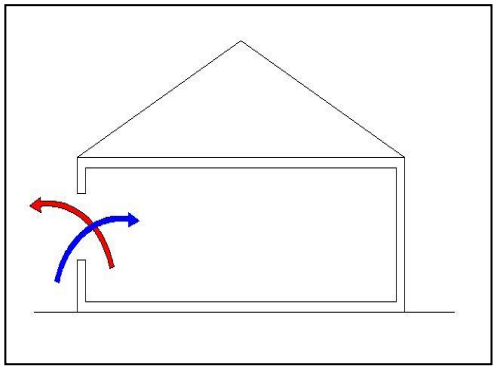


Figure 10 : ventilation mono exposée (L'auteur)

- **Deux ouvertures en façade**

Il est possible d'avoir une ventilation mono-exposée avec deux ouvertures placées à une hauteur différente. Dans ce cas, le tirage thermique est renforcé, car il y a une séparation physique entre l'entrée et la sortie d'air. Comme précédemment, le tirage thermique dépend de la différence de température entre l'extérieur et l'intérieur, mais aussi de la distance verticale séparant les ouvertures. Grossièrement, la profondeur de la pièce ne doit pas être supérieure à2,5 fois la hauteur sous plafond, pour une hauteur entre l'entrée d'air et l'extraction d'environ 1,5.

2) Ventilation transversale

La ventilation transversale correspond au cas où l'air entre par une façade du bâtiment et ressort par une façade différente, généralement du côté opposé. La ventilation naturelle est alors essentiellement due à la force du vent.

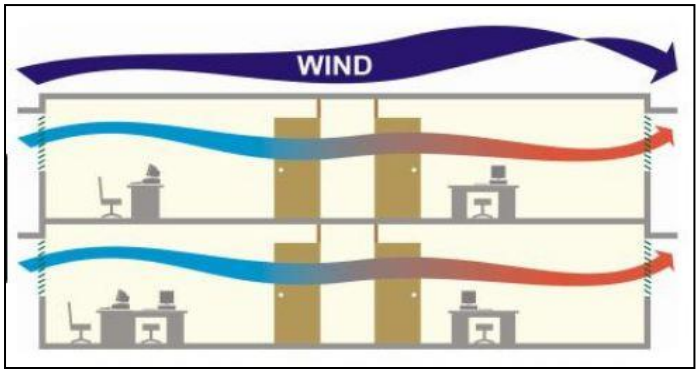


Figure 11 : ventilation transversale

La règle est de se limiter à une profondeur
Inférieur à 5 fois la hauteur sous plafond (15m)

I-4-b) Fonctionnement avec différence de température et de hauteur

- **Capteur de vent et variantes**

Les capteurs de vent sont des dispositifs utilisés traditionnellement en Iran. Ils sont également appelés badgir. C'est une sorte de cheminée montée en toit qui capture le vent à grande hauteur, où la vitesse du vent (donc la pression dynamique du vent) est généralement plus élevée. Le différentiel de pression étant alors plus important, le débit de ventilation s'en trouve augmenté. Il faut tout de même prêter attention au tirage thermique qui peut jouer contre cet effet, et donc l'inverser si la vitesse du vent est faible

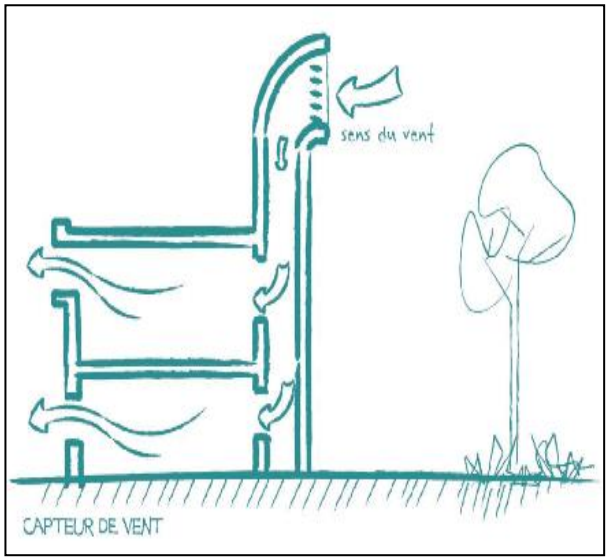


Figure 12 : Capteur de vent
(Cour le vent et la ventilation 2018/2019)

Le capteur de vent est un dispositif traditionnel, et des versions modernisées existent, qui ne rentrent pas dans le contexte d'une ventilation transversale. Le ventilateur monté en toit est une petite cheminée compartimentée qui capte le vent à 360°. Le compartiment faisant face au vent fait office d'entrée d'air, tandis que le compartiment opposé fait office de sortie d'air. Le côté au vent est en surpression et le côté sous le vent est en dépression, le différentiel ainsi créé va entrainer un mouvement d'air permettant l'établiss

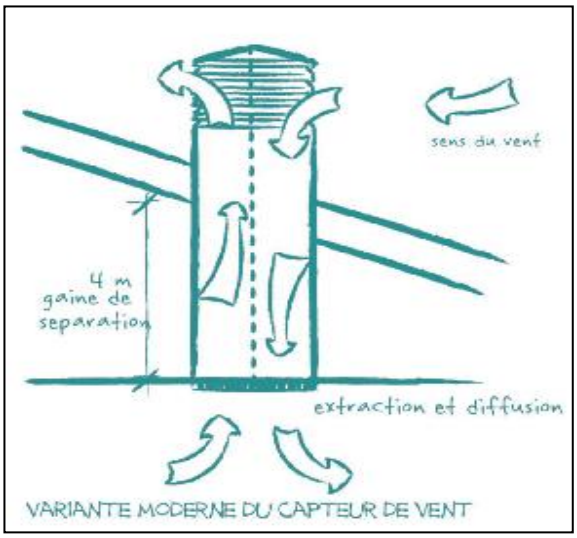


Figure 13 : Capteur de vent modernisé
(Cour le vent et la ventilation/2019)

- **Ventilation par cheminée**

C'est une ventilation qui repose sur l'effet de tirage thermique, et qui peut être assistée par le vent si la sortie est conçue pour être toujours dans des zones de pression négative. La ventilation se fait dans l'espace ciblé, puis est extraite le long de conduits verticaux.

Le bon fonctionnement de la ventilation par cheminée implique que la température de l'air dans la cheminée soit la plus chaude possible, et cela sur la plus grande hauteur possible. Dans le but de maximiser cette température, on peut utiliser des éléments vitrés pour augmenter les apports. Idéalement, il faut qu'une grande hauteur reçoive des apports solaires, pour augmenter au maximum l'effet de tirage thermique.

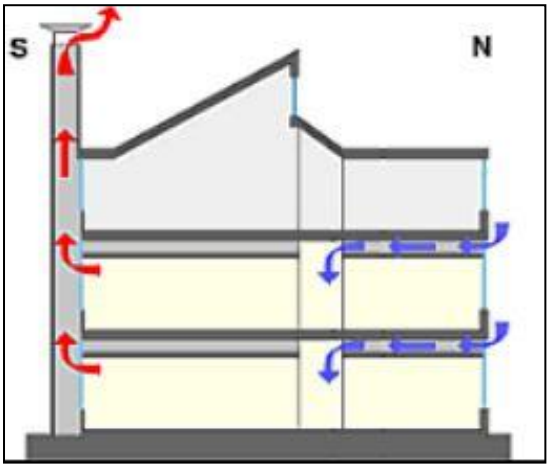


Figure 14 : ventilation par cheminée

- **Ventilation par atrium**

L'atrium permet de remplir de nombreuses fonctions, en amenant de la lumière naturelle notamment. Il joue également un rôle dans la ventilation naturelle, car il agit comme une cheminée solaire géante. De plus, l'intérêt de l'atrium est que le volume de bâtiment que l'on peut ventiler naturellement est doublé par rapport au cas précédent de la cheminée placée sur un côté, puisque l'entrée d'air se fait des deux côtés du bâtiment, tandis que l'extraction se fait au milieu.

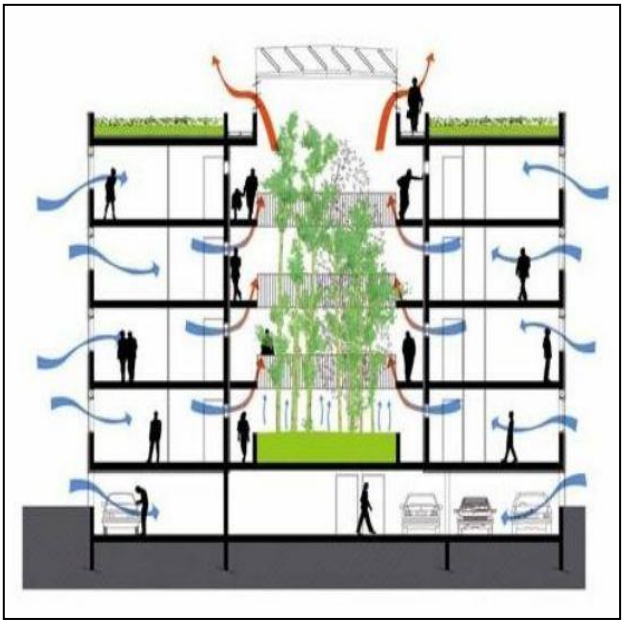


Figure 15 : ventilation par atrium

- **Ventilation par façade double peau (FDP)**

Ce choix de conception est judicieux lorsqu'il s'agit de répondre à un certain nombre de contraintes, tels qu'un grand pourcentage de vitrage, pas de dispositifs extérieurs d'ombrage, ou bien lorsque les matériaux de façade nécessitent d'être protégés des éléments.

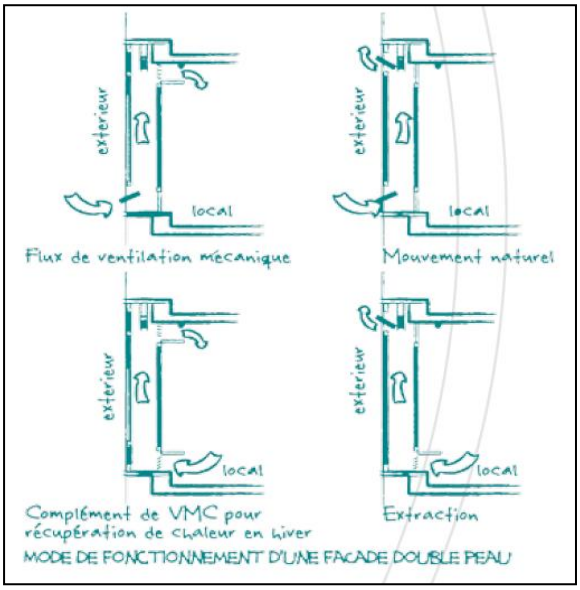


Figure 16 : ventilation par façade double peau.

D'une manière générale, on considère qu'il n'est jamais bon du point de vue de la thermique d'été d'avoir une grande façade entièrement vitrée ou presque, même en double peau. Une FDP est le plus souvent constituée de deux parois en verre avec des protections solaires entre les deux. La cavité constituée entre les deux unités vitrées est ventilée afin d'extraire les gains solaires et d'éviter qu'ils ne réchauffent l'intérieur du bâtiment.

La FDP peut être utilisée pour extraire l'air chaud vers l'extérieur. Dans le cas d'une ventilation mécanique, il est possible d'utiliser la FDP pour la récupération de chaleur en hiver. Enfin, il faut varier les débits en fonction des heures de la journée, et en fonction de l'exposition de la façade. Une façade exposée doit être plus ventilée.

- **Ventilation par puit canadien**

La ventilation par puits canadien peut fonctionner naturellement ou à l'aide d'un tirage par ventilateur. Dans tous les cas l'air transite par de longs conduits qui passent dans la terre. Ceci permet de tempérer l'air par échange avec la terre : en hiver, l'air froid est réchauffé et en été l'air chaud est rafraîchi.

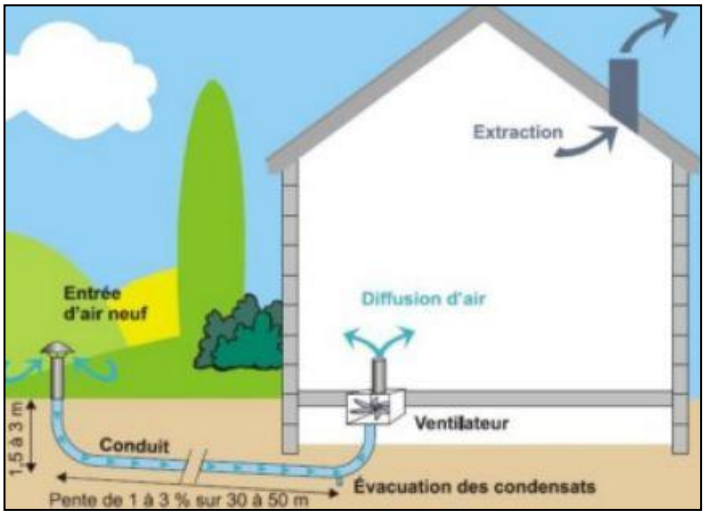


Figure 17 : ventilation par puit canadien

Le système est basé sur le simple constat que la température de la terre est plus ou moins constante à partir d'une certaine profondeur. A deux mètres environ, elle se maintient autour de 15°C pendant l'été et de 5°C pendant l'hiver.

Il est recommandé :

- de limiter le diamètre des tuyaux à 30 cm pour s'assurer d'un bon échange ;
- d'utiliser des tuyaux d'un seul tenant et d'au moins 30 m de long ;
- de les poser sur de la terre d'alluvions ou, à défaut, sur des sablons pour avoir une terre qui les enveloppe bien et qui soit conductrice;
- de les recouvrir de terre et non d'un bâtiment, de façon à ce que la chaleur solaire vienne bien recharger la terre qui les recouvre ;

- de prendre l'air, si possible, à au moins 1,30 m du sol ;
- de prévoir un dispositif qui permet à d'éventuels condensats d'être évacués dès leur formation.

I-4-c) La ventilation naturelle hybride

La ventilation naturelle hybride est un bon compromis parce que la ventilation naturelle seule ne suffit pas toujours, il est souvent indispensable d'ajouter un dispositif mécanique pour renouveler l'atmosphère d'une pièce. Cela permet notamment de contrôler le débit d'air entrant dans le logement.

Couplée à un système d'assistance mécanique à basse pression, l'installation de ventilation naturelle hybride peut alors prouver ses performances. C'est notamment le cas pendant les périodes de froid ou de fortes chaleurs, où la ventilation naturelle seule peine à fonctionner correctement.

La ventilation naturelle hybride permet de faire des économies, tout en limitant les déperditions énergétiques. En effet, en hiver, la ventilation naturelle laisse entrer l'air froid extérieur dans l'habitation. Cela rafraichit le thermostat intérieur et réduit l'efficacité du système de chauffage. Pour éviter de tels gâchis énergétiques, le mécanisme électrique de la ventilation naturelle hybride va venir gérer le débit d'air, et ainsi limiter l'entrée de l'air trop froid.
La Ventilation hybride, combine les avantages de la ventilation naturelle et de la ventilation mécanique. Le système est piloté suivant les conditions climatiques et bascule automatiquement entre le mode naturel et le mode assistance mécanique. Ceci permet de profiter au maximum des forces motrices naturelles réduisant ainsi au minimum la consommation électrique des auxiliaires.

CHAPITRE II

L'ALGÉRIE ET SES ÉNERGIES RENOUVELABLES

INTRODUCTION

L'Algérie a intégré dans sa politique énergétique la problématique du développement durable et de sauvegarde de l'environnement, à travers une large utilisation d'énergies propres telles que l'électricité et le gaz naturel. Aujourd'hui, le taux d'électrification et celui de raccordement en gaz ont atteint respectivement 99% et 47%, illustrant les performances remarquables et les efforts de l'Etat mis en œuvre à travers la Société Nationale de L'électricité et du Gaz (Sonelgaz), s'inscrivant ainsi parmi les objectifs du millénaire pour le développement.

Dans cette même perspective de satisfaire la demande nationale tout en préservant les ressources d'hydrocarbures, le Gouvernement a adopté un ambitieux programme de développement des énergies renouvelables à l'horizon 2030.

Le secteur économique de l'énergie en Algérie occupe une place prédominante dans l'économie de l'Algérie : les hydrocarbures à eux seuls représentent 60 % des recettes du budget et 98 % des recettes d'exportation.

L'Algérie en 2015, est le 18e producteur de pétrole, le 10e producteur de gaz naturel et le 6e exportateur de gaz naturel au monde.

La production et la consommation d'énergie, y compris dans le secteur de l'électricité, sont tirées des hydrocarbures à plus de 99 %.

Cependant, l'État algérien commence à envisager des solutions écologiques en investissant dans les énergies nouvelles et renouvelables. Selon le Programme algérien de développement des énergies renouvelables et d'efficacité énergétique (PENREE) de 2012, l'Algérie vise une puissance installée d'origine renouvelable de 22 000 MW d'ici 2030. Mais trois ans après ce plan, les réalisations se font attendre : le rapport annuel du Global Wind Energy Council sur l'éolien ne mentionne même pas l'Algérie, et celui de l'Agence internationale de l'énergie sur le solaire annonce seulement que l'Algérie a installé 300 MW.

I) SITUATION ENERGETIQUE DE L'ALGERIE

Les informations présentées dans ce chapitre sont tirées de bilan énergétique national 2017 du ministère de l'énergie qui a fait ressortir ce qui suit :

- La production commerciale d'énergie primaire a atteint 165,9 Millions de Tonne équivalent pétrole (Tep), en quasi-stabilité (-0,2%) par rapport aux réalisations de l'année 2016 ;

- L'énergie disponible, somme de la production, des importations et des stocks, a atteint 169,8 M Tep ;
- Les importations ont augmenté de +1,6% à 4,2 M Tep, tirée notamment par le Coke ;
- Les exportations ont atteint 108,3 M Tep, reflétant une baisse de -2,2% par rapport aux réalisations de 2016 ;
- Le bilan des échanges fait ressortir un solde exportateur net de 104,1 M Tep, en baisse de -2,3% par rapport à l'année 2016, sous l'effet combiné de la baisse des exportations et de la hausse des importations ;
- La consommation nationale totale d'énergie a atteint 59,6 M Tep en 2017, en hausse de +2,1% par rapport à 2016. Elle représente plus d'un tiers (35,9%) de la production totale ;
- La consommation finale d'énergie a enregistré une augmentation (+4,1%) pour atteindre 44,6 M Tep, tirée notamment par le gaz naturel (+7,9%) et l'électricité (+6,4%). Par contraste, la consommation des produits pétroliers a connu une baisse (-1,2%), pour la seconde année consécutive.

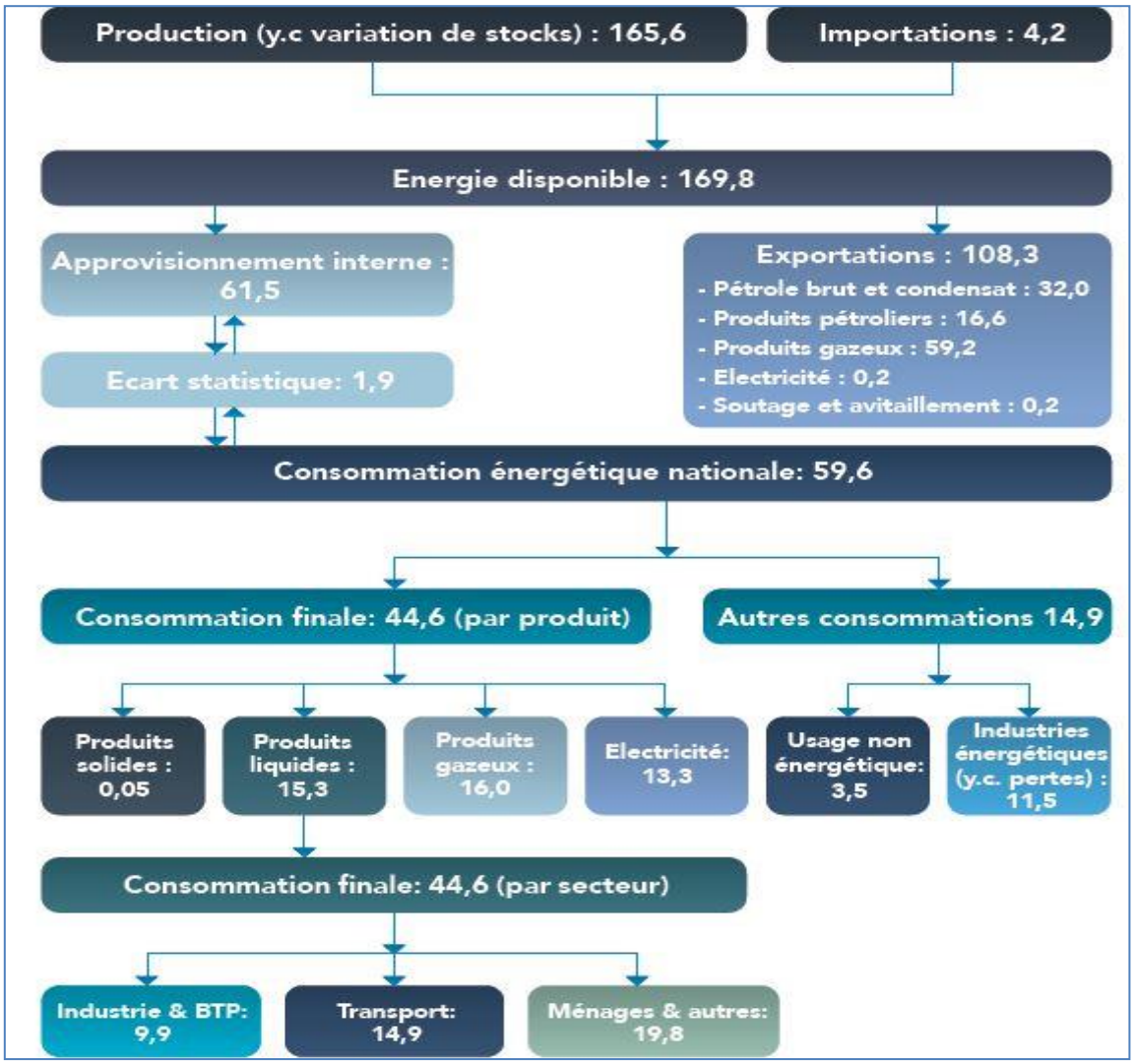


Figure 18 : Synthèse des flux en Mtep pour l'année 2017énergitiques

I-1) PRODUCTION NATIONALE D'ENERGIE

A. Production d'énergie primaire

La production commerciale d'énergie primaire a enregistré une quasi-stabilité (-0,2%) par rapport aux réalisations de 2016, pour atteindre 165,9 M Tep.

Ainsi, la hausse de la production du gaz naturel a compensé partiellement la baisse de production des liquides (pétrole et GPL) en raison notamment de l'application de l'accord de réduction de production de l'OPEP.

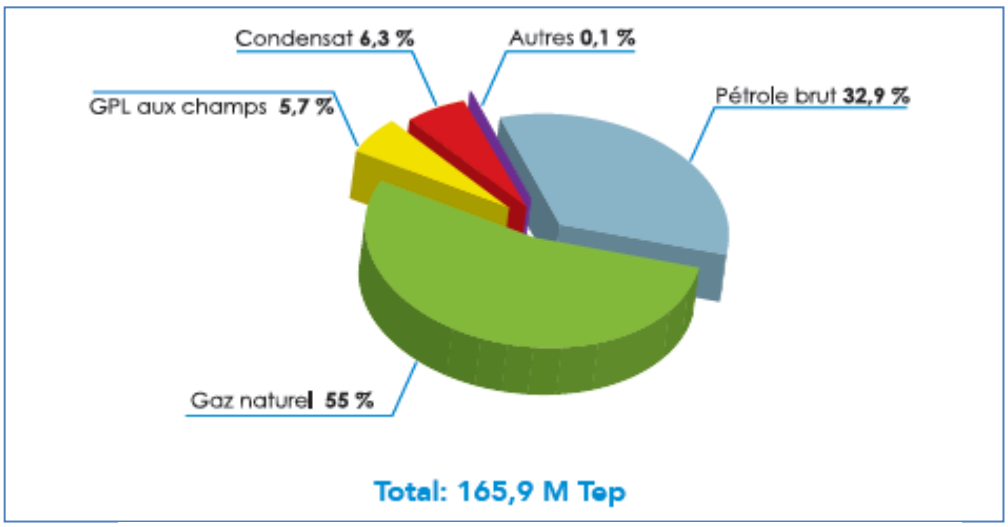


Figure 19 : Structure de la production de l'énergie primaire

L'évolution de la production commerciale primaire est donnée dans le tableau ci-dessous :

Produit	Unités	2016	2017	Evolution	
				Quantité	(%)
Gaz naturel	K Tep	89 731	91 286	1 555	1,7
	10^6 m³	94 953	96 599		
Pétrole brut	K Tep	56 193	54 564	-1 629	-2,9
	K Tonnes	50 945	49 468		
Condensat	K Tep	10 449	10 436	-13	-0,1
	K Tonnes	9 230	9 219		
GPL aux champs	K Tep	9 726	9 416	-310	-3,2
	K Tonnes	8 242	7 980		
Electricité primaire	K Tep	80	150	69	86,3
	GWh	336	635		
Combustibles solides: Bois	K Tep	6	10	4,3	72,2
	10^3m³	31	53		
TOTAL	K Tep	166 184	165 861	-323	-0,2

Tableau 01 : Evolution de la production primaire

Il est à noter le doublement de la production d'électricité primaire (incluant la filière hydraulique), qui est passée de 336 à 635 GWh en 2017, suite à la réalisation de nouvelles capacités de production d'électricité d'origine renouvelable.

Ainsi, l'année 2017 a vu l'entrée en production de 5 centrales photovoltaïques, d'une capacité combinée de près de 125 MW ; ce qui a porté la part de production d'origine solaire et éolienne dans la production totale d'électricité primaire à plus de 90%.

Par contraste, la production d'électricité hydraulique a baissé (-22%) à 56 GWh, vu la faible pluviométrie, ramenant sa part à moins de 10% de l'électricité primaire.

B. Production d'énergie dérivée

La production d'énergie dérivée a atteint 64,2 M Tep, en hausse de 1,8% par rapport aux réalisations de 2016, suite à l'augmentation (+6,0%) de la production du gaz naturel liquéfié (GNL), de l'électricité thermique (5,2%) et du GPL (5,3%). Cette hausse a plus que compensé la baisse de production des produits pétroliers (-2,7%).

Produit	Unités	2016	2017	Evolution	
				Quantité	(%)
Produits pétroliers	K Tep	29 953	29 139	-814	-2,7
	K Tonnes	28 497	27 688		
Electricité thermique*	K Tep	16 860	17 743	884	5,2
	GWh	70 661	75 382		
GNL	K Tep	14 963	15 862	899	6,0
	10^6 m^3	15 833	16 785		
GPL (Raffineries et Unités GNL)	K Tep	1 316	1 386	70	5,3
	K Tonnes	1 115	1 175		
Autres (Gaz de haut fourneau)	K Tep	-	85	85	-
	10^6 m^3	-	90		
TOTAL	K Tep	63 091	64 215	1 124	1,8

(*)- y compris auto-producteurs

Tableau 02 : Evolution de la production d'énergie dérivée

La structure de la production d'énergie dérivée reste dominée par les produits pétroliers avec 45,4%, comme illustré ci-dessous :

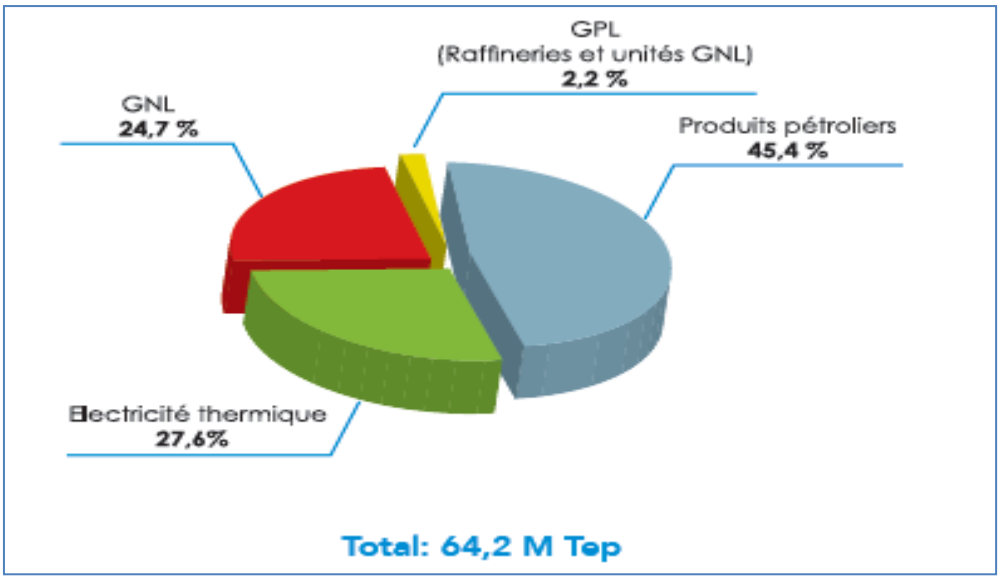


Figure 20 : Structure de l'énergie dérivée

S'agissant de la répartition de la consommation finale par produit, elle est donnée dans le graphe ci-dessous, qui fait ressortir une prépondérance de la part des produits pétroliers (34%), et ce malgré la baisse (-5,3%) enregistrée en 2017.

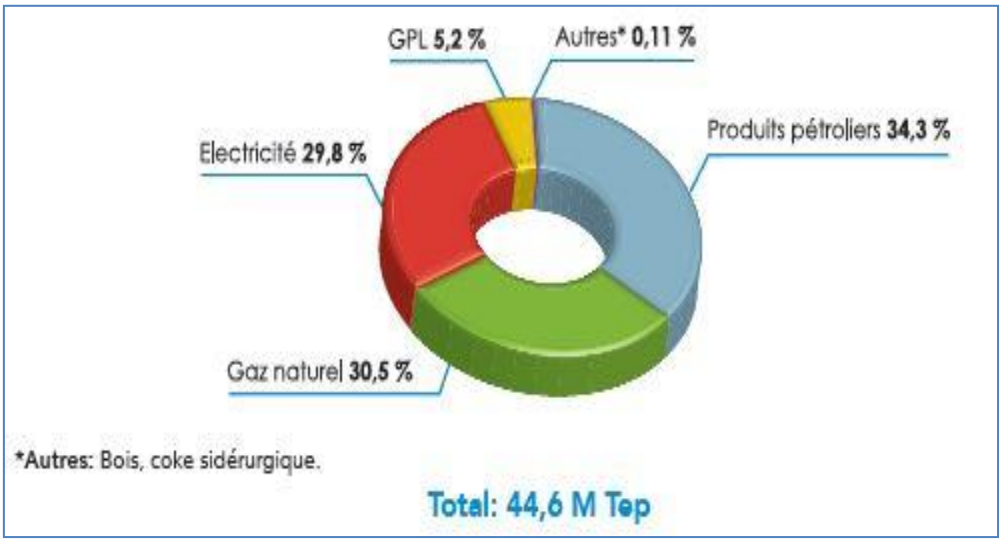


Figure 21 : Structure de la consommation finale d'énergie par produit

La consommation d'électricité par habitant atteignait 1 363 kWh en 2014, soit seulement 45 % de la moyenne mondiale : 3 030 kWh, mais 2,4 fois la moyenne africaine : 568 kWh (France : 6 955 kWh ; Maroc : 912 kWh). (Source Wikipédia)

II) LES DIFFERENTES ENERGIES RENOUVELABLES DISPONIBLES EN ALGERIE

Le gouvernement algérien a adopté fin février 2015 son programme de développement des énergies renouvelables 2015-2030. Une première phase du programme, démarrée en 2011, avait permis la réalisation de projets pilotes et d'études dans le but d'exploiter le potentiel national dont elle dispose :

II-1) L'énergie solaire

L'Algérie comptait, en mai 2018, 24 centrales photovoltaïques d'une puissance totale de 344 MWc27.Afin de préserver les réserves énergétiques actuelles (pétrole et gaz), le pays a opté pour le développement et l'exploitation de l'énergie solaire.

Figure 22 : Energie solaire

La Société Nationale de l'Electricité et de Gaz (Sonelgaz) a été chargée de construire la centrale électrique mixte de Hassi R'Mel, mise en service en 2011 à Tilghemt dans la wilaya de Laghouat dans le sud du pays, d'une capacité de 150 mégawatts (30 MW solaire thermodynamique + 120 MW gaz). C'est la société New Energy Algeria (NEA), qui est chargée du secteur des énergies nouvelles et renouvelables.

Le 9 décembre 2011, la société algérienne de l'électricité et du gaz Sonelgaz et Desertec Industry Initiative ont signé à Bruxelles un accord de coopération visant au renforcement des échanges d'expertise technique, à l'examen des voies et moyens pour l'accès aux marchés extérieurs et à la promotion commune du développement des énergies renouvelables en Algérie et à l'international. La première usine privée algérienne de fabrication de panneaux solaires est opérationnelle à partir du mois de mars 2012 avec un taux d'intégration nationale de 90 %30.

II-2) L'énergie éolienne

Un autre domaine des énergies renouvelables est à développer et promouvoir en Algérie, c'est l'énergie éolienne. Un projet portant sur la réalisation d'une ferme éolienne à Adrar a été attribué au consortium algéro-français, Cegelec32.

Figure 23 : Energie éolienne

Ainsi le fabricant français d'éoliennes Vergnet a remporté un appel d'offres international auprès de la Compagnie d'Engineering de l'électricité et du gaz (CEEG), une filiale du groupe Sonelgaz, concernant l'installation du premier parc éolien à Adrar au sud-ouest du pays. Ce complexe éolien aura une puissance de 10 MW et devrait être mis en service courant de l'année 2012.Mais après plus d'une année et demi de retard pour le lancement de cette ferme éolienne, elle n'a été mise en service que le 03 juillet 2014, alors que d'autres projets programmés dans le plan du gouvernement sont en attente de concrétisation.

II-3) L'énergie hydraulique

Il existe un projet de coopération entre l'Algérie et le Canada concernant les ressources renouvelables. En effet, Abdelkader Ouali (le ministre des ressources en eau et de l'environnement) et Isabelle Roy (l'ambassadrice du Canada a Alger) ont eu une audience au siège du ministère pour traiter de la collaboration sur plusieurs projets liés à l'eau. L'enjeu est de former les Algériens (grâce à l'aide des canadiens).

II-4) L'énergie nucléaire

Pour que l'Algérie diversifie ses sources d'énergie afin de faire face à l'après-pétrole, l'énergie nucléaire est la seule source énergétique qui pourrait remplacer le pétrole et le gaz, sa matière première « l'uranium » est abondante dans le pays, il suffit de la valoriser.

Depuis de longues années, l'Algérie a beaucoup investi dans le nucléaire. Elle dispose de deux réacteurs nucléaires : le réacteur nucléaire de Draria sur les hauteurs d'Alger d'une capacité de 3 mégawatts (MW) et construit par les Argentins en 1984, et le réacteur d'Aïn Oussara à 250 km au sud d'Alger construit par les Chinois, d'une capacité de 15 MW. Ces deux réacteurs sont régulièrement inspectés par l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) dont l'Algérie est membre.

Selon certaines sources, l'Algérie dispose d'une réserve de 26 000 tonnes d'uranium et compte se doter d'une centrale nucléaire tous les cinq ans après sa première centrale dont l'acquisition est prévue probablement en 2020. (Source : bilan énergétique national 2017 du ministère de l'énergie).

III) OBJECTIFS DU PROGRAMME DES ENERGIES RENOUVELABLES EN ALGERIE (2015-2020-2030)

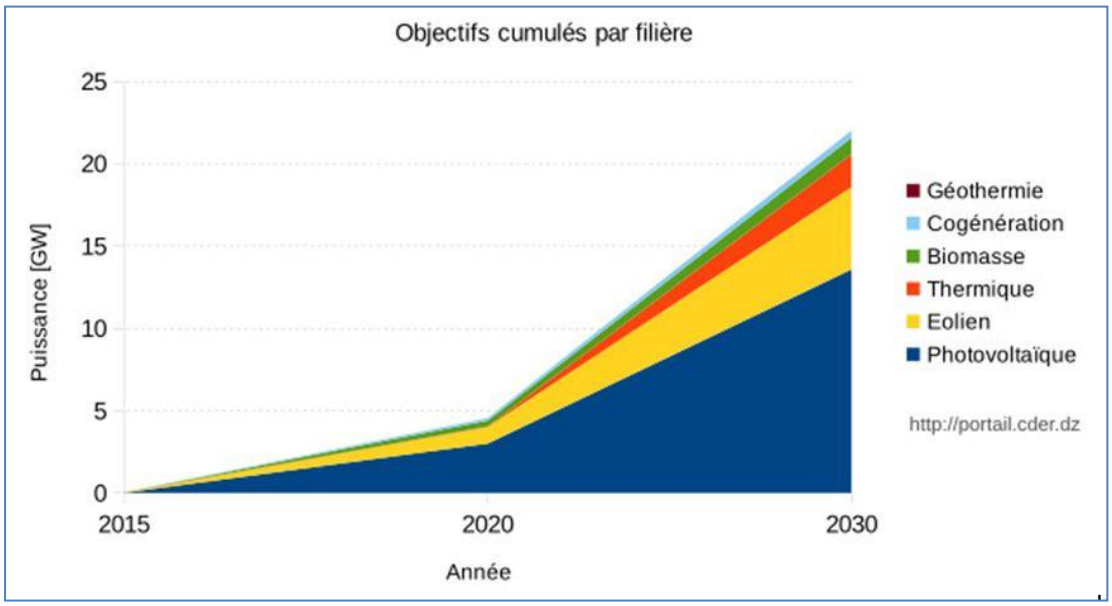


Figure 24 : objectifs du programme des énergies renouvelables

La révision du programme national porte essentiellement sur le développement du photovoltaïque et de l'éolien à grande échelle, sur l'introduction des filières de la biomasse (valorisation des déchets), de la cogénération et de la géothermie, et également sur le report, à 2021, du développement du solaire thermique (CSP). Ce programme a connu une première phase consacrée à la réalisation de projets pilotes et de tests des différentes technologies disponibles, durant laquelle des éléments pertinents concernant les évolutions technologiques des filières considérées sont apparus sur la scène énergétique et ont conduit à la révision de ce programme. Conformément à la réglementation en vigueur, la réalisation de ce programme national est ouverte aux investisseurs du secteur public et privé nationaux et étrangers.

La consistance du programme en énergies renouvelables à réaliser pour les besoins du marché national sur la période 2015-2030 est de 22 000 MW, dont plus de 4500 MW seront réalisés d'ici 2020. Ce programme consiste au développement du photovoltaïque, l'éolien à grande échelle, et les filières de la biomasse, de la cogénération et de la géothermie avec l'introduction du solaire thermique (CSP) à partir de 2021. Les capacités en énergie renouvelables seront installées selon les spécificités de chaque région : Région du Sud, pour l'hybridation des centrales existantes et l'alimentation des sites éparses compte tenu de la disponibilité des espaces et de l'important potentiel solaire et éolien qui privilégie ces régions ; Région des Hauts Plateaux pour leur potentiel d'ensoleillement et de vent avec

possibilité d'acquisition des terrains ; Région du littoral selon la disponibilité des assiettes de terrain avec l'exploitation de tous les espaces tels que les toitures et terrasses des bâtiments et autres espaces non utilisés. Les besoins complémentaires pour d'autres domaines d'application sont intégrés dans la capacité totale du photovoltaïque, tels que le résidentiel, l'agriculture, le pompage, les ressources en eau, l'industrie, l'éclairage public et les services.

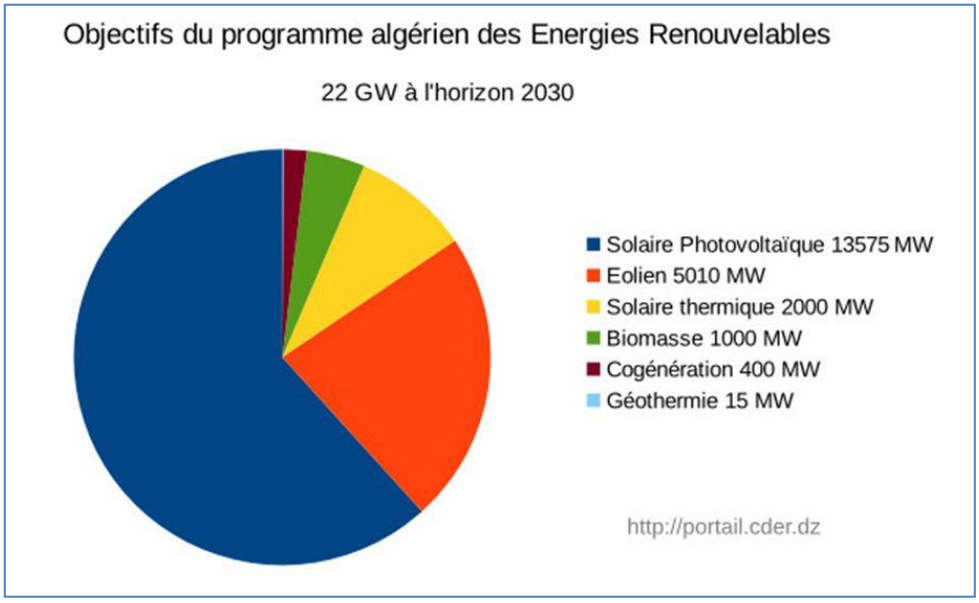


Figure 25 : Répartition de programme Algérien des énergies renouvelables par filière

La réalisation du programme permettra d'atteindre à l'horizon 2030 une part de renouvelables de près de 27% dans le bilan national de production d'électricité et 37 % de la capacité installée. Le volume de gaz naturel épargné par les 22 000 MW en renouvelables, atteindra environ 300 milliards de m^3, soit un volume équivalant à 8 fois la consommation nationale de l'année 2014.

Filière	1ère phase 2015-2020 [MW]	2ème phase 2021-2030 [MW]	TOTAL [MW]
Photovoltaïque	3 000	10 575	13 575
Eolien	1 010	4 000	5 010
CSP solaire thermique	-	2 000	2 000
Cogénération	150	250	400
Biomasse	360	640	1 000
Géothermie	05	10	15
TOTAL	4 525	17 475	22 000

Tableau 03 : Le programme de développement des énergies renouvelables

Le groupe Sonelgaz (société nationale d'électricité et du gaz) s'est investi dans le domaine des énergies nouvelles et renouvelables. Dans son programme de développement des énergies renouvelables, le groupe prévoit la réalisation de 67 projets de centrales électron-solaires, dont 27 centrales photovoltaïques, 27 centrales hybrides, 6 centrales solaires thermiques et 7 centrales éoliennes. Les plus puissantes centrales solaires seront de type solaire thermique, avec une capacité maximale de 400 MW pour l'une d'entre elles. Pour une question d'efficacité optimale, elles seront toutes installées dans les régions du sud, notamment dans les wilayas d'Adrar, d'El Oued et de Béchar.

IV) LE CADRE REGLEMENTAIRE

L'adoption du cadre juridique favorable à la promotion des énergies renouvelables et à la réalisation d'infrastructures y afférentes est défini principalement à travers les mesures ci-après :

- **Loi n° 11-11 du 18 juillet 2011** portant loi de finances complémentaire pour 2011 a relevé le niveau de la redevance pétrolière qui alimente essentiellement le Fonds National pour les énergies renouvelables et la cogénération (FNER) de 0.5% à 1% et a étendu son champ d'application aux installations de cogénération ;
- **Décret exécutif n°11-423 du 08 décembre 2011** fixant les modalités de fonctionnement du compte d'affectation spécial n° 302 -131 intitulé "Fonds national pour les énergies renouvelables et la cogénération".
- **Décret exécutif n°13-218 du juin 2013** fixant les conditions d'octroi des primes au titre des coûts de diversification de la production d'électricité.
- **Décret exécutif n°13-424 du 18 décembre 2013** modifiant et complétant le décret exécutif n° 05-495 du 26 décembre 2005 relatif à l'audit énergétique des établissements grands consommateurs d'énergie.
- **Arrêtés ministériels du 02 février 2014** fixant les tarifs d'achat garantis pour la production d'électricité à partir d'installations utilisant la filière photovoltaïque et les conditions de leur application.
- **Arrêtés ministériels du 02 février 2014** fixant les tarifs d'achat garantis pour la production d'électricité à partir d'installations utilisant la filière éolienne et les conditions de leur application.

De plus, **la Loi n° 11-11 du 18 juillet 2011** portant loi de finances complémentaire pour 2011 a relevé le niveau de la redevance pétrolière qui alimente essentiellement le Fond National pour énergies renouvelables de 0.5% à 1% et a étendu son champ d'application aux installations de cogénération.

La réglementation en vigueur a également prévu un mécanisme d'encouragement basé sur les tarifs d'achat garantis, le producteur d'énergie renouvelable bénéficie ainsi de tarifs d'achat qui sont garantis pour une durée de 20 ans pour les installations en Photovoltaïque et en éolien.

Outre le cadre général régissant le développement de l'investissement dont le régime spécifique de la convention peut être ouvert à la promotion des énergies renouvelables, le cadre juridique en vigueur prévoit des soutiens directs et indirects aux énergies renouvelables.

Aussi et afin d'encourager et soutenir les industriels dans la réalisation de ce programme, il est prévu, entre autres, la réduction des droits de douane et de la TVA à l'importation pour les composants, matières premières et produits semi-finis utilisés dans la fabrication des équipements en Algérie, dans le domaine des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique.

- **Arrêté interministériel du 07 Octobre 2012 modifiant l'arrêté interministériel du 17 Septembre 2000** portant la nomenclature des recettes et des dépenses imputables sur le compte d'affectation spéciale n° 302-101 intitulé "Fonds national pour la maîtrise de l'énergie".
- **Décret exécutif n° 05-495 du 24 Dhou El Kaada 1426 correspondant au 26 décembre 2005** relatif à l'audit énergétique des établissements grands consommateurs d'énergie.
- **Décret Exécutif N° 06-02 du 07 Janvier 2006 portant** les valeurs limites, les seuils d'alerte et les objectifs de qualité de l'air en cas de pollution atmosphérique.
- **Décret Exécutif n° 06-104 du 28 Février 2006** portant la nomenclature des déchets, y compris les déchets spéciaux dangereux.
- **Décret Exécutif N° 06-138 du 15 Avril 2006** portant émission dans l'atmosphère de gaz, fumées, vapeurs, particules liquides ou solides, ainsi que les conditions dans lesquelles s'exerce leur contrôle.
- **Décret Exécutif n° 06-141 du 19 Avril 2006** portant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels.

- **Décret Exécutif n° 06-198 du 31 Mai 2006** définissant la réglementation applicable aux établissements classés pour la protection de l'environnement.
- **Décret Exécutif n° 07-145 du 19 Mai 2007** portant le champ d'application, le contenu et les modalités d'approbation des études et des notices d'impact sur l'environnement
- **Arrêté du 21 Mai 2007** portant désignation des membres du Conseil de l'Administration de l'Agence pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie.
- **Arrêté Interministériel du 3 Novembre 2008** portant les appareils et les catégories d'appareils à usage domestique soumis aux règles spécifiques d'efficacité énergétique et fonctionnant à l'énergie électrique
- **Arrête interministériel du 29 Novembre 2008** portant les dispositions générales relatives aux modalités d'organisations et d'exercice du contrôle d'efficacité énergétique des appareils à usage domestique soumis aux règles spécifiques d'efficacité énergétique et fonctionnant à l'énergie électrique
- **Arrêté du 21 février 2009** portant Etiquetage énergétique des climatiseurs à usage domestique soumis aux règles spécifiques d'efficacité énergétique et fonctionnant à l'énergie électrique.
- **Arrêté du 29 septembre 2010** portant Cahiers des charges définissant les méthodologies, le rapport d'audit et sa synthèse, le guide méthodologique, les valeurs des pouvoirs calorifiques, les facteurs de conversion pour le calcul de la consommation ainsi que les modalités d'agrément des auditeurs.
- **Arrêté du 23 mars 2011** portant Désignation des membres du conseil d'administration de l'agence pour la promotion et la rationalisation de l'utilisation de l'énergie (APRUE)
- **Arrêté du 7 Mai 2012** portant Nomination des membres du Comité Intersectoriel de la Maîtrise de l'Energie.
- **Décret du 11 Décembre 2012** portant Ratification du mémorandum d'entente entre le Gouvernement de la République algérienne démocratique et populaire et le Gouvernement de la République tunisienne dans les domaines de la maîtrise de l'énergie et des énergies renouvelables.
- **Décret exécutif n° 13-424 du 15 Safar 1435 correspondant au 18 décembre 2013 modifiant et complétant le décret exécutif n° 05-495 du 24 Dhou El Kaada 1426**

correspondant au 26 décembre 2005 relatif à l'audit Energétique des Etablissements grands consommateurs d'Energie.

- **Arrêté interministériel du 21 Chaâbane 1435 correspondant au 19 juin 2014 modifiant et complétant l'arrêté interministériel du 20 Chaoual 1431 correspondant au 29 septembre 2010** portant sur les cahiers des charges définissant la méthodologie, le rapport d'audit et sa synthèse, le guide méthodologique, les valeurs des pouvoirs calorifiques, les facteurs de conversion pour le calcul de la consommation ainsi que les modalités d'agrément des auditeurs.
- **Arrêté interministériel du 22 Rabie El Aouel 1438 correspondant au 22 décembre 2016** précisant les modalités du suivi et de l'évaluation du compte d'affectation spéciale n° 302-131 intitulé Fonds national pour la maitrise de l'énergie et pour les énergies renouvelables et de la cogénération**.**
- **Décision n° 17-01 du 4 Rabie Ethani 1438 correspondant au 2 janvier 2017** portant publication de la liste des banques et de la liste des établissements financiers agréés en Algérie.

A travers ces différents textes règlementaires, nous constatons que l'Algérie présente une bonne volonté de s'inscrire dans la politique de développement durable et de l'économie énergétique.

CONCLUSION

La prise de conscience d'associer l'environnement au développement a commencé en Algérie à travers des textes règlementaires depuis les années 90, puis par l'adoption d'une stratégie de développement durable reposant sur différents axes, il s'agit des politiques mises en place d'une façon progressive, des instruments de planification et d'actions qui concernent même la lutte contre la pollution.

A l'heure actuelle, l'Algérie est engagée dans deux grands projets qui donnent une place à l'énergie solaire et à l'énergie éolienne, la centrale gaz-solaire de Hassi R'Mel et la ferme éolienne de Tindouf, à travers le groupe NEAL. Elle donne l'opportunité au secteur privé d'investir dans le marché de l'électricité et la distribution du gaz par canalisations grâce à la loi qui en ouvre l'accès (loi 02-01 du 5 février 2002). Les projections à 2015 sur les moyens de production d'électricité et qui analysent deux scénarios donnent les orientations à prendre pour que 6 % de la production globale soient d'origine renouvelables [(1).]

(1).Pluralité énergétique : enjeux et stratégie pour l'Algérie
Revue des Energies Renouvelables ICRESD-07 Tlemcen (2007) 41 -46

CHAPITRE III

LA VENTILATION NATURELLE ET LE CONFORT THERMIQUE DANS LES LOCAUX DE LA DIRECTION DU LOGEMENT À TIZI OUZOU

INTRODUCTION

Dans le but de cerner les principaux problèmes du confort thermique dans le bâtiment tertiaire, nous avons choisis comme cas d'étude, le bâtiment de la direction du logement de Tizi-Ouzou, vue que le secteur tertiaire occupe une place prépondérante dans l'économie énergétique, et cela en essayons de réduire la consommation élevée d'énergie en période estivale due à l'utilisation abusive de la climatisation qui a pour but d'assurer le confort thermique des employés en ayant de bonnes conditions de travail.

Nous allons procéder à une analyse du projet et de son contexte que ce soit géographique, climatique ou urbain pour accueillir les informations nécessaires qui guideront nos réflexions

I) PRESENTATION DE LA VILLE DE TIZI OUZOU

La direction du logement se situe dans le chef-lieu de la wilaya de Tizi Ouzou, pour cela nous allons présenter les différentes données de cette région.

I-1) Données géographiques

La wilaya de Tizi Ouzou est située à 100 km à l'est de la capitale Alger, à 93 km à l'ouest de Béjaïa, à 52 km à l'est de Boumerdès et à 39,5 km au nord-est de Bouira. A l'issue du découpage administratif de 1984, la wilaya de Tizi-Ouzou compte 21 daïrates et 67 communes, couvrant une superficie de 10 236 hectares. Tizi Ouzou s'ouvre sur plusieurs cotes littorales (Azefoun, Tigzirt et Boumerdès)

Les coordonnées géographiques de la commune au point central de son chef-lieu valent respectivement 36° 43′ 00″ Nord et 4° 03′ 00″ Est.

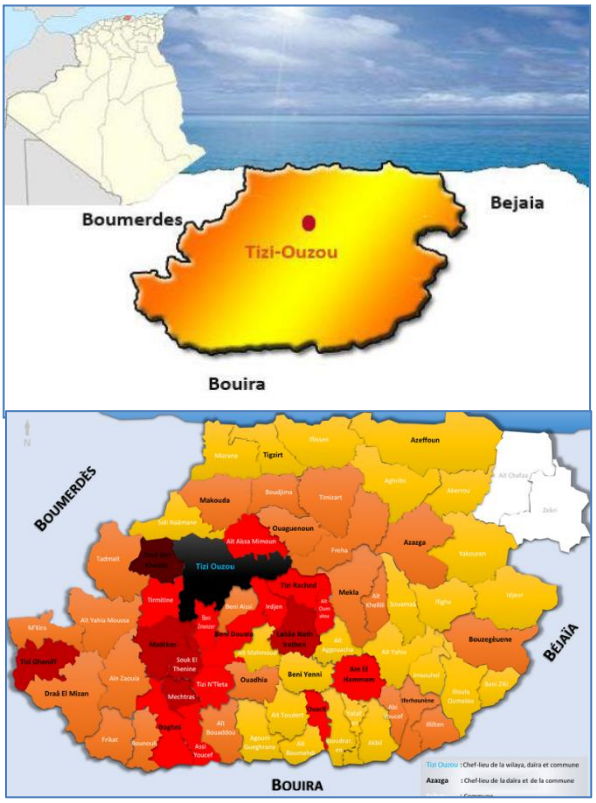


Figure 26 : situation de la wilaya de Tizi Ouzou et ses différentes communes (Wikipédia)

I-2) Relief et hydrographie

a) Relief

La Wilaya de Tizi-Ouzou présente un relief montagneux fortement accidenté qui s'étale sur une superficie de 2 994 km². Elle comprend une chaîne côtière composée des

Daïras de Tigzirt, Azzeffoun, un massif central situé entre l'Oued Sebaou et la dépression de Drâa El Mizan Ouadhias. La ville est construite à une altitude de 200 m. La ville des genêts s'étale au pied du mont Sidi Belloua auquel s'adosse une partie de la vieille ville, dite la Haute Ville.

b) hydrographie

Le réseau hydrographique renferme deux (02) grands bassins versants à savoir le bassin de l'Oued-Sebaou et le bassin côtier.

La wilaya de Tizi Ouzou dispose d'un grand barrage d'eaux pluviales : « le barrage de Taqsebt » qui s'étend sur une surface de 550 ha, se situe à 10 km à l'est de la ville de Tizi-Ouzou sur l'Oued Aïssi (littéralement rivière d'Ait Aïssi). Il a nécessité un investissement de 540 millions d'euros et a été officiellement mis en service le 5 juillet 2007. Il est alimenté par les eaux de pluie et de fonte du manteau nival du Djurdjura. Il comprend une station de traitement d'eau potable, une station de pompage, des tunnels ayant une canalisation de 95 km pour permettre le transfert de 150 millions de m^3 par an. Le barrage est doté d'une capacité de stockage de 175 millions de m^3 mais pouvant en atteindre 181 millions en cas de fortes pluies. Ce barrage alimente la wilaya de Tizi Ouzou à raison de 20 000 m3/jour mais également les wilayas d'Alger, Blida et Boumerdès.

Par ailleurs, selon Iddir Ahmed Zaïd [(1)], ce barrage peut constituer à l'avenir un danger sur l'environnement tout en mettant l'accent sur la concentration de polluants, notamment des eaux usées et des déchets de toutes sortes, tant cet ouvrage hydraulique ne cesse de se transformer en bac à ordures. C'est pour cette raison d'ailleurs qu'il a insisté sur la nécessité de réaliser au plus vite les bassins de décantation, déjà annoncés par les pouvoirs publics mais dont la réalisation tarde à se concrétiser et aussi à sévir contre les pollueurs tant un arsenal juridique, qui a même donné existence à une police d'eau, existe. Faute de ces dispositions, cette pollution, a-t-il averti, donnera lieu à une prolifération de moustiques qui pourra constituer une source de maladies et de transmission. Mais dans son analyse des impacts du barrage et leur degré de nuisance sur les populations et l'environnement, le conférencier citera également l'intense évaporation qui donne lieu à un relèvement de température et une production de gaz à effet de serre. Ceci va sans dire que cette évaporation est déjà à l'origine de l'augmentation du taux d'humidité qui n'est pas sans conséquences néfastes sur la santé de la population et particulièrement la communauté des asthmatiques.

Iddir Ahmed Zaïd [(1)] : géophysicien à l'université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, a présenté une conférence intitulée "Impact des grands barrages sur l'environnement : cas du barrage de Taksebt", lors du 5e séminaire sur l'eau au niveau de l'auditorium de l'UMMTO.

I-3) Données climatiques

La région de Tizi-Ouzou se situe dans la bande du climat méditerranéen sur la zone de contact et de lutte entre les masses d'air polaire et tropical. Son chef-lieu se caractérise par un hiver frais et pluvieux et un été très chaud. En effet, la ville dans sa quasi-totalité est encaissée entre deux massifs imposants empêchant la pénétration de l'air frais provenant du côté Nord et emprisonne les rayonnements d'énergie émis par les bâtiments et les sols bitumeux de la ville. Toutefois la réalisation du barrage de Taksebt au niveau de la wilaya a fait que l'humidité a augmenté considérablement ces dernières années, vient s'ajouter à des températures très élevées, ce qui donne lieu à des sensations d'inconfort insurmontables.

Afin de mieux caractériser le climat de la ville de Tizi-Ouzou, il est utile d'analyser la température et la pluviosité qui sont les deux éléments principaux du climat, en interprétant les données météorologiques qui s'étalent sur une période de dix-huit ans, relative à la période 1990-2008.

Ces données sont extraites de l'Office National de la Météorologie ONM de Boukhalfa Tizi-Ouzou

a) La température

La température est influencée par la topographie du milieu à savoir l'altitude, le relief, la pente et l'exposition, qui interviennent de façon déterminante dans sa différenciation.

Le tableau ci-dessous présente la variation des températures de chaque mois de l'année sur une période de 18 ans (1990 à 2008).

Tp °C	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCTB	NOV	DEC	Tp moy 18ans
Tp max	15.16	16.68	19.61	21.66	26.36	31.68	35.48	35.88	31.37	26.65	19.85	15.83	24.68
Tp min	06	6.65	8.45	10.15	14.04	18.17	21.07	21.82	18.81	15.35	10.42	7.28	13.81
Tp myn	11.58	11.66	14.01	15.90	20.20	24.92	28.27	28.85	25.09	21	15.14	11.55	18.93

Tableau 04 : variation des températures de chaque mois de l'année sur une période de 18 ans (1990 à 2008).

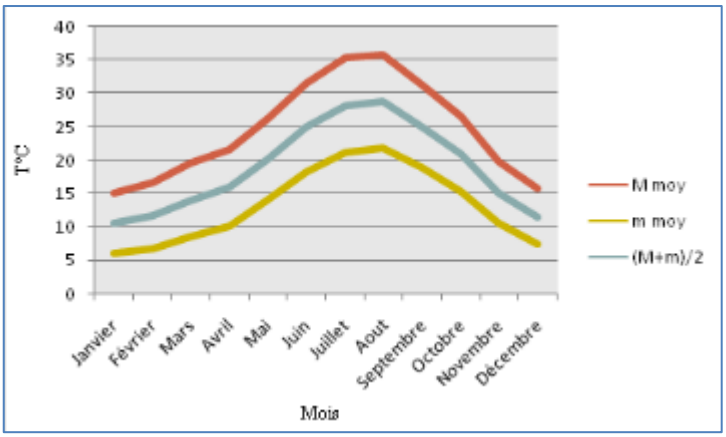


Figure 27 : Diagramme des températures moyennes minimales et maximales de Tizi-Ouzou sur une période de 18 ans (1990 à 2008).

Les données recueillies et représentées par le tableau et le graphe des températures moyennes mensuelles, pour la période de 1990 à 2008, font ressortir ce qui suit :

- les températures moyennes mensuelles augmentent du mois de Janvier au mois d'Aout d'une façon significative, par la suite il y a une chute de température jusqu'au mois de Décembre.
- Le mois d'Aout est le mois le plus chaud avec une température moyenne mensuelle de 28,85 ºC, par contre le mois de janvier est très froid avec une température moyenne mensuelle de 10,58ºC.
- Les mois les plus chauds : Juin, juillet, août et septembre avec une température moyennes mensuelles maximales de 35.48 ºC en Juillet et de 35,88 ºC en Août.
- Les mois les plus froids sont : Janvier, février, mars, novembre et décembre avec des températures moyennes mensuelles minimales de 6 ºC en janvier et 7,28 ºC en décembre.

La région est donc caractérisée par deux saisons

- Une saison chaude allant du mois de mai au mois d'octobre ;
- Une saison froide allant du mois de novembre au mois d'avril.

Pour l'année **2018,** l'histogramme ci-dessous nous montre que la température ne progresse pas régulièrement, elle débute par une température moyenne mensuelle de 12 ºC en mois de Janvier et diminue à 09 ºC en mois de Février, puis augmente progressivement pour avoir une température moyenne mensuelle de 17 ºC en mois d'Avril qui reste constante jusqu'au mois de Mai, et qui atteindra une température

moyenne mensuelle maximale de 29 ºC en mois d'Aout qui par la suite diminue harmonieusement jusqu'au mois de Décembre pour une température de 13 ºC.

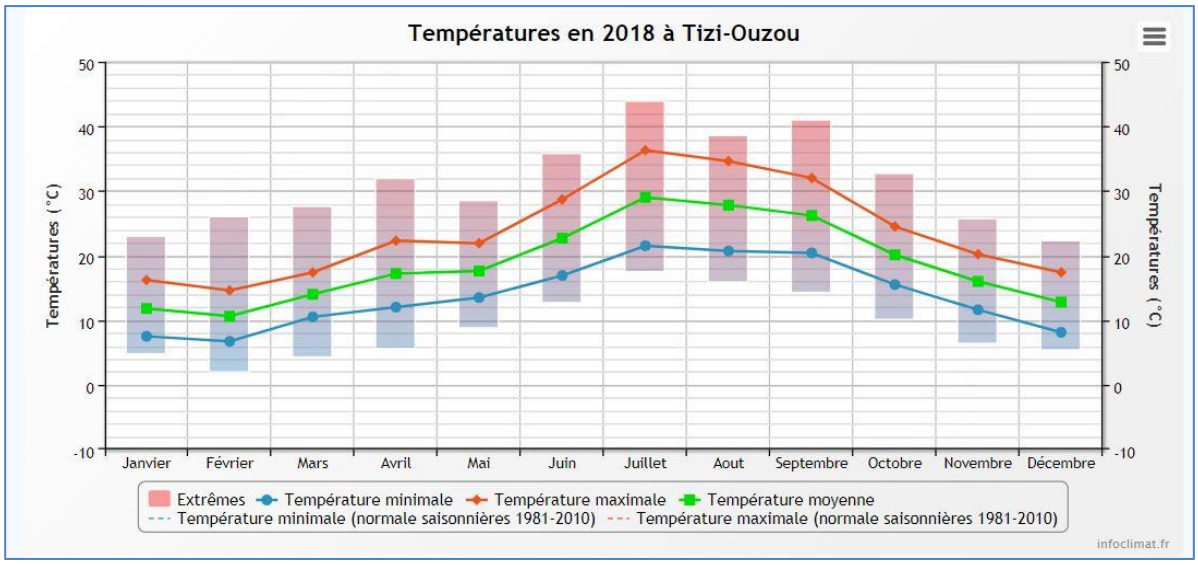


Figure 28 : Evolution des températures moyennes minimales et maximales de Tizi-Ouzou en 2018 (infoclimat.fr)

b) La pluviométrie

La pluviométrie est l'évaluation quantitative des précipitations, de leur nature (pluie, neige, grésil, brouillard) et de leur distribution.

b-1) La pluviométrie saisonnière

Les quatre saisons forment ce qu'on appelle le type de régime saisonnier qui nous permis de définir la moyenne des précipitations par saison puis leur pourcentage durant cette saison.

Le tableau et l'histogramme ci-dessous présentent la répartition de la pluviométrie saisonnière durant la période entre 1990 et 2008

Saison	**Hiver**			**Printemps**			**Eté**			**Automne**		
Mois	**Déc**	**Jan**	**Fév**	**Mar**	**Avr**	**Mai**	**Juin**	**Juil**	**Aout**	**Sep**	**Oct**	**Nov**
Préct (mm)	128.5	118.3	74.9	66.0	81.6	59.8	7.84	3.6	6.5	34.9	68.1	101.9
moyenne	321.88			207.58			17.51			204.81		
%	42.81			27.61			2.33			27.24		

Tableau 05 : répartition de la pluviométrie saisonnière sur une période de 18 ans (1990 à 2008).

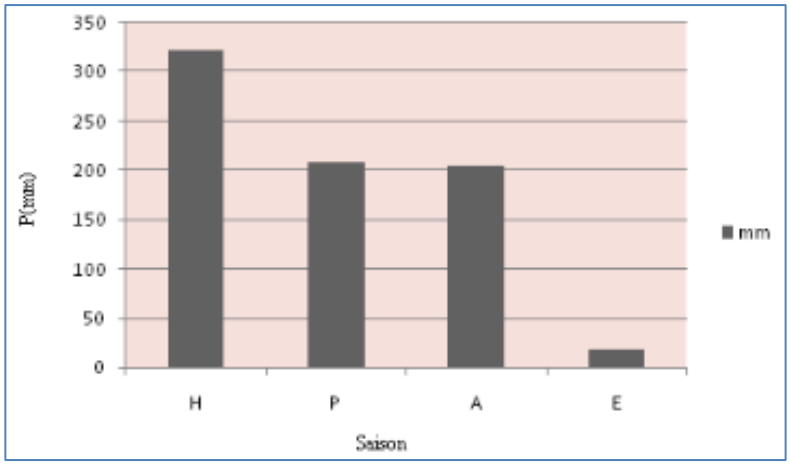


Figure 29 : Variations des précipitations à Tizi-Ouzou en fonction des saisons

D'après les données représentées, la saison la plus humide est l'Hiver avec 42,81% des précipitations moyennes annuelles soit 321,88 mm, la quantité de pluie reçue en Automne et au printemps est relativement équilibrée, respectivement 27,61% et 27,24%, en été elle n'excède pas les 2,33%, soit 17,51 mm.

b-2) La pluviométrie mensuelle et annuelle

Répartition de la pluviométrie moyenne mensuelle et annuelle pour la région de Tizi-Ouzou entre 1990 et 2008.

Mois	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
Pluviométrie moyenne (mm)	118.34	74.97	66.07	81.65	59.86	7.84	3.62	6.05	34.97	68.17	101.94	128.57
Année	**752.07**											

Tableau 06 : Répartition de la pluviométrie moyenne mensuelle et annuelle pour la région de Tizi-Ouzou entre 1990 et 2008

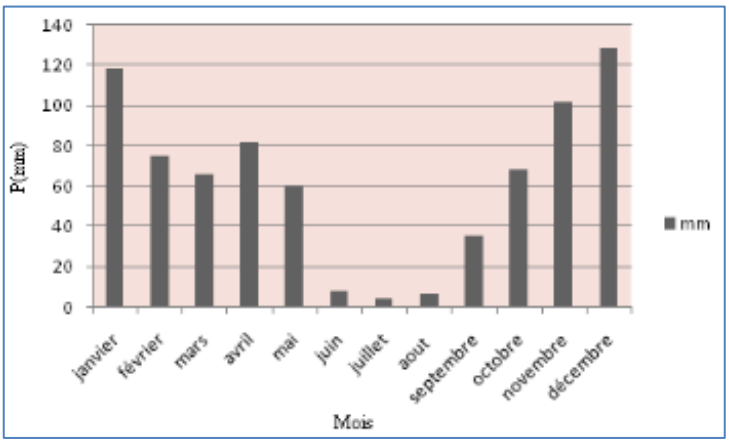


Figure 30 : Histogramme de la pluviométrie moyenne annuelle et mensuelle de la région de Tizi-Ouzou (1990 à 2008)

L'étude de la pluviométrie mensuelle et annuelle permet de mettre en évidence une période pluvieuse représentée par cinq mois (Novembre, Décembre, Janvier, Février et Avril) soit plus de 70% des précipitations annuelles reçues ; et une période sèche qui s'étale de mi-mai à la mi-septembre.

c) Rayonnement solaire et la durée d'insolation

Le rayonnement solaire est l'ensemble des ondes électromagnétiques émises par le Soleil. Il se compose de deux composantes : directe et diffuse, sa valeur se varie selon la saison, la latitude et l'altitude.

Année	Durée d'insolation par Mois/heures													
	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Octb	Nov	Déc	Total	Moyenne
1996	149	119	213	210	294	317	335	309	256	239	203	122	2766	231
1997	119	225	307	243	278	331	315	322	253	204	135	151	2883	240
1998	158	189	240	256	233	332	368	310	235	240	143	124	2828	235.7
1999	123	154	209	308	271	264	341	194	251	260	167	134	2646	221
2000	139	227	249	250	269	332	319	317	255	212	179	154	2762	230
2001	146	191	254	282	268	325	323	300	249	209	122	111	2780	232
2002	141	158	220	243	254	315	300	290	245	180	141	155	2642	1321
2003	135	123	74	209	248	305	268	272	243	182	151	117	2327	194
2004	169	184	189	225	179	294	327	307	204	259	178	121	2636	220
2005	160	122	160	189	204	274	301	279	247	232	161	160	2489	207

Tableau 07 : Durée d'insolation sur la ville de Tizi-Ouzou pour la période de 1996 à 2005

En effet, selon le tableau précèdent, la durée d'insolation de la ville de Tizi-Ouzou varie entre une valeur de 2327 heures à 2883 heures, de ce fait l'énergie solaire dont elle dispose notre région peut jouer un rôle prépondérant dans la réduction de la facture énergétique grâce à l'effet thermosiphon.

d) Le vent

Le vent est l'un des éléments sur lequel s'appuie notre recherche, il est l'un des moteurs de la ventilation naturelle et correspond au déplacement d'une masse d'air consécutif à des différences de pression entre l'intérieur d'un bâtiment et son extérieur. D'une légère brise à une forte tempête, la vitesse et l'amplitude géographique

des vents peuvent être très variables dans l'espace et dans le temps. Il est caractérisé par sa fréquence, sa vitesse et sa direction, il intervient dans la dispersion de divers éléments en suspension, tel que les particules fines, les fumées, l'odeur...etc.

Tableau : Vitesse moyenne et direction des vents dominants pour la région de Tizi-Ouzou entre 1990 et 2006.

Mois	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc	Moyenne annuelle
Vitesse (km/h)	1.3	1.3	1.6	1.8	1.9	2.3	2.2	2	1.6	1.4	1.4	1.5	1.7
Direction	SW	W	W	SSW	W	NW	NNE	SSE	WNW	WNW	SSW	W	W

Tableau 08 : Durée d'insolation sur la ville de Tizi-Ouzou pour la période de 1996 à 2005

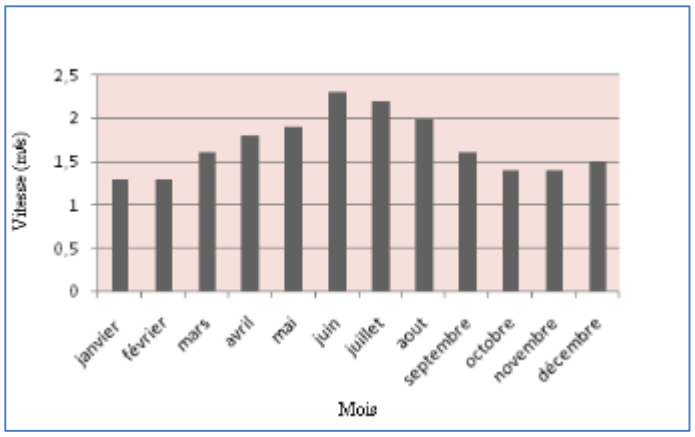


Figure 31 : Histogramme des vitesses moyennes mensuelles des vents au niveau de Tizi-Ouzou entre 1990 et 2006.

La direction des vents dominants dans la région de Tizi Ouzou change selon chaque moi, la vitesse du vent augmente progressivement pour atteindre une vitesse maximale en moi de juin 2.3m/s, puis diminue au fur et à mesure à partir de mois de Juillet.

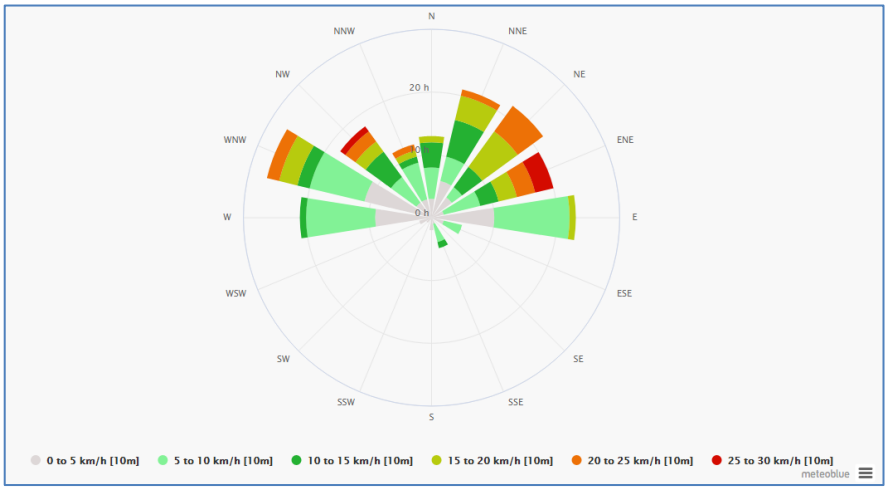


Figure 32 : rose des vents de la région de Tizi Ouzou (méteoblue)

Selon la rose des vents, la direction des vents est Ouest-Nord-Ouest, la vitesse moyenne annuelle est de 1.7 km/h, et selon l'échelle de Beaufort, cette vitesse correspond à une brise très légère.

e) Humidité de l'air

L'humidité relative de l'air, ou degré hygrométrique, couramment notée φ, correspond au rapport de la pression partielle de la vapeur d'eau contenue dans l'air sur la pression de vapeur saturante à la même température. La région de Tizi-Ouzou est caractérisée par un degré hygrométrique assez élevé tout au long de l'année (moyenne annuelle de 67,8 %), avec six mois entre 70,5 % et 79,5 % et six mois entre 52,1 % et 69 % .

Mois	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc	Moyenne annuelle
Humidité moyenne (%)	79,6	76,6	72,5	70,5	69,0	58,2	52,1	50,4	60,2	69,0	75,8	79,5	67,8

Tableau 09 : Humidité relative moyenne mensuelle enregistrée entre 1990 et 2006.

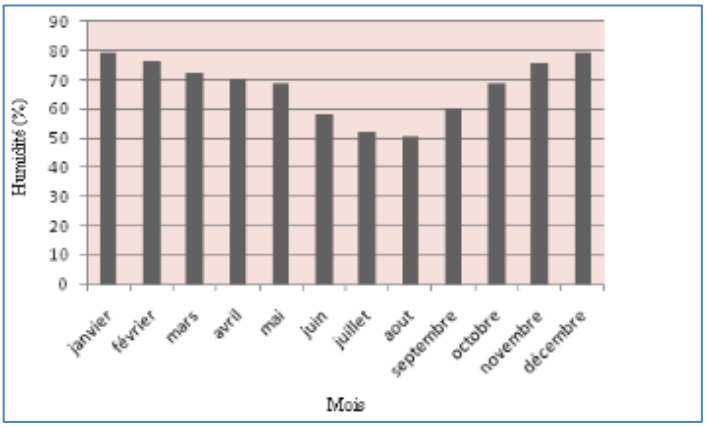


Figure 33 : Variation de l'humidité relative mensuelle dans la région de Tizi-Ouzou entre 1990 et 2006.

D'après EMBERGER, (botaniste phytogéographie français connu pour sa classification des bioclimats méditerranéens, un jour est considéré sec si l'humidité relative est inférieure à 40 %). Dans la figure ci-dessus, on remarque que la région de Tizi-Ouzou présente un taux d'humidité supérieur à 40% donc elle souffre d'humidité sur toute l'année.

Cette humidité relative élevée peut se justifier par l'ouverture de cette région sur différentes cotes littorales (Azefoun, Tigzirt et Boumerdès), elle va augmenter plus avec la réalisation du barrage Taksebt (Oued Aissi) au Sud-Est de chef-lieu de la willaya en 2007.

f) degrés-jour et ensoleillement

Le **degré jour unifié** (**DJU)** est la différence entre la température extérieure et une température de référence qui permet de réaliser des estimations de consommations d'énergie thermique pour maintenir un bâtiment confortable en proportion de la rigueur de l'hiver ou de la chaleur de l'été. La référence habituelle de 18 °C fut définie en considérant que la température intérieure des locaux est à 19 °C et que les apports gratuits internes (occupants, éclairage, équipements, etc.) et externes (rayonnement solaire, etc.) couvrent l'équivalent de 1 °C de déperditions thermiques. Ils se divisent donc en **degré-jour de chauffe** (DJC) et **degré-jour froid (DJF)**.

La donnée DJU est utile pour le suivi des consommations d'énergies de chauffage des locaux d'un bâtiment en période froide ou de climatisation en période chaude. Vue que les saisons varient selon l'endroit, les DJU peuvent être calculés sur des périodes variables. En général, la période de chauffe sera de 232 jours, allant du 1er octobre au 20 mai, tandis que la période de rafraichissement des locaux sera très largement variable selon les sites, pouvant aller de juin à septembre pour sites avec des locaux sans contraintes spéciales comme habitation ou bureaux voire à l'année complète pour les sites avec des locaux à contraintes spéciales comme les établissements de santé et les industries.

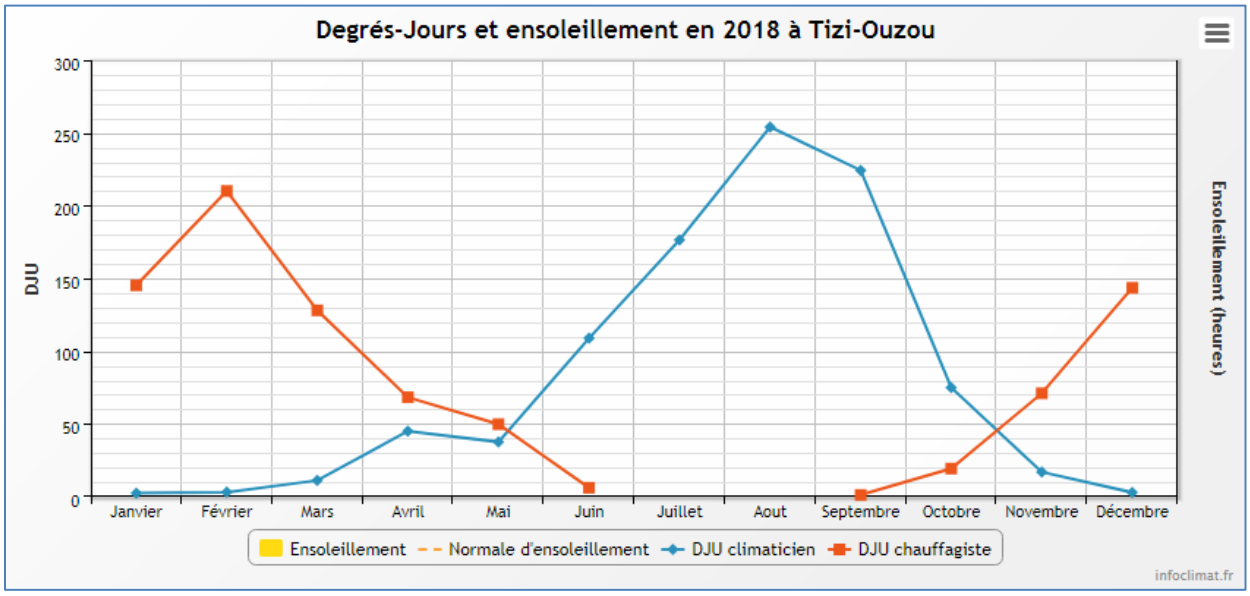


Figure 34 : Variation de degrés-jour relative aux mois de l'année 2018 dans la région de Tizi-Ouzou

II) PRESENTATION GENERALE DU BATIMENT A ETUDIER

Notre choix du cas d'étude s'est focalisé sur un édifice de bureaux qui abrite la direction du logement dans le siège de la wilaya, situé au Nord-est de la ville de Tizi-Ouzou, parce que ce genre de bâtiment tertiaire se caractérise par une consommation énergétique très importante, dont notre objectif est de réduire cette consommation en étudiant l'alternative d'une meilleure ventilation naturelle.

Figure 35 : ville de Tizi Ouzou (Google Earth)

II-1) Environnement immédiat du siège de la wilaya

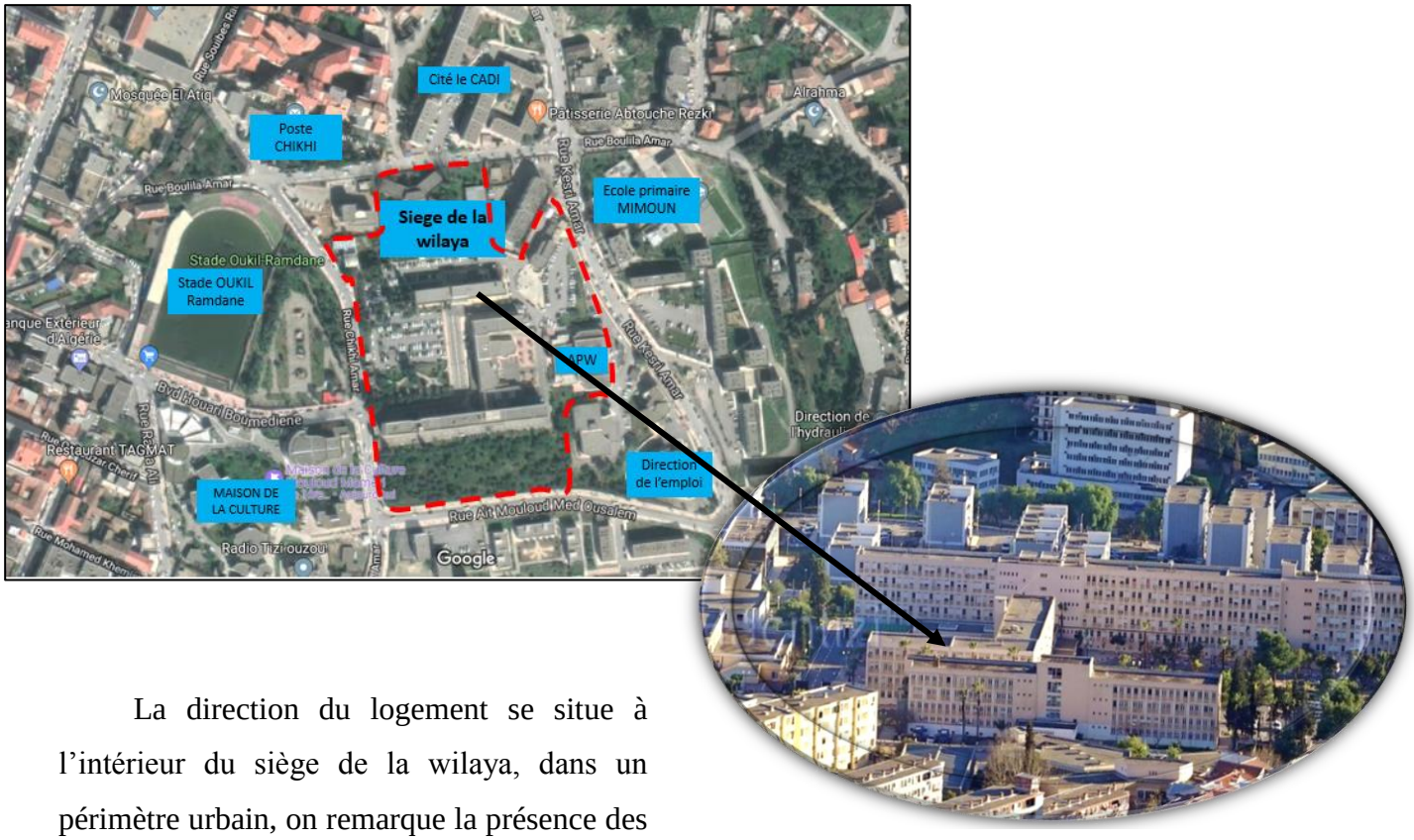


Figure 36 : situation de la direction du logement à l'échelle du quartier (Google Earth)

La direction du logement se situe à l'intérieur du siège de la wilaya, dans un périmètre urbain, on remarque la présence des bâtiments à caractère tertiaire, éducatif et résidenti direction de la culture, poste, école primaire, et plusieurs cités : cité Le Cadi, cité Million, et la cité des Fonctionnaires.

II-2) Environnement immédiat de la direction du logement

Les bâtiments structurant le siège de la wilaya datent de l'époque coloniale, il rassemble plusieurs directions et le cabinet du Wali.

L'édifice de la wilaya est composé de trois grands blocs de forme rectangulaire accolés et d'un bloc séparé des autres. L'un des bâtiments est en R+4 et les trois autres en R+3. L'entrée principale est située sur le côté Est, et une entrée secondaire du Wali par le côté Ouest. L'édifice se trouve à l'intérieur du périmètre urbain, sur un terrain bien aéré, ne comportant aucun obstacle physique. Tous les bâtiments sont construit selon l'axe orientés Nord – Sud avec des murs pignons pour les façades Est et Ouest, à l'exception d'un bâtiment qui est orienté Est-Ouest.

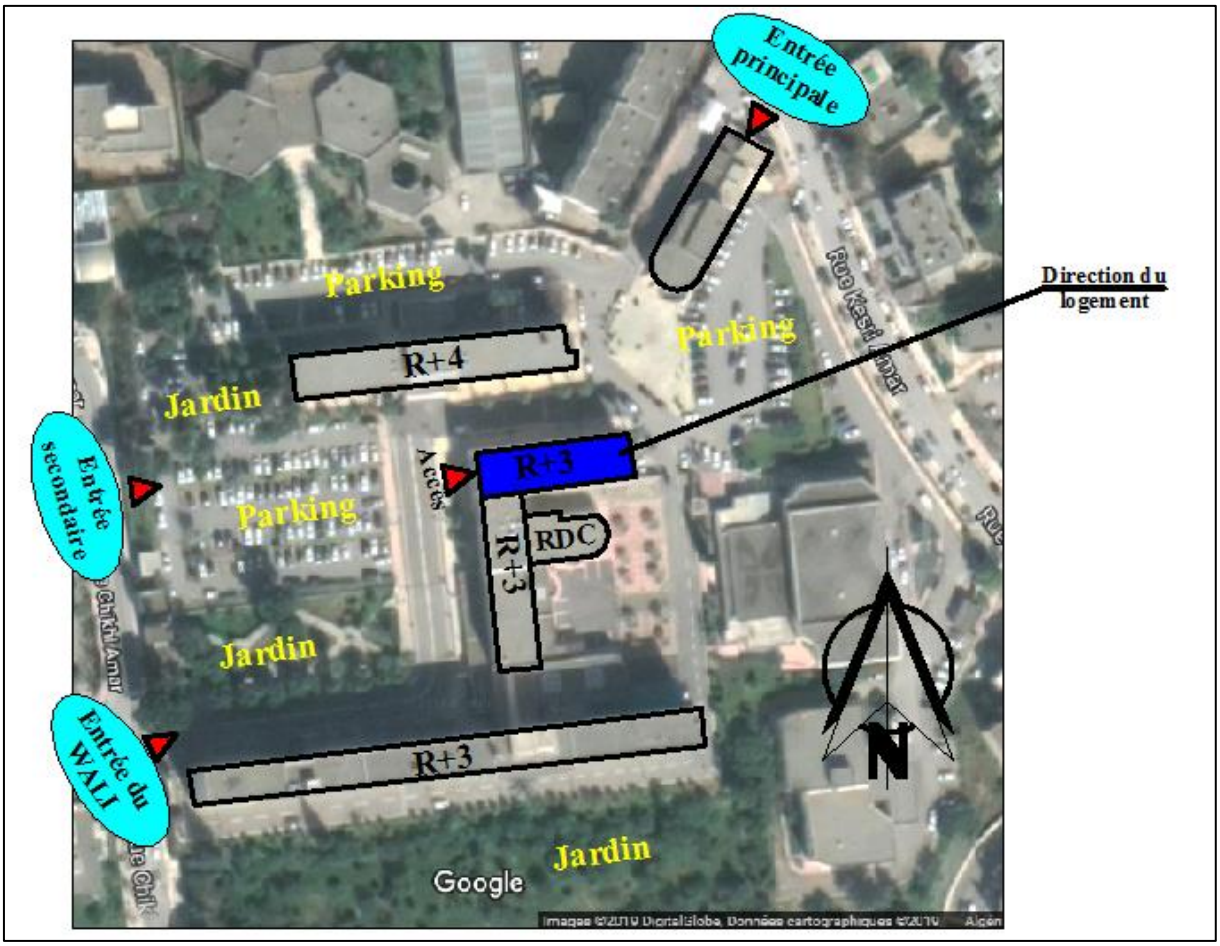


Figure 37 : Plan de masse de la direction du logement
(Auteur)

II-3) Caractéristiques de réalisation

- Le bâtiment possède une forme rectangulaire, construit durant la période coloniale, suivant la structure poteau poutre avec des trames régulières, ayant un gabarit de R+3,

les étages sont reliés par une cage d'escaliers qui se trouve dans l'extrémité du bâtiment orientée côté ouest.

- Les planchers : sont réalisés en corps creux (hourdis et poutrelles) avec dalles de répartition coulées sur place ayant pour revêtement des sols du carrelage sur sable.
- La toiture : Le dernier plancher est une terrasse inaccessible étanche, mais elle n'est pas bien isolée thermiquement (très chaud en été et froid en hiver).
- L'enveloppe extérieure est construite en double parois de brique de 10cm d'épaisseur, séparée par une lame d'air, tandis que les cloisons intérieures sont réalisées en brique de 7 cm d'épaisseur et le revêtement extérieur et intérieur est en enduit de ciment.
- Le vitrage des ouvertures est un vitrage simple et clair de 4 mm d'épaisseur.

Le bâtiment objet de l'étude est réalisé par les colons tout en tenant compte de l'orientation adéquate pour ce genre d'immeuble (orientation Nord-Sud) pour obtenir le maximum de lumière et exploiter le sens des vents dominants pour rafraîchir les espaces intérieures, et ce par la multiplication des ouvertures et la réalisation d'une ouverture verticale sur toute la hauteur de l'étage.

Ce système constructif n'obéit pas aux normes d'isolation et d'étanchéité à l'air définit par la règlementation thermique récente, donc il contribue peu à l'économie énergétique de point de vue de la consommation.

II-4) Répartition intérieure

Le bloc se compose de bureaux de part et d'autre agencés par un couloir sombre, éclairé artificiellement, ils sont de mêmes dimensions, généralement avoisinant les 3 x 4 m², mis à part les bureaux d'angle qui font deux à trois fois ces dimensions. Chaque bureau comporte 02 (deux) fenêtres de 1,00 x 1,40 m² et une ouverture verticale de 0,30 x 3,00 m².Les plans suivants montrent la répartition spatiale du projet

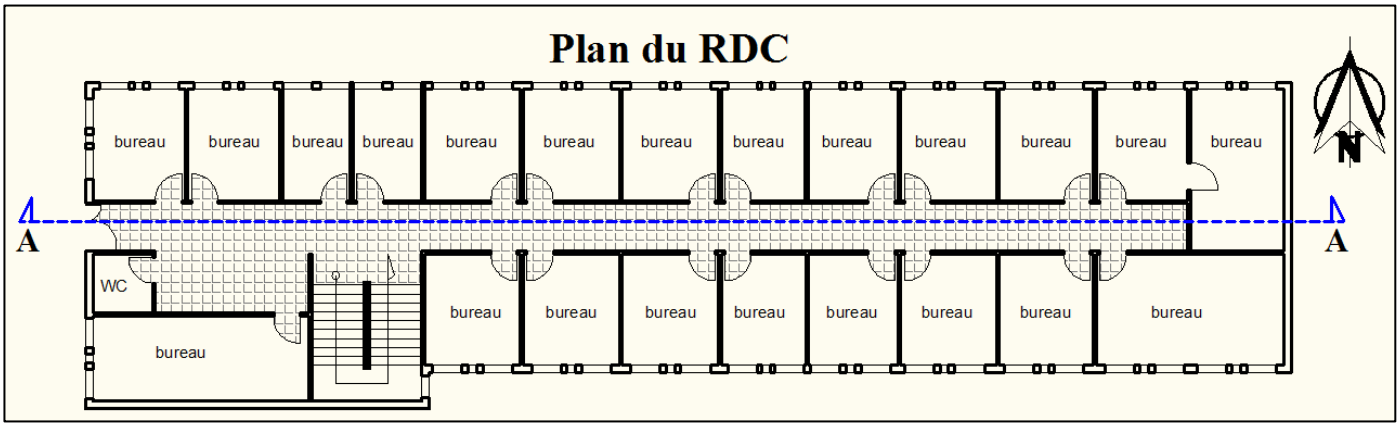


Figure 38 : Plan du rez de chaussée, échelle 1/500 (Auteur)

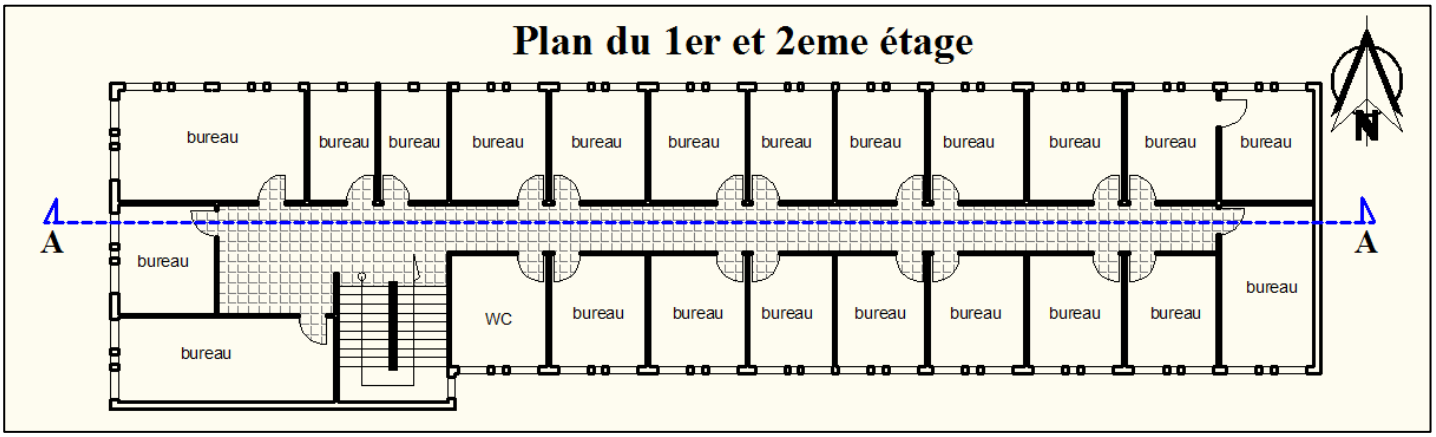


Figure 39 : Plan du 1er et 2eme étages, échelle 1/500 (Auteur)

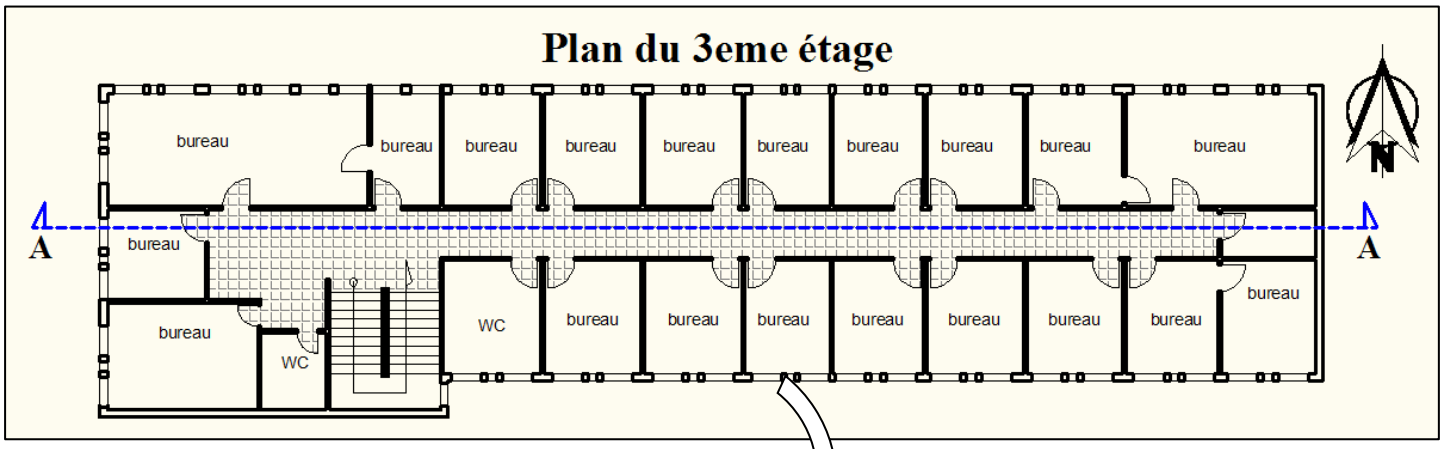


Figure 40: Plan du 3eme étage échelle 1/500 (Auteur)

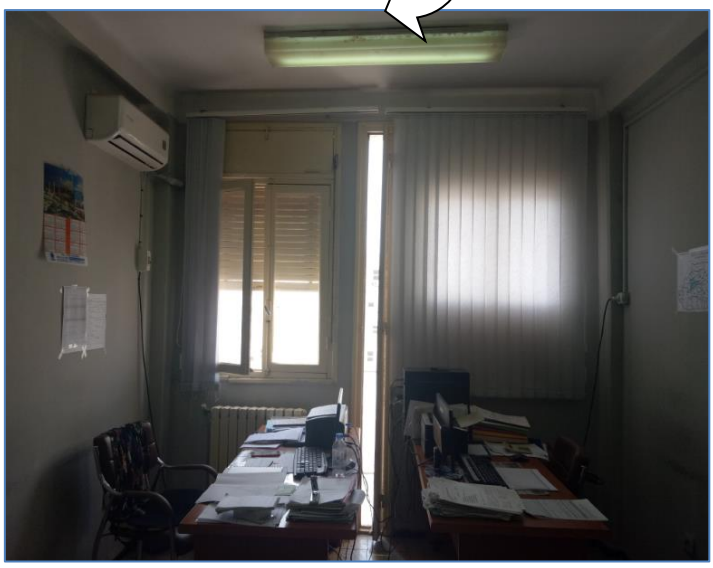


Figure 41: un type de bureau montrant les 3 ouvertures et les dispositifs du confort ainsi que le matériel informatique

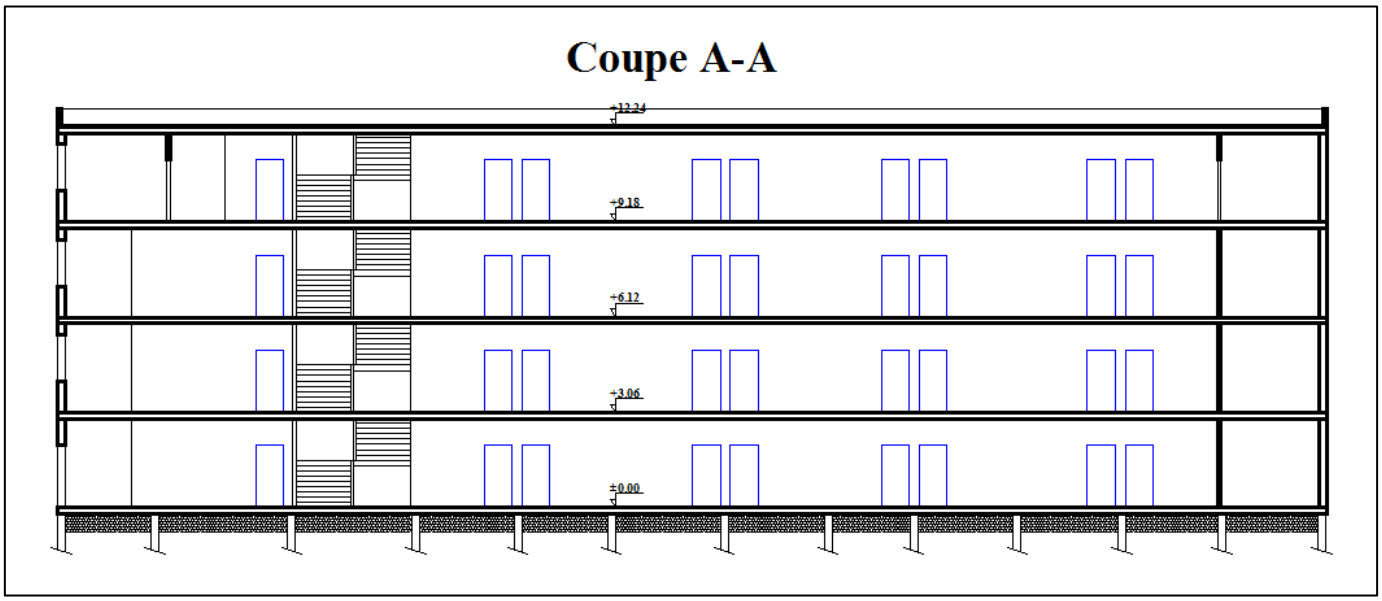


Figure 42 : Coupe A-A de la direction du logement

Etages occupés par la direction du logement

Figure 43 : Façade de la direction du logement

II-5) Equipements de confort et dispositifs de contrôle :

a) Dispositifs pour le confort d'hiver

Pendant la saison de froid, le confort est assuré par un système de chauffage à circulation d'eau chaude avec radiateur. Chaque bureau est doté d'un radiateur qui permet de relever la température pendant cette période de froid qui s'étend du mois de Novembre au mois d'Avril.

Figure 44: Equipements de confort d'hiver (Auteur)

b) Dispositifs pour le confort d'été

b-1) les climatiseurs

En été la température peut atteindre plus de 30 ºC à les espaces intérieur, elle est baissée grâce à des appareils électriques : les climatiseurs qui sont disposés dans chaque bureau et consomment beaucoup d'énergie (malgré l'absence de données chiffrées).

Figure 45 : Equipements de confort d'été (Auteur)

b-2) les stores

Pour garder une température de confort dans l'immeuble, les fenêtres sont dotées de stores californiennes, dont la fermeture sert à réguler la température et à contrôler l'éblouissement, toute fois la fermeture de ces stores laisse l'espace mal éclairé, ce qui pousse les occupants à allumer les lampes qui sont à leur tour une source de chaleur supplémentaire.

Figure 46 : Dispositif de contrôle du reflet (éblouissement et chaleur) (Auteur)

c) Sources d'apports internes

Dans les immeubles tertiaires chaque bureau est approvisionné par de nombreux équipements, au moins d'un micro-ordinateur, d'une imprimante ou plus et des onduleurs qui sont aussi des sources de chaleur.

Figure 47 : Matériel du bureau
(Auteur)

La multiplication des équipements, ajoutée à un éclairage artificiel important nécessaire pour garantir le niveau d'éclairement qu'exige le travail de bureau, ainsi qu'une densité élevée d'occupation (3 à 4 personnes par bureau) entrainent d'importantes charges internes (respiration, transpiration, apport calorifique,…) dont il faut tenir compte dans les risques de surchauffes des bureaux. La densité d'occupation nécessite un taux de ventilation important.

III) Orientation du projet et exposition au vent

Le projet est orienté selon l'axe Nord-Sud, toutes les ouvertures sont du côté de la façade Nord, ou bien du côté opposé Sud, par conséquent elles ne sont pas exposées au vent dominants côté **Ouest Nord-Ouest** définit par la rose des vents de la région comme le montre la figure ci-dessous.

La situation et l'orientation Nord/Sud du bloc, le sens des vents dominants Ouest Nord-Ouest, et l'observation des phénomènes aéraulique sur site nous ont permis de tirer les conclusions suivantes :

- Le bloc se situe dans une assiette bien aérée, ne comportant pas de masques environnementaux (obstacles) qui freinent le vent des façades Nord et Ouest, par contre la façade Sud, le vent lui arrive peu vu la présence du bloc collé à la direction du logement qui diminue sa vitesse, par conséquent cette façade ne reçoit pas le vent de la même vitesse (comme le montre les profils ci-dessous),

Figure 48 : figure montrant l'orientation, l'exposition aux vents dominants et l'aération de site comportant le bâtiment (Auteur)

- Lorsque l'écoulement d'air rencontre un obstacle (bâtiment), il n'allonge pas tout le bâtiment, il se décolle de ce dernier, mais en même temps il entraine un tourbillon d'air dans le sens de rotation est évident, c'est ce qu'on appelle l'effet aérodynamique du sillage qui est bien expliqué au premier chapitre.
- Présence forte de la végétation, ce qui aide l'air à se rafraîchir avant qu'il se déplace vers le bloc.

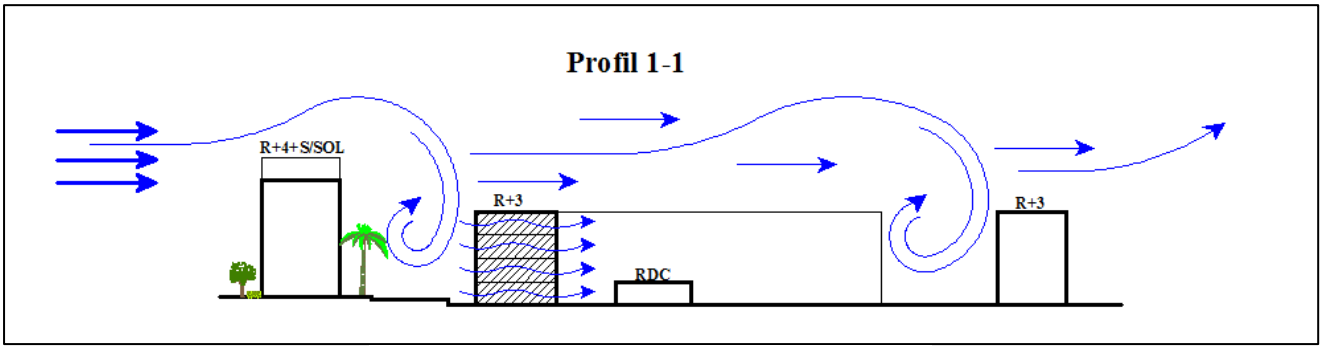


Figure 49 : profil montrant l'écoulement d'air direction Nord (Auteur)

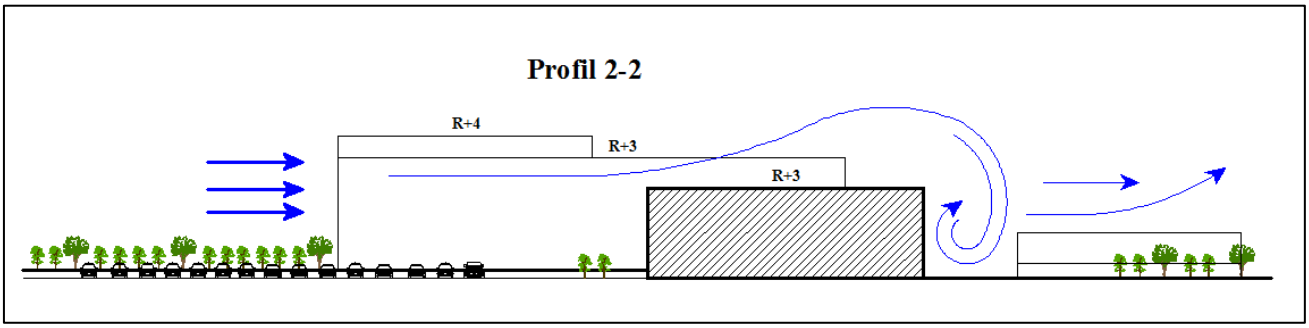


Figure 50 : profil montrant l'écoulement d'air direction Ouest (Auteur)

➢ Présentation des flux d'air traversant le bâtiment sur plan :

l'air se met en mouvement grace à un differentiel de pression crée autour du batiment, les facades Ouest et Nord éxposées aux vents aient une une zone de forte pression, tandis que les façades Est et Sud aient une zone de dépression, suite à ce mouvement les espaces suront ventilé et bien aéré.

Les bureaux qui se trouvent sur la façade Nord sont plus frais et bénéficient de l'ombrage pendant la journée, tandis que ceux orientés

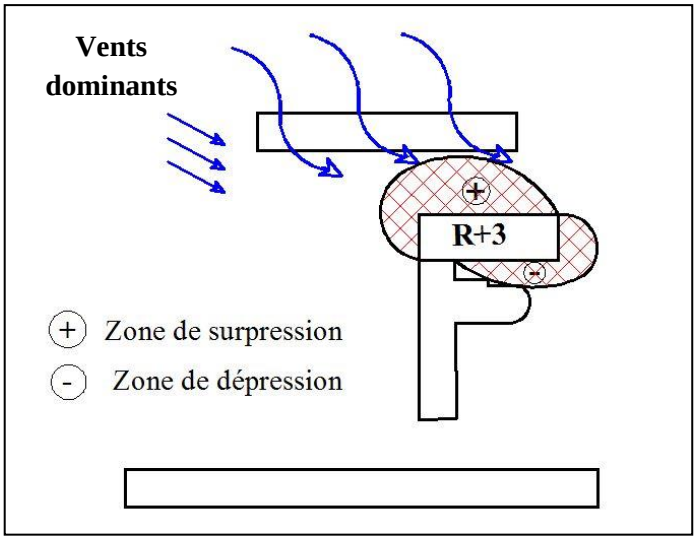


Figure 51 : flux d'air traversant le batiment (Auteur)

Sud sont exposés au soleil pendant pratiquement de longues heures créant ainsi un inconfort thermique qui s'ajoute à la densité d'occupation et des machines dans quelques bureaux,

- Notons aussi que l'emplacement de la cage d'escaliers à l'extrémité du bloc orienté Ouest, et possédant une seule ouverture du côté Est contribue peu à la ventilation du bâtiment par un flux d'air ascendant du RDXC au 3eme étage,
- L'ouverture des fenêtres des deux façades du bloc crée une jolie brise, les feuilles sur les bureaux s'en volent ainsi que les portes et les fenêtres se claquent, selon BEAUFORT ces vents commencent à devenir désagréables.

NB : Ces schémas sont présumés en se basant sur le sens des vents dominants et les façades exposées au soleil, tout en supposant que les portes et les fenêtres restent ouvertes.

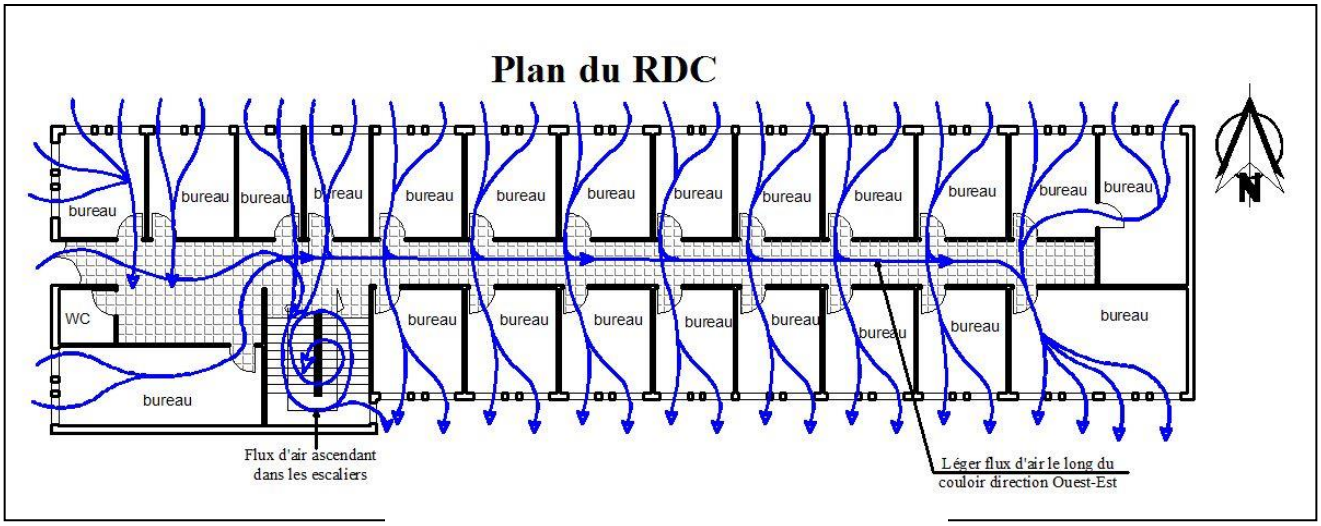


Figure 52 : déplacement de l'air dans les différents espaces (Auteur)

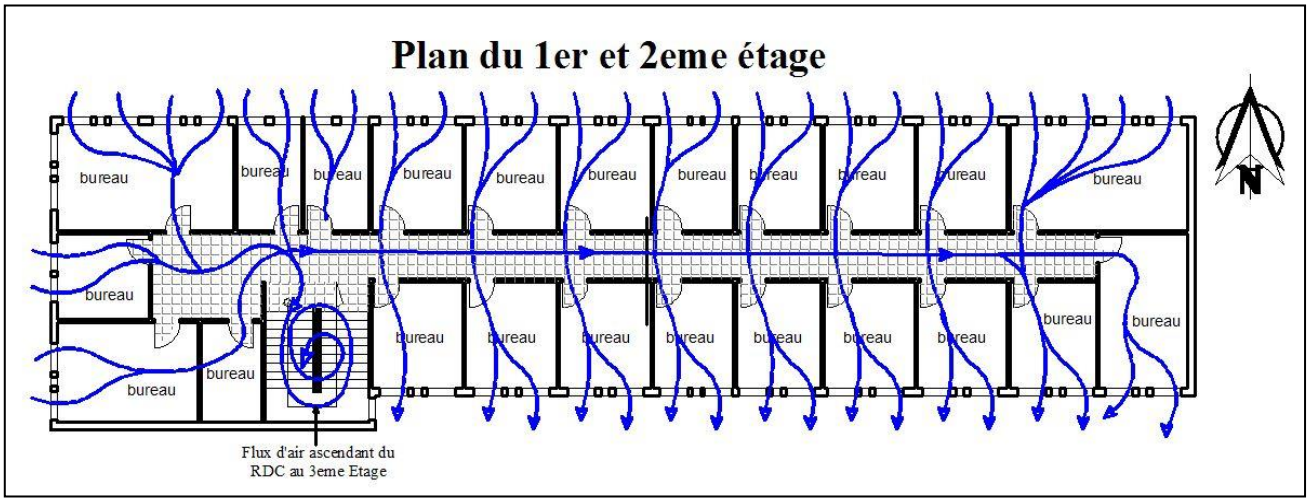


Figure 53 : déplacement de l'air dans les différents espaces (Auteur)

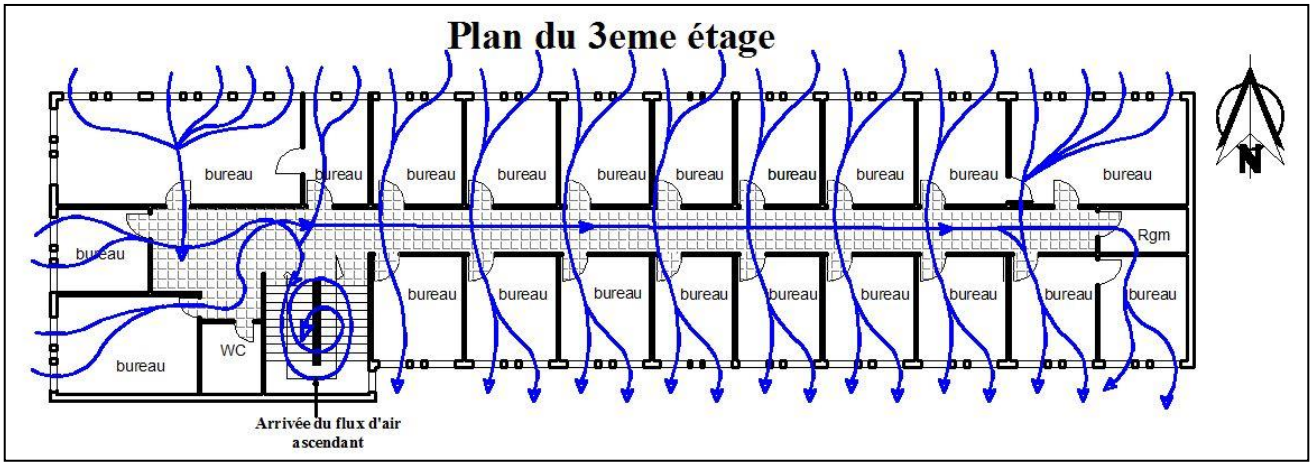


Figure 54 : déplacement de l'air dans les différents espaces (Auteur)

CONCLUSION

L'analyse bioclimatique du site comportant les locaux de la direction du logement nous a permet de constater ce qui suit :

-L'emplacement de l'immeuble dans une assiette bien aérée, comportant de la végétation, nous offre la possibilité de recourir à la ventilation naturelle pour une meilleure qualité de l'espace intérieur.

- L'orientation du bâtiment selon l'axe Est-Ouest avantage le rafraîchissement naturel, l'air frais qui s'écoule du côté Ouest et Nord entre par les fenêtres et traverse l'espace intérieur puis ressort du côté opposé suivant le principe de déplacement d'air de la zone de surpression vers la zone de dépression.

-La sur occupation des bureaux par les employés et le matériel entraine une surchauffe importante qui engendre une sensation d'inconfort thermique.

-L'enveloppe du bâtiment n'est pas conçue de manière à réduire les déperditions thermiques, sachant que le dernier plancher représente 30% de ces déperditions et ca se justifie par la vétusté du bâtiment qui n'est pas régi par la règlementation thermique.

CHAPITRE IV

LE CONFORT DES USAGERS ENTRE VENTILATION NATURELLE ET CLIMATISATION ARTIFICIELLE

INTRODUCTION

Nous passons environ 30% de notre temps enfermés dans les bureaux, ces espaces peuvent influencer la santé mentale, les capacités et les performances des utilisateurs, l'objectif principal de ce questionnaire est de déterminer le degré du confort thermique que chaque employé ressent dans son espace de travail, et aussi connaître leurs habitudes pour atteindre ce confort dans ces milieux dans lesquels ils passent la majeure partie de la journée à travailler, donc à produire. Il sert à qualifier l'environnement intérieur du bâtiment du point de vue des occupants, ainsi que d'évaluer les indices théoriques du confort thermique et les solutions utilisées afin de pallier aux problèmes d'inconfort ressentis pendant la période estivale. Le questionnaire a été soumis à 31 personnes sur 40.

Voici le questionnaire communiqué aux employés :

1. votre bureau est Situé au : RDC ☐ 1ér étage ☐ 2éme étage ☐ 3éme étage ☐

2. sur quel côté se trouve votre bureau ? Nord ☐ Sud ☐

3. Pour vous, un bureau confortable est (classer par ordre de priorité de 1 à 4) :
Spacieux ☐ ensoleillé ☐ aéré ☐ calme ☐

4. Trouvez-vous votre bureau confortable ? Oui ☐ Non ☐
Expliquez : . . . . . .
. . . . . .

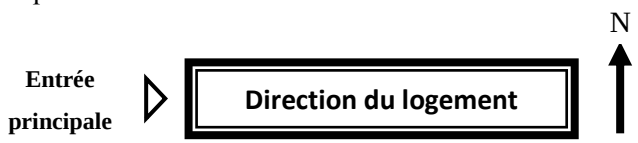
5. Y a-t-il dans votre direction des bureaux plus confortables que le vôtre ? Oui ☐ non☐
Si oui, lesquels : RDC ☐ 1ér étage ☐ 2éme étage ☐ 3éme étage ☐
Pourquoi ? : . . . . . .

6. Quel est le nombre d'occupants dans votre bureau ?
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐

7. votre bureau est-il exposé aux vents dominants ? Oui ☐ Non☐

8. Est-il bien ventilé ? Oui ☐ Non ☐ ,
Dans les deux cas, qu'est-ce qui vous le fait dire ? : . . . . . .
. . . . . .

9. Connaissez-vous le sens des vents dominants ? Oui ☐ Non☐
Si oui, veuillez l'indiquer sur le schéma :



10. Ces vents-là sont-ils agréables ? Oui ☐ Non☐
Si oui, comment en profitez-vous ?. . . . . .
Si non, comment les évitez-vous ? . . . . . .

11. Comment réagissez-vous en cas de sensation de chaleur ?

- vous ouvrez les fenêtres ? ☐
- vous allumez le climatiseur ? ☐
- vous ouvrez les fenêtres et allumez le climatiseur à la fois ? ☐
- autre, expliquez : . . . .

12. Avez-vous pour habitude de laisser la porte du bureau ouverte ou fermée :

☐ ouverte, pourquoi ? . . . . . .

☐ fermée, pourquoi ? . . . . ……

12. quels sont les horaires dans lesquels vous allumez le climatiseur ?

9h-11h ☐ 11h-12h ☐ 12h-14h ☐ 14h-16h☐

13. allumez-vous couramment le climatiseur chez vous ? Oui ☐ Non☐
Si oui, pendant quelle période de la journée ?

Le matin ☐ L'après-midi ☐ Le soir ☐ La nuit ☐

14. profitez-vous de la ventilation nocturne chez vous ? Oui ☐ Non☐

II) Analyse et interprétation des données d'enquête

La direction du logement occupe deux niveaux dans ce bloc étudié, les employés ont des bureaux dans une partie du 1er étage et la totalité du 3eme étage ; les autres étages sont destinés pour une autre direction.

En premier lieu nous allons comparer les réponses des employés occupant les deux étages pour déterminer l'étage le plus confortable, puis nous allons poser des questions sur le confort de chaque bureau, et d'autres sur le vent et la ventilation de ce dernier, et enfin le comportement de ces usagers vis-à-vis de l'inconfort thermique, que ce soit dans leurs bureaux ou dans leur logement personnel, pour voir s'ils tiennent compte de la consommation énergétique au travail comme ils le font chez eux.

II-1) Niveau de satisfaction des occupants

D'après l'analyse du questionnaire, la pluparts des employés sont satisfaits 78.95%, 15/19 employés ayant des bureaux orientés Nord trouvent leurs bureaux confortables quant aux 04 restants les trouvent inconfortables à cause de leurs superficies réduites par rapport aux nombre d'occupants important, il y a des bureaux qui comportent quatre (04) personnes.

Malgré l'orientation différente des bureaux, d'après les usagers, la qualité de leur espace intérieur reste la même grâce à la circulation de l'air entre les bureaux, et grâce aux ouvertures multiples, d'ailleurs sur les 31 employés interrogées, 29 d'entre eux trouvent que leurs bureaux sont ventilés. Les résultats sont illustrés dans l'histogramme ci-dessous

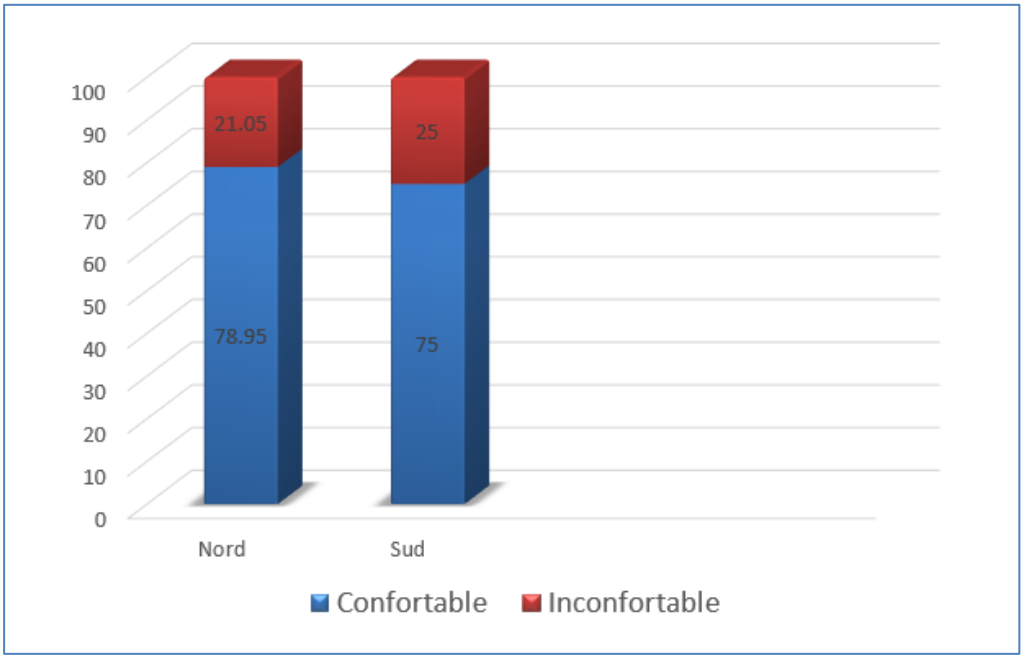


Figure 55 : Appréciation du confort par les occupants (auteur)

II-2) le confort selon les usagers

a) Bureaux orientés Nord

Pour déterminé à quel paramètre est lié la notion du confort thermique selon les usagers, nous avons posé la question suivante : Pour vous, un bureau confortable est classé : spacieux, ensoleillé, aéré, ou bien calme.

La moitié des employés qui occupent les bureaux situés au Nord ont choisi la proposition liée à l'aération (50%), tandis que 40 % d'eux trouvent que le confort est lié au calme, contre 10% qui le relie à la superficie de l'espace, un bureau spacieux sous-entend confortable.

Le diagramme ci-dessous montre le pourcentage de chaque paramètre vis-à-vis le confort.

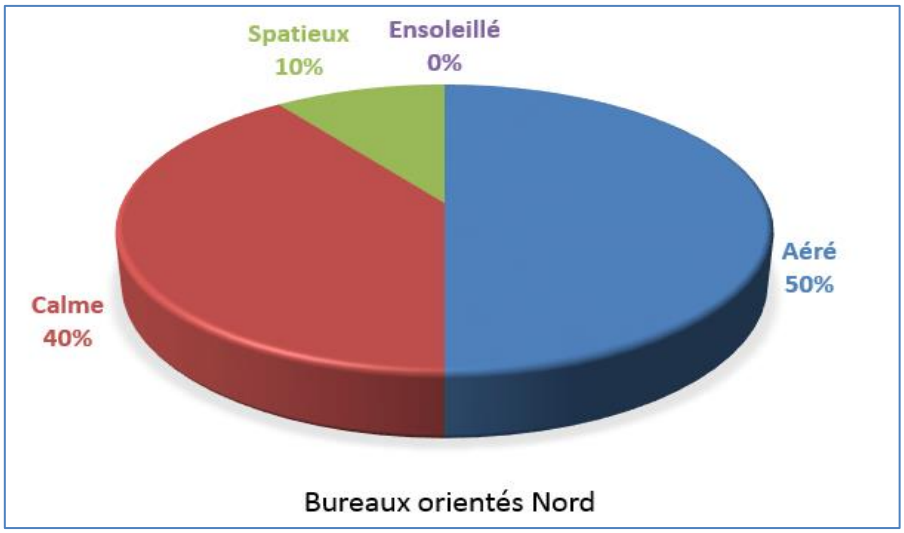


Figure 56 : Les différents paramètres de classement du confort pour les bureaux orientés Nord (auteur)

b) Bureaux orientés Sud

En revanche, pour les bureaux orientés Sud, la notion du confort est liée au premièrement au calme (58%), plus le bureau est calme plus est confortable, puis à l'aération (42%), en effet, les autres paramètres (ensoleillement et spacieux) sont de moindre importance.

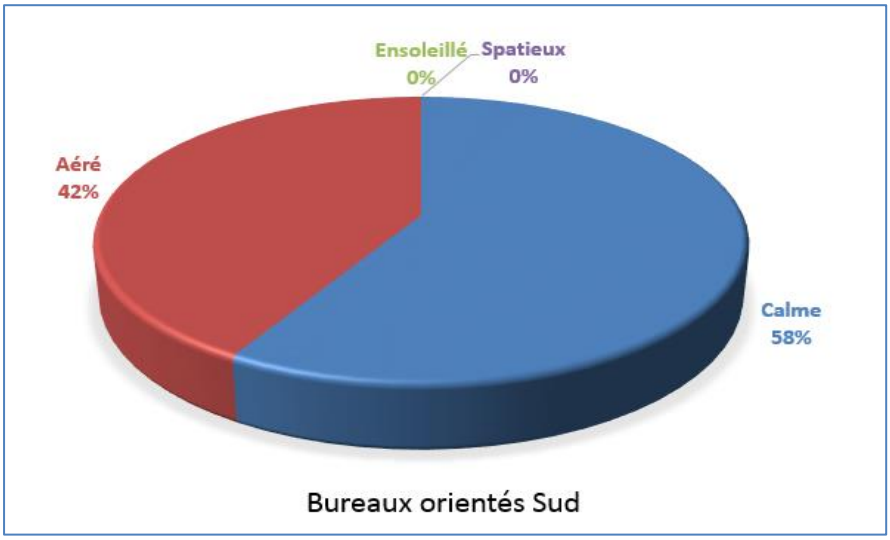


Figure 57 : Les différents paramètres de classement du confort pour les bureaux orientés Sud (auteur)

En comparant les résultats des bureaux orientés Nord et ceux orientés Sud, nous constatons que le confort des usagers est fortement lié à l'aération et au calme.

II-3) Exposition aux vents dominants

La totalité des employés (19 employés) ayant des bureaux orientés Nord confirment que leur bureaux sont exposés aux vents dominants et trouvent que ces vents sont agréables, ils en profitent par l'ouverture des portes et fenêtres, contrairement à ceux qui occupent les bureaux orientés Sud (12 employés) affirment que leurs bureaux ne sont pas exposés.

D'une manière générale, tous les employés trouvent leurs bureaux ventilés, et on peut justifier cette remarque par l'ouverture des portes et fenêtres qui créent un courant d'air, l'air frais entre du côté Nord et sort du côté opposé Sud.

II-4) comportement et consommation

Pour améliorer le confort thermique en été, les occupants ont tendance soit à chercher les courants d'air en ouvrant les fenêtres et les portes, soit à allumer le climatiseur, la plupart (60%) choisissent le second choix ce qui fait que la tendance est surtout à allumer le climatiseur et fermer les fenêtres pour garder l'espace bien frais, ce dernier ne sera pas ventilé et puis l'air vicié (poussières, particules, tabac,…..) ne sera pas évacué et renouvelé, donc l'air contenu dans cet espace est mal sain et peux nuire à la santé des usagers et à leur productivité.

Nous avons constaté aussi que cette réaction d'allumer le climatiseur se reproduit même au niveau de leurs maisons, et la moitié d'entre eux ne profitent pas de la ventilation nocturne.

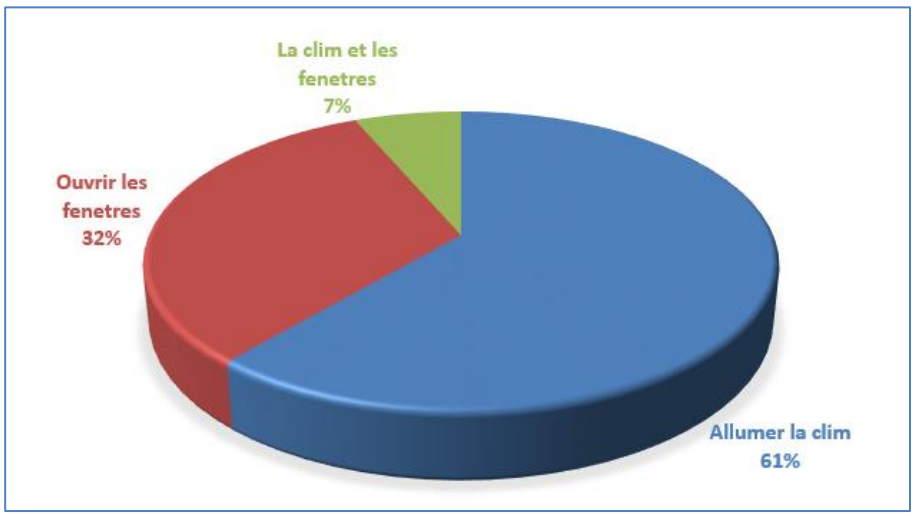


Figure 58 : Les différentes tendances pour améliorer le confort d'été (auteur)

II-5) les horaires d'utilisation de la climatisation

a) Bureaux orientés Nord

40% des employés ayant des bureaux au Nord utilisent le climatiseur entre 14h et 16h pour acquérir le confort, le moment le plus chaud de la journée, cependant, ¼ des employés allument le climatiseur entre 12h-14h et 12h-16h,c'est le moment de déjeuner, ils préfèrent la climatisation parce que tous les bureaux seront fermés à cet horaire, donc il n y a pas un autre moyen de se rafraîchir, et le laissent allumer jusqu'à 16h puisque ils se sont habitués à cette température.

Quant à l'horaire de 11h-12h une minorité de 10% qui l'allume le climatiseur puisque les bureaux ne sont pas exposés au soleil et bénéficient des vents dominants.

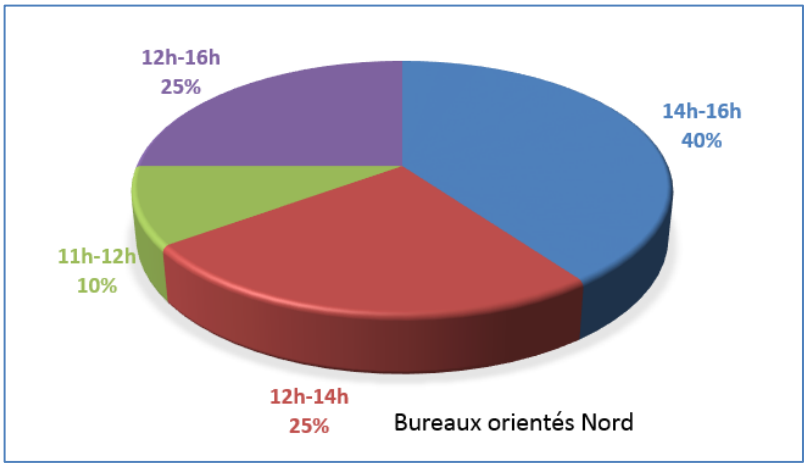


Figure 59 : Les horaires de l'utilisation de la clim pour les bureaux orientés Nord (auteur)

b) Bureaux orientés Sud

33% des employés qui occupent ces bureaux commencent à allumer les climatiseurs depuis 11h jusqu'à 16h, 50% l'allument entre 12h-16h, et 17% entre 14h16.

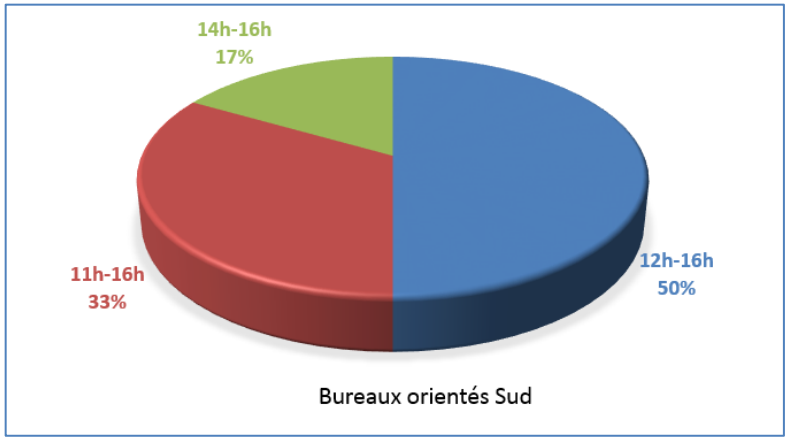


Figure 60 : Les horaires de l'utilisation de la clim pour les bureaux orientés Sud (auteur)

En comparant les bureaux orientés Nord et Sud, on déduit que l'orientation du bâtiment est un paramètre important qu'on doit prendre en charge lors de la conception architecturale parce qu'elle contribue fortement à l'économie de l'énergie.

II-6) Utilisation de la climatisation dans les maisons

Un tiers des employés utilisent la climatisation dans leurs maisons afin de se sentir dans des conditions de confort, et la plupart l'allument le soir et la nuit, tandis que ceux qui n'allument pas les climatiseurs profitent de la ventilation nocturne.

On retiendra donc que le plus important est d'avoir un intérieur confortable, sans se soucier de la consommation énergétique.

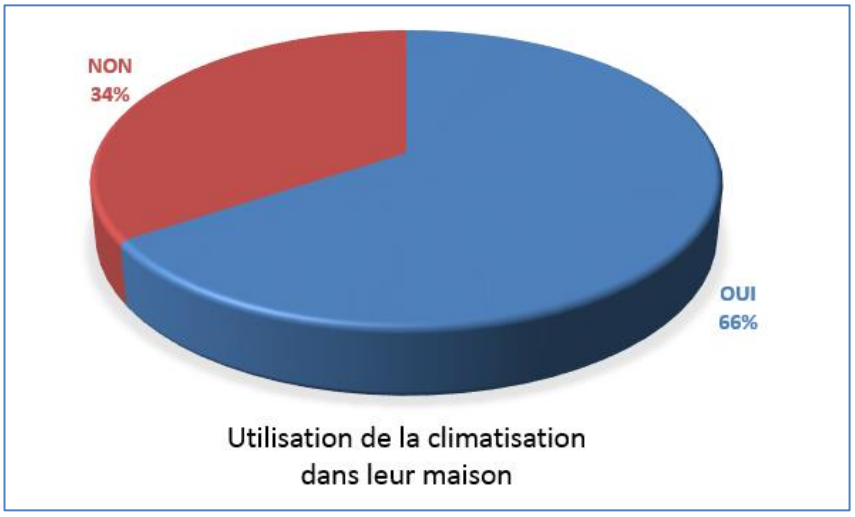


Figure 61 : L'utilisation de la clim chez soi (auteur)

CONCLUSION

Nous déduisons de cette enquête que la plupart des employés de la direction du logement (76.97%) trouvent leurs bureaux confortables et ventilés, et ce grâce au déplacement d'air généré par l'ouverture des fenêtres multiples, aussi les employés qui occupent les bureaux orientés Nord utilisent moins la climatisation puisque leurs bureaux sont exposés au vent (source de renouvellement d'air) et non au soleil, tandis que ceux possédant des bureaux orientés Sud abusent dans l'utilisation de la climatisation, ça justifie que l'orientation joue un rôle important dans l'économie d'énergie.

Les employés ont tendance à allumer le climatiseur même dans leur propre maison sans se soucier des dépenses, et ne profitent pas de la ventilation nocturne ce qui est mauvais de

point de vue santé et économie, pour cela ils doivent profiter du climat au maximum pour assurer leur confort et en tirer profit lorsque c'est possible.

En effet, une prise de conscience et une sensibilisation doivent se réaliser pour que les usagers, qui sont l'acteur principal de la société, réagissent dans le bon sens de pallier confort et environnement.

CONCLUSION GENERALE

La qualité des espaces intérieurs de travail dans le bâtiment tertiaire constitue un enjeu majeur actuellement, la réponse aux besoins des employés en terme de confort thermique est reconnue et justifiée du fait de son impact sur la qualité des ambiances thermiques intérieures ; il influence directement sur la productivité des employés.

Pour atteindre ces conditions de confort dans le travail, les employés utilisent la climatisation qui améliore l'inconfort d'été, cette climatisation qui se produit à travers la combustion du fioul ou du charbon a des conséquences lourdes sur le climat et la planète en général.

L'objectif visé à travers ce travail de recherche, est d'étudier la problématique du confort thermique relative à notre cas d'étude (direction de logement de Tizi Ouzou), afin de de minimiser l'impact nocif qu'apporte la climatisation en premier lieu, puis réduire la consommation énergétique en second lieu, et ce à travers l'optimisation de la ventilation naturelle dans les locaux de cette direction.

Pour cela, nous avons structuré notre travail suivant quatre chapitres, le premier chapitre nous a permis d'acquérir des connaissances sur le vent et la ventilation naturelle ; qui nous ont aidé à définir l'effet que produit le vent dans l'immeuble étudié, ainsi que son fonctionnement.

A travers le deuxième chapitre, nous avons pu décrire la situation énergétique de l'Algérie et sa Politique Nationale de l'Aménagement et du Développement Durable mise en place pour contribuer au développement durable et qui n'a pas encore donné son fruit.

Puis, dans le troisième chapitre consacré à l'analyse du cas d'étude, nous avons pu énumérer les acquis du site, un site aéré, possédant de la végétation, et exposé aux vents dominants c'est un site qui favorise l'utilisation de ce procédés naturel comme moyen d'amélioration du confort thermique.

En dernier, l'enquête nous a montré l'existence d'un inconfort pour les bureaux orientés vers le Sud, lié à un problème de surchauffe, dû à une orientation défavorable des ouvertures, à la sur occupation, à l'inexistence de protections solaires et d'une ventilation nocturne. Les orientations Nord sont les plus intéressantes pour notre cas d'étude, à travers le questionnaire

communiqué aux employés, nous avons essayé de comprendre la notion du confort selon ces derniers, leurs habitudes et leur réactions vis-à-vis l'inconfort d'été.

A travers ce travail de recherche, nous essayons de donner quelques conseils et recommandations pour optimiser la ventilation naturelle dans ces espaces de bureaux en se basant sur l'étude bioclimatique effectuée :

- Procéder à l'isolation de l'enveloppe du bâtiment, ainsi qu'au calfeutrage des ouvertures pour éviter les déperditions thermiques,
- Prévoir des brises soleil, et changer le verre des fenêtres des façades Sud par un vitrage isolant à faible émissivité pour limiter les apports solaires,
- Ouvrir les fenêtres de part et d'autre par alternance pour assurer une bonne circulation de l'air donc une meilleure ventilation,
- Laisser la petite fenêtre verticale ouverte pendant la nuit pour profiter de la ventilation nocturne au moins à l'intérieur du même bureau par la ventilation mono exposée, bien que les bureaux restent fermés toute la nuit par souci de perte de documents administratifs,

On retiendra de ce travail de recherche, que le désir de la rationalisation d'énergie est fortement lié la défaillance de la conception architecturale et les insuffisances en matière de prise en charge du confort intérieur ; qui est un critère notable que nous devons prendre en considération en associant l'environnement et ses différents atouts naturels qu'il nous offre.

En revanche le recours à la climatisation est un moyen plus facile et plus efficace pour l'inconfort d'été, mais la ventilation naturelle n'est pas de moindre importance pour répondre à cette incommodité. En climat méditerranéen tempéré, il devra être parfaitement possible dans de nombreux cas d'assurer un climat intérieur confortable en été en limitant au maximum les installations techniques.

BIBLIOGRAPHIE

ADEME, Egalite-Liberté-Fraternité France- Ministère de la Transition Ecologique et de Solidarité, Ministère de l'enseignement Supérieur de la Recherche et de l'innovation « Guide pratique de la ventilation naturelle des habitations » Septembre 2018,

AIT KACI Zouhir « apport de la cage d'escaliers dans la ventilation naturelle, simulation thermo aéraulique d'un habitat collectif en Algérie » 2014/ mémoire de magister,

B.GIVONI « L'homme, l'architecture et le climat » TRAD PAR J.L.IZARD 1978,

CHABI cours de l'option architecture et environnement, intitulé « le vent et la ventilation naturelle dans l'Architecture »/ (année 2018/2019).

David WRIGHT « Soleil, nature, architecture » Roquevaire 1979,

Eric DURAND « habitat solaire et maitrise de l'énergie » revue système solaire Nº 17/18 Oct-Nov 1986,

Iddir Ahmed Zaïd conférence intitulée "Impact des grands barrages sur l'environnement : cas du barrage de Taksebt", lors du 5e séminaire sur l'eau au niveau de l'auditorium de l'Université Mouloud Mammeri TO,

Institut national de recherche et de sécurité INRS, Guide pratique de ventilation « principes généraux de la ventilation naturelle » Edition 695/2015,

KESRAOUI Nadia « Intégration du concept bioclimatique et utilisation rationnelle de l'énergie dans le bâtiment tertiaire en climat méditerranéen (cas de l'Algérie) » Novembre 2010/mémoire de magister,

MAZARI Mohammed « Etude et évaluation du confort thermique des bâtiments à caractère public : Cas du département d'Architecture de Tamda (Tizi-Ouzou) » Septembre 2012/mémoire de magister,

Ministère de l'Energie « bilan national 2017 » Edition 2018/ www.energy.gov.dz

Rédha Younes BOUACIDA « Quelle intégration de l'Algérie dans le développement durable ? »Un essai d'analyse à partir d'indicateurs statistiques/Université du 20/08/1955-Skikda ; Algérie, CAE-CERGAM, AMU, France,

Sébastien Wullens « Étude numérique de la ventilation naturelle, mise en œuvre d'un modèle fin dans une simulation de thermique du bâtiment »/ HAL Id: tel-01266322/ https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01266322/ Submitted on 2 Feb 2016

Z. Khiat1, S. Flazi et A. Boudghene Stambouli « Pluralité énergétique : enjeux et stratégie pour l'Algérie » Revue des Energies RenouvelablesICRESD-07 Tlemcen (2007) 41- 46-41 Département d'Electrotechnique, Faculté de Génie Electrique,

LISTE DES FIGURES

Figure 01 : Echelle de BEAUFORT
http://www.simexperts.com/wpcontent/uploads/2015/08/echelle-de-beaufort.jpg 10
Figure 02 : Evolution spatiale de la vitesse du vent pour different milieux/ Baumuller et al 1993 ……...11
Figure 03 : Effet de trous sous immeubles (châtelet et al,1998) ……..11
Figure 04 : Effet de coin (châtelet et al,1998) ……..11
Figure 05 : Effet de sillage (châtelet et al,1998) ……..12
Figure 06 : Effet de venturi (châtelet et al,1998)…….12
Figure 07 : Effet de canalisation (châtelet et al,1998) ……..12
Figure 08 : Effet de pyramide (châtelet et al,1998) ……13
Figure09 : La ventilation naturelle (Guide pratique de la ventilation naturelle des habitations/Sep 2018) ……13
Figure 10 : Ventilation mono exposée (L'auteur) ……...15
Figure 11 : ventilation transversale ……..15
Figure 12 : Capteur de vent (Cour le vent et la ventilation 2018/2019) ……..16
Figure 13 : Capteur de vent modernisé (Cour le vent et la ventilation 2018/2019) …..……..16
Figure 14 :ventilation par cheminée ……17
Figure 15 : ventilation par atrium ... ……17
Figure 16 : ventilation par façade double peau ……17
Figure 17 : ventilation par puit canadien ……18
Figure 18 : Synthèse des flux en Mtep pour l'année 2017énergitiques ……..22
Figure 19 : Structure de la production de l'énergie primaire ……23
Figure 20 : Structure de l'énergie dérivée ……..25
Figure 21 : Structure de la consommation finale d'énergie par produit ……25
Figure 22 :énergie solaire ……26
Figure 23 : énergie éolienne ……26
Figure 24 : objectifs du programme des énergies renouvelables ……28
Figure 25 : Répartition de programme Algérien des énergies renouvelables par filière …….29
Figure 26 : situation de la wilaya de Tizi Ouzou et ses différentes communes (Wikipédia) ..35
Figure 27 : Diagramme des températures moyennes minimales et maximales de Tizi-Ouzou sur une période de 18 ans (1990 à 2008)……38

Figure 28 : Evolution des températures moyennes minimales et maximales de Tizi-Ouzou en 2018(infoclimat.fr)……..…39

Figure 29 : Variations des précipitations à Tizi-Ouzou en fonction des saisons ……40

Figure 30 : Histogramme de la pluviométrie moyenne annuelle et mensuelle de la région de Tizi-Ouzou (1990 à 2008) ……40

Figure 31 : Histogramme des vitesses moyennes mensuelles des vents au niveau de Tizi-Ouzou entre 1990 et 2006……42

Figure 32 : rose des vents de la région de Tizi Ouzou (méteoblue)…….42

Figure 33 : Variation de l'humidité relative mensuelle dans la région de Tizi-Ouzou entre 1990 et 2006……...43

Figure 34 : Variation de degrés-jour relative aux mois de l'année 2018 dans la région de Tizi-Ouzou ……44

Figure 35 : ville de Tizi Ouzou (Google Earth) ……..45

Figure 36 : situation de la direction du logement à l'échelle du quartier (Google Earth) …..45

Figure 37 : Plan de masse de la direction du logement (Auteur) ……46

Figure 38 : Plan du rez de chaussée, échelle 1/500 (Auteur)……...47

Figure 39 : Plan du 1er et 2eme étages, échelle 1/500 (Auteur) …….48

Figure 40 : Plan du 3eme étage échelle 1/500 (Auteur) …….48

Figure 41 : un type de bureau montrant les 3 ouvertures et les dispositifs du confort ainsi que le matériel informatique ……...48

Figure 42 : Coupe A-A de la direction du logement ……..……49

Figure 43 : Façade de la direction du logement……..……..……49

Figure 44 : Equipements de confort d'hiver (auteur) ……50

Figure 45 : Equipements de confort d'été (auteur) ……50

Figure 46 : Dispositif de contrôle du reflet (éblouissement et chaleur) (auteur)…….50

Figure 47 : Matériel de bureau (auteur) ……..……51

Figure 48 : l'orientation, l'exposition aux vents dominants et l'aération du site comportant le bâtiment (auteur) ……..…….52

Figure 49 : profil montrant l'écoulement d'air direction Nord (auteur) …….53

Figure 50 : profil montrant l'écoulement d'air direction Nord (auteur) …….53

Figure 51 : flux d'air traversant le bâtiment (auteur) ……..…….53

Figure 52 : déplacement de l'air dans les différents espaces (auteur) ……..…….54

Figure 53 : déplacement de l'air dans les différents espaces (auteur) ……..…….54
Figure 54 : déplacement de l'air dans les différents espaces (auteur) ……..…….55
Figure 55 : Appréciation du confort par les occupants(auteur) …….59
Figure 56 : Les différents paramètres de classement du confort pour les bureaux orientés Nord (auteur)……60
Figure 57 : Les différents paramètres de classement du confort pour les bureaux orientés Sud (auteur).……60
Figure 58 : Les différentes tendances pour améliorer le confort d'été (auteur)……..61
Figure 59 : Les horaires de l'utilisation de la clim pour les bureaux orientés Nord (auteur) …….62
Figure 60 : Les horaires de l'utilisation de la clim pour les bureaux orientés Nord (auteur) …….62
Figure 61 : L'utilisation de la clim chez soi (auteur)…….……59

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 01 : Evolution de la production primaire ……...23
Tableau 02 : Evolution de la production d'énergie dérivée …….24
Tableau 03 : Le programme de développement des énergies renouvelables ……...29
Tableau 04: variation des températures de chaque mois de l'année sur une période de 18 ans (1990 à 2008)…….37
Tableau 05 : répartition de la pluviométrie saisonnière sur une période de 18 ans (1990 à 2008)……..39

Tableau 06 : Répartition de la pluviométrie moyenne mensuelle et annuelle pour la région de Tizi-Ouzou entre 1990 et 2008……40
Tableau 07 : Durée d'insolation sur la ville de Tizi-Ouzou pour la période de 1996 à 2005...41
Tableau 08 : Durée d'insolation sur la ville de Tizi-Ouzou pour la période de 1996 à 2005..42
Tableau 09 : Humidité relative moyenne mensuelle enregistrée entre 1990 et 2006……...43