



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur
Et de la Recherche Scientifique



Université Laarbi Tébessi - Tébessa
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département d'Architecture

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du
diplôme de master Académique

Domaine : Architecture, Urbanisme et Métiers de la ville

Filière : Architecture

Option : Architecture et environnement

Thème:

**L'impact de l'orientation et la position des salles de
classe sur la performance énergétique.**

- Cas d'étude -Tébessa-

Elaboré par :

- **AISSAOUI Houssem Eddine**
- **KATEB Aimane**

Encadré par :

Dr: Ahriz Atef

Soutenu devant le jury composé de :

- 01- Dr. Fezzai Soufiane
- 02- Mme. Lacheheb Sarah

Président
Examinatrice

Année universitaire : 2018/2019

REMERCIEMENTS

Nous remercierons Allah, Seigneur du monde de nous avoir donné l'inspiration et la patience pour mener à bien ce travail.

Si ce travail a pu voir le jour, c'est grâce à l'appui et au soutien de nombreuses personnes. Qu'elles reçoivent ici notre plus sincère reconnaissance.

*Nous exprimons nos remerciements à notre encadreur, **Dr. Atef Ahriz**, pour la qualité de son encadrement, ses conseils avisés, la confiance qu'il nous accordée et sa disponibilité tout au long de la réalisation de ce travail. Nous le remercions particulièrement, pour son soutien et ses grandes qualités humaines.*

*Nous souhaitons adresser nos remerciements aux membres du jury qui ont enrichi ce travail, à **Dr. fazzai**, qui a aimablement accepté de présider le jury de notre travail de recherche, à **Mme Lacheheb**, d'avoir accepté d'évaluer ce travail, d'avoir accepté à son tour d'examiner ce travail. Leurs remarques, critiques, orientations et conseils me seront très utiles pour une continuité dans le processus de la recherche scientifique.*

Nous souhaitons remercier tous les enseignants du département d'architecture de Tébessa, pour leur disponibilité et encouragements tout au long de notre formation ainsi que tous nos amis, pour leurs soutiens moral et leur aide précieuse.

Enfin, notre immense gratitude et notre admiration pour nos parents et toute nos familles pour leurs aides et soutiens infailibles.

Résumé :

La performance énergétique dans les bâtiments scolaires prend un grand intérêt et importance parmi les facteurs les plus déterminants de la performance des systèmes éducatifs.

Les pratiques architecturales du vingtième et du début du vingt-et-unième siècle ont recours aveuglement à le satisfaire sans que la dimension environnementale ne soit intégrée dans la conception architecturale. Cela a engendré des impacts très lourds sur l'environnement, tant par une forte consommation d'énergie que par des rejets de gaz à effet de serre.

En Algérie, la production des bâtiments scolaires a dû faire face aux besoins importants d'infrastructures. Pour répondre à cette demande, la construction des bâtiments scolaires était Régie par des plans types, et l'objectif principal du présent travail de recherche est l'optimisation de la performance énergétique dans les typologies les plus récurrentes des bâtiments scolaires d'enseignements dans le contexte climatique de la ville de Tébessa.

Mots clés: La performance énergétique, bâtiments scolaires, dimension environnementale, conception architecturale

المخلص :

الاداء الطاقوي في المباني المدرسية يحظى بأهمية ودور كبير ويعتبر من بين أهم العوامل في اداء النظم التعليمية.

التطبيقات المعمارية والهندسية في القرنين العشرين وبداية القرن الحادي والعشرين لجأت الى الاستخدام المفرط للأبعاد الهندسية دون الرجوع للبعد والأثر البيئي الذي كان غائبا في التصميم المعماري. هذا ما خلف أثرا جد ثقيل على المحيط، كالاستهلاك القوي للطاقة و ما تخلفه من انبعاثات كالغازات الملوثة و احتباس حراري.

في الجزائر، تصميم المباني المدرسية يقابله الطلب الهام الذي تشهده البنية التحتية للبلد، و للاستجابة لهذا الطلب الهام، انتاج هذه المباني يخضع لتصميم نموذجي موحد، و من هنا الهدف الرئيسي لهذا البحث هو تقييم التحسين الاداء الطاقوي لهذه المباني من خلال نماذج للمباني المدرسية في الظروف المناخية لمنطقة تبسة.

الكلمات المفتاحية: اداء الطاقة، المباني المدرسية، البعد البيئي، التصميم المعماري.

Chapitre 01 : Energie et bâtiment

Introduction.....	5
--------------------------	----------

1-Généralité sur L'énergie

1.1 L'énergie: définition	5
1.2 Types d'énergies	6
1.2.1 L'énergie cinétique dont l'énergie éolienne.....	6
1.2.2 L'énergie thermique ou calorique.....	6
1.2.3 L'énergie radiative dont l'énergie solaire.....	7
1.2.4 L'énergie chimique dont les énergies fossiles.....	7
1.2.5 L'énergie électrique.....	8
1.2.6 - L'énergie nucléaire.....	8
1.3 Les énergies renouvelables	8
1.4 Consommation de l'énergie dans le secteur du bâtiment dans le monde.....	9
1.5 Les programmes nationaux pour la maîtrise d'énergie	9
1.6 Evolution de la consommation énergétique par secteur d'activité en Algérie...	10
1.7 La consommation énergétique du secteur du bâtiment en Algérie.....	11

2-La performance énergétique et l'énergie dans le bâtiment

2.1 La performance énergétique.....	12
2.2 Facteurs affectant les conditions thermiques des bâtiments.....	12
2.2.1-L'efficacité énergétique passive.....	12
2.2.2 -L'efficacité énergétique active.....	13
2.2.3- Les énergies renouvelables.....	13
2.3 Calcule de la performance énergétique.....	13
2.4 Les diagrammes bioclimatiques	13
2.4.1. Les tables de Mahoney.....	14
2.4.2. Le diagramme bioclimatique de Givoni.....	14
2.4.3. Diagramme bioclimatique d'Olgay.....	14

2.4.4. Le diagramme de triangles de confort d'Evans.....	15
2.4.5. Le diagramme bioclimatique de Szokolay.....	16
2.5 La consommation énergétique.....	16
2.5.1. Le bilan de consommation énergétique.....	16
2.5.2. La consommation conventionnelle d'énergie.....	17
2.6 L'efficacité énergétique.....	17
3-La performance énergétique en architecture	
3.1 La conception architectural et la performance énergétique.....	17
3.2 L'efficacité énergétique dans les milieux scolaires	18
Conclusion.....	19
Chapitre 02 : Architecture des bâtiments scolaires	
Introduction.....	20
1. Généralité.....	20
1.1- Définition de l'éducation	20
1.2- Le rôle de l'éducation	20
1.3-L'influence de la famille.....	21
1.4-Une éducation pour la vie.....	21
1.5-Se créer une personnalité.....	21
2- Système éducatif dans le monde.....	22
2.1-L'école maternelle.....	22
2.2-L'école élémentaire.....	22
2.3-L'enseignement secondaire.....	22
2.4-L'enseignement supérieur.....	22
3-Système éducatif algérien.....	23
3.1-Présentation.....	23
3.2Architecture des bâtiments scolaires.....	25

4- Evolution spatiale des bâtiments scolaires.....	25
4.1 Naissance d'un espace bâti destiné à l'éducation.....	25
4.2 Naissance d'une architecture scolaire.....	26
4.3 Les bâtiments scolaires à typologie Heitmatstil	27
2.3- Le mouvement des écoles de plein air	28
2.4- Les écoles pavillonnaires.....	28
2.5- Les écoles à aires ouvertes.....	29
2.6- Des écoles modulables.....	29
5- Architecture scolaire pour demain ?	29
6-La typologie architecturale des bâtiments scolaires.....	30
6.1 Définition de la typologie architecturale des bâtiments.....	30
6.2 La définition du corpus.....	30
6.3 Le classement préalable.....	30
6.4 Élaboration des types.....	31
7- Conception de la salle de cours.....	31
7.1 Forme et dimensions.....	31
7.2 Ouvertures Les portes.....	31
7.3. Revêtements.....	32

Conclusion

Chapitre 03 : Recherches antérieures et méthode d'évaluation

Introduction.....	34
1. Les recherches antérieures.....	34
1.1 Les recherches antérieures sur l'énergie dans les bâtiments.....	34
1.2 Les recherches antérieures sur l'efficacité énergétique.....	37
1.3 Les recherches antérieures sur l'efficacité énergétique dans les bâtiments scolaires.....	38

2. Méthodes d'évaluation	
2.1 La facturation.....	40
2.2 Les indicateurs quantitatifs techniques.....	40
2.2.1- De façon absolue.....	40
2.2.2- De façon relative.....	40
3. Les logiciels de simulation thermique du bâtiment	41
A. TRNSYS.....	41
B. Lesosai	42
C Pleiades + Comfie	43
D. Autodesk Ecotect.....	43
4. Choix du logiciel de simulation	45
4.1 Autodesk Ecotect.....	45
4.2 Analyse efficacité énergétique par Autodesk Ecotect.....	46
Conclusion	47

Chapitre 04 : Zone d'étude et création des scénarios

Introduction	48
1- Présentation de la ville de Tébessa	48
1-1 Situation géographique.....	48
1-2 Etude du climat de la région géographique.....	49
1-3 Les données météorologiques de la zone d'études.....	50
1-3-1 Température	50
1-3-2 L'humidité	50
1-3-3 Les vents.....	51
2-Le choix du logiciel de simulation	52
2.1. La création du modèle et les variables de l'analyse.....	52
2.1.1 Les paramètres fixes d'analyse.....	52

2.1.2 Les paramètres variables d'analyse.....	52
2.2. La codification des paramètres d'analyse.....	53
2.3. Les scénarios.....	53
3. Création du modèle.....	54
4. Les étapes de simulation.....	58
Conclusion.....	61

Chapitre 05 : Simulation et résultats

Introduction.....	62
1- Vérification générale de la consommation énergétique dans les 24 scénarios et pendant deux période Heating et Cooling.....	62
1.1La consommation énergétique pendant la période de climatisation (Cooling)	62
1.2-La consommation énergétique pendant la période de chauffage (Heating)	63
2- Vérification de la consommation énergétique et l'économie d'énergie.....	64
A. Pendant la période Cooling.....	64
2.1 Pendant la période Heating.....	64
2.2 Classement général de la consommation énergétique (Cooling/Heating).....	64
2.3 Classement final de l'économie d'énergie (Cooling/Heating).....	66
3. Classement général de la consommation énergétique (Cooling/Heating).....	68
4. Classement finale de l'économie d'énergie (Cooling/Heating).....	70
5- Décodification du classement finale des scénarios.....	72
Conclusion.....	78
Conclusion général.....	79

Liste des figures :

• **Chapitre 01:**

Figure 1-1: énergie éolienne, Source :(groupe EDF)..... 6

Figure 1-2: Fonctionnement de L'énergie thermique, Source :(energiedemain.com)..... 7

Figure 1-3: pub sur le programme de la maitrise d'énergie, Source :(energy.gov.dz)..... 10

Figure 1-4: secteurs de consommation énergétique, Source :(energy.gov.dz)..... 10

Figure 1-5 : le diagramme bioclimatique de Givoni, source: Givoni B., 1978..... 14

Figure 1-6 : Le diagramme bioclimatique d'Olgyay (1963), source: LIEBARD A. et DE HERDE 15

Figure 1-7: Le diagramme de triangles de confort d'Evans, source :(Evans J. M 2007).....16

Figure 1-8: Zones de contrôle potentiel selon Szokolay à la ville de Guelma, Source : (MEDJELEKH D, 2006)..... 17

Figure 1-9: Les typologies de bâtiments scolaires analysées par Montenegro E. E., (2011)..... 18

• **Chapitre 02:**

Figure 1-2 : Système éducatif, source: <http://anabramos.canalblog.com>.....23

Figure 2-2 : Système éducatif, source: education.gov.dz.....24

Figure 3-2 : plan d'une école à modèle Prussien. Source : (Foster S. et al. 2004).....26

Figure 4-2: façade d'un bâtiment scolaire à typologie Heitmatstil. Source : (Foster S. et al. 2004).....27

Figure 5-2: plan d'un bâtiment scolaire à typologie Heitmatstil. Source : (Foster S. et al. 2004).....27

Figure 6-2 : l'école de plein air de Vidy, Lausanne, 1925. Source : (Foster S. et al., 2004)..28

Figure 7-2 : Salle de cours, source : <https://profpower.livrescolaire.fr>.....32

Figure 8-2 : Aménagement des espaces éducatifs, source: <https://www.classe-de-demain.fr>.32

- **Chapitre 03:**

Figure 1-3: Icône TRNSYS 18, Source :(TRNSYS.com).....42

Figure 2-3: Graphe du confort thermique Pleiades, source : izuba.fr/logiciel, 2017.....43

Figure 3-3: Ecotect analysas, Source : www.autodesk.com/ecotect-analysis,2011 44

Figure 4-3: Résultats de simulation sous Ecotect, ombrage (a), lumière du jour (b) et performances thermique (c)., Source : www.autodesk.com/ecotect-analysis,201445

- **Chapitre 04:**

Figure 1-4 : Situation de Tébessa, Source :(onlinebieb.nl/tebessa-algerie-carte.html)...49

Figure 2-4 : Température en 2015 Tébessa, source infoclimat.com, 2015 49

Figure 3-4: L'intégration des données climatique de la région et la précision de la date, source auteur.....50

Figure 4-4 : La précision de l'heure, l'activité et la température, source auteur..... 54

Figure 5-4: Niveau d'éclairage et l'occupation dans les salles, source auteur..... 55

Figure 6-4: Vue 3d sur la zone n° 01, zone nord, source auteur..... 55

Figure 7-4: Vue 3d sur la zone n° 02, zone Sud, source auteur..... 56

Figure 8-4: Vue 3d sur la zone n° 03, zone Est, source auteur..... 56

Figure 9-4: Vue 3d sur la zone n° 04, zone Ouest, source auteur..... 56

Figure 10-4: Analyse du scénario B1X1, source auteur..... 58

Figure 11-4 : Type d'analyse et calculassions des résultats source auteur..... 58

- **Chapitre 05:**

Figure n° 1-5: scénario B1X2, source auteur.....72

Figure n° 2-5: scénario A1X2, source auteur..... 72

Figure n° 3-5: scénario D1X2, source auteur..... 72

Liste des figures

Figure n° 4-5: scenario C1X2, source auteur.....	72
Figure n° 5-5: scenario A1X1, source auteur.....	73
Figure n° 6-5: scenario B1X3, source auteur.....	73
Figure n° 7-5: scenario A2X5, source auteur.....	73
Figure n° 8-5: scenario B1X1, source auteur.....	73
Figure n° 9-5: scenario B2X5, source auteur.....	74
Figure n° 10-5: scenario B2X4, source auteur.....	74
Figure n° 11-5: scenario A2X4, source auteur.....	74
Figure n° 12-5: scenario B2X6, source auteur.....	74
Figure n° 13-5: scenario D1X1, source auteur.....	75
Figure n° 14-5: scenario C1X3, source auteur.....	75
Figure n° 15-5: scenario D2X4, source auteur.....	75
Figure n° 16-5: scenario A1X3, source auteur.....	75
Figure n° 17-5: scenario C2X6, source auteur.....	76
Figure n° 18-5: scenario D2X5, source auteur.....	76
Figure n° 19-5: scenario C2X5, source auteur.....	76
Figure n° 20-5: scenario A2X6, source auteur.....	76
Figure n° 21-5: scenario D1X3, source auteur.....	77
Figure n° 22-5: scenario C1X1, source auteur.....	77
Figure n° 23-5: scenario D2X6, source auteur.....	77
Figure n° 24-5: scenario C2X4, source auteur.....	77
Figure 25-5 : La salle de classe performante, source auteur.....	78

Liste des tableaux :

Tableau 03-1: Informations sur Lesosai.....	43
Tableau 01-4 : Tableau de la variation mensuel de la température, source : site Web de l’office national de météorologique.....	50
Tableau 02-4 : Tableau de la variation mensuel de l’humidité relative, 2009.source (Site web de l’office nationale de météorologique, 2009).....	51
Tableau 03-4 : Tableau de la variation mensuel de la vitesse du vent, 2009.source (Site web de L’Office nationale de météorologique, 2009).....	51
Tableau 04-4: Les paramètres d’analyse, source l’auteur.....	53
Tableau 05-4 : La codification des paramètres d’analyse, source auteur.....	53
Tableau 06-4 : Les scénarios, source auteur.....	54
Tableau 07-4 : la consommation énergétique de climatisation, source auteur.....	59
Tableau 01-5 : La consommation totale pour les scénarios, source auteur.....	64
Tableau 02-5 : La consommation totale pour les scénarios, source auteur 2019.....	64
Tableau 03-5 : Classement des scénarios par consommation énergétique et économie D’énergie, source auteur.....	66
Tableau 04-5 : La consommation totale pour les scénarios, source auteur 2019.....	67
Tableau 05-5 : Classement des scénarios par consommation énergétique (Heating), source auteur.....	69

Liste des graphes :

Graphe 1-4 : La variation mensuelle de la température site Web de l’office nationale de météorologique ,2009.....50

Graphe 2-4 : La variation mensuelle de l’humidité relative, source (Site web de l’office nationale de météorologique, 2009.....51

Graphe 3-4 : La variation mensuelle de la vitesse du vent ,2009.....51

Graphe 4-4 : La consommation énergétique de chauffage, source auteur 2019.60

Graphe 01-5 : La consommation énergétique de climatisation, source auteur 2019.....62

Graphe 02-5 : La consommation énergétique de chauffage, source auteur 2019..... 63

Graphe 03-5 : Classement des scénarios par consommation énergétique (Cooling), source auteur 2019..... . 65

Graphe 04-5 : Classement du l’économie d’énergie des scénarios (Cooling), source auteur 2019.....65

Graphe 05-5 : Classement des scénarios par consommation énergétique (Heating), source auteur..... 67

Graphe 06-5 : Classement du l’économie d’énergie des scénarios (Heating), source auteur..... 67

Graphe 07-5 : Classement générale de l’économie énergétique (Cooling/Heating), source auteur..... 69

Graphe 08-5 : Classement finale de l’économie d’énergie (Cooling/Heating), source auteur...70

Introduction général :

La performance énergétique dans le bâtiment prend une grande importance vue son impact sur la qualité des espaces intérieurs, la santé et le rendement de l'utilisateur. Toutefois, la recherche à le satisfaire sans intégrer la composante environnementale a renforcé les problématiques énergétiques. La nécessité de garantir un environnement propice à l'apprentissage, sain, confortable et durable fait que ces bâtiments doivent être conçus en fonction des exigences du confort tout en s'inscrivant dans l'approche du développement durable.

« Une construction intelligente doit tenir compte de l'environnement climatique : soleil, vent, pluie, orientation des pièces en fonction de leurs usage » (Éric Durand Habitat Solaire)

La performance énergétique et le confort des espaces intérieurs dans les bâtiments scolaires représentent un sujet de difficulté important. Ces milieux accueillent une population en phase d'enseignement et d'apprentissage sur laquelle l'ambiance thermique peut avoir des conséquences non négligeables. Plusieurs recherches ont démontré que la réussite scolaire est fortement dépendante des conditions dans lesquelles les élèves y accèdent et sont pris en charge. Ainsi, en offrant un environnement, notamment thermique, confortable et de bonne qualité peut aboutir à des résultats positifs sur la motivation des apprenants et sur leurs rendements.

La conception d'un bâtiment scolaire confortable d'une part et, préoccupé de son environnement d'autre part, est un enjeu majeur dans toute politique éducative du fait qu'il a trait à la formation de l'individu et à son épanouissement. Par ailleurs, au-delà des gains économiques, la promotion de l'éducation au développement durable et l'éveil de la conscience environnementale chez les élèves constituent des avantages primordiaux.

L'Algérie s'est lancée depuis longtemps une politique intégrée de réalisation des bâtiments scolaires. Si le système éducatif a accompli des progrès considérables sur le plan quantitatif, il n'en demeure pas moins que grand nombre de ces équipements sont construits sans réflexion à la qualité des ambiances intérieures et à leur contexte environnemental.

En effet, face à une demande importante d'infrastructures, l'Algérie a eu recours à la normalisation des bâtiments scolaires en proposant des schémas de plans types.

Largement reproduites sur tout le territoire national, les typologies issues de cette stratégie ont négligé l'aspect qualitatif et les particularités climatiques de chaque région. L'importance des enjeux liés au secteur de l'éducation ainsi que celui de l'environnement et

leurs poids dans le développement des sociétés comptent parmi les multiples raisons d'ordres scientifique et personnel qui nous ont motivés à l'étude du confort dans ces typologies des bâtiments scolaires. Ainsi, le présent travail de recherche se penche sur la problématique de la qualité de la performance énergétique dans les typologies les plus récurrentes des bâtiments scolaires dans le contexte climatique de la ville de Tébessa. Afin de donner un aperçu sur le comportement thermique de ces bâtiments.

1. Problématique :

La performance énergétique importe une dimension majeure dans les établissements scolaires du fait qu'il entraîne une influence sur la vigilance psychique, le degré de concentration, d'assimilation.

Pour assurer ce confort ; Les bâtiments scolaires doivent être conçus en fonction des données climatiques locales et selon des dispositions intégrées à leurs contextes. Cela suppose que leurs typologies et caractéristiques architecturales par rapport aux mêmes conditions climatiques soumis aux mêmes règles de conception et se différencient quand le contexte climatique change. En Algérie, face aux besoins importants d'infrastructures, le ministère de l'éducation nationale a eu recours à la standardisation de l'architecture scolaire en proposant des schémas de plans types à construire partout sur le territoire national, négligeant de ce fait, les caractéristiques climatiques de chaque région. Dès lors, des questionnements s'imposent :

- **Quel est le rôle de la position et l'orientation dans le but de diminuer la consommation énergétique ?**
- **Par quel procédé on peut améliorer la performance énergétique à travers la position et l'orientation des salles des classes ?**

2. Hypothèses :

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

- Dans le domaine de l'architecture l'orientation et la position peut jouer un rôle dans la l'évaluation énergétique, et les besoins du la performance énergétique dans les salles des classes.

- Les paramètres et les dimensions de la consommation énergétique peuvent être liés à la position et l'orientation du bâtiment.

3. Objectifs :

Le travail s'inscrit dans une optique globale d'étude et de recherche sur l'impact de l'orientation et la position sur l'efficacité énergétique dans les salles des classes des bâtiments scolaires. Les principaux objectifs sont:

- Evaluer les paramètres de l'ambiance thermique de ces typologies dans le contexte climatique de la ville de Tébessa.
- Classer ces typologies selon les meilleurs scénarios.

4. Méthodologie de recherche:

Afin de répondre aux objectifs, l'étude est structurée en deux phases :

a) Un cadre théorique : il consiste en une recherche méthodologique et documentaire ayant pour objectifs de comprendre tous les éléments théoriques de base en relation avec le sujet de recherche. Il sera objet d'entamer principalement l'impact engendré par l'orientation et la position des salles des classes dans les établissements scolaires dans le but d'assurer l'efficacité énergétique.

b) Un cadre expérimental : en s'appuyant sur l'ensemble des informations collectées, nous consacrons la deuxième partie à évaluer expérimentalement l'orientation et la position des salles des classes dans les typologies les plus répandues des bâtiments scolaires dans le contexte climatique de la ville de Tébessa. Cette partie se développe en deux étapes. La première consiste à connaître tous les typologies des bâtiments scolaires de la ville de Tébessa et à analyser les cas d'étude d'un point de vue bioclimatique dans le but d'éliminer les impacts négatifs sur l'environnement. la deuxième c'est l'expérimentation numérique à partir d'un logiciel de simulation pour évaluer la meilleur orientation et position des salles des classes dans le but de diminuer la consommation énergétique.

5. Structure de mémoire :

Introduction, problématique, les hypothèses et les objectifs de recherche. Le mémoire est divisé en cinq chapitres distribués comme suit :

- On s'intéresse dans **le premier chapitre** à l'énergie dans les bâtiments, pour définir les points les plus intéressants en matière de la préservation le bien-être et l'efficacité énergétique.

- Dans **Le deuxième chapitre** nous serons amenés à traiter la définition de nos concepts à savoir les bâtiments scolaires et leur composante à travers l'historique des bâtiments scolaires en s'appuyant sur des modèles et citations pour mieux cerner ce concept.

- Pour **le troisième chapitre** : Nous avons fait une synthèse de ce qui a été réalisé dans ce domaine et classé selon les paramètres étudiés. Ensuite on va analyser Les méthodes pour l'évaluation de la position et l'orientation des salles des classes, Afin de pouvoir trouver le meilleur type d'analyse dans la partie analytique de la recherche Et c'est : L'évaluation énergétique par Les logiciels.

- Sur **le quatrième chapitre** Une analyse des scénarios des différents bâtiments scolaires à la wilaya de Tébessa suivis d'expérimentations avec le logiciel Ecotect analysa, nous a permis de déterminer l'impact de la position et l'orientation des salles des classes sur l'efficacité énergétique.

- Et dans **le cinquième chapitre** nous effectuons des simulations numérique de l'efficacité énergétique de plusieurs scénarios développés au chapitre précédent qui nous conclut des scénarios à optimiser, une fois les résultats obtenus, nous procédons à leur présentation et interprétation. Pour arrive au modèle optimal le plus performant.

La conclusion générale : expose les conclusions et les synthèses tirées de travail, des recommandations architecturales pour l'optimisation et l'évaluation thermique dans des salles des classes dans la zone climatique du Tébessa.

Premier chapitre :

L'énergie en architecture

Introduction :

L'énergie dans nos jours est multiple, elle se présente sous de nombreuses formes et provient de diverses sources. Par exemples, lorsque l'eau d'une rivière actionne une turbine, la source de cette énergie est la force de l'eau-sa pression et son débit (énergie hydraulique) qui produit, naturellement, une énergie sous forme cinétique. (explorateurs-énergie)

En architecture, l'énergie est un élément essentiel dans tous les étapes de la conception d'un projet architectural, elle possède plusieurs solutions aux problèmes environnemental et problèmes issus du secteur de construction: mauvaise gestion des énergies primaires, émissions CO₂ trop élevées, mauvaise gestion de l'énergie au niveau des bâtiments.

Ce chapitre vise à comprendre ce qui signifie l'énergie, ses types, et aussi connaître les différents outils d'aide à la valorisation de l'efficacité énergétique au niveau des bâtiments.

1-Généralité sur L'énergie:

1.1 Energie:

Le terme énergie recouvre des réalités nombreuses et diverses. Si l'on met à part ses utilisations imagées comme « *un homme plein d'énergie* », l'énergie désigne une capacité à agir quels qu'en soient les modes : mettre en mouvement, chauffé, comprimé, éclairé, sonoriser, transmettre une information.

Dans le langage courant, le terme « énergie » est employé en substitution d'énergie utilisable par l'homme », aussi appelée « énergie libre ». Ainsi quand il est fait référence à la consommation d'énergie, il faut comprendre la consommation d'énergie utilisable par l'homme ou encore la consommation d'énergie libre. Cette précision est d'autant plus importante que le monde scientifique a démontré que dans un système isolé (comme peut l'être notre univers) l'énergie totale est toujours conservée (premier principe de la thermodynamique) , ce qui exclut toute consommation ou déperdition d'énergie. A contrario, l'énergie utilisable par l'homme, qui constitue une sous-partie de l'énergie totale, peut effectivement être consommée. (connaissancedesenergies.org)

1.2 Types d'énergies:

1.2.1 L'énergie cinétique dont l'énergie éolienne:

L'énergie éolienne est une source d'énergie qui dépend du vent (Figure 1-1). Le soleil chauffe inégalement la Terre, ce qui crée des zones de températures et de pression atmosphérique différentes tout autour du globe. De ces différences de pression naissent des mouvements d'air, appelés vent. Cette énergie permet de fabriquer de l'électricité dans des éoliennes, appelées aussi aérogénérateurs, grâce à la force du vent. (edf.fr)



Figure 1-1: énergie éolienne, Source :(groupe EDF)

1.2.2 -L'énergie thermique ou calorique:

Elle naît de la température (Figure 1-2) d'un corps qui selon les cas peut diffuser de la chaleur pour des cuissons, pour accélérer des réactions chimiques mais aussi pour générer des mouvements. Cette génération de mouvement n'est possible que si la température d'un corps peut être confrontée à la température d'un corps plus froid. Cette loi physique a été précisée dans le deuxième principe de la thermodynamique. L'énergie thermique a eu un rôle essentiel dans la révolution industrielle permettant notamment la production d'acier et la mise en mouvement les locomotives à vapeur. Elle actionne aujourd'hui les turbines et alternateurs générant de l'électricité. (connaissancedesenergies.org)

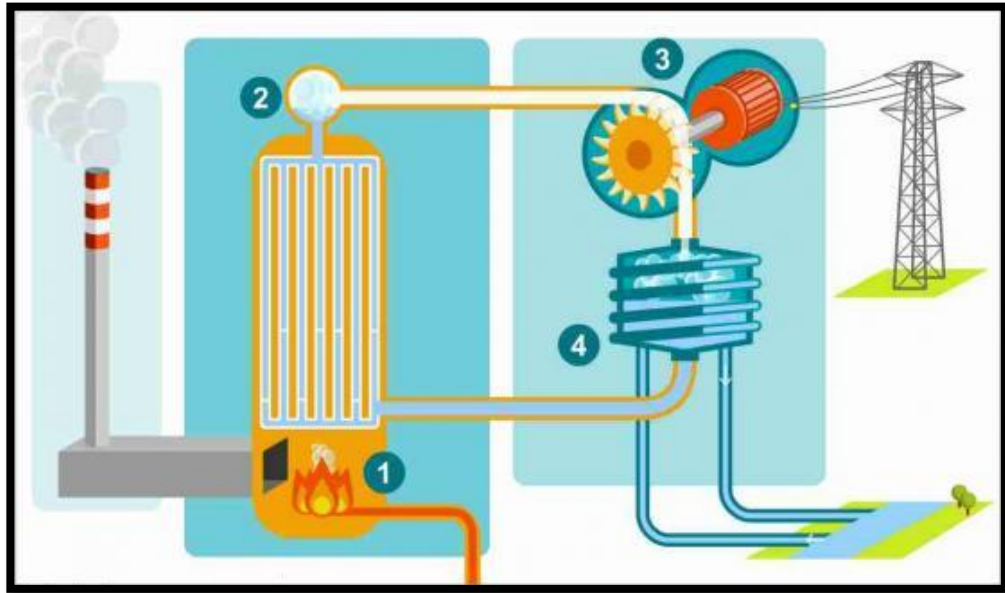


Figure 1-2: Fonctionnement de L'énergie thermique, Source: (energiedemain.com)

1.2.3 - L'énergie radiative dont l'énergie solaire:

Elle naît des rayonnements reçus. Ceux-ci sont, suivant leur longueur d'onde, de natures différentes (ondes radio, lumière visible, rayons Ultra-Violets, rayons X, etc.) mais ont en commun de pouvoir se déplacer même dans le vide et ceci à la vitesse de la lumière. C'est l'énergie radiative qui permet à une ampoule électrique d'éclairer, à un four à micro-ondes de cuire les aliments, à un radar de mesurer une vitesse. Le Soleil est une source importante de radiation reçue sur Terre. Il nous envoie un niveau important d'énergie par petits paquets dits photons, présentant des longueurs d'ondes différentes. C'est cette énergie qui est récupérée directement en électricité dans les centrales photovoltaïques, ou encore en chaleur ultérieurement transformée en électricité dans les centrales thermodynamiques. (connaissancedesenergies.org)

1.2.4 - L'énergie chimique dont les énergies fossiles:

Elle naît des forces de liaison regroupant des atomes dans une molécule. Dans des réactions chimiques où se reconstituent de nouvelles molécules fréquemment plus stables chimiquement que les molécules initiales, se dégage une quantité de chaleur. C'est elle qui est utilisée dans un accumulateur ou une pile électrique en libérant de l'énergie récupérée en mouvement d'électrons, c'est-à-dire en électricité. C'est elle qui est libérée dans la combustion d'une bûche par exemple dans un foyer. Les énergies fossiles

(pétrole, gaz, charbon) sont une forme particulière d'énergie chimique. L'énergie issue de la biomasse est également d'origine chimique.

1.2.5 - L'énergie électrique:

Elle naît du déplacement des électrons dans un conducteur. Sa production est issue de la consommation d'autres formes d'énergie. C'est elle qui actionne les moteurs électriques, fait fonctionner les circuits électroniques intégrés et les différents types d'éclairage. Elle se caractérise par une grande facilité de distribution mais présente une difficulté de stockage. Son domaine d'application ne cesse de croître.

1.2.6 - L'énergie nucléaire:

Elle naît de l'utilisation des forces de liaison des protons et des neutrons au sein du noyau des atomes. En transformant par fission des atomes lourds tels que l'uranium 235 ou par fusion des atomes légers tels que les isotopes d'hydrogène, une réaction nucléaire libère de la chaleur, des neutrons, des rayons alpha, beta, gamma... La chaleur de fission est utilisée dans les centrales nucléaires pour actionner les générateurs d'électricité au travers de fluides caloporteurs. (connaissancedesenergies.org)

1.3 Les énergies renouvelables:

La production et la consommation d'énergie sont le grand défi à relever du 21ème siècle. Comment alimenter des besoins énergétiques de milliards de personnes, sachant que la production d'énergie est majoritairement polluante. (vedura.fr)

Les énergies renouvelables se révèlent aujourd'hui, comme sources de production d'électricité vitales, obtenues à partir des gisements inépuisables telle que : « **le soleil, le vent, la chaleur de la terre, les chutes d'eau ou encore les marées** ». L'avance spectaculaire dans les différents domaines de technologie ces dernières années, ces formes alternatives de production d'électricité deviennent, pour certaines, compétitives par rapport aux combustibles fossiles qui révèlent leur épuisement et leur incidence environnementale (pétrole, gaz, et dans une moindre mesure, charbon et uranium). Pour autant, ces énergies ne couvrent encore que (20%) de la consommation mondiale d'électricité en notant que l'hydroélectricité représente (92,5%) de l'électricité issue des énergies renouvelables (**biomasse 5,5%, éolien 1,5%, géothermie 0,5% et le solaire 0,05%**). Ainsi, la capacité totale de production d'électricité issue d'énergies renouvelables (hors grande hydraulique) s'élève à (160 GW), soit (4%) de la

capacité mondiale du secteur énergétique. Les pays en développement produisent (**44%**) de cette capacité.

Les énergies renouvelables (soleil, vent, eau, biomasse) sont des sources d'énergie qui se renouvelle assez rapidement pour être considérées comme inépuisables à l'échelle de l'homme. D'une façon générale, les énergies renouvelables sont des modes de production d'énergie utilisant des forces ou des ressources dont les stocks sont illimités, constituent un don divin, sont naturels et en général amis de la nature. On peut dire alors qu'une source d'énergie est renouvelable si le fait d'en consommer ne limite pas son utilisation future. En plus de leur caractère illimité, ces sources d'énergie sont peu ou pas polluantes. Le solaire, l'éolien, l'eau, et la biomasse génère certains gaz polluants, mais en bien moindre quantité que des carburants fossiles. (Énergies renouvelables et de récupération, 2013)

1.4 Consommation de l'énergie dans le secteur du bâtiment dans le monde:

La consommation énergétique de la construction (la consommation énergétique des bâtiments) forme une bonne part de la consommation énergétique mondiale. Le secteur de la construction consomme jusqu'à **40 %** de toute l'énergie et contribue jusqu'à **30 %** des missions annuelles mondiales de gaz à effet de serre. Étant donné la croissance massive de la construction neuve dans les économies en transition et l'inefficacité du parc immobilier existant dans le monde, si rien n'est fait, les émissions de gaz à effet de serre des bâtiments vont plus que doubler au cours des 20 prochaines années. (United Nations Environment Programme)

1.5 Les programmes nationaux pour la maîtrise d'énergie:

Le programme en Algérie (Figure 1-4) vise à encourager la mise en œuvre de pratiques et de technologies innovantes, autour de l'isolation thermique des constructions existantes et nouvelles. Des mesures adéquates seront prévues au niveau de la phase de conception architecturale des logements.

Il s'agit également de favoriser la pénétration massive des équipements et appareils performants sur le marché local, notamment les chauffe-eau solaires et les lampes économiques: l'objectif étant d'améliorer le confort intérieur des logements en utilisant moins d'énergie. La mise en place d'une industrie locale des isolants thermiques et des équipements et appareils performants (chauffe-eau solaires ; lampes économiques)...

La consistance physique de ce programme est de :

- L'isolation thermique de 100 000 logements/an.
- La diffusion de 10 millions/an de lampes basse consommation (LBC).
- L'introduction de 1.1 million de lampes à sodium pour l'éclairage public.
(energy.gov.dz)



Figure 1-3: Pub sur le programme de la maîtrise d'énergie, Source :(energy.gov.dz)

1.6 Evolution de la consommation énergétique par secteur d'activité en Algérie:

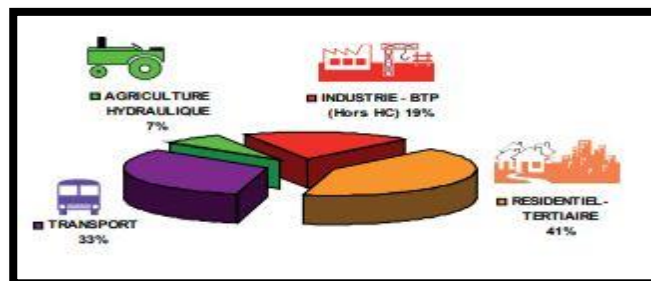


Figure 1-4: secteurs de consommation énergétique, Source :(energy.gov.dz)

La maîtrise de l'énergie est par nature une activité transversale puisqu'elle s'étale sur l'ensemble de la territoriale et touche l'ensemble des acteurs locaux : les industriels, les entreprises de transport, collectivités locales, et activités des services publics et privés, ménages et leurs besoins. De plus la région est l'entité géographique la mieux adaptée pour développer des programmes de maîtrise des consommations d'énergie et de développement des énergies renouvelables. L'élaboration de ces programmes exige d'établir une représentation chiffrée de la réalité énergétique régionale.

Le secteur socio-économique a connu une évolution très rapide à la suite d'importantes décisions politiques et nécessite une description plus étoffée avec une actualisation des informations relatives aux secteurs de l'énergie avec la nouvelle loi sur l'énergie, la nouvelle politique de l'agriculture et de l'élevage, la nouvelle politique dans le tourisme. Le secteur de l'habitat qui intègre la réglementation thermique dans le nouveau bâtiment, le secteur de l'éducation qui a intégré plusieurs aspects sur la maîtrise de l'énergie et la protection de l'environnement dans les cursus de formation, le secteur de l'environnement a mis en place une série de réglementation et de textes législatifs pour la maîtrise et le contrôle de la pollution des eaux, littoral, déchets et l'air, les émissions industrielles. Bien que l'Algérie soit un pays dont l'économie est fortement dépend du secteur des HC, néanmoins elle a développé une stratégie nationale pour la rationalisation de l'utilisation de l'énergie et l'efficacité énergétique dans le secteur industriel et le tertiaire. L'intégration de la cogénération dans les stations de dessalement d'eau de mer est une étape importante qu'a franchie l'Algérie dans le domaine du transfert de technologie pour l'amélioration de consommation énergétique. (aprue.org.dz)

1.7 La consommation énergétique du secteur du bâtiment en Algérie:

La consommation d'énergie du secteur du bâtiment représente plus de **40%** de la consommation globale nationale, d'où la nécessité d'assurer la promotion de l'efficacité énergétique dans ce secteur,

Ce secteur est le premier consommateur d'énergie en Algérie représentant **41%** de la consommation globale nationale suivi du secteur des transports (**33%**), l'industrie (**19%**) et l'agriculture (**7%**). Ainsi, la conception des bâtiments joue un rôle très important dans cette consommation énergétique, ce qui pousse à trouver les solutions adéquates qui permettront la réduction de cette dépense énergétique. Ces solutions portent notamment sur l'intégration de l'efficacité énergétique dans le secteur du bâtiment à travers notamment l'usage des matériaux d'isolation thermique et les fenêtres performantes. L'usage de ses matériaux permettra de réduire la consommation d'énergie par le secteur du bâtiment jusqu'à 50%. (portail.cder.dz)

2- La performance énergétique et l'énergie:

2.1 La performance énergétique:

C'est : « *le rapport entre l'énergie utile produite par un système et l'énergie totale consommée pour le faire bien fonctionner* ». Cette définition peut avoir un élargissement

comme elle devient l'ensemble des technologies et pratiques pour diminuer la consommation énergétique jusqu'à la mise d'un niveau de performance équivalent dont l'objectif est de faire mieux avec moins. (BENHARRA.Houda, 2016)

La performance énergétique d'un bâtiment est calculée dans le cadre d'une utilisation normale du bâtiment. Elle désigne la quantité d'énergie consommée ou estimée et inclut notamment l'énergie nécessaire pour l'obtention de chauffage ou d'eau chaude, la ventilation, l'éclairage etc.

Plus la quantité d'énergie nécessaire est faible, plus la performance énergétique de l'habitat est élevée.

2.2 Facteurs affectant les conditions thermiques des bâtiments :

L'efficacité énergétique se réfère à la réduction de la consommation d'énergie sans provoquer une diminution du niveau de confort ou de la qualité du service dans les bâtiments. (Sémit C.A., 2008).

La maîtrise de la consommation énergétique des bâtiments est un processus complexe qui nécessite une approche particulière et globale. Elle doit être entamée depuis la phase de la conception et poursuite tout au long de la vie de la construction. Dans ce sens, le rapport final de (PREBAT, 2007) note : « *en construction neuve ou en réhabilitation, un bâtiment efficace énergétiquement est avant tout un concept d'ensemble saisissant dans un même mouvement l'architecture, le climat, l'enveloppe et les équipements* ».

Afin d'arriver à une réalisation efficiente, une triade énergétique devrait être assurée : la réduction de la consommation d'énergie ; l'utilisation efficace d'énergie fossile et l'emploi des énergies renouvelables Ceci requiert deux types de leviers complémentaires : l'efficacité énergétique passive et l'efficacité énergétique active (Schneider Electric, 2011).

2.2.1-L'efficacité énergétique passive : fait référence à l'exploitation directe des énergies naturelles. Elle passe par une conception architecturale adaptée à son environnement ; notamment, à travers une orientation optimale qui permet d'optimiser les apports solaires en hiver et de les réduire en été ; par le bon choix de la forme et de la composition de son enveloppe pour assurer le moins de déperditions thermiques.

2.2.2 –L'efficacité énergétique active : permet d'ajuster l'ensemble des équipements au plus près des besoins réels des usagers à l'aide des systèmes intelligents de contrôle, de

régulation et D'automatisme. Cela permet de réduire d'un quart à un tiers les quantités de CO₂ émises dans le bâtiment, soit environ **88 millions de tonnes de CO₂/an**.

2.2.3- Les énergies renouvelables: dans une démarche d'efficacité énergétique active permet d'obtenir une partie de l'énergie nécessaire au bâtiment. Les installations implantées dans des endroits stratégiques de la construction captent l'énergie fournie pour la récupérer sous forme d'électricité ou de chaleur. (Schneider Electric, 2011)

2.3 Calcule de la performance énergétique:

Le protocole IPMVP (International Performance Measurement and Verification Protocol) est un outil indispensable permettant de calculer des économies d'énergie potentielles en prenant en compte 4 composantes clé :

- ✓ Une période de référence comme base de comparaison.
- ✓ Une période de suivi correspondant au temps d'observation.
- ✓ Des variables périodiques regroupant des paramètres récurrents liés au mode d'utilisation du bâtiment.
- ✓ Des variables non périodiques telles que les paramètres propres aux caractéristiques et aux équipements du bâtiment.

2.4 Les diagrammes bioclimatiques :

Est un graphique utilisé en météorologie représentant la variation mensuelle d'une ou plusieurs variables climatiques (température, précipitations, hygrométrie, ensoleillement, etc.). Les données utilisées pour confectionner ces graphiques proviennent des relevés météorologiques pris à un endroit donné durant une période qui s'étend sur plusieurs années afin de pouvoir en faire la moyenne. En général, on utilise une période de trente ans afin de pouvoir éliminer les écarts ponctuels du climat. On peut comparer les climato grammes de plusieurs localités pour voir les différences de climat ou comparer la variation du climato gramme d'un endroit mais fait avec différentes périodes de trente ans pour voir la variabilité du climat à cet endroit.

2.4.1. Les tables de Mahoney :

Il s'agit d'une forme d'outil d'évaluation de confort hygrothermique développé par le département des études tropicales de l'association architecturale à Londres qui relève d'une méthodologie pour la conception de bâtiments conformément au climat. (Sayigh et al 1998).

Cette méthodologie est décomposée en trois étapes :

- ✓ Etudes des projets au stade du croquis.
- ✓ Elaboration du projet.
- ✓ Détails d'exécution des ouvrages.

2.4.2. Le diagramme bioclimatique de Givoni :

Le diagramme bioclimatique de Givoni (The Building Bioclimatique Chart (BBCC)) s'a été adressé aux problèmes associés au diagramme d'Olgay discutés précédemment (Figure 1-6). En effet Il a été basé sur la température intérieure au lieu de la température extérieure. Ainsi il a été dessiné sur un diagramme psychométrique conventionnel comme le diagramme d'ASHRAE54. A l'intérieur, et autour d'une zone considérée confortable pour un homme "prédéfini", cet architecte et médecin a créé d'autres zones « zones d'influences », dans des conditions thermo-hygrométriques défavorables à l'homme, chacune liée à une méthode thermique constructive (paramètre de conception) permettant de rétablir la situation de confort. (Givoni B., 1978)

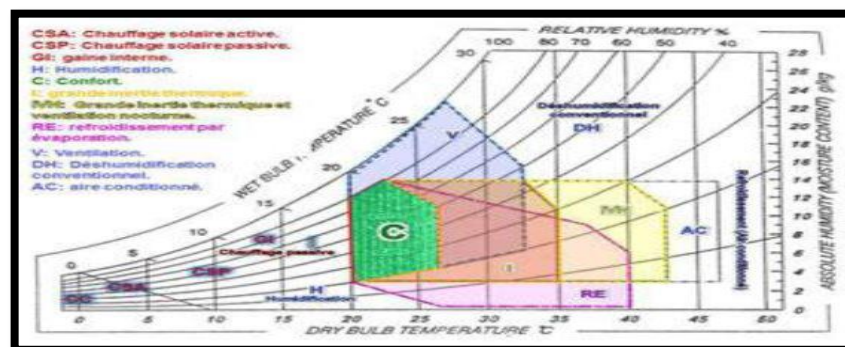


Figure 1-5 : le diagramme bioclimatique de Givoni, source: Givoni B., 1978.

2.4.3. Diagramme bioclimatique d'Olgay :

Le diagramme bioclimatique d'Olgay (Figure 1-7) était l'un des premières tentatives d'intégration du savoir climatique dans le processus de conception architecturale du bâtiment.

Ce diagramme indique les zones du confort humain par rapport à la température d'air ambiant et l'humidité, la température radiante moyenne, l'éclairement solaire, la vitesse de l'air et la perte de chaleur évaporatoire. (LIEBARD A. et DE HERDE A. 2005)

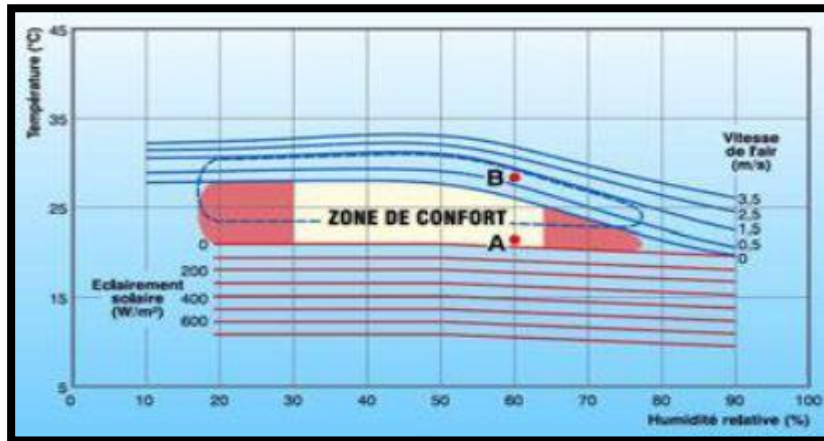


Figure 1-6 : le diagramme bioclimatique d'Olgyay (1963), source: LIEBARD A. et DE HERDE

2.4.4. Le diagramme de triangles de confort d'Evans :

Le diagramme de triangles de confort est développé afin de suggérer des stratégies qui consistent à fournir le confort thermique (Figure 1-8). Il est basé sur deux variables [Evans J.M. 2007, p.103] : la moyenne de température mensuelle (T_m) $T_m = (T_{max} + T_{min}) / 2$, et l'amplitude thermique (A_t) $A_t = T_{max} - T_{min}$, pour tracer 12 points qui représentent les 12 mois de l'année.

Ce diagramme comporte quatre Zones (triangles). Chaque triangle définit une zone de confort correspondante à une situation (activité) particulière. (Evans J. M 2007)

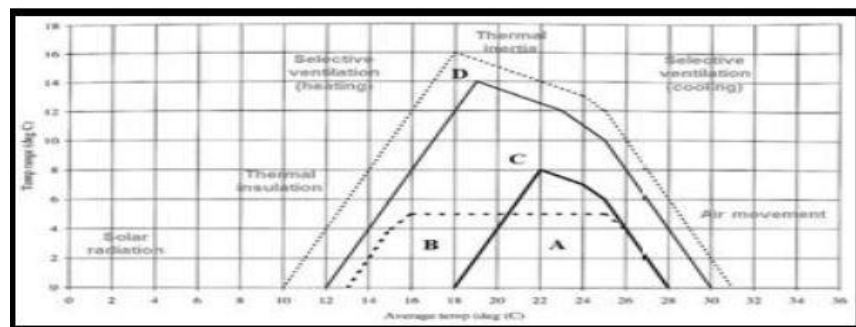


Figure 1-7: Le diagramme de triangles de confort d'Evans, source : (Evans J. M 2007)

2.4.5. Le diagramme bioclimatique de Szokolay :

Szokolay a apporté une nouvelle méthode (Figure 1-9) un peu différente aux méthodes précédentes. Il a développé un concept indépendant de l'endroit et ses occupants.

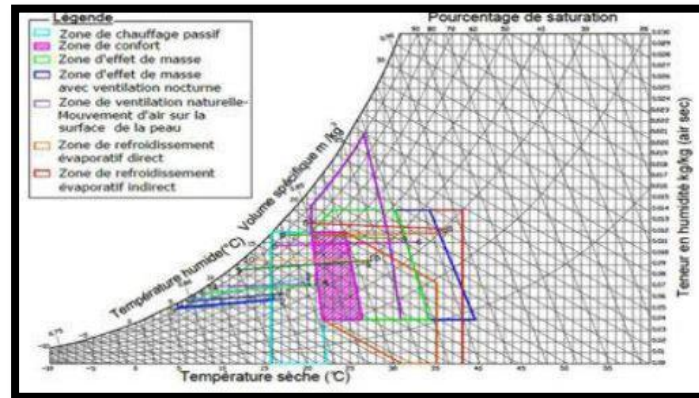


Figure 1-8: Zones de contrôle potentiel selon Szokolay à la ville de Guelma, Source : (MEDJELEKH D, 2006)

Cette méthode consiste à établir la zone neutre de confort ainsi que les différentes zones de contrôle potentiel avec plus d'exactitude (par rapport à la méthode de Givoni) selon les données climatiques propres à la région concernée.

Ces zones élaborées par Szokolay ne sont pas fixes contrairement à celles de Givoni. Elles sont positionnées sur le diagramme psychrométrique à travers la température neutre (T_n), qui est en relation avec la température moyenne extérieure (T_m) par l'équation suivante : $T_n = 17,6 + (0,31 \times T_m)$. (Medjelekh D, 2006)

2.5 La consommation énergétique:

La nomination consommation énergétique est polysémique selon les domaines de son utilisation. Elle dépend de la qualité d'énergie utilisée par un appareil (on parle d'un rendement d'une chaudière, le cas d'un climatiseur on parle du COP). En domaine des logements, on converse sur son isolation ou on peut comparer la consommation d'énergie entre différents bâtiments, à la base d'une unité de ($\text{kW}/\text{m}^2/\text{an}$). Notons bien qu'un bâtiment ne consomme beaucoup d'énergie c'est un bâtiment bien isolé. (BENHARRA.Houda, 2016)

2.5.1. Le bilan de consommation énergétique :

Un bilan de la consommation énergétique est un bilan comptable de toutes les quantités d'énergie produites, transformées et consommées sur une zone géographique en une période de temps donnée. Désigne aussi le calcul des quantités de calories fournies par les aliments et produites par l'organisme. (aquaportail.com)

2.5.2. La consommation conventionnelle d'énergie :

Elle est définie comme : un coefficient exprimé en kWh/ (m².an) d'énergie primaire (Consommation d'énergie primaire). Ce Cep est calculé sur une année à la base des données climatiques ordinaires d'une zone climatique définie par un arrêté du ministère chargé de la construction et de l'habitation et du ministère chargé de l'énergie

2.6 L'efficacité énergétique :

C'est : « le rapport entre l'énergie utile produite par un système et l'énergie totale consommée pour le faire bien fonctionner ». Cette définition peut avoir un élargissement comme elle devient l'ensemble des technologies et pratiques pour diminuer la consommation énergétique jusqu'à la mise d'un niveau de performance équivalent dont l'objectif est de faire mieux avec moins. (BENHARRA.Houda, 2016)

3 la performance énergétique en architecture:

3.1 La conception architectural et la performance énergétique:

L'architecte doit proposer une forme architecturale adaptée à son environnement. Il doit rechercher une adéquation entre la conception et la construction de l'enveloppe habitée, le climat et l'environnement dans lequel l'habitat s'implante et les modes et rythmes de vie des habitants. Sous les climats tempérés, exprimer par deux grands principes : En période froide il faut favoriser les apports de chaleur gratuite et diminuer les pertes thermiques tout en permettant un renouvellement suffisant de l'air alors qu'en période chaude, il faut diminuer les apports caloriques et favoriser le rafraîchissement. Pour arriver à cet équilibre, l'architecte travaille sur l'emplacement de bâtiment, son orientation, les volumes, les parois, les matériaux, les ouvertures....etc.

Mais surtout, sur la forme de la conception qui doit être adéquate avec l'environnement entourant, offrant ainsi, des meilleures performances énergétiques. (univ-biskra.dz)

3.2 L'efficacité énergétique dans les milieux scolaires:

L'efficacité énergétique dans les bâtiments scolaires est l'un des principaux facteurs les plus déterminants de la performance des systèmes éducatifs. À ce propos, la nécessité de garantir un environnement propice à l'apprentissage, sain, confortable et durable, fait, que ces bâtiments doivent être conçus en fonction des exigences du confort, vis-à-vis des situations environnementales et climatiques, tout en s'inscrivant dans l'approche du développement durable.

Dans les bâtiments scolaires, les exigences d'ordre fonctionnel dictent pour la plupart des cas la configuration spatiale. Contrairement à l'habitat dont la compacité est un paramètre très recommandé, Thomas Releau (1999) affirme que les écoles et les bâtiments à bureaux requièrent des niveaux élevés d'éclairage et de ventilation naturelle. Ils nécessitent donc des formes articulées avec de grandes surfaces de murs extérieurs et plus de surfaces vitrées. Dans son étude, Montenegro E. E. (2011) a simulé le comportement thermique de trois modèles de configurations spatiales des bâtiments scolaires afin d'évaluer leur impact sur la performance lumineuse et thermique. Les typologies étudiées sont le **modèle linéaire**, le modèle à **corridor central** et le modèle **concentré** avec trois différentes formes, proportions, et dimensions de salles de classe. La figure présente une synthèse des typologies des bâtiments et des salles de cours étudiées. Il est conclu que les typologies les plus performantes d'un point de vue thermique dans le climat tempéré sont la typologie de plan à corridor. Central suivie par la typologie linéaire ; la typologie concentrée est la moins performante. (Montenegro E. E., 2011).

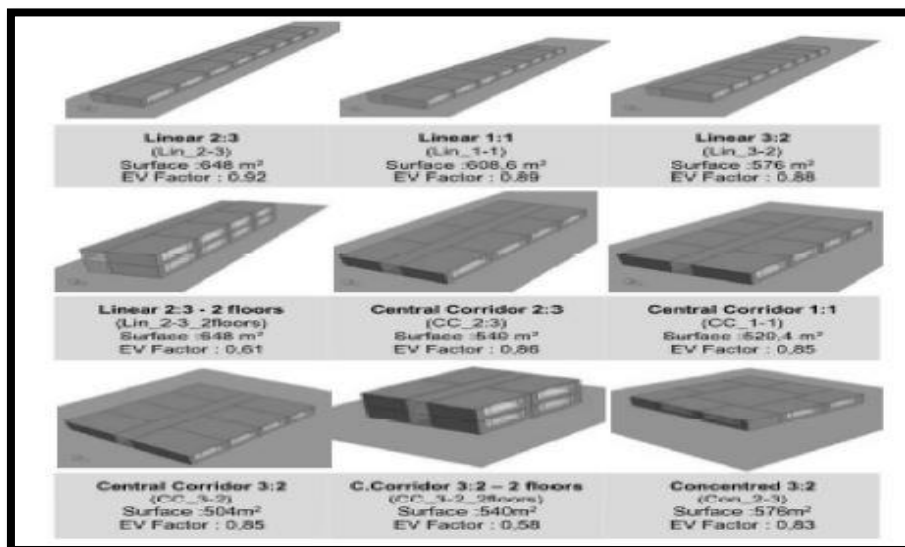


Figure 1-9: Les typologies de bâtiments scolaires analysées par Montenegro E. E., (2011).

Conclusion :

Le secteur du bâtiment a un impact grandissant sur ces préoccupations. La croissance démographique et la recherche d'un confort généralisé, conjugués à l'inadaptation des constructions à leurs contextes climatiques, ont fortement contribué à renforcer les problématiques énergétiques. Ainsi, « *si la première fonction du bâtiment est de protéger l'homme des agressions extérieures de son environnement, nous en sommes pourtant arrivés aujourd'hui au stade où il faut protéger l'environnement des hommes et de leurs constructions* » (Cao M. L., 2009).

Une revue bibliographique présentée dans ce chapitre fait ressortir que la consommation énergétique mondiale du secteur du bâtiment est de l'ordre de 21 % ; les émissions de CO₂ associées ont atteint 20 %. Or, il est reconnu que la production de dioxyde de carbone, due à l'utilisation des carburants fossiles, est la cause majeure du réchauffement climatique. Le contexte énergétique national ne fait pas exception.

L'utilisation des carburants pour assurer l'efficacité énergétique dans les constructions occupe une part considérable dans la consommation nationale. Par ailleurs, le secteur du bâtiment bien qu'il ait une part non négligeable à la fois sur les plans énergétiques et environnementaux, il présente un fort potentiel d'atténuation des conséquences, voire d'inversement des tendances, mais qui reste largement inexploité. D'après un rapport du programme des nations unies pour l'environnement, 50 % de la consommation d'énergie pourrait être évitée par une conception architecturale intégrée à son environnement et par la mise en œuvre de normes plus ambitieuses pour la construction et la gestion de l'énergie dans les bâtiments. (UNEP, 2009). Ainsi, les techniques d'intégration de la composante énergétique dans le bâtiment puisées des principes de l'architecture bioclimatique contribuent fortement à la réduction des consommations d'énergies primaires et de réduire les impacts environnementaux associés.

Deuxième chapitre:

***Architecture des Bâtiments
scolaires***

Introduction :

Comme un milieu de transmission des savoirs et d'éducation, les établissements éducatifs reflètent plusieurs aspects d'une société. Cette dernière, influe par son développement sur la l'architecture et la conception de ces bâtiments. C'est ainsi qu'ils attestent d'une évolution au long de l'histoire et ne cessent d'évoluer pour mieux s'adapter aux nouvelles exigences d'un monde en perpétuel développement. L'architecture des bâtiments scolaires en Algérie a été amenée à s'adapter à de nombreux contextes. Il sera objet dans une partie de ce chapitre de tracer l'évolution de l'espace architectural des bâtiments scolaires dans un contexte national et international.

Par ailleurs, les bâtiments scolaires par leur fonction et leur mode d'occupation se distinguent par une conception architecturale assez particulière. Il sera question dans ce chapitre de définir les typologies des bâtiments scolaires les plus récurrentes à l'échelle nationale et internationale et d'étudier les circonstances de leur conception ainsi que leurs caractéristiques architecturales et constructives en Algérie. (Saddok Amel, Étude du confort thermique des salles de cours, 2016)

1- Généralités:

1.1-Définition de l'éducation:

L'éducation est l'action de développer un ensemble de connaissances et de valeurs morales, physiques, intellectuelles, scientifiques... considérées comme essentielles pour atteindre le niveau de culture souhaitée. L'éducation permet de transmettre d'une génération à l'autre la culture nécessaire au développement de la personnalité et à l'intégration sociale de l'individu.

L'éducation de l'enfant et de l'adolescent repose sur la famille, l'école, la société, mais aussi sur des lectures personnelles et sur l'usage des médias comme la télévision ou Internet. (toupie.org / 2019)

1.2-Rôle de l'éducation :

Chacun a sa perception de l'éducation. Celle-ci varie selon la famille à laquelle on est issu et à la société à laquelle on appartient. L'éducation que reçoit un enfant a une influence

sue toute sa vie. Elle peut modifier notre personnalité et notre mode de raisonnement. (cap-projet.fr / 2019)

1.3-L'influence de la famille:

Bien que chaque famille d'efforce de bien éduquer ses enfants, il ne faut pas oublier que la société participe aussi à l'éducation de nos enfants. Ces derniers sont toujours en contact permanents avec le monde extérieur (école, association, club,...). Ces entités ont une influence sur l'éducation des jeunes. Cependant, la participation des parents à l'éducation des enfants est très importante. Cela permet aux jeunes de réfléchir avant la prise de décision et de faire la distinction entre les bonnes et mauvaises manières. Montrer aux jeunes le droit chemin est donc une responsabilité principale des parents. La famille et les proches sont donc les acteurs principaux dans l'éducation des enfants. (toupie.org / 2019)

1.4-Une éducation pour la vie:

Les valeurs que les parents transmettent à leurs enfants constitueront leur bagage pour toute la vie. L'enfance est une phase très délicate pour tout individu. Une valeur transmise à ce stade marquera à jamais l'enfant. De ce fait, autant montre la bonne voie. Apprendre son enfant à devenir responsable et instruit revient alors à l'entière volonté des parents. On peut, refléter, à travers le comportement de l'enfant, la personnalité de ces derniers. Tout individu a droit à la scolarité. Cette mission est aussi une grande responsabilité des parents. La scolarisation est indispensable pour garantir l'avenir de l'enfant. Suivre des formations, décrocher des diplômes et avoir des expériences professionnelles sont les parcours indispensables en éducation.

1.5-Se créer une personnalité:

Outre le savoir, l'autre rôle de l'éducation est de forger le caractère et la personnalité des enfants. L'éducation de ces derniers depuis leur plus jeune âge a une grande influence sur leur personnalité. Un enfant responsable recherche toujours sa part de responsabilité dans tout ce qu'il entreprend. Si les parents apprennent à ses enfants à savoir surpasser les problèmes, ils auront toujours l'habitude d'affronter les obstacles et non de les fuir. L'éducation permet de cultiver la mentalité des jeunes. Elle permet de préparer le futur de ces derniers. L'enseignement, quel que soit ses apports (positifs ou négatifs), a toujours un impact sur le

savoir, le raisonnement et le mode de vie d'une personne. Ainsi, selon les résultats souhaités, il est indispensable de donner une éducation adaptée à nos enfants. (toupie.org / 2019)

2- Système éducatif dans le monde:

Le système éducatif mondial est très centralisé. L'instruction y est obligatoire de 6 à 16 ans, mais l'école à la maison est légale.

Le système éducatif est divisé en plusieurs niveaux : primaire (maternel et élémentaire), secondaire, professionnel, apprentissage et supérieur. Il faut prendre également en compte la formation continue.

2.1-L'école maternelle:

Les enfants peuvent entrer à l'école maternelle l'année de leur trois ans, au mois de septembre. Les enseignants sont les mêmes qu'en élémentaire. L'école maternelle obéit à un programme national précis et détaillé. À l'école maternelle où l'élève passe trois ou quatre ans (il a alors entre 2 et 6 ans) en toute petite section, petite section, moyenne section et grande section.

2.2-L'école élémentaire:

Elle se divise en trois cycles et se déroule souvent dans des établissements différents. La fréquentation de l'école n'est pas obligatoire mais l'instruction de l'enfant l'est à partir de six ans et ne concerne donc pas les élèves de l'école maternelle, sauf ceux nés en début d'année, pour la grande section.

2.3-L'enseignement secondaire:

Dans le système éducatif européen, « le collège » est l'appellation courante du premier cycle des études du second degré. C'est un enseignement de quatre ans, qui fait suite à l'école élémentaire. La fourchette d'âge est, généralement, de 11-12 ans (début de la sixième) à 14-15 ans (fin de la troisième).

2.4-L'enseignement supérieur:

Les études supérieures prennent une forme particulière, avec de nombreuses formations hors des universités.

L'accès au premier cycle d'études supérieures des universités est de droit pour tous les bacheliers ou titulaire d'un diplôme d'accès aux études supérieures : 98 % des bacheliers généraux, 90 % des bacheliers technologiques et 45 % des bacheliers professionnels poursuivent leurs études

Le lycée actuel correspond principalement aux trois dernières années de l'enseignement secondaire (second, premier et terminal), pour des adolescents âgés, généralement, de 15-16 ans (début de la seconde) à 17-18 ans (fin de la terminale). (anabramos.canalblog.com)

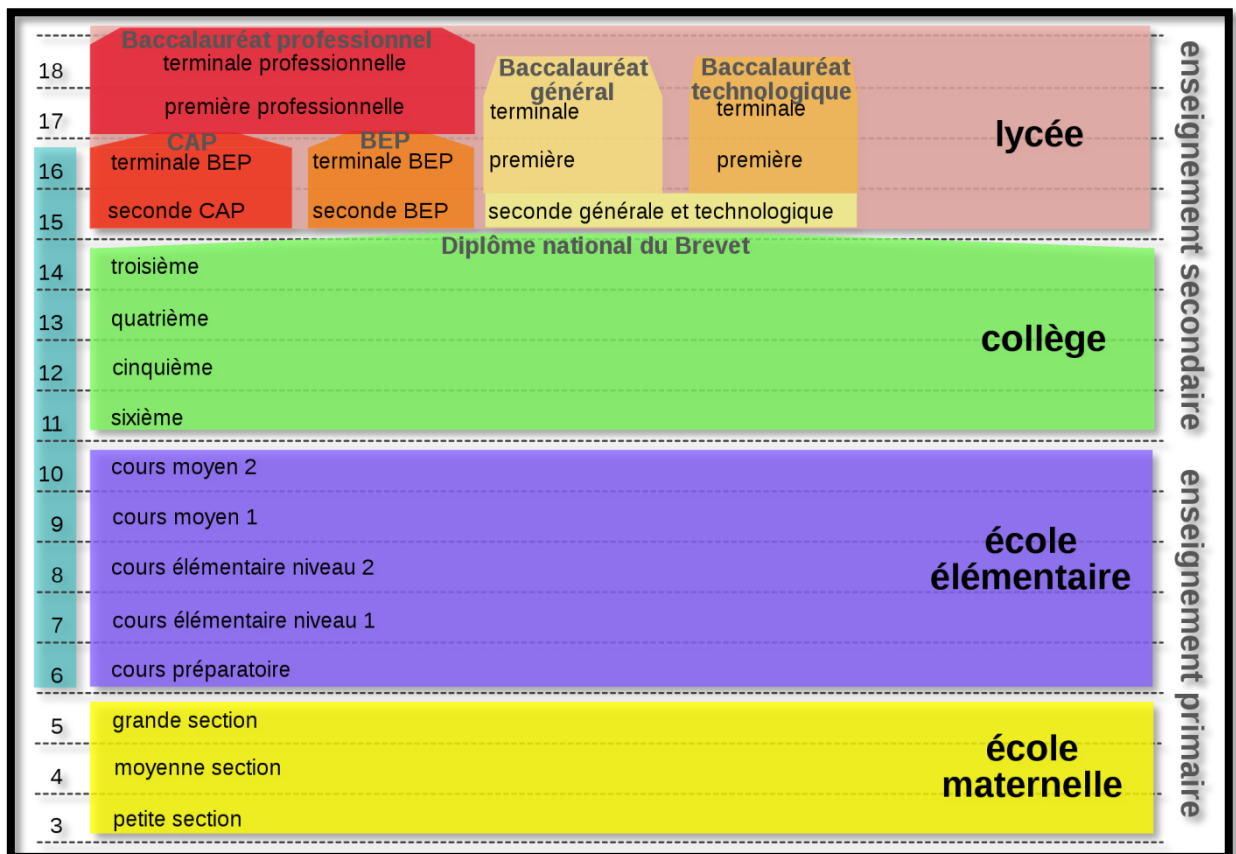


Figure 1-2 : Système éducatif, source: <http://anabramos.canalblog.com>

3-Systeme éducatif algérien:

3.1-Présentation:

Le secteur de l'éducation nationale compte(en 2014-2015):

1. **8 451 370** élèves, soit **21,39%** de la population totale.
2. Près de **700 000** fonctionnaires.
3. **25 859** établissements scolaires dont :

Chapitre 02 : Architecture des bâtiments scolaires

- 18 459 écoles primaires.
- 5 253 collèges.
- 2 147 lycées.

le secteur de l'Éducation Nationale constitue l'un des premiers postes de dépenses du budget de l'État, le plus gros employeur et le plus grand parc infrastructurel du pays.

- **Taux spécifique de scolarisation** des enfants de 6 ans : **98,49%**.
- **Taux de scolarisation des enfants** (6 – 16 ans) : **95,00%**.
- Taille de la division pédagogique (nombre d'élèves par classe):
 1. Primaire : 28,00 élèves.
 2. Moyen : 32,15 élèves.
 3. Secondaire : 32,01 élèves. (education.gov.dz/Fr)

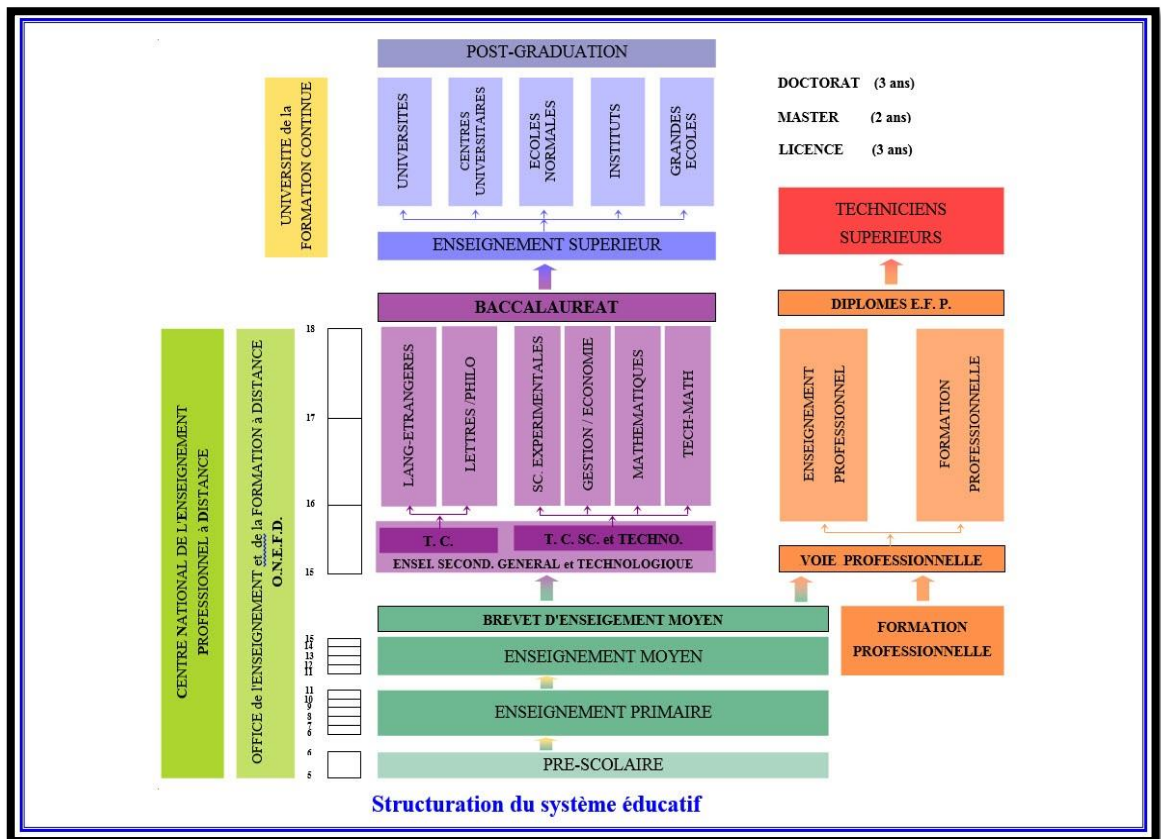


Figure 2-2 : Système éducatif, source: education.gov.dz

3.2 Architecture des bâtiments scolaires:

Les établissements scolaires désignent l'ensemble des bâtiments collectifs destinés à la scolarisation des enfants : écoles maternelles, écoles primaires, collèges et lycées. L'architecture des bâtiments scolaires est déterminante pour la qualité de la vie qui s'y déroule. Son aménagement et son environnement ont un impact direct sur les progrès scolaires ; il est important que ces bâtiments soient exemplaires du point de vue de qualité de vie et du niveau de confort. L'espace scolaire est une réflexion traditionnellement partagée par les décideurs politiques, les architectes, les pédagogues et les usagers. (Architecture scolaire: l'école, un lieu pour réussir)

L'architecture scolaire présente un caractère particulier, elle exige des connaissances approfondies des pratiques pédagogiques et leur évolution dans le temps. Elle doit aussi garantir la possibilité de redistribuer les espaces au gré de l'évolution des besoins. Les écoles d'aujourd'hui deviennent à usages multiples et peuvent être ouvertes toute l'année. Ce sont des lieux de vie, de formation, de documentation et d'échanges. La flexibilité et la souplesse d'utilisation sont devenues des éléments déterminants de cette architecture.

4- Evolution spatiale des bâtiments scolaires

L'école fût pendant longtemps une pratique qui n'avait pas d'espace réservé. En effet, l'enseignement se déroulait simplement là où se trouvait le maître. Dans l'Antiquité, Platon et ses élèves n'avaient besoin que d'un jardin.

4.1 Naissance d'un espace bâti destiné à l'éducation

Ce n'est qu'à la fin du moyen âge que des classes furent ouvertes dans les monastères ou à l'extérieur de ceux-ci. Il s'agissait généralement d'une chambre dans un bâtiment public ou dans la maison du maître. Ces pièces ne servaient d'ailleurs pas uniquement aux activités scolaires. En 1877, l'instauration d'une loi qui interdit le travail des enfants dans les fabriques en Europe était le moment fort de la création d'un espace d'enseignement pour les enfants. Un rectangle avec de grandes fenêtres, des rangées de pupitres tournés vers le bureau du maître caractérisent les espaces scolaires de cette époque.

4.2 Naissance d'une architecture scolaire:

Historiquement, l'émergence d'une architecture spécifiquement scolaire est tardive contrairement aux bâtiments militaires, religieux et de l'habitat. La naissance d'une architecture scolaire proprement dit à l'occident débute à partir de XIXème siècle, elle correspond au passage de la prise en charge de l'école par l'état. À cette époque en Europe, le model Prussien a connu un grand essor. Il s'agit d'un ensemble de salles de cours regroupées autour d'un hall central utilisé pour les enseignements communs et les rassemblements. Les classes avaient des grandes fenêtres donnant sur cet espace.

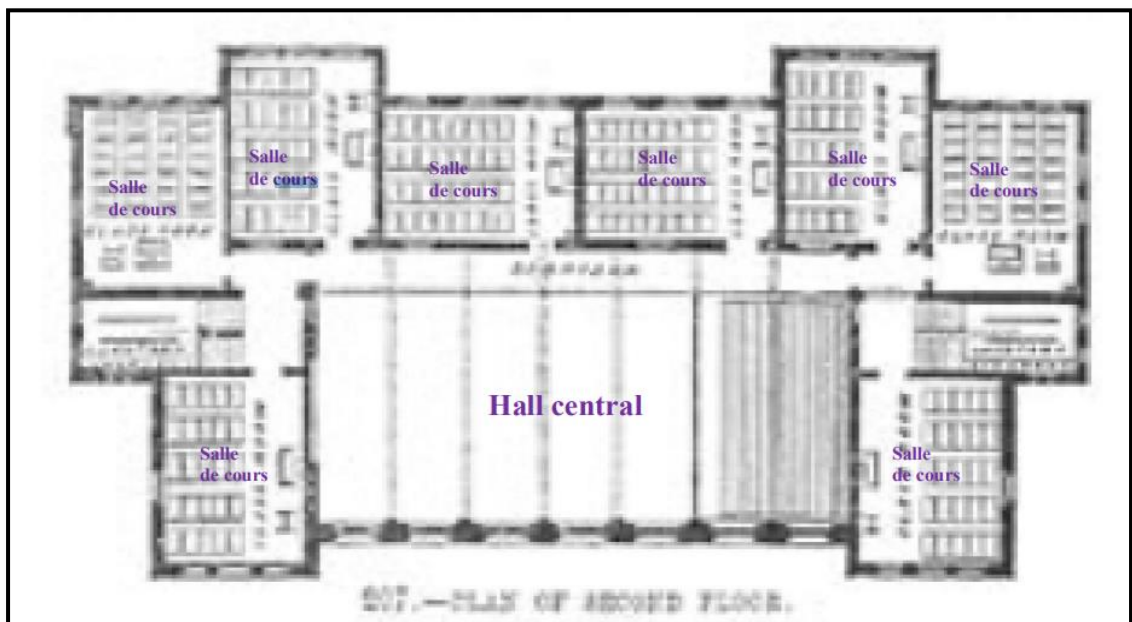


Figure 3-2 : plan d'une école à modèle Prussien.
Source : Foster S. et al. 2004).

4.3 Les bâtiments scolaires à typologie Heitmatstil:

Dès 1907, commença en Suisse une période de construction d'écoles dans un style particulier qui fût célèbre dans toute l'Europe à savoir le Heitmatstil. Il se caractérise par ses toits à fortes pentes, cheminées, petites tourelles et ses clochetons. Les salles de cours étaient rectangulaires avec de grandes fenêtres ; elles s'organisaient le long des corridors.



Figure 4-2: façade d'un bâtiment scolaire à typologie Heitmatstil. Source : (Foster S. et al., 2004).

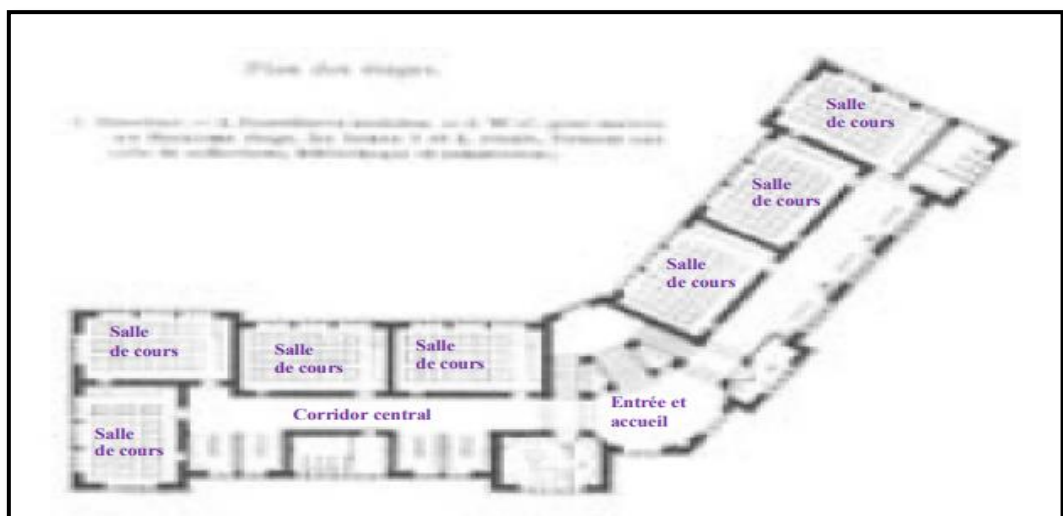


Figure 5.2: plan d'un bâtiment scolaire à typologie Heitmatstil. Source : (Foster S. et al. 2004)

4.4-Le mouvement des écoles de plein air:

Dès le début du XXème siècle, les pays industrialisés ont ouvert des écoles de plein air. Elles étaient destinées au début du siècle aux enfants tuberculeux afin de créer une atmosphère stimulante, propice à la santé et aux apprentissages. À leur début, les écoles de plein air se contentaient de tentes. Dès les années 1920, elles devenaient une affaire d'architectes ; ces espaces associaient l'air et la lumière afin de favoriser l'épanouissement physique et intellectuel des enfants.



Figure 6.2 :l'école de plein air de Vidy, Lausanne, 1925. Source : (Foster S. et al. 2004)

4.5 Les écoles pavillonnaires:

Durant l'entre-deux-guerres, avec l'avènement de l'architecture moderne, deux mouvements cohabitaient dont une architecture qualifiée plus sobre et plus fonctionnelle: celui des constructions scolaires en longues barres d'acier et de verre et celui des écoles pavillonnaires. Elles donnaient sur des cours de récréation plantées de pelouses et ombragées où l'on faisait la classe par beau temps. Les écoles pavillonnaires ou les écoles compartimentées avec ailes, portiques et cours ouvertes étaient très répandues durant les années 1950.

4.6-Les écoles à aires ouvertes:

Le principe des écoles à aires ouvertes ou à plans variables consiste à prévoir dans les nouvelles constructions des volumes communs où les enfants d'âges divers pouvaient travailler en commun. Pour les anciennes écoles, on recommanda d'abattre les cloisons non porteuses et de créer des zones pour les travaux collectifs. La conception générale de ces nouveaux établissements, érigés dès 1969, se caractérisait par la concentration des volumes. De vastes salles de travail gravitaient autour d'un centre appelé hall d'étude, où élèves et enseignants avaient accès. Cet espace était conçu pour faciliter les apprentissages : boxes pour le travail individuel, tables pour les travaux de groupe et cloisons mobiles pour la flexibilité espaces.

4.7-Des écoles modulables

L'architecture contemporaine des bâtiments scolaires définit clairement les caractéristiques essentielles des environnements d'apprentissage. Ceux-ci doivent être stimulants et adaptables aux différentes approches d'enseignements qui évoluent au fil du temps. Aujourd'hui, la flexibilité et la souplesse d'utilisation sont devenues des éléments déterminant de l'architecture scolaire. Il faut garantir la possibilité de redistribuer les espaces au gré de l'évolution des besoins. On parle alors, de plus en plus, d'espaces modulables pour le travail individuel ou de groupe tout en luttant contre l'uniformité des bâtiments scolaires dans le paysage. Les collectivités locales souhaitent aussi de plus en plus voir apparaître des éléments d'architectures diversifiés.

5-Quelle architecture scolaire pour demain:

Selon (Bruno Marchand), les tendances qui ouvrent la voie de l'école de demain sont premièrement : la disparition de la salle de classe rectangulaire car l'école de demain n'aura vraisemblablement plus besoin de classes. Dans certains pays la tendance est de les prolonger dans le couloir et de les faire communiquer entre elles. Deuxièmement, la réversibilité : les bâtiments scolaires seront conçus pour de multiples usages, il sera possible de changer leur fonctions sans toucher à l'ensemble. Les nouvelles écoles auront le souci d'adapter l'architecture aux pédagogies et à l'usage des TICS (TICS : Technologies de L'information et de la Communication.). Il faut résoudre les problèmes d'ergonomie des lieux de travail,

réfléchir aux questions de la lumière, l'acoustique, la chaleur et de la sécurité. Ces écoles seront des lieux de vie, de formations, de documentations et d'échanges ; elles seront ouvertes toute l'année.

6-La typologie architecturale des bâtiments scolaires

6.1 Définition de la typologie architecturale des bâtiments:

L'analyse typologique est l'étude des caractères spécifiques des types d'édifices et leur classification selon plusieurs critères (dimensionnels, fonctionnels, distributifs, constructifs, esthétiques...etc.). Selon Schneekloth L. et Franck K. (1994)., le terme «typologie» en architecture est utilisé dans le sens d'une classification des types spatiaux, de modèles, prototypes, ou formes primaires d'édifices. Panerai P., appréhende le processus typologique à travers trois phases principales : la définition du corpus, le classement préalable et l'élaboration des types. (Sriti L., 2013).

6.2 La définition du corpus:

Il s'agit de définir ce que l'on veut étudier. Deux opérations doivent être effectuées: d'une part, mettre en évidence le choix du niveau d'étude et d'autre part, déterminer l'échantillon d'étude. Celui-ci dépend du problème posé et des moyens d'investigations disponibles (temps, personnes...etc.). L'échantillon d'étude peut concerner un ensemble d'édifices d'un quartier, une ville, plusieurs villes,...etc.

6.3 Le classement préalable:

Les bâtiments étudiés sont décrits de façon à mettre en évidence les caractéristiques qui les distinguent ce qui permettra d'établir des critères. Ainsi, des regroupements par familles d'objets qui offrent les mêmes réponses à une série de critères sont effectués. (Sriti L., 2013). Les critères seront revus et affinés jusqu'à arriver à classer les bâtiments suivant les différentes familles, ce classement est un premier groupement qui va permettre d'élaborer les types.

6.4 Élaboration des types :

Un type sera construit sur la base des propriétés communes des bâtiments appartenant à la même famille lors du classement préalable. Le bâtiment qui rend compte avec fidélité de toutes les propriétés caractérisant le type sera nommé exemple-type et sa description est recommandée pour illustrer le type dégagé. L'ensemble des propriétés non communes marquent les variations sur le type.

7- Conception de la salle de cours

Les règles générales de la conception et de l'aménagement des salles de cours selon les guides de construction des bâtiments scolaires se résument comme suit : (Ministère de l'éducation nationale).

7.1 Forme et dimensions:

Les salles de cours prennent une forme rectangulaire. La surface modulaire de la salle de classe est estimée entre 60m² à 62m² avec une surface utile correspondante qui ne doit pas être inférieure à 56m². La hauteur sous plafond est en minimum 3m et ne dépassera en aucun cas 3.50m. La surface utile par élève est de: 1,40 m² à 1,50 m² (avec une capacité de 40 élèves/classe). Le volume l'air exigé est de 4 à 6 m³ par élève. La surface des espaces de récréation est 3 à 5 m² par élève. Les sanitaires : 1w.c.pour 20 filles et 1w.c. + 1 urinoir pour 40 garçons. Figure ... : aménagement et dimensions recommandées pour une salle de classe ordinaire. Source:(Ministère de l'éducation nationale).

7.2 Ouvertures Les portes :

L'entrée de la salle de cours se situera de préférence du côté du tableau, la porte doit être pleine avec un seul vantail (2mx 0.9m), s'ouvrant vers l'extérieur. Les fenêtres: afin de concilier les contraintes climatiques et les exigences de l'éclairage, la surface vitrée variera selon les régions de 10 à 15 % du plancher. Toutes les fenêtres seront doubles vantaux et ouvrantes. L'éclairage unilatéral ne peut être accepté que si la classe ne dépasse pas 7.20 m de profondeur. L'éclairage bilatéral est recommandé, il offre un meilleur éclairage, une bonne répartition de la lumière et une ventilation transversale efficace. (Ministère de l'éducation nationale, 2018)

7.3. Revêtements :

Les revêtements du sol doivent être antidérapants, étanches, et résistants aux variations de températures, aux chocs et aux agents chimiques. Les revêtements des murs et des plafonds doivent être choisis de couleurs claires, et ne doivent pas être accrochables aux poussières. Les plafonds seront plans, unis et sans corniches. (Ministère de l'éducation nationale, 2018)



Figure 7-2 : Salle de cours, source : <https://profpower.lelivrescolaire.fr>



Figure 8-2 : Aménagement des espaces éducatifs, source : <https://www.classe-de-demain.fr>

Conclusion:

Les salles de classe des écoles ont été construites pour favoriser la surveillance de la classe et attirer l'attention sur le maître ou le professeur. les bureaux des élèves sont disposés en colonnes ou en lignes. Face à eux, le tableau et le professeur.

Pourtant, tout a changé ces dernières décennies : la société, les élèves comme les enseignements. La salle de classe, elle, a peu évolué. Il est temps de repenser l'aménagement d'une salle de classe : cet espace doit s'adapter aux besoins des élèves d'aujourd'hui, mais aussi aux nouvelles technologies

Troisième chapitre :

Les recherches antérieures

Introduction :

« L'efficacité énergétique est rapidement devenue l'un des grands enjeux de notre époque et les bâtiments en sont une des composantes majeures. Ils consomment plus d'énergie que tout autre secteur et contribuent donc dans une large mesure au changement climatique », Björn Stigson

Dans le domaine d'architecture, plusieurs recherches ont une relation forte à la consommation énergétique du bâtiment par l'utilisation des différentes méthodes pour un meilleur résultat de l'amélioration de l'efficacité énergétique. Donc on a fait une synthèse de ce qui a été réalisé dans ce domaine de recherche et classé selon les paramètres étudiés selon les paramètres précédente au niveau de l'enveloppe du bâtiment.

1. Les recherches antérieures:

1.1 Les recherches antérieures sur l'énergie dans les bâtiments:

A. Le travail de DJERROUFI Mohammed El Amin s'appuie sur: «**MANAGEMENT DE L'EFFICACITE ENERGETIQUE DANS LE BATIMENT** ». Ce travail a pour objectif de trouver comment on peut manager l'efficacité énergétique dans le bâtiment. Et d'essayer de répondre aux problématiques déjà citées. La présentation de ce travail est scindée en 4 chapitres qui se présentent comme suit : Le premier chapitre se focalise sur les enjeux énergétique et environnemental. À travers la définition des concepts, les moyens mis en œuvre pour l'utilisation rationnelle de l'énergie et les différents politiques d'efficacité énergétique en Algérie et dans les pays étrangers. Le deuxième chapitre concerne l'efficacité énergétique dans le bâtiment. Ce chapitre expose les enjeux de l'efficacité énergétique dans le bâtiment. Et l'importance du confort de l'utilisateur (confort thermique, acoustique, hygrothermique), pour avoir un environnement agréable. Le troisième chapitre aborde une des démarches managériale à suivre pour manager l'efficacité énergétique dans le bâtiment. Dans cette partie l'indispensabilité d'appliquer les concepts du développement durable au bâtiment, afin de réduire les impacts sur l'environnement lors de la construction et du fonctionnement du bâtiment. L'approche HQE qui permet de mettre ces concepts en vigueur, notamment à travers son volet concernant la Qualité Environnementale du Bâtiment, a été présentée avec ces principaux enjeux et objectifs. Le quatrième et dernier chapitre concerne le management

de projets de réhabilitation et de construction des bâtiments existants ou neufs à efficacité énergétique. Nous verrons dans quelles phases du projet de construction ou de réhabilitation la HQE intervienne, et quel changement au bâtiment et à son environnement peut être apporté.

B. Le travail de BOUKKLI Hacene sur « **aspects Energétiques, Economiques et Environnementaux d'une Habitation Ecologique** ». La recherche est pour optimiser des solutions intégrées à l'enveloppe d'un bâtiment et fournissant simultanément l'énergie dans toutes ses formes, le travail consiste à rechercher les meilleurs moyens pour un rendement positif et efficace tant sur le plan énergétique, qu'économique et environnemental. Avec l'utilisation de la GSHP (Ground Source Heat Pump qui tient compte de la Température du sol) comme système de chauffage et de refroidissement, et le comparer avec celui des anciens systèmes. (BOUKLI.HACENE, 2012)

C. Le travail sur «**La performance énergétique d'une école maternelle équipée d'un système de toit vert à Athènes** ». Grâce a été analysée. Des simulations ont été effectuées dans les deux cas, non isolé et isolé et selon les résultats, l'installation du toit vert contribue de manière significative à l'efficacité énergétique des bâtiments. Ainsi, une économie d'énergie remarquable a été obtenue grâce à la réduction de la charge de refroidissement durant la période estivale, après l'installation du système de toit vert. (Santamouriz et al, 2007)

D. Le travail de Mr. BOURSAS Abderrahmane sur «**ETUDE DE L'EFFICACITE ENERGETIQUE D'UN BATIMENT D'HABITATION A L'AIDE D'UN LOGICIEL DE SIMULATION** ».L'objectif de recherche c'est de trouver des méthodes numériques par la simulation thermique dynamique à l'aide du logiciel de simulation **TRNSYS**. La simulation se fera sur un bâtiment modélisé et qui servira de cas de base et de référence, pour déterminer l'impact des mesures d'efficacité énergétique passives séparément et ressortir à chaque fois les paramètres des cas optimaux qui seront regroupés pour former le cas optimisé. (Mr. BOURSAS Abderrahmane, 2007)

E. Le travail «**l'Alliance québécoise de l'Efficacité énergétique** ». L'objectif de recherche c'est de connaître le taux de consommation d'énergie spécialement dans le secteur commercial et institutionnel dans le but de donner des nouvelles stratégies de de consommation énergétique dans ce secteur. (l'Alliance québécoise, 2016)

F. Le travail de Mlle. NEFISSA BELKACEM sur «**Contribution à l'évaluation des performances énergétiques et environnementales d'un habitat individuel bioclimatique : cas de la maison pilote de Soudania –Alger- (Algérie)** » Par NEFISSA BELKACEM d'améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments dans un climat de type méditerranéen et de réduire les émissions de gaz à effet de serre par une conjonction de différentes techniques de chauffage et rafraîchissement passifs tels que l'isolation, la masse thermique, les dispositifs d'ombrage, ventilation nocturne et système de chauffage solaire. Elle fournira aux concepteurs une stratégie efficace en termes d'économies d'énergie et de confort thermique intérieur. En utilisant le logiciel TRNSYS et validé avec les données expérimentales. (NEFISSA.BELKACEM, 2017)

G. Le travail de Mr. Duy Long HA sur «**Un système avancé pour la gestion de l'énergie dans le bâtiment pour coordonner consommation et production** ». L'objectif de recherche c'est de trouver des solutions et des réponses de plusieurs problèmes : Prise en charge des pics de consommation par des sources d'énergie polluantes et coûteuses; Demande d'augmentation de la capacité de production; Impact sur les réseaux (Mr. Duy Long HA, 2010)

H. La recherche sur «**MODELISATION D'UN SYSTEME DE PRODUCTION ELECTRIQUE PAR LA CELLULE PHOTOVOLTAIQUE** » est une application de l'énergie solaire destinée pour le préchauffage de l'air entrant dans un bâtiment, Dans la recherche le comportement thermique de ce type de capteur. Une étude expérimentale a été réalisée sur un prototype installé sur la plateforme des essais expérimentaux de l'U.R.E. R d'Adrar (Lat. 27°, Long. 0.17W). Le modèle mathématique est basé sur une évaluation des bilans thermiques en régime stationnaire. Le paramètre clé de cette étude est le rayonnement solaire, ce dernier a été estimé et mesuré sur site et pour deux plans différents. (Zerguine Bilal, 2010)

I. La recherche de Bensenouci, Ahmed sur «**Étude de l'efficacité énergétique d'un bâtiment d'habitation à l'aide du logiciel de simulation DOE-2^E** ». Le but de ce mémoire de maîtrise est d'investiguer sur l'estimation de l'énergie utilisée dans le secteur de l'habitat. La capacité de prédire la consommation d'énergie est très utile durant toutes les étapes de la vie d'un bâtiment. Dans les nouvelles constructions, le coût de l'énergie prédit, associé aux différentes tâches de conception, peut inciter les propriétaires et constructeurs à prendre la meilleure décision concernant l'efficacité énergétique. Pareillement, l'estimation de la

consommation d'énergie des bâtiments existants permet d'établir une stratégie de mesures d'économies énergétiques en agissant efficacement sur les éléments les plus énergivores. Bensenouci, Ahmed (2006)

J. La recherche sur «**Contribution à l'Etude des Systèmes Hybrides de Génération : Application aux Energies Renouvelables** ». Le but de ce mémoire: La production de l'énergie par des ressources renouvelables est principalement mise en œuvre pour alimenter les zones rurales éloignées. Pour ces régions, le prix d'extension du réseau électrique s'avère prohibitif et le surcoût de l'approvisionnement en combustible augmente radicalement avec l'isolement. Cependant, et pour pallier ces problèmes les travaux de recherche ont été orientés vers le concept des systèmes hybrides de génération d'énergie électrique. L'objectif principal de ce travail est l'étude et la simulation d'un système hybride éolien-diesel qui répond à nos besoins énergétiques afin de réduire les émissions des gaz à effet de serre. Les résultats de simulation obtenus, par Matlab/Simulink, montrent la souplesse du système proposé face aux variations de la charge tout en minimisant les émissions des gaz à effet de serre et assurant une meilleure stabilité sur la tension et la fréquence générées en présence des perturbations provoquées par la ressource aléatoire du vent.(Omar, 2014).

1.2 Les recherches antérieures sur l'efficacité énergétique:

A. La recherche de Malek Jedidi et Anis Abroug sur « **Etude de l'efficacité énergétique d'un bâtiment en Tunisie** ». L'objectif principal de ce travail est de donner une idée de l'impact que peuvent avoir certains choix effectués lors de la conception d'un bâtiment sur son bilan énergétique à savoir : l'orientation des façades, les types des fenêtres et leurs surfaces vitrées, le choix des matériaux, Le calcul du besoin énergétique du bâtiment a été déterminé à l'aide du logiciel de simulation Hourly Analysis Program "HAP" Version 4.41. (Malek Jedidi, 2014)

B. La recherche de Julien Belligoi sur «**audit énergétique d'un bâtiment de bureaux : proposition de stratégies de rénovation** ». Pour objectif de mettre en place des procédures d'inspection efficaces pour des systèmes de conditionnement d'air utilisés dans les bâtiments du secteur tertiaire. Il s'agit d'auditer un bâtiment de bureaux de taille moyenne. Le but premier de ce audit est de calibrer le mieux possible le modèle par rapport à la réalité (et donc aux consommations réelles du bâtiment) avec le programme SIMAUDIT.(Julien Belligoi, 2009)

C. La recherche de Benoudjafer sur «**Etude comparative relative à l'efficacité énergétique de deux appartements situés à Béchar, Algérie**». C'est une recherche l'étude comparative relative à l'efficacité énergétique de deux appartements résidentiels qui sont situés dans la ville de Béchar (Algérie). A ce propos, des simulations ont été effectuées à l'aide du logiciel de simulation du comportement thermique en régime dynamique 'TRNSYS 16' avec le modèle numérique type 56. Ce projet vise l'introduction des matériaux de construction isolants, afin d'améliorer le confort thermique et de réduire l'énergie consommée. Diverses variantes ont été proposées, qui permettent de faire un choix pertinent assurant un meilleur confort thermique tout en étant très peu énergivore. (Benoudjafer et al. 2012)

E. La recherche d'Abdelatif MERABTINE sur «**Modélisation Bond Graphs en vue de l'Efficacité Énergétique du Bâtiment**». (Thèse doctorat, Université de Lorraine) L'objectif des travaux présentés dans ce mémoire concerne le développement d'un modèle global représentant le couplage de l'enveloppe du bâtiment avec les équipements énergétiques. Une approche systémique appelée les Bond Graphs, peu employée jusqu'ici dans la modélisation des systèmes thermiques, est utilisée. Le modèle global du bâtiment, regroupant sous le même environnement de simulation, les modèles de l'enveloppe du bâtiment, les apports solaires, les émetteurs de chauffage et de rafraîchissement et le système de ventilation, est développé pour reconstituer l'ensemble des articulations énergétiques entre l'enveloppe et les environnements intérieur et extérieur. **Abdelatif MERABTINE 19 Novembre 2012** (Abdelatif MERABTINE, 2009)

F. la recherche «**Le diagnostic énergétique d'un bâtiment**». L'objectif des travaux présentés dans ce mémoire concerne L'optimalisation des consommations d'énergie, c'est-à-dire la correction des dysfonctionnements ou erreurs de conception par une amélioration de la gestion des équipements et/ou par une amélioration des performances de ceux-ci; des mesures comportementales auprès des utilisateurs peuvent également être entreprises; L'identification des opportunités de recours aux énergies renouvelables en lieu et place des énergies fossiles; L'amélioration du confort des occupants. (ifdd.francophonie.org)

1.3 Les recherches antérieures sur l'efficacité énergétique dans les bâtiments scolaires:

A. La recherche de Saddok Amel sur «**Étude du confort thermique des salles de cours des établissements scolaires à différentes typologies Tizi Ouzou**». L'objectif

principal de ce travail c'est Dresser un inventaire des typologies des bâtiments scolaires et leurs caractéristiques sur la ville de Tizi-Ouzou et Evaluer les paramètres de l'ambiance thermique de ces typologies dans le contexte climatique et bioclimatique de la ville de Tizi-Ouzou. (Saddok Amel, 2016)

B. La recherche de M. KATTI Lounis sur «**L'école et la ville : deux espaces à confondre**». L'objectif principal de ce travail c'est: Construire un référentiel caractérisant l'espace confondu : l'école et la ville. Eveiller l'intérêt et Ouvrir le champ de recherche à l'idée originale, ici développée, Tout en abordant des questions qui interpellent. Rapporter des expériences émiettées, et faire connaître les nouvelles tendances de l'éducation dans des territoires d'ailleurs. (univ-bejaia.dz)

C. La recherche de ESTEBAN EMILIO MONTENEGRO ITURRA sur «**Impact de la configuration des bâtiments scolaires sur leur performance lumineuse, thermique et énergétique**». L'objectif principal de ce travail c'est: Baser sur l'effet des variations typologiques des bâtiments scolaires sur leur performance lumineuse, thermique et énergétique. Dans les études sur les bâtiments scolaires, de nombreux auteurs ont présenté la récurrence des modèles ou patrons de dessin. Toutefois, leurs études n'ont pas exploré l'interaction entre «thermique - lumière naturelle-performance énergétique»

(corpus.ulaval.ca)

D. La recherche de BENHARKAT Sarah sur «**IMPACT DE L'ECLAIRAGE NATUREL ZENITHAL SUR LE CONFORT VISUEL DANS LES SALLES DE CLASSE**». L'objectif principale de cette étude est d'évaluer quantitativement et qualitativement, les performances lumineuses du système d'éclairage zénithal indirect des salles de cours du bloc des lettres afin de déceler les différents points positifs et les points négatifs de ce dispositif qui nous permettrons par la suite de proposer d'éventuelles rénovations sur ce bâtiment. Ces évaluations seront effectuées sur la base de différents indicateurs (éclairage lumineux, facteur de lumière du jour, indice d'uniformité, indice de vitrage...) ainsi que sur la réglementation étrangère. Aussi, compte tenu de la rareté voire l'absence de réglementation algérienne dans le domaine¹¹, cette évaluation nous aidera à établir une liste de recommandations ou de propositions concrètes pour les futures infrastructures pédagogiques. (bu.umc.edu.dz)

2. Méthodes d'évaluation de l'efficacité énergétique:

«Qui veut s'améliorer doit se mesurer, qui veut être le meilleur doit se comparer»

Si une municipalité veut gérer ses actifs afin de les maximiser et de les optimiser, il lui faut pouvoir évaluer les efforts fournis pour ce faire et donc les mesurer. L'efficacité énergétique est un indicateur de performance qui peut être utilisé afin de fixer des cibles et de mesurer nos efforts.

Afin d'évaluer le progrès énergétique, il faut choisir des indicateurs et les mesurer à des intervalles réguliers. Différents éléments sont à prendre en considération pour mesurer les efforts. Ces éléments sont dépendants de ce que l'on veut mesurer et des raisons pour lesquelles l'efficacité énergétique a été implantée. Les indicateurs mesurables choisis sont fonction de ces éléments. Voici quelques indicateurs possibles :

2.1- La facturation :

Le premier indicateur qu'une municipalité peut choisir pour mesurer ses efforts d'économie d'énergie est la facture énergétique, Cet indicateur n'est toutefois pas suffisant pour faire un bon diagnostic de la consommation d'énergie puisqu'il :

- 1- Ne tient compte que de la consommation énergétique liée à l'utilisation d'une installation ou d'un équipement et non de son cycle de vie complet.
- 2- Calcule les économies d'énergie de façon absolue.

2.2 -Les indicateurs quantitatifs techniques :

Il existe deux principales manières de mesurer l'efficacité énergétique :

2.2.1- De façon absolue : Seul le paramètre de consommation est mesuré, tel que le **KWH** électrique, le **m3** de gaz naturel, le **litre** de propane, ou, le dollar de consommation. Le meilleur exemple de ceci est la facture d'énergie reçue tous les mois. On y constate des variations de consommation au fil des mois et des années, mais il est difficile d'y détecter une anomalie ou une cause pouvant expliquer ces baisses de fluctuation et permettant d'expliquer des remèdes.

2.2.2- De façon relative : Le paramètre de consommation (le kWh électrique, le m3 de gaz naturel, le litre de propane ou le dollar de consommation) est ramené à un autre paramètre

significatif comme la population, la superficie des bâtiments ou la température extérieure. Cette méthode nécessite un peu plus de travail, mais elle permet d'identifier des problèmes de consommation énergétique et de les ramener à un paramètre tangible permettant de les comprendre et de les améliorer.

Cette dernière méthode (mesure de l'énergie relative) permet aussi d'utiliser des outils mathématiques très simples appelés « **la somme cumulative** ». Le principe est d'établir un modèle statistique (par exemple, en entrant chaque mois dans un fichier informatique la consommation et la température extérieure moyenne). Par la suite, dans les mois suivants, lorsque la même température extérieure moyenne est à nouveau rencontrée, on peut s'attendre à avoir sensiblement la même consommation. Si elle est moindre, il faut chercher à l'expliquer et si elle est supérieure, il faut explorer les raisons de cette augmentation. (mamunicipaliteefficace.ca)

3. Les logiciels de simulation thermique du bâtiment:

A. TRNSYS, logiciel de simulation thermique des bâtiments :

Présentation :

Référence mondiale proposée par le CSTB, le logiciel TRNSYS est spécialisé dans la simulation thermique dynamique appliquée au bâtiment.

Le logiciel permet d'intégrer toutes les caractéristiques d'un bâtiment et de son équipement (systèmes de chauffage, climatisation) pour mener une étude mono ou multi-zone détaillée de son comportement thermique.

TRNSYS intègre les variables d'emplacement, de matériaux de construction, d'architecture globale, de concept énergétique choisi, y compris les plus complexes tels que les systèmes solaires innovants.

Modulaire et évolutif, la base de données des composants de TRNSYS peut être enrichie de nouveaux composants, systèmes et concepts énergétiques par son utilisateur.

TRNSYS permet aux bureaux d'études, aux fabricants et aux fournisseurs de gaz et électricité de simuler les performances thermiques d'un bâtiment, y compris en géométrie 3D, afin de :

- 1- Réduire le temps et le coût des études.
- 2- Prendre en compte des phénomènes physiques dynamiques.

- 3- Valider les choix architecturaux et d'équipements.
- 4- Réaliser des bâtiments énergétiquement performants.
- 5- Expérimenter des approches novatrices compatibles HQE.

Logiciel disponible en anglais uniquement • Licences pour 1, 5 ou 10 postes • Versions Éducation et Démonstration possibles. (actu-environnement.com)

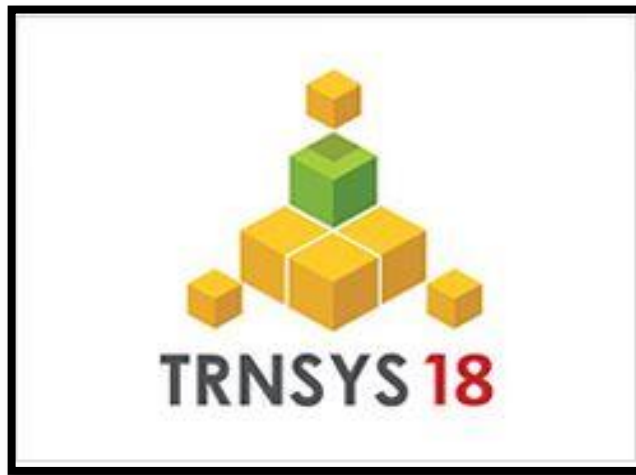


Figure 3-1: Icône TRNSYS 18 (trnsys.com)

B. Lesosai:

Présentation :

Lesosai a comme objectif d'être toujours à la pointe et pour cette raison participe comme logiciel de test dans des projets de recherche et développement, comme celui qui a permis de développer le label Minergie ECO (Minergie) et donc de calculer, par exemple, l'analyse du cycle de vie.

Pour communiquer avec les logiciels de Conception assistée par ordinateur, Lesosai importe le format Gb XML qui est issu de la logique BIM.

Dans la même logique Lesosai importe les données des fabricants de matériaux via l'outil open source d'échange d'information.

Développer par	E4Tech Software SA
Première version	1984
Dernière version	2019

Écrit-en	Delphi
Environnement	Windows
Langues	Français, allemand, italien et anglais
Politique de distribution	Achat et abonnement
Site web	http://www.lesosai.com/

Tableau 3-1: information sur Lesosai

C. Pleiades + Comfie :

Présentation :

Seul logiciel français présenté, Comfie est développé par le Centre d'Energétique de l'école des Mines de Paris et l'interface Pleiades par IZUBA Energies. Les besoins de chauffage et de rafraîchissement sont calculés en dynamique (le pas de temps peut être choisi entre 1 heure et 1/10ème d'heure) zone par zone (jusqu'à 20 zones peuvent être modélisées). Des profils et des histogrammes de température peuvent être obtenus afin de vérifier le niveau de confort dans différentes zones thermiques d'un bâtiment. Les graphes peuvent être copiés et intégrés au rapport de simulation généré par l'interface. Le logiciel est fourni avec le module de saisie graphique Alcyclone qui permet de définir des parois type, dessiner le bâtiment en suivant les contours d'un plan préalablement scanné ou importé à partir d'un fichier DWG et de visualiser en 3D.

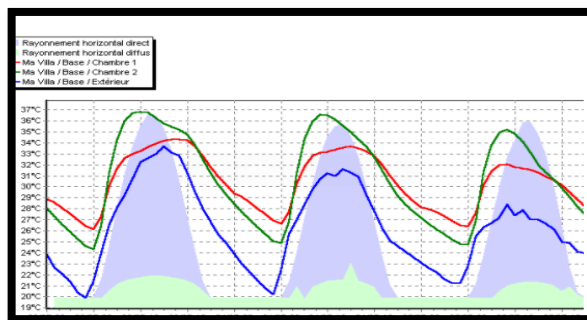


Figure 3-2: Graphe du confort thermique Pleiades, source : izuba.fr/logiciel, 2017

D. Ecotect : (destiné aux architectes) :

Présentation :

Autodesk Ecotect Analysis est un outil d'analyse environnementale qui permet aux concepteurs de simuler les performances des bâtiments dès les premières étapes de la conception. ECOTECT a été conçu avec comme principe que la conception environnementale la plus efficace est à valider pendant les étapes conceptuelles du design. Le logiciel répond à

ceci en fournissant la rétroaction visuelle et analytique, guidant progressivement le processus de conception en attendant que les informations plus détaillées soient disponibles. Ses sorties étendues rendent également la validation finale de conception beaucoup plus simple en se connectant par interface à Radiance, Energyplus et à beaucoup d'autres outils plus spécialisés. ECOTECT est bon pour enseigner au débutant les concepts importants nécessaires pour la conception efficace de bâtiment.

Importations:

3D Studio (3DS. ASC. PRJ); AUTOCAD (.DXF); Energyplus (. IDF); Windows Bitmap (BMP).

Exportations:

DOE-2 (. INP); AIOLOS (.PPA); VRML (. WRL); ESP-r (.CFG); WinAir4 CFD (. GEO) ; Radiance (. RAD. OCT) ; Energyplus (. IDF) ; AUTOCAD (.DXF).

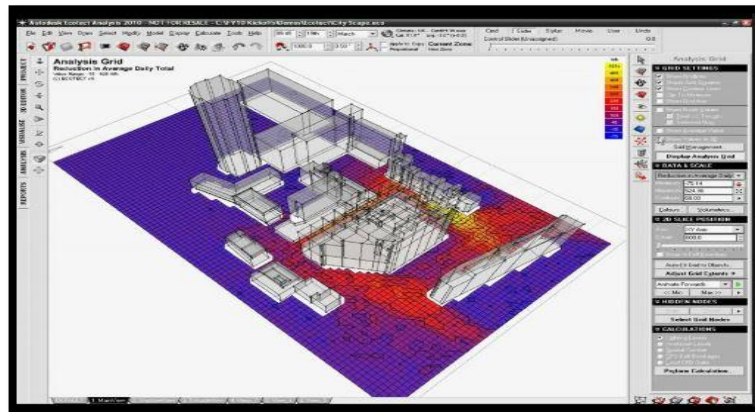


Figure 3-3: Ecotect analysis, Source : www.autodesk.com/ecotect-analysis,2011

Avantage :

- ✓ Prise en main assez rapide.
- ✓ Résultats très visuels (parfaits pour communiquer avec des architectes).
- ✓ Bon outil pour la phase esquisse et pour bien orienter la conception.
- ✓ Nombreuses sorties vers des logiciels plus performants.

Faiblesses :

- ✓ Pas de calcul d'équilibre thermique (radiation et convection à chaque pas de temps).
- ✓ Pas de ventilation naturelle ni de multizones.
- ✓ Très faibles possibilités en chauffage, ventilation et air conditionné. (I3ER.Ingénierie.de.l'Efficacité.Energétique.et.des.Energies.Renouvelables, 2007)

4. Choix du logiciel de simulation:

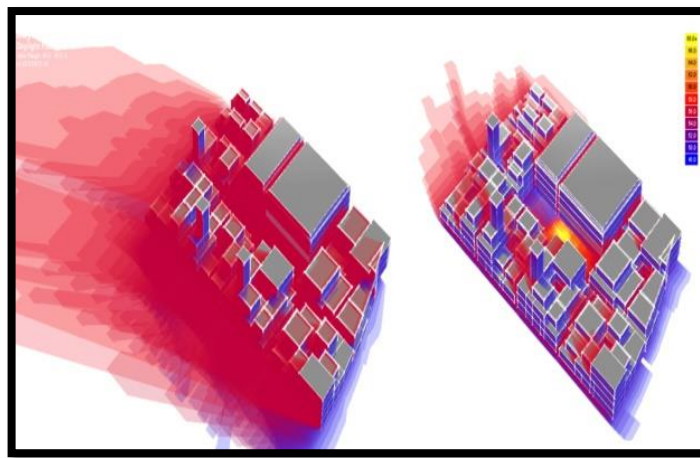


Figure 3-4: Résultats de simulation sous Ecotect, ombrage (a), lumière du jour (b) et performances thermique (c)., Source : www.autodesk.com/ecotect-analysis,2014

4.1 Ecotect :

Ecotect est un outil d'analyse de conception conçu par le Dr Andrew Marsh, les caractéristiques, la conception d'ombrage, éclairage, acoustique et fonctions d'analyse du vent ainsi que thermique. Il utilise CIBSE (Chartered Institution of Building Services Engineers) Admittance méthode pour calculer les charges de chauffage et de refroidissement pour un certain nombre de zones dans un modèle. Ces facteurs de charge sont des gains directs et indirects solaires, les gains internes, les gains interzonaux, flux de chaleur interzonal et les charges pull-bas en raison de l'utilisation intermittente. Il peut afficher des températures horaires internes et des pannes de charge ainsi que les distributions annuelles de température et les effets de la masse thermique.

Logiciel de simulation complet qui associe un modeleur 3D avec des analyses solaires, thermiques, acoustiques et de coût. ECOTECT est un outil d'analyse simple et qui donne des résultats très visuels. ECOTECT a été conçu avec comme principe que la conception

environnementale la plus efficace est à valider pendant les étapes conceptuelles du design. Le logiciel répond à ceci en fournissant la rétroaction visuelle et analytique, guidant progressivement le processus de conception en attendant que les informations plus détaillées soient disponibles. Ses sorties étendues rendent également la validation finale de conception beaucoup plus simple en se connectant par interface à Radiance, Energyplus et à beaucoup d'autres outils plus spécialisés. ECOTECT est bon pour enseigner au débutant les concepts importants nécessaires pour la conception efficace de bâtiment. (Ingénierie de l'Efficacité Energétique)

4.2 Analyse efficacité énergétique par Autodesk Ecotect:

ECOTECT est un outil d'analyse simple et qui donne des résultats très visuels.

1- Performance thermique et efficacité énergétique : de chauffage et de calculer les charges de refroidissement sensibles pour les modèles avec un certain nombre de zones ou de type de géométrie, et des analyses effets de l'emploi, les gains internes, objets infiltration et de l'équipement.

2- Ombres et simulation Réflexions : montre la position du Soleil et de la voie par rapport au modèle à toute date, heure et lieu. Voyez comment la lumière du soleil entre par les fenêtres et se déplace dans un espace.

3- Day Lightning : calcule les facteurs de lumière du jour et les niveaux d'éclairement à un point quelconque dans le modèle ou sur la grille d'analyse. Aide à déterminer les économies potentielles en raison de la conception de l'éclairage la lumière du jour.

Conclusion:

Plusieurs recherche confirme que le monde entier est confronté à une augmentation de la consommation énergétique d'une façon accrue depuis déjà plusieurs décennies. Cette augmentation remet fondamentalement en cause le modèle économique qui est tributaire pour son développement d'une quantité colossale d'énergie.

Cette énergie reste dans l'écrasante majorité, d'origine fossile donc non renouvelable à court et moyen terme et qui est la première source des émissions de gaz à effet de serre dans un monde qui souffre déjà des effets de l'activité humaine sur son environnement.

Donc La maitrise de la notion d'efficacité énergétique exige de présenter l'ensemble des techniques, méthodes ainsi que les solutions et les pistes de réflexion qui s'intéressent à cette problématique. (bu.umc.edu.dz)

Quatrième chapitre :

***Zone d'intervention et création des
scénarios***

Introduction :

La situation géographique et stratégique de la wilaya de Tébessa qui présente une importance à notre étude, qui constitue une zone de transit entre le Nord et le Sud de la région Est du pays.

Les données climatiques sont nécessaires pour l'évaluation énergétique. Il mentionne que Le climat de cette région est plus variable au niveau des quatre saisons, elle caractérise par son Aspect froid en hiver et chaud en été. Elle appartient au domaine bioclimatique semi-aride Doux. A la faiblesse des précipitations en outre très irrégulières, s'ajoute une répartition Saisonnière très variable caractérisée parfois par de violentes averses.

1- Présentation de la ville de Tébessa:

1-1 Situation géographique:

La wilaya de Tébessa est située à l'extrême Est du pays, limitrophe de la Tunisie. Elle possède depuis longtemps une double vocation minière (exploitation des mines de fer OUENZA et BOUKHADRA et des gisements de phosphate de DJEBEL ONK) et agro pastorale (y compris l'agriculture en montagne). Elle est caractérisée par son emplacement dans la zone frontalière des Hauts Plateaux Est du pays.

La wilaya s'étend sur une superficie de 13.878 km², elle est limitée :

- Au Nord par la wilaya de Souk-Ahras.
- Au Nord-Ouest par la wilaya de Oum-El Bouaghi et de Khenchela.
- A l'Est par la Tunisie (sur 300 kms de frontières).
- Au Sud par la wilaya d'El-Oued. (monographies.caci.dz)



Figure 1-4 : Situation de Tébéssa (onlinebieb.nl)

1-2 Etude du climat de la région géographique:

Cette région étant une zone de transition météorologique est considérée comme une Zone agro-pastorale (Figure 2-4) avec une présence d'un nombre important de phénomènes (gelée, grêle Crue, vent violent). La Wilaya de Tébéssa se distingue par quatre (04) étages bioclimatiques.

- Le Sub-humide (400 à 500 mm/an), très peu étendu, il est limité aux sommets de quelques reliefs (Djebel Serdies et Djebel Bouroumane).
 - Le Semi-aride (300 à 400 mm/an), couvre toute la partie Nord de la wilaya.
 - Le Sub-aride (200 à 300 mm/an), couvre les plateaux steppiques.
 - L'aride ou saharien doux (inférieur à 200 mm/an), s'étend au-delà de l'Atlas saharien.
- (l'Agence Nationale de Développement de l'Investissement (ANDI)-2013)

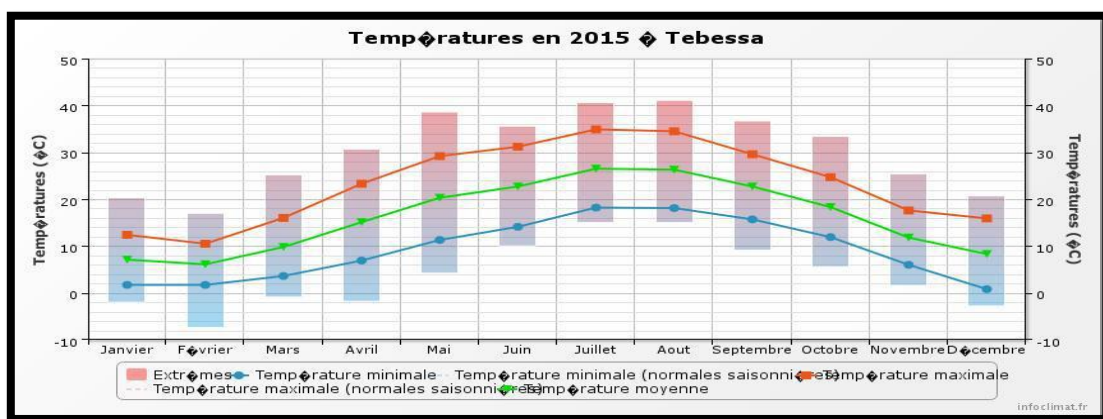


Figure 2-4 : Température en 2015 Tébéssa, source infoclimat.com, 2015

1.3 Les données météorologiques de la zone d'études :

1.3.1. La Température :

t°C	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
Tmax	3.37	2.14	7.31	0.55	4.10	9.82	2.65	3.10	5.70	3.24	4.16	1.21
Tmin	1.2	0.6	0.2	0.16	0.74	0.81	2.10	2.78	0.68	0.04	0.14	0.1

Tableau 1-4 : Tableau de la variation mensuel de la température, source : site Web de l'office national de météorologie, 2009.

- ✓ Tmax température maximale est observée au mois d'Aout d'une valeur de 43.1 °C.
- ✓ Tmin température minimale est observée au mois de Janvier d'une valeur de -1.2 °C.

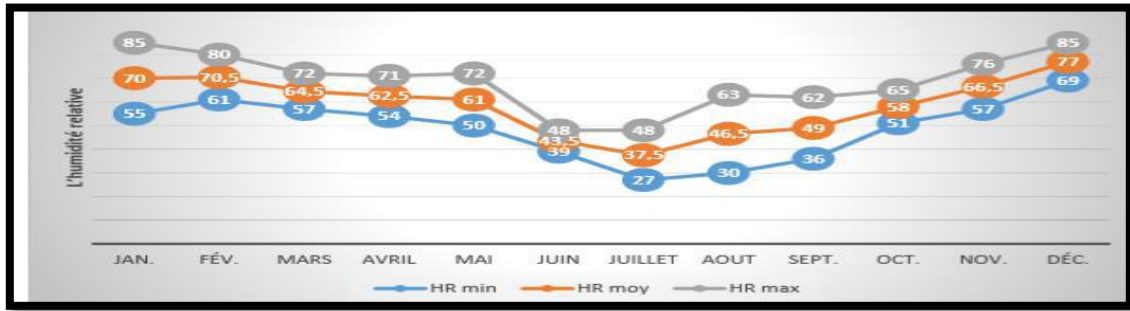


Graphique 1-4 : La variation mensuelle de la température site Web de l'office nationale de météorologie ,2009.

1.3.2L'humidité relative :

T°C	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
HR max	85	80	72	71	72	48	48	63.5	62	65	76	85
HR min	55	61	57	54	50	39	27	30	36	51	57	69
HR moy	70	70.5	64.5	62.5	61	43.5	37.5	46.5	49	58	66.5	77

Tableau 2-4 : Tableau de la variation mensuel de l'humidité relative, 2009.source (Site web de l'office nationale de météorologie, 2009



Graph 2-4 : La variation mensuelle de l'humidité relative, source (Site web de l'office nationale de météorologique, 2009)

- ✓ L'humidité relative maximale est observée au mois de Janvier et décembre d'une valeur de **85%**.
- ✓ L'humidité relative minimale est observée au mois de Juillet d'une valeur de **27%**.

1.3.3. La vitesse de vent :

V (m/s)	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
Tmax	8.82	6.02	9.47	6.87	6.49	8.01	6.64	7.49	8.04	14.1	9.58	1.86

Tableau 3-4 : Tableau de la variation mensuel de la vitesse du vent, 2009.source (Site web de L'Office nationale de météorologique, 2009)



Graph 3-4: La variation mensuelle de la vitesse du vent ,2009

- ✓ La vitesse maximale du vent est observée au mois d'Octobre d'une valeur de **14.1 m/s**.
- ✓ La vitesse minimale du vent est observée au mois de Février d'une valeur de **6.02 m/s**.

2. Le choix du logiciel de simulation :

Le choix de simulation est porté sur **Autocad Ecotect Analysas** qui combine une large éventail d'outil de simulation de la Performance thermique et efficacité énergétique de chauffage et de calculer les charges de refroidissement sensibles pour les modèles avec un certain nombre de zones ou de type de géométrie, et des analyses effets de l'emploi, les gains internes, objets infiltration et de l'équipement.

2.1. La création du modèle et les variables de l'analyse:

Après les données pour la modélisation informatique sur Autodesk Ecotect, pour l'optimisation l'impact de l'orientation et la position au niveau des salles des classes sur la performance énergétique nous citons les données variables et fixes de l'analyse.

2.1.1 Les paramètres fixes d'analyse:

Sont les données qu'on ne change pas avec tous les modèles de simulation:

a) La surface des salles des classes : la surface des salles **72 m² (8m*9m)**.

b) Les matériaux de construction: les matériaux de construction sont brique et béton CPA et enduit et isolant.

d) La géométrie: de forme régulière rectangulaire 8m de largeur et 9m de longueur.

e) La hauteur : la hauteur libre c'est de 3m.

f) La taille et type des baies : la taille des portes en bois 2.20m*1.50m (un seul porte pour chaque salle).

La taille des fenêtres en bois c'est de 1.40m*1.50m (4 fenêtres pour chaque salle).

g) Nombres des élèves : 36 élèves par classe.

2.1.2 Les paramètres variables d'analyse :

a) L'orientation des salles : le paramètre de l'orientation des salles est variable (Est-Ouest-Nord-Sud).

b) La position des salles : le paramètre de la position des salles est variable Intermédiaire ou à l'extrémité.

c) Position verticale : on a deux positions en RDC et 1er étage.

La surface des salles des classes	la surface des salles 72 m²
Les matériaux de construction	Brique+ béton CPA+ enduit+ isolant
La géométrie	rectangulaire 8m*9m
La hauteur	3 m
La taille et type des baies	1-Porte en bois 2.20m*1.50m 2- Les fenêtres en bois de 1.40m*1.50m
Nombres des élèves	36 élèves par classe
l'orientation des salles	Variable pour Est/Ouest/Nord/Sud
La position des salles	Position variable
Position verticale	En RDC et 1er étage

Tableau 4-4: Les paramètres d'analyse, source l'auteur.

2.2. La codification des paramètres d'analyse :

Nord/Sud				Sud/Nord				Est/Ouest				Ouest/Est											
RDC		R+1		RDC		R+1		RDC		R+1		RDC		R+1									
Ext	Int	Ext	Int	Ext	Int	Ext	Int	Ext	Int	Ext	Int	Ext	Int	Ext	Int								
O	E	O	E	O	E	O	E	N	S	N	S	N	S	N	S								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24

Tableau 5-4 : la codification des paramètres d'analyse, source auteur

2.3. Les scénarios:

Selon les données précédentes on a obtenu 24 scénarios (**Tableau 6-4**) selon la position et l'orientation:

N° scénario	Code	Position	Orientation
1	A1X1	RDC-Ext	Nord/Sud-Ouest
2	A1X2	RDC-Int	Nord/Sud
3	A1X3	RDC-Ext	Nord/Sud-Est
4	A2X4	R+1-Ext	Nord/Sud-Ouest
5	A2X5	R+1-Int	Nord/Sud
6	A2X6	R+1-Ext	Nord/Sud-Est
7	B1X1	RDC-Ext	Sud/Nord-Ouest
8	B1X2	RDC-Int	Sud/Nord
9	B1X3	RDC-Ext	Sud/Nord-Est
10	B2X4	R+1-Ext	Sud/Nord-Ouest

11	B2X5	R+1-Int	Sud/Nord
12	B2X6	R+1-Ext	Sud/Nord-Est
13	C1X1	RDC-Ext	Est/Ouest-Nord
14	C1X2	RDC-Int	Est/Ouest
15	C1X3	RDC -Ext	Est/Ouest-Sud
16	C2X4	R+1-Ext	Est/Ouest-Nord
17	C2X5	R+1-Int	Est/Ouest
18	C2X6	R+1-Ext	Est/Ouest-Sud
19	D1X1	RDC-Ext	Ouest/Est-Nord
20	D1X2	RDC-Int	Ouest/Est
21	D1X3	RDC-Ext	Ouest/Est-Sud
22	D2X4	R+1-Ext	Ouest/Est-Nord
23	D2X5	R+1-Int	Ouest/Est
24	D2X6	R+1-Ext	Ouest/Est-Sud

Tableau 6-4 : Les scénarios, source auteur

3. Création du modèle :

La simulation commence par la localisation géographique et l'intégration des données climatiques de la ville de Tébessa, et la précision de la date dans le logiciel Autodesk Ecotect (Figure 2-4) :

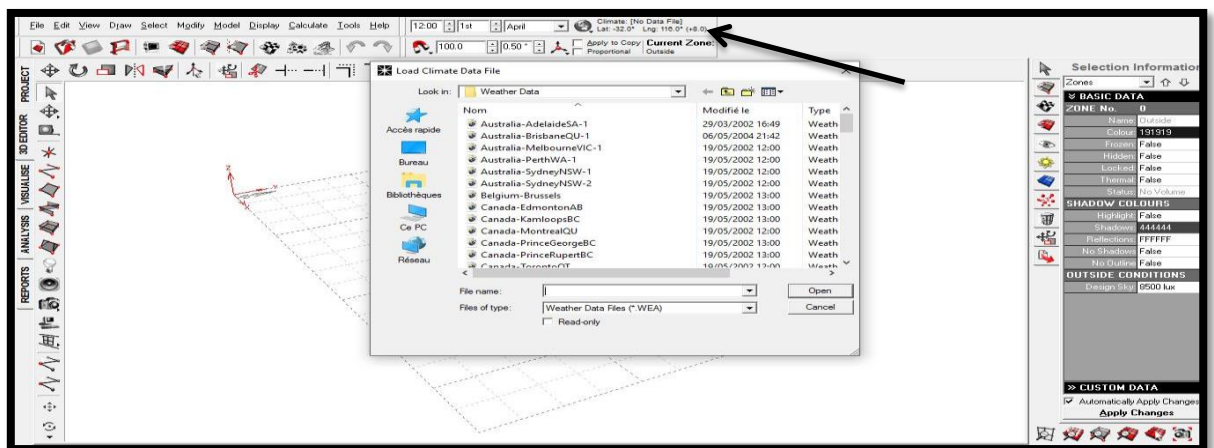


Figure 3-4: l'intégration des données climatiques de la région et la précision de la date, source auteur

Cette partie de la simulation nécessite la précision des heures de travail, type d'énergie et aussi la température de confort entre 18°C et 26°C.

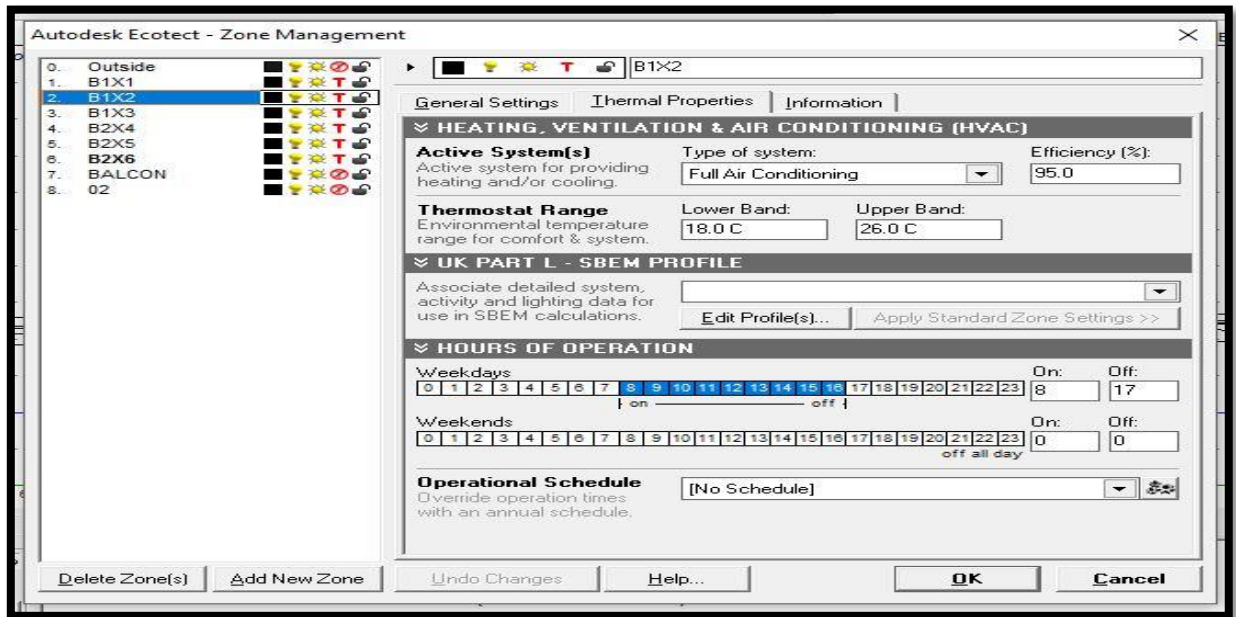


Figure 4-4 : la précision de l'heure, l'activité et la température, source auteur

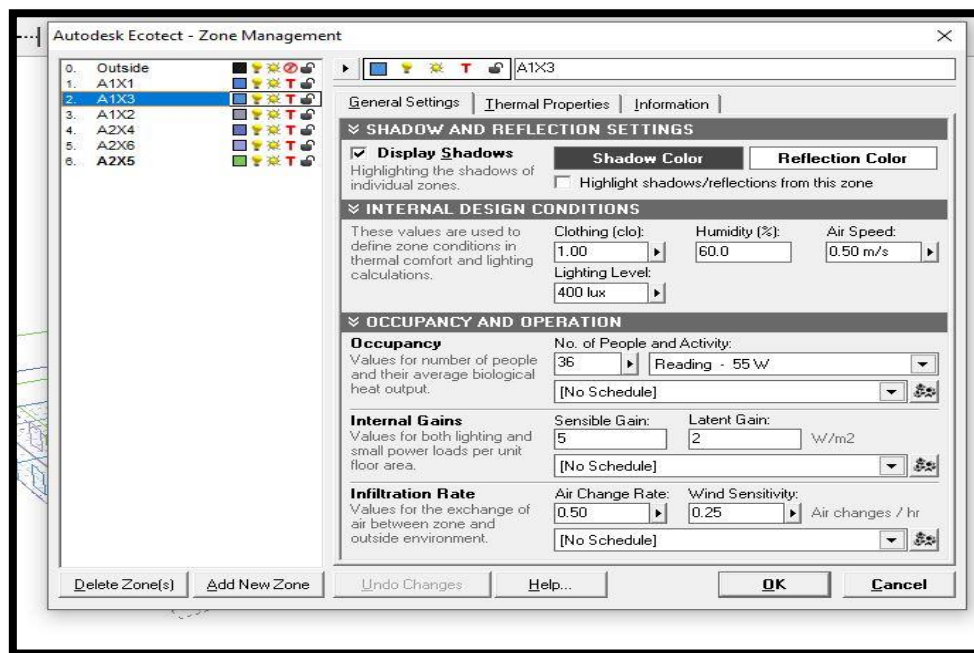


Figure 5-4: Niveau d'éclairage et l'occupation dans les salles, source auteur

Après la classification des paramètres de l'analyse, et selon le tableau qui permet de réaliser les modèles de simulation sur Ecotect, ses modèles sont divisés sur quatre zones, chaque zone contient six scénarios:

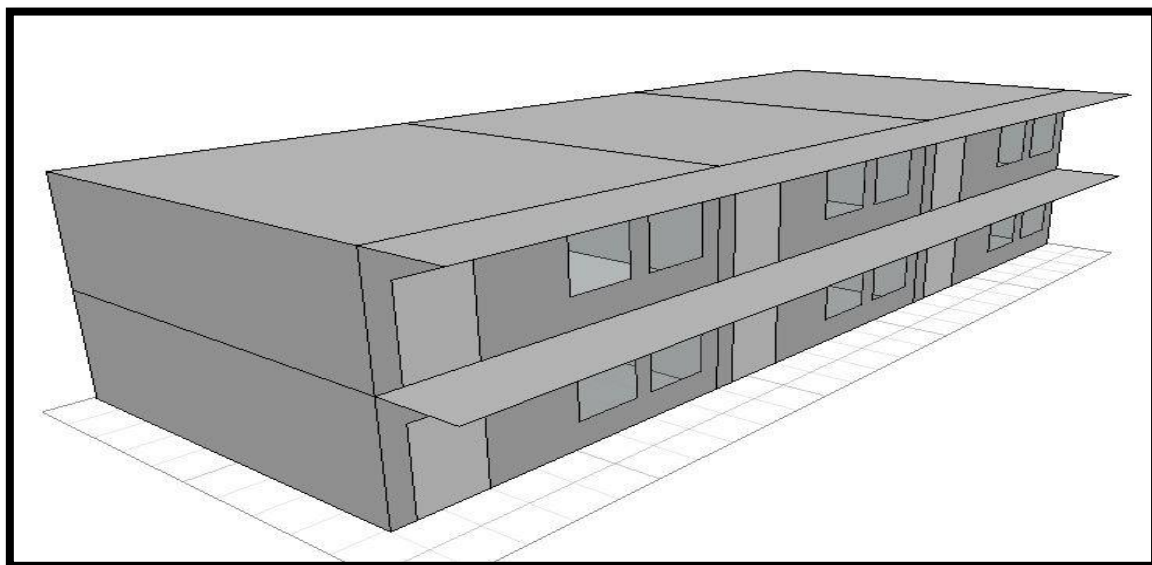


Figure 6-4: Vue 3d sur la zone n° 01, zone nord, source auteur.

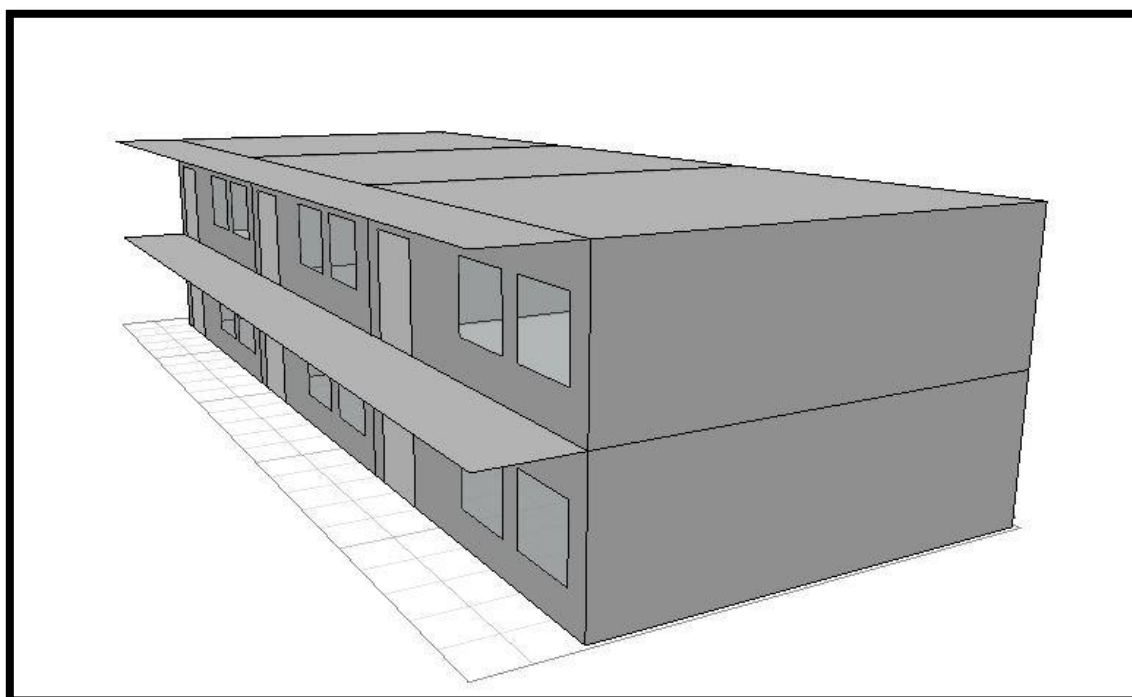


Figure 7-4: Vue 3d sur la zone n° 02, zone Sud, source auteur.

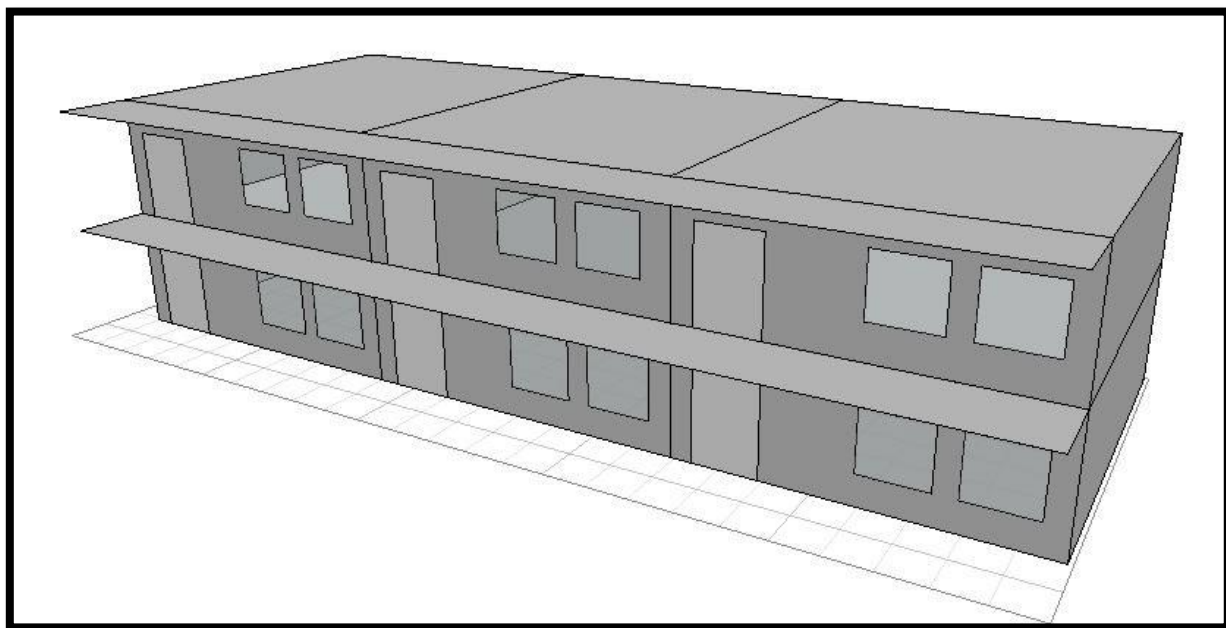


Figure 8-4: Vue 3d sur la zone n° 03, zone Est, source auteur.

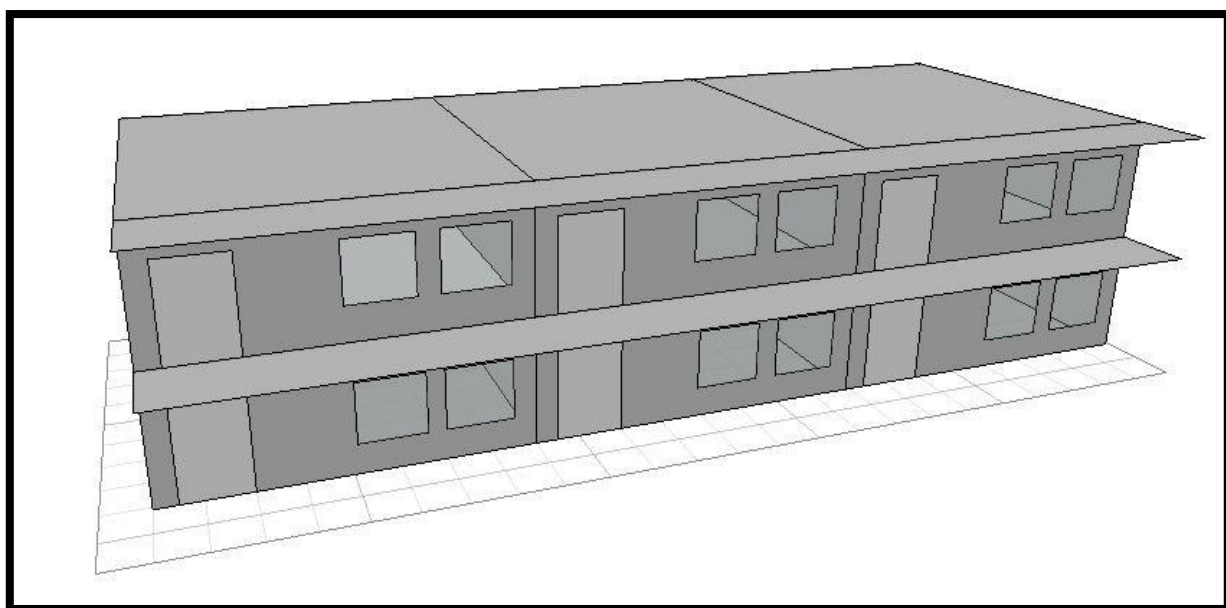


Figure 9-4: Vue 3d sur la zone n° 04, zone Ouest, source auteur.

4. Les étapes de simulation:

Les étapes de l'expérimentation commencent après la création des modèles sur ECOTECT.

Pour commencer les étapes de calcul de la consommation énergétique, clique sur «ANALYSIS» le menu suivant apparaît. On sélectionne « Resource consumption » et on cache seulement « Heating/Cooling loads » puis on clique sur calculate, cela prendra un peu du temps selon le degré des détails et au nombre des éléments à calculer (Figure 4-9).

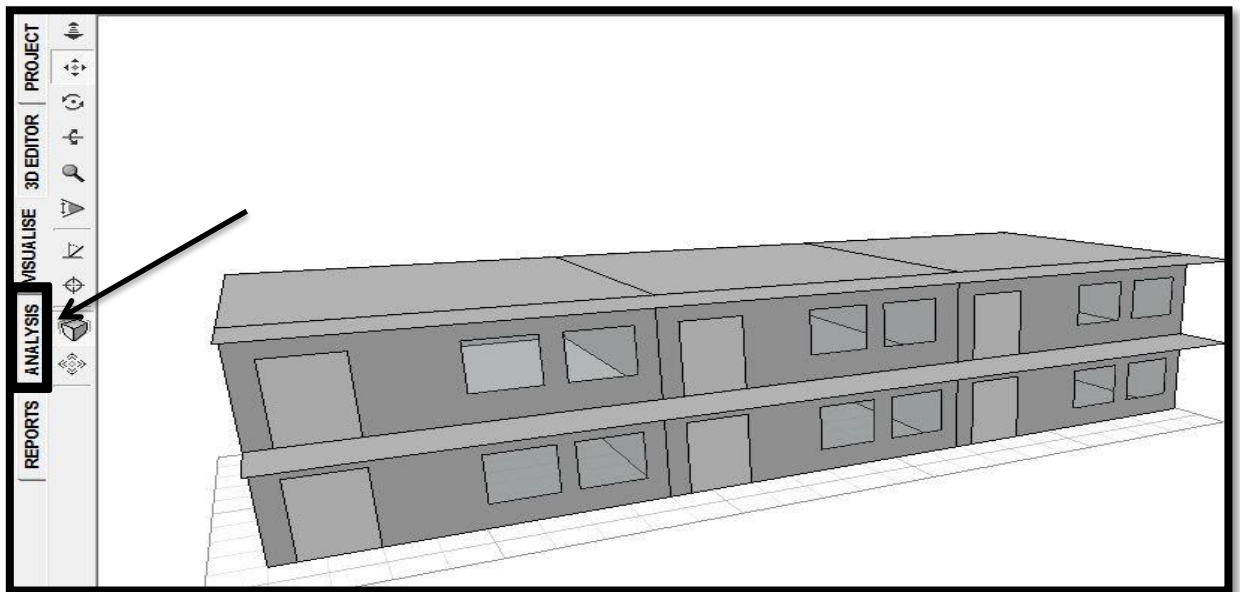


Figure 10-4: analyse du scénario B1X1, source auteur

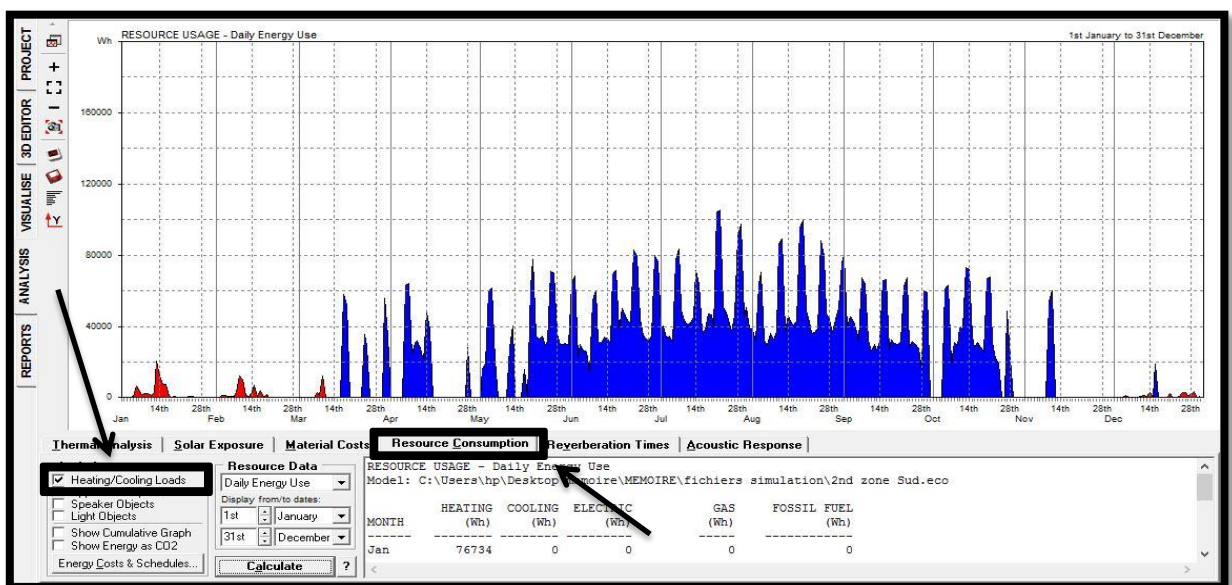


Figure 11-4 : Type d'analyse et calculations des résultats, source auteur

Ce dernier (Figure 4-10) écran donne les résultats sous forme d'un graphe et un tableau qui contient les données qu'on les recherche, la consommation du scénario en climatisation Cooling et de chauffage Heating pendant les 12 mois.

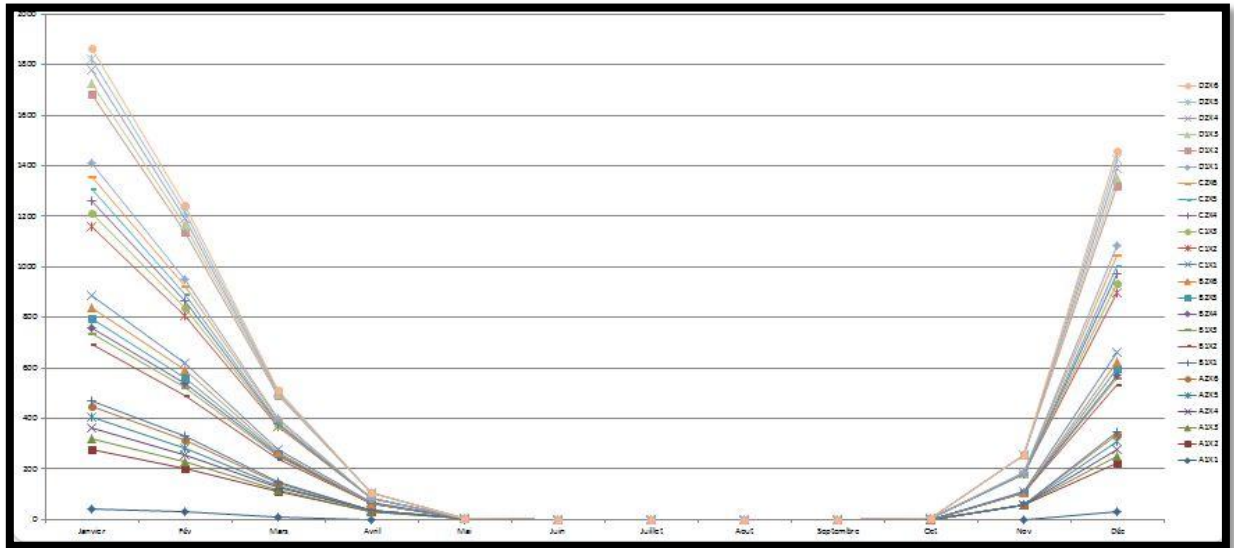
Toutes les données obtenues sont déplacées sur des tableaux numériques à l'aide du logiciel MICROSOFT Excel :

Scénarios	A1X1	A1X2	A1X3	A2X4	A2X5	A2X6	B1X1	B1X2	B1X3	B2X4	B2X5	B2X6	C1X1	C1X2	C1X3
Janvier	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Février	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mars	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Avril	116	0	132	121	120	140	135	0	117	129	121	122	150	0	134
Mai	322	45	377	350	329	399	372	48	325	351	334	350	440	80	411
Juin	629	177	689	679	659	741	607	179	634	672	664	680	760	266	757
Juillet	846	410	914	933	876	1001	791	416	849	878	881	935	993	525	988
Août	829	340	888	913	847	971	770	347	832	854	853	915	943	428	925
Septembre	548	78	605	589	566	648	533	81	558	536	579	535	634	90	531
Octobre	332	29	377	321	335	361	383	29	334	361	345	329	366	27	298
Novembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Décembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

C2X4	C2X5	C2X6	D1X1	D1X2	D1X3	D2X4	D2X5	D2X6
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
152	140	138	135	0	148	136	139	151
447	439	421	400	78	433	408	432	429
799	757	804	750	257	753	794	749	793
1079	986	1073	975	516	983	1061	976	1068
1026	925	1007	918	421	938	1001	919	1021
700	605	626	584	89	629	625	601	696
357	323	287	296	26	363	287	321	351
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tableau 7-4 : la consommation énergétique de climatisation, source : auteur

Pour obtenir une lecture lisible des résultats obtenus, les informations sont présentes sous formes des graphes, ses graphes sont divisés en deux types : graphe pour chauffage (Heating) et graphe pour climatisation (Cooling), dans le but de préciser les résultats de la consommation énergétique.



Graph 4-4 : la consommation énergétique de chauffage, source auteur 2019.

- Ensuite le classement des scénarios sera depuis le plus performant jusqu'à le moins performant selon leur performance énergétique cette économie est calculer de la manière suivante

(La consommation du scénario – la consommation du scénario le moins performant) Plus le résultat négatif plus le scénario performant et plus économie en énergie.

- Les mois de Juin et Juillet et Aout ne sont pas calculer à cause de programme des vacances d'été en Algérie.

Conclusion :

La recherche a obtenu plusieurs outils qui facilitent la lisibilité des résultats, ses derniers sont traduisés à:

- ❖ Des graphes pour la consommation Heating- Cooling.
- ❖ Des tableaux qui montrent la consommation.
- ❖ Classement final de la performance énergétique Heating Cooling.

Ces outils traduisent le taux de la consommation en kWh pour connaître le scénario la plus performant.

Cinquième chapitre:

Simulation et résultats

Introduction :

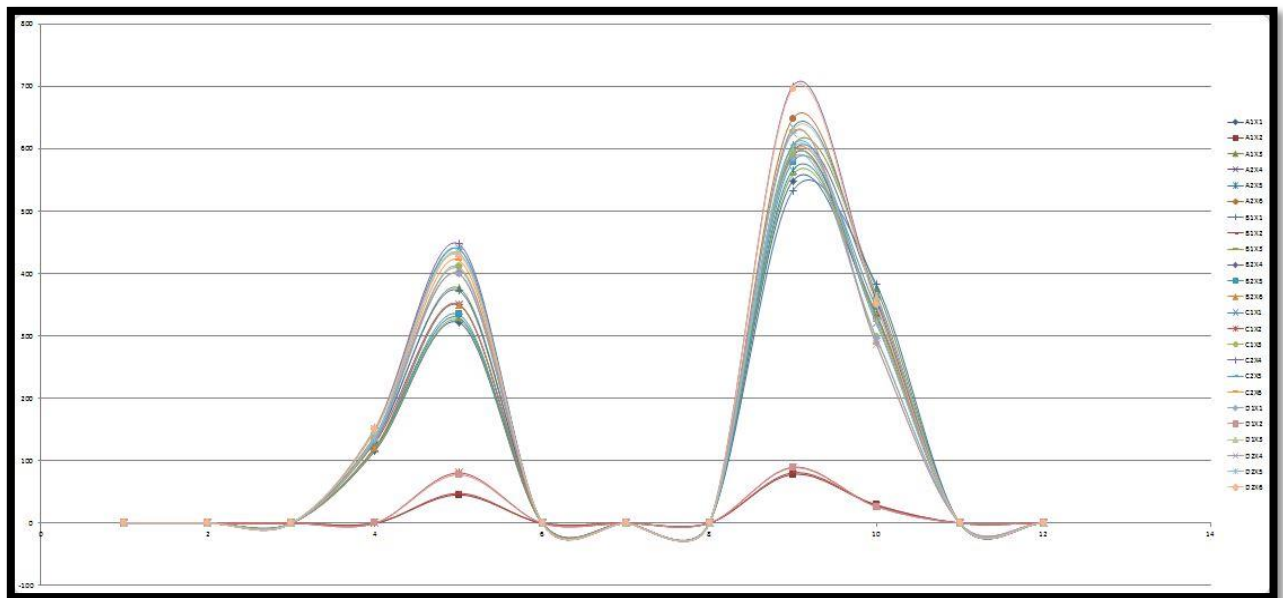
Le dernier chapitre consiste à élaborer les résultats de la recherche par l'effectuation des simulations informatiques des plusieurs compositions pendant les deux périodes, période de chauffage et période de climatisation. Ces derniers sont composés de 24 scénarios à optimiser, dans le but de connaître au modèle optimal le plus performant.

1- Vérification générale de la consommation énergétique dans les 24 scénarios et pendant deux période Heating et Cooling :

Tous les graphes indiquent La consommation énergétique étudiée, indiquant aussi les fluctuations de la consommation le long du les deux saisons l'été et l'hiver.

Les graphes et les tableaux de la consommation énergétique affichent les courbes et des colonnes de la consommation de chaque saison de chaque scénario. L'axe des moins est donne en abscisse en bas du graphe alors que les consommations sont indiquées dans l'axe des cordonnées à gauche.

1.1-La consommation énergétique pendant la période de climatisation (Cooling) :



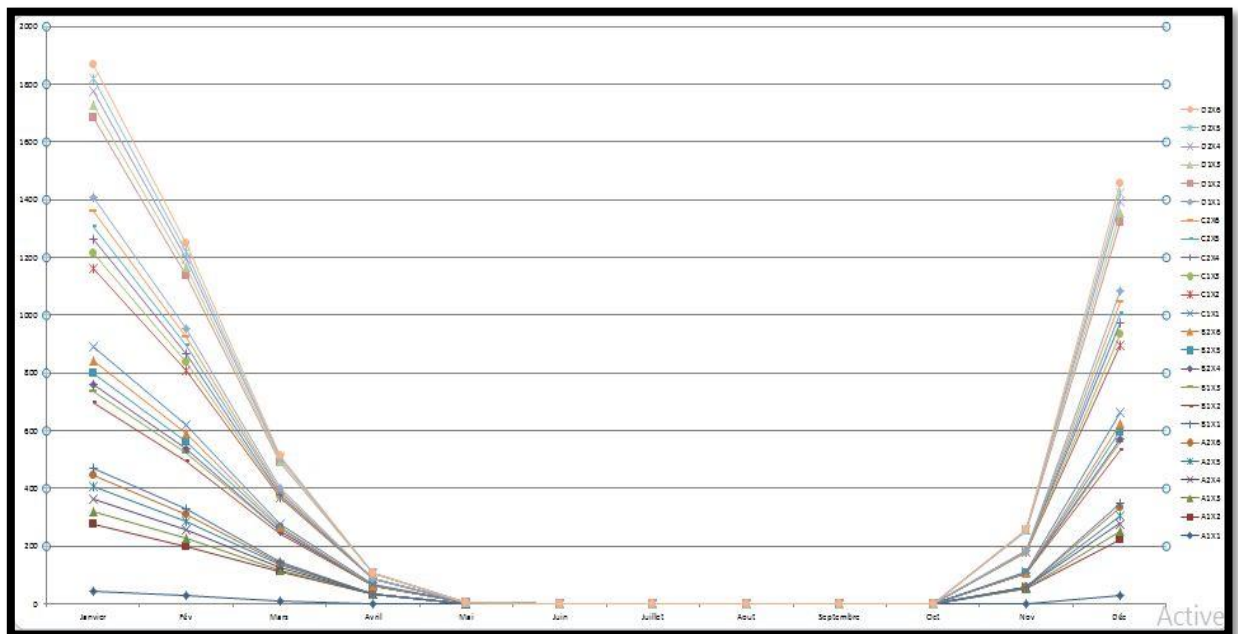
Graphe 01-5 : La consommation énergétique de climatisation, source auteur 2019.

D'après l'analyse de la consommation énergétique de climatisation (**Grphe 1-5**), et selon les données climatiques de la zone de Tébessa de la base des données de logiciel Autodesk Ecotect.

On constate qu'il y a une consommation de climatisation enregistrée pour le confort d'été est pendant 4 mois dans l'année, avril et mai et aussi septembre et octobre.

On constate que le maximum de la consommation dans le mois de septembre et le minimum de la consommation dans le mois d'avril.

1.2- La consommation énergétique pendant la période de chauffage (Heating) :



Grphe 02-5 : la consommation énergétique de chauffage, source auteur 2019.

On constate que la consommation énergétique de chauffage enregistrée pour le confort d'hiver est pour des scénarios pendant 8 mois dans l'année, de janvier jusqu'à mai, et de novembre et décembre (**Grphe 02-5**).

On constate que le maximum de la consommation dans le mois de janvier et le minimum de la consommation dans le mois d'avril.

2. Vérification de la consommation énergétique et l'économie d'énergie :

2.1 Pendant la période Cooling :

D'Après l'analyse précédente nous avons constaté les résultats suivants :

Scénarios	A1X1	A1X2	A1X3	A2X4	A2X5	A2X6
Total Cooling KWH	1318	152	1490	1381	1350	1548

B1X1	B1X2	B1X3	B2X4	B2X5	B2X6	C1X1
1422	157	1335	1436	1380	1396	1589

C1X2	C1X3	C2X4	C2X5	C2X6	D1X1	D1X2
197	1434	1657	1507	1473	1415	193

D1X3	D2X4	D2X5	D2X6
1574	1456	1493	1627

Tableau 01-5 : la consommation totale pour les scénarios, source auteur 2019.

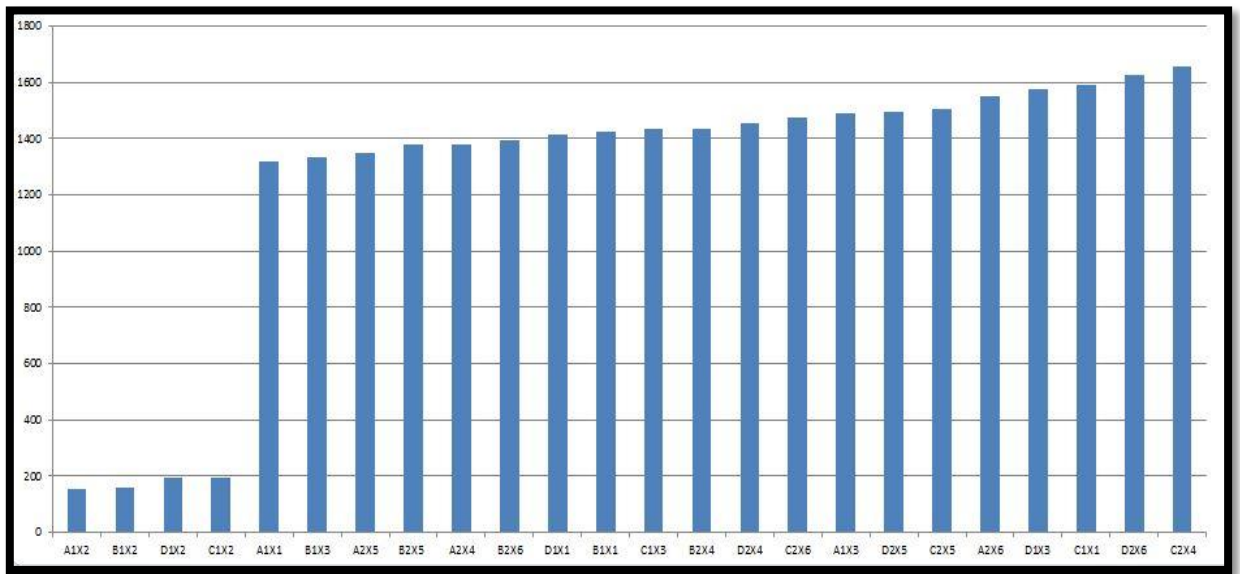
2.2 Classement des scénarios par consommation énergétique pendant la période (Cooling) :

Scénarios	A1X2	B1X2	D1X2	C1X2	A1X1	B1X3	A2X5	B2X5	A2X4	B2X6
Consomma- (KWH)	152	157	193	197	1318	1335	1350	1380	1381	1396
Economie d'énergie	-1506	-1501	-1465	-1461	-340	-323	-308	-278	-277	-262
Classement perf	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

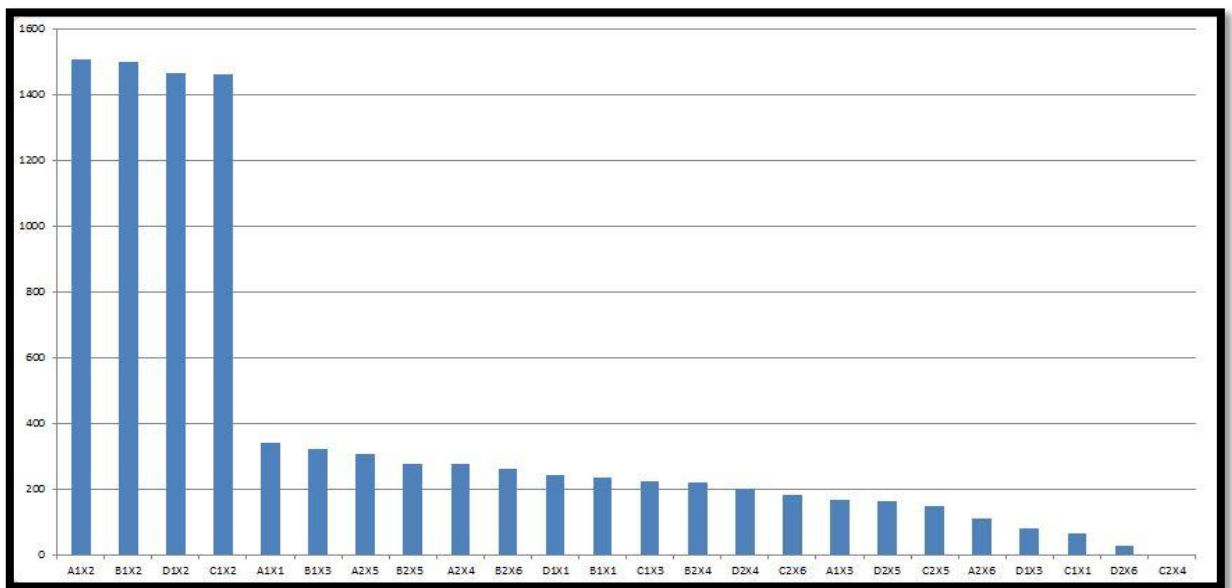
D1X1	B1X1	C1X3	B2X4	D2X4	C2X6	A1X3	D2X5	C2X5	A2X6	D1X3
1415	1422	1434	1436	1456	1473	1490	1493	1507	1548	1574
-243	-236	-224	-222	-202	-185	-168	-165	-151	-110	-83
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21

C1X1	D2X6	C2X4
1589	1627	1657
-68	-30	00
22	23	24

Tableau 02-5 : Classement des scénarios par consommation énergétique et économie D'énergie, source auteur.



Graph 03-5 : Classement des scénarios par consommation énergétique (Cooling), source auteur 2019.



Graph 04-5 : Classement de l'économie d'énergie des scénarios (Cooling), source auteur 2019.

On constate après l'analyse de climatisation (Cooling) (**Graph 04-5**) que la consommation est marquée entre 152 kWh et une économie d'énergie 1506 kWh comme une valeur minimal et de consommation maximale de 1657 kWh.

On constate aussi que les scénarios situés à l'Ouest et Est avec une deuxième façade orientée vers le Nord, et une position importante à l'intermédiaire offrent une économie d'énergie importante et une consommation faible (A1X2; B1X2; D1X2; C1X2).

La comparaison entre les scénarios pour la consommation de climatisation nous donne les résultats suivants:

- **La position performante** : à l'intermédiaire des scénarios.
- **L'orientation favorable**: vers le Nord (A1X2) avec une consommation de 152 kWh.
- **La position verticale** : La position optimale au niveau de RDC.

2.3 Pendant la période Heating:

Scénarios	A1X1	A1X2	A1X3	A2X4	A2X5	A2X6
Total Heating KWH	111	791	109	109	107	108

B1X1	B1X2	B1X3	B2X4	B2X5	B2X6	C1X1
53	753	106	53	96	106	124

C1X2	C1X3	C2X4	C2X5	C2X6	D1X1	D1X2
878	131	119	117	127	124	874

D1X3	D2X4	D2X5	D2X6
116	120	109	112

Tableau 03-5 : La consommation totale pour les scénarios, source auteur 2019

2.4 Classement des scénarios par consommation énergétique (Heating) :

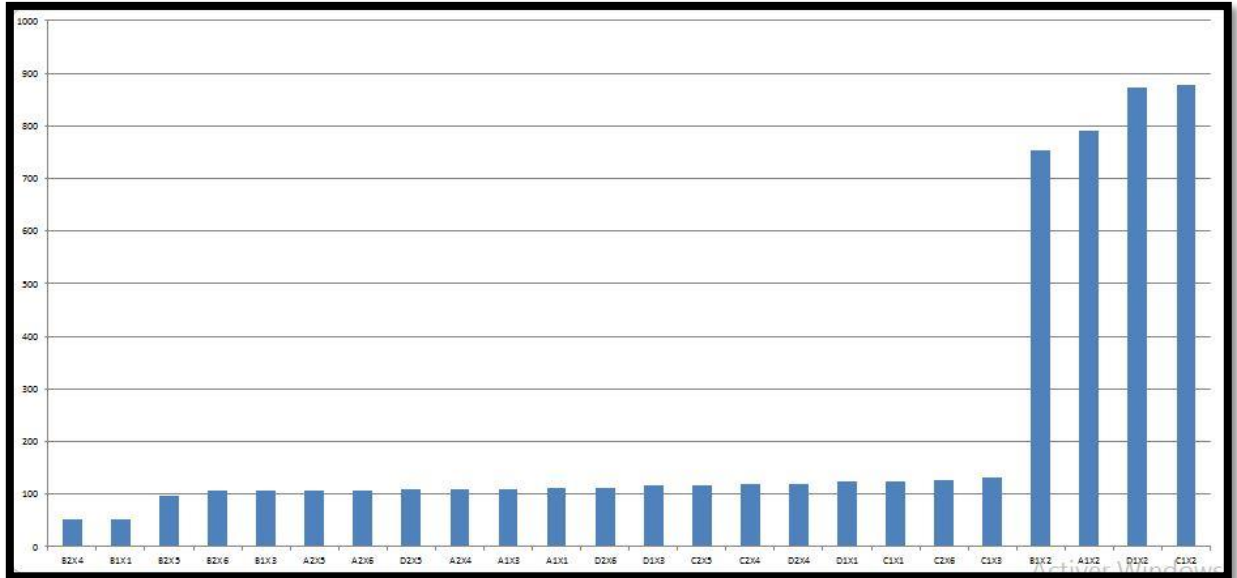
Scénarios	B2X4	B1X1	B2X5	B2X6	B1X3	A2X5	A2X6	D2X5	A2X4
Consomma- (KWH)	53	53	96	106	106	107	108	109	109
Economie d'énergie	-826	-826	-783	-773	-773	-772	-770	-769	-769
Classement perf	1	2	3	4	5	6	7	8	9

A1X3	A1X1	D2X6	D1X3	C2X5	C2X4	D2X4	D1X1	C1X1	C2X6	C1X3	B1X2
109	111	112	116	117	119	120	124	124	127	131	753
-769	-767	-766	-762	-761	-759	-758	-754	-754	-751	-747	-125
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21

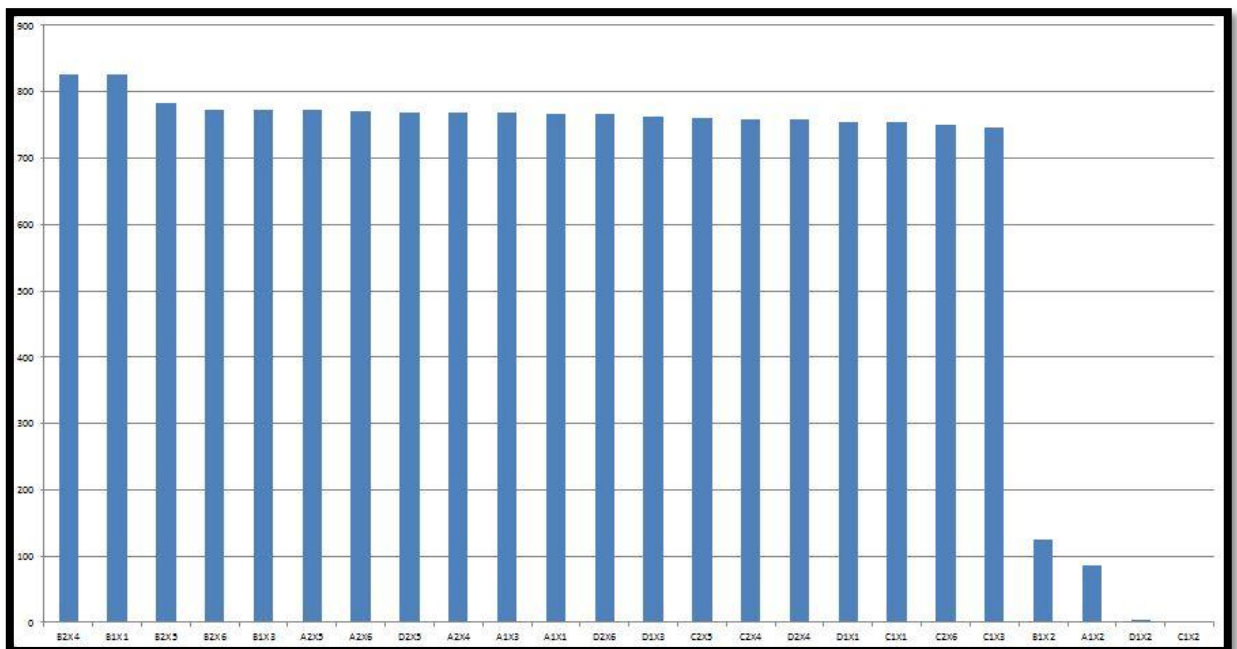
A1X2	D1X2	C1X2
791	874	878

-87	-4	0
22	23	24

Tableau 04-5 : Classement des scénarios par consommation énergétique (Heating), source auteur



Graphe 05-5 : Classement des scénarios par consommation énergétique (Heating), source auteur.



Graphe 06-5 : Classement de l'économie d'énergie des scénarios (Heating), source auteur.

On constate après l'analyse de chauffage (Heating) (**Graphe 06-5**) que la consommation est marquée entre 53 kWh et une économie d'énergie 826 kWh comme une valeur minimal et de consommation maximale de 878 kWh.

On constate aussi que les scénarios situés à l'Est et au Nord avec une deuxième façade orientée vers l'Est offrent une économie d'énergie importante, et une consommation faible (B2X4; B1X1; B2X5).

La comparaison entre les scénarios pour la consommation de chauffage nous donne les résultats suivants:

- **La position performante :** A l'intermédiaire des scénarios. (B2X4)
- **L'orientation favorable:** Vers le Sud (B2X4) avec une consommation de 53 kWh.
- **La position verticale :** La position optimale au niveau de 1^{er} étage.

3. Classement général de la consommation énergétique (Cooling/Heating) :

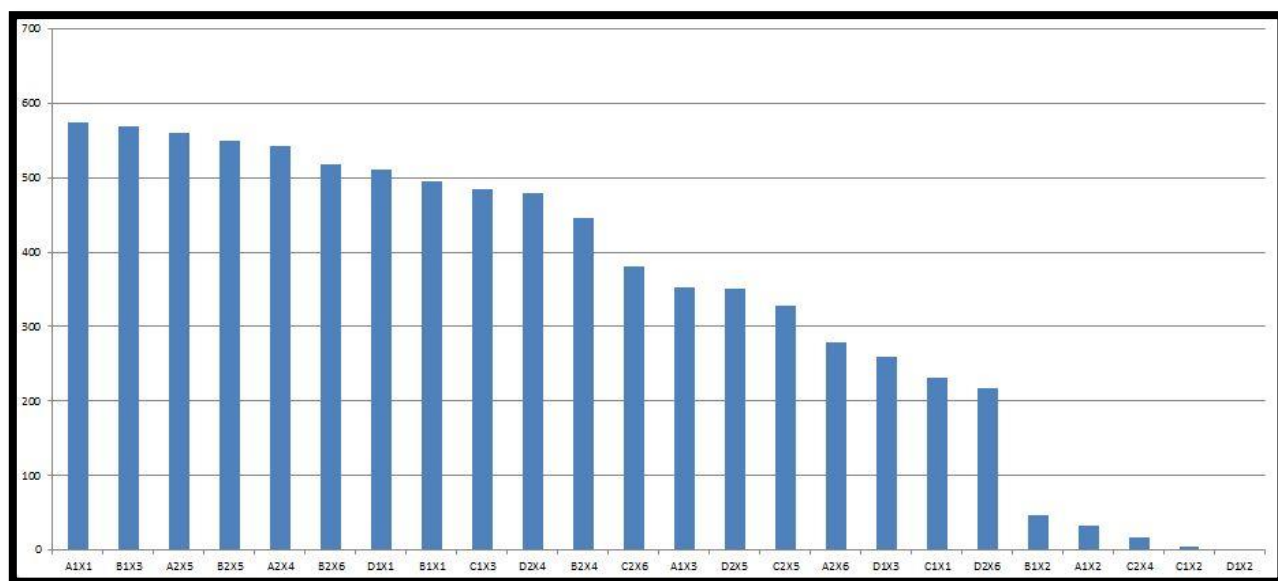
Scénarios	A1X1	A1X2	A1X3	A2X4	A2X5	A2X6	B1X1	B1X2	B1X3
Total Conso Cooling	111	791	109	109	106	108	53	753	107
Total Conso Heating	1318	152	1490	1381	1350	1548	1422	157	1335
Total Conso	1429	943	1599	1490	1456	1656	1475	910	1442
éco d'énergie Cooling	-340	-1506	-168	-277	-308	-110	-236	-1501	-323
éco d'énergie Heating	-767	-87	-769	-769	-772	-770	-826	-125	-773
class de perf Cooling	5	1	17	9	7	20	12	2	6
class de perf Heating	11	22	10	9	6	7	2	21	5

Scénarios	B2X4	B2X5	B2X6	C1X1	C1X2	C1X3	C2X4	C2X5	C2X6
Total Conso Cooling	1436	1380	1396	1589	197	1434	1657	1507	1473
Total Conso Heating	53	96	106	124	878	131	119	117	127
Total Conso	1489	1476	1502	1713	1075	1565	1776	1624	1600
éco d'énergie Cooling	-222	-278	-262	-68	-1461	-224	00	-151	-185
éco d'énergie Heating	-826	-783	-773	-754	00	-747	-759	-761	-751

class de perf Cooling	14	8	10	22	4	13	24	19	16
class de perf Heating	1	3	4	18	24	20	15	14	19

Scénarios	D1X1	D1X2	D1X3	D2X4	D2X5	D2X6
Total Conso Cooling	1415	193	1574	1456	1493	1627
Total Conso Heating	124	874	116	120	109	112
Total Conso	1539	1067	1690	1576	1602	1739
éco d'énergie Cooling	-243	-1465	-83	-202	-165	-30
éco d'énergie Heating	-754	-4	-762	-758	-769	-766
class de perf Cooling	11	3	21	15	18	23
class de perf Heating	17	23	13	16	8	12

Tableau 05-5 : Classement générale de la consommation énergétique (Cooling/Heating), source auteur.



Graph 07-5 : Classement générale de l'économie énergétique (Cooling/Heating), source auteur

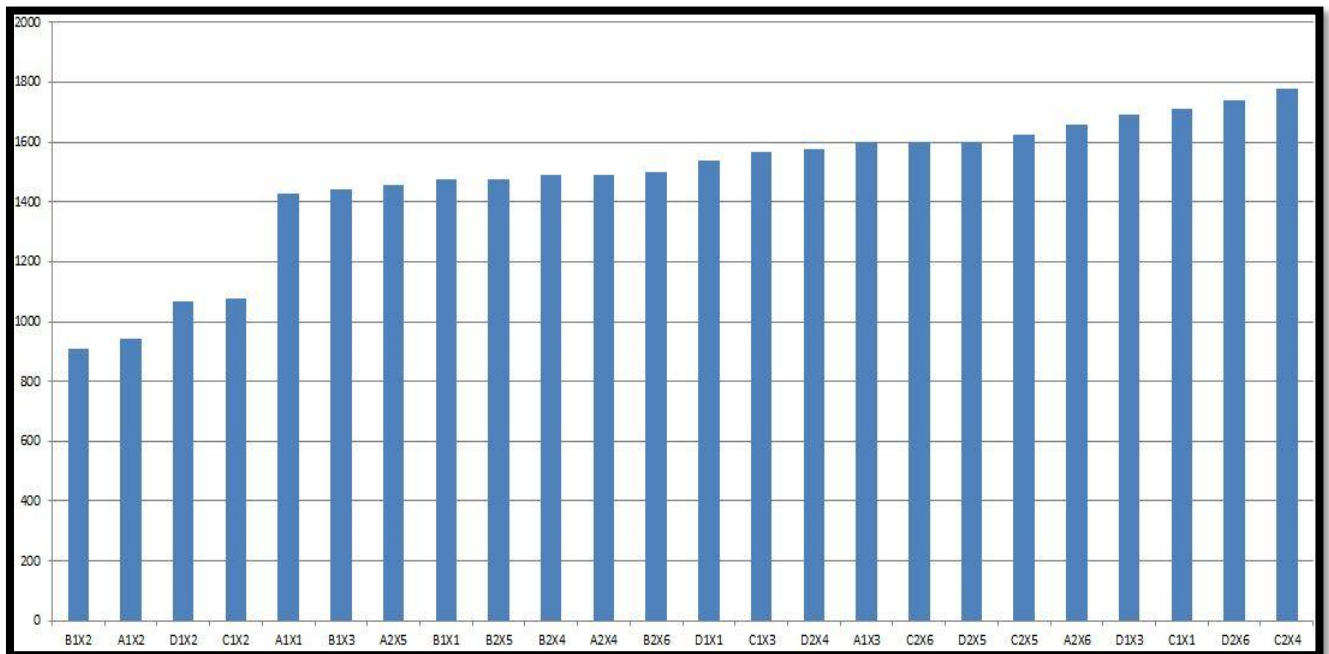
D'après le graphe (**Graph 07**) et la classification générale de l'économie énergétique pendant les deux périodes climatisation et chauffage, on a classé les scénarios en trois catégories :

- Catégories performantes dans la période du refroidissement : l'exemple du scénario (D1X2;C1X2) d'une acquérant d'énergie de 1461 kWh.
- Catégories performantes dans la période du chauffage : l'exemple du scénario (C2X4) d'une acquérant d'énergie de 759 kWh.
- Catégories performantes dans la période du refroidissement et du chauffage : l'exemple du scénario (A1X1) d'une acquérant d'énergie de 574 kWh.

On constate que :

- Les scénarios la plus performante dans la période du refroidissement Le contraire sera dans la période de chauffage.
- Les scénarios la plus performante dans la période du chauffage Le contraire sera dans la période de refroidissement.
- Des scénarios Ils sont proches dans les deux périodes du chauffage et du refroidissement Ils sont préférés.

4. Classement finale de l'économie d'énergie (Cooling/Heating) :



Graph 08-5 : Classement finale de la consommation d'énergie (Cooling/Heating), source auteur

Dans notre cas proposés la consommation d'énergie minimale est de **910 KWh**. Le modèle le plus performant est **B1X2**, avec une orientation vers le **SUD** et une position à l'intermédiaire en RDC. Leur économie d'énergie de chauffage et plus élève que de climatisation.

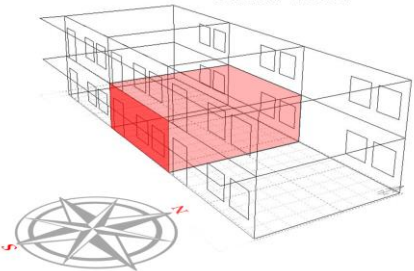
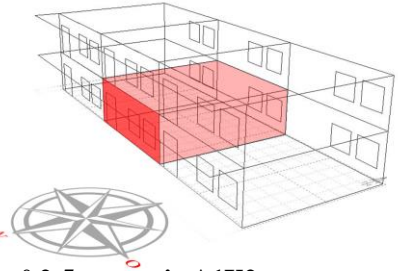
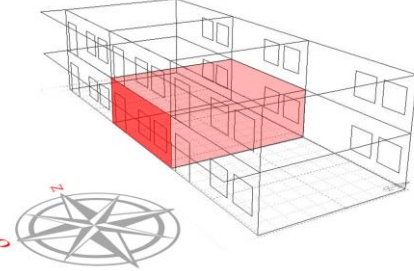
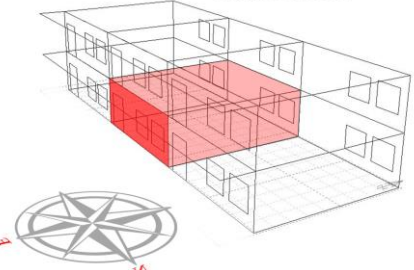
Le scénario le moins performant **C2X4** avec une orientation vers l'Est et une position à l'extrémité en RDC.

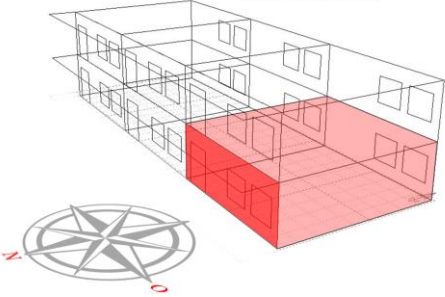
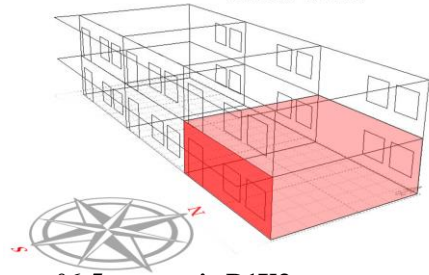
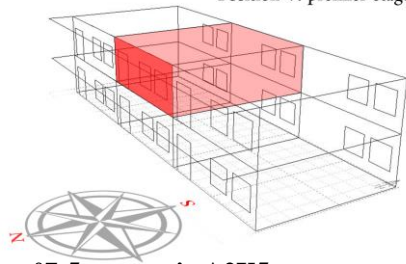
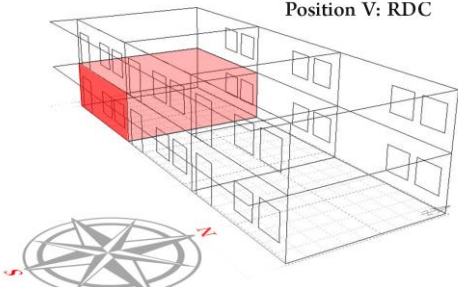
On constate que :

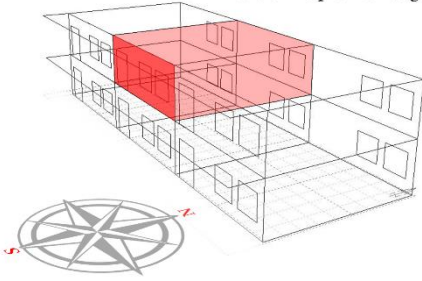
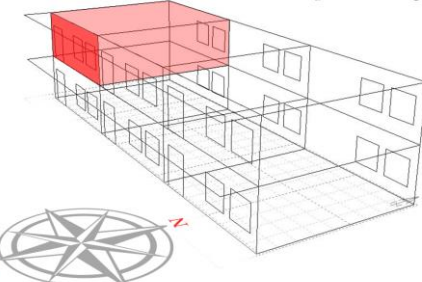
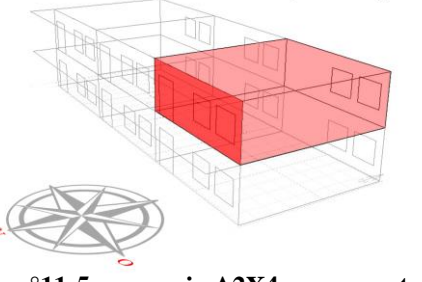
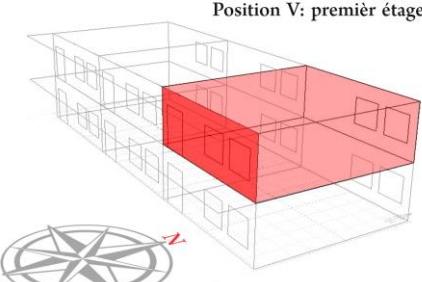
- Il y a deux gammes : gamme très performante et gamme négligeable.
- La gamme performante commence à partir de scénario B1X2 jusqu'à scénario C1X2, est caractérisé par l'efficacité et économie énergétique pendant les deux périodes (Cooling/ Heating).
- L'orientation SUD est la plus optimale avec un maximum d'économie d'énergie pendant les deux périodes.
- La position horizontale joue un rôle très important dans l'économie d'énergie.
- La position la plus optimale est à l'intermédiaire.

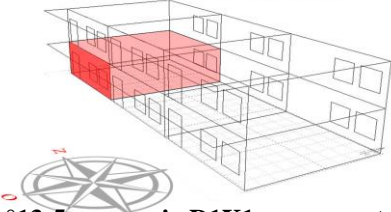
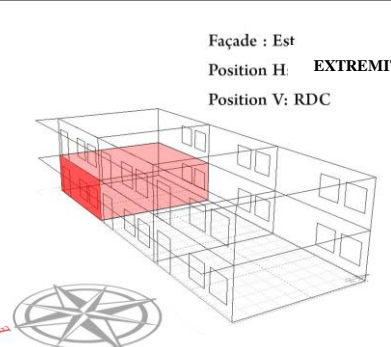
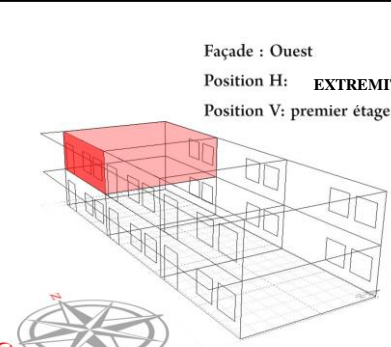
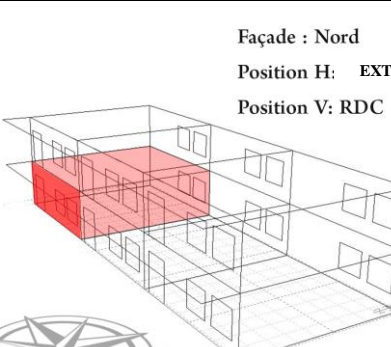
5. Décodification du classement finale des scénarios:

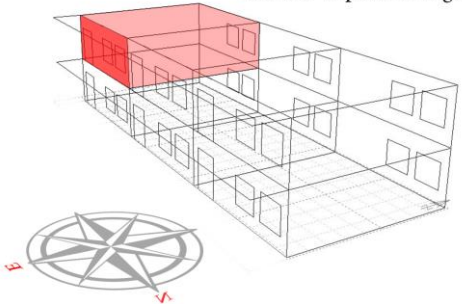
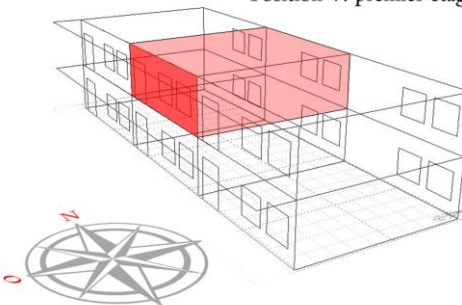
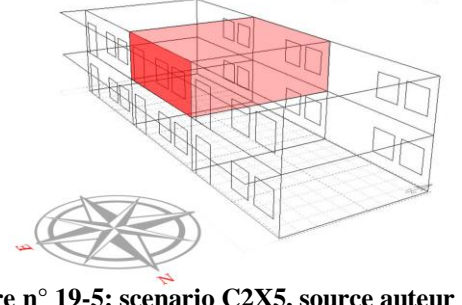
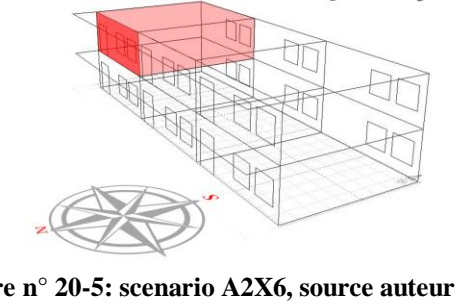
Après l'analyse précédente nous avons constaté les résultats suivants :

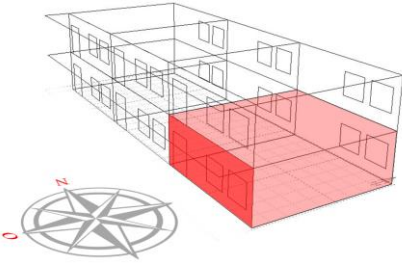
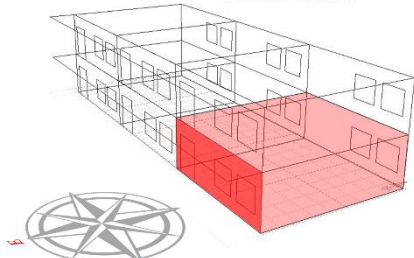
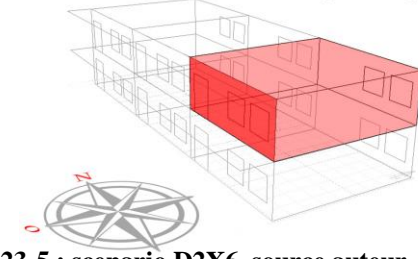
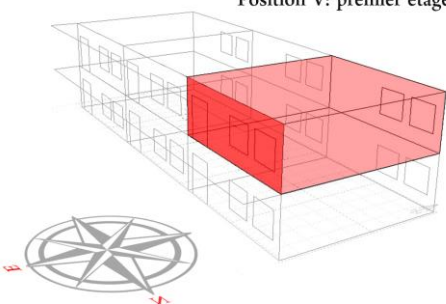
<p>Façade : Sud Position H: Intermédiaire Position V: RDC</p>  <p>Figure n° 01-5: scenario B1X2, source auteur</p>	<p>Classement 01</p>	
	<p>Code : B1X2</p>	
	<p>Orientation: SUD</p>	<p>Position: RDC/EXT</p>
<p>Façade : Nord Position H: Intermédiaire Position V: RDC</p>  <p>Figure n° 2-5: scénario A1X2, source auteur</p>	<p>Classement 02</p>	
	<p>Code : A1X2</p>	
	<p>Orientation: NORD</p>	<p>Position: RDC/INT</p>
<p>Façade : Ouest Position H: Intermédiaire Position V: RDC</p>  <p>Figure n°3-5 : scénario D1X2, source auteur</p>	<p>Classement 03</p>	
	<p>Code: D1X2</p>	
	<p>Orientation: OUEST</p>	<p>Position: RDC/INTER</p>
<p>Façade : Est Position H: Intermédiaire Position V: RDC</p>  <p>Figure n°4-5 : scénario C1X2, source auteur</p>	<p>Classement 04</p>	
	<p>Code: C1X2</p>	
	<p>Orientation: EST</p>	<p>Position: RDC/INTER</p>

<p>Façade : Nord Position H EXTREMITE Position V: RDC</p>  <p>Figure n° 5-5: scenario A1X1, source auteur</p>	<table border="1"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Classement 05</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Code: A1X1</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Orientation: NORD</td> <td style="text-align: center;">Position: RDC/EXT</td> </tr> </table>	Classement 05		Code: A1X1		Orientation: NORD	Position: RDC/EXT
Classement 05							
Code: A1X1							
Orientation: NORD	Position: RDC/EXT						
<p>Façade : Sud Position H EXTREMITE Position V: RDC</p>  <p>Figure n°6-5 : scenario B1X3, source auteur</p>	<table border="1"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Classement 06</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Code: B1X3</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Orientation: SUD</td> <td style="text-align: center;">Position: RDC/EXT</td> </tr> </table>	Classement 06		Code: B1X3		Orientation: SUD	Position: RDC/EXT
Classement 06							
Code: B1X3							
Orientation: SUD	Position: RDC/EXT						
<p>Façade : Nord Position H: Intermédiaire Position V: premier étage</p>  <p>Figure n°7-5 : scenario A2X5, source auteur</p>	<table border="1"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Classement 07</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Code: A2X5</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Orientation: NORD</td> <td style="text-align: center;">Position: ETAGE/INTER</td> </tr> </table>	Classement 07		Code: A2X5		Orientation: NORD	Position: ETAGE/INTER
Classement 07							
Code: A2X5							
Orientation: NORD	Position: ETAGE/INTER						
<p>Façade : S Position H: EXTREMITE Position V: RDC</p>  <p>Figure n°8-5 : scenario B1X1, source auteur</p>	<table border="1"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Classement 08</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Code: B1X1</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Orientation: SUD</td> <td style="text-align: center;">Position: RDC/EXT</td> </tr> </table>	Classement 08		Code: B1X1		Orientation: SUD	Position: RDC/EXT
Classement 08							
Code: B1X1							
Orientation: SUD	Position: RDC/EXT						

<p>Façade : Sud Position H: Intermédiaire Position V: premier étage</p>  <p>Figure n°9-5 : scenario B2X5, source auteur</p>	<p>Classement 09</p>	
<p>Code: B2X5</p>		
<p>Orientation: SUD</p>		<p>Position: ETAGE/INT</p>
<p>Façade : Sud Position H: EXTREMITE Position V: premier étage</p>  <p>Figure n° 10-5: scenario B2X4, source auteur</p>	<p>Classement 10</p>	
<p>Code: B2X4</p>		
<p>Orientation: SUD</p>		<p>Position: ETAGE/INTER</p>
<p>Façade : Nord Position H: EXTREMITE Position V: premier étage</p>  <p>Figure n°11-5 : scenario A2X4, source auteur</p>	<p>Classement 11</p>	
<p>Code: A2X4</p>		
<p>Orientation: NORD</p>		<p>Position: ETAGE/INT</p>
<p>Façade : Sud Position H: EXTREMITE Position V: premier étage</p>  <p>Figure n°12-5 : scenario B2X6, source auteur</p>	<p>Classement 12</p>	
<p>Code: B2X6</p>		
<p>Orientation: SUD</p>		<p>Position: ETAGE/EXT</p>

<p>Façade : Ouest Position H: EXTREMITE Position V: RDC</p>  <p>Figure n°13-5 : scénario D1X1, source auteur</p>	<table border="1"> <tr> <td colspan="2">Classement 13</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Code: D1X1</td> </tr> <tr> <td>Orientation: OUEST</td> <td>Position: RDC/EXT</td> </tr> </table>	Classement 13		Code: D1X1		Orientation: OUEST	Position: RDC/EXT
Classement 13							
Code: D1X1							
Orientation: OUEST	Position: RDC/EXT						
<p>Façade : Est Position H: EXTREMITE Position V: RDC</p>  <p>Figure n°14-5 : scénario C1X3, source auteur</p>	<table border="1"> <tr> <td colspan="2">Classement 14</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Code: C1X3</td> </tr> <tr> <td>Orientation: EST</td> <td>Position: RDC/EXT</td> </tr> </table>	Classement 14		Code: C1X3		Orientation: EST	Position: RDC/EXT
Classement 14							
Code: C1X3							
Orientation: EST	Position: RDC/EXT						
<p>Façade : Ouest Position H: EXTREMITE Position V: premier étage</p>  <p>Figure n°15-5 : scénario D2X4, source auteur</p>	<table border="1"> <tr> <td colspan="2">Classement 15</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Code: D2X4</td> </tr> <tr> <td>Orientation: OUEST</td> <td>Position: ETAGE/INTER</td> </tr> </table>	Classement 15		Code: D2X4		Orientation: OUEST	Position: ETAGE/INTER
Classement 15							
Code: D2X4							
Orientation: OUEST	Position: ETAGE/INTER						
<p>Façade : Nord Position H: EXTREMITE Position V: RDC</p>  <p>Figure n° 16-5: scénario A1X3, source auteur</p>	<table border="1"> <tr> <td colspan="2">Classement 16</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Code: A1X3</td> </tr> <tr> <td>Orientation: NORD</td> <td>Position RDC/EXT</td> </tr> </table>	Classement 16		Code: A1X3		Orientation: NORD	Position RDC/EXT
Classement 16							
Code: A1X3							
Orientation: NORD	Position RDC/EXT						

<p>Façade : Est Position H: EXTREMITÉ Position V: premier étage</p>  <p>Figure n° 17-5: scenario C2X6, source auteur</p>	<p>Classement 17</p>		
	<p>Code: C2X6</p>		
	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="890 551 1201 712"> <p>Orientation: EST</p> </td> <td data-bbox="1201 551 1508 712"> <p>Position: ETAGE/EXT</p> </td> </tr> </table>	<p>Orientation: EST</p>	<p>Position: ETAGE/EXT</p>
<p>Orientation: EST</p>	<p>Position: ETAGE/EXT</p>		
<p>Façade : Ouest Position H: Intermédiaire Position V: premier étage</p>  <p>Figure n° 18-5: scenario D2X5, source auteur</p>	<p>Classement 18</p>		
	<p>Code: D2X5</p>		
	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="890 1014 1201 1171"> <p>Orientation: OUEST</p> </td> <td data-bbox="1201 1014 1508 1171"> <p>Position: RDC/EXT</p> </td> </tr> </table>	<p>Orientation: OUEST</p>	<p>Position: RDC/EXT</p>
<p>Orientation: OUEST</p>	<p>Position: RDC/EXT</p>		
<p>Façade : Est Position H: Intermédiaire Position V: premier étage</p>  <p>Figure n° 19-5: scenario C2X5, source auteur</p>	<p>Classement 19</p>		
	<p>Code: C2X5</p>		
	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="890 1438 1201 1581"> <p>Orientation: OUEST</p> </td> <td data-bbox="1201 1438 1508 1581"> <p>Position: ETAGE/INT</p> </td> </tr> </table>	<p>Orientation: OUEST</p>	<p>Position: ETAGE/INT</p>
<p>Orientation: OUEST</p>	<p>Position: ETAGE/INT</p>		
<p>Façade : Nord Position H: EXTREMITÉ Position V: premier étage</p>  <p>Figure n° 20-5: scenario A2X6, source auteur</p>	<p>Classement 20</p>		
	<p>Code: A2X6</p>		
	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="890 1809 1201 1993"> <p>Orientation: NORD</p> </td> <td data-bbox="1201 1809 1508 1993"> <p>Position: ETAGE/EXT</p> </td> </tr> </table>	<p>Orientation: NORD</p>	<p>Position: ETAGE/EXT</p>
<p>Orientation: NORD</p>	<p>Position: ETAGE/EXT</p>		

<p>Façade : Ouest Position H: EXTREMITE Position V: RDC</p>  <p>Figure n° 21-5: scenario D1X3, source auteur</p>	<p>Classement 21</p>	
<p>Façade : Est Position H: EXTREMITE Position V: RDC</p>  <p>Figure n° 22-5: scenario C1X1, source auteur</p>	<p>Classement 22</p>	
<p>Façade : Ouest Position H: EXTREMITE Position V: premier étage</p>  <p>Figure n°23-5 : scenario D2X6, source auteur</p>	<p>Classement 23</p>	
<p>Façade : Est Position H: EXTREMITE Position V: premier étage</p>  <p>Figure n°24-5 : scenario C2X4, source auteur</p>	<p>Classement 24</p>	
	<p>Orientation: OUEST</p>	<p>Position: RDC/EXT</p>
	<p>Orientation: EST</p>	<p>Position: RDC/ EXT</p>
	<p>Orientation: OUEST</p>	<p>Position: RDC/INTER</p>
	<p>Orientation: OUEST</p>	<p>Position: RDC/INTER</p>

Conclusion :

D’après l’analyse des résultats de la simulation. Pour l’optimiser la performance énergétique dans les salles des classes, on constate que l’orientation et la position jouent un rôle très important dans la consommation énergétique et l’amélioration de la performance énergétique, avec plusieurs solutions et technique de climatisation et chauffage.

D’après l’analyse on peut citez quelques recommandations pour une salle de classe optimal (**Figure 25-05**) et pour un scénario plus performant énergétiquement dans la zone de wilaya de Tébessa. En constate que l’orientation idéale de la salle de classe doit être vers le Sud, avec une position l’intermédiaire qui nous donne deux façades qui permet de garder l’énergie le plus temps possible.

Cette étude affirme que l’orientation à une relation forte avec la position, et ces deux paramètres confirme l’hypothèse «Les paramètres et les dimensions de la consommation énergétique peuvent être liés à la position et l’orientation du bâtiment».

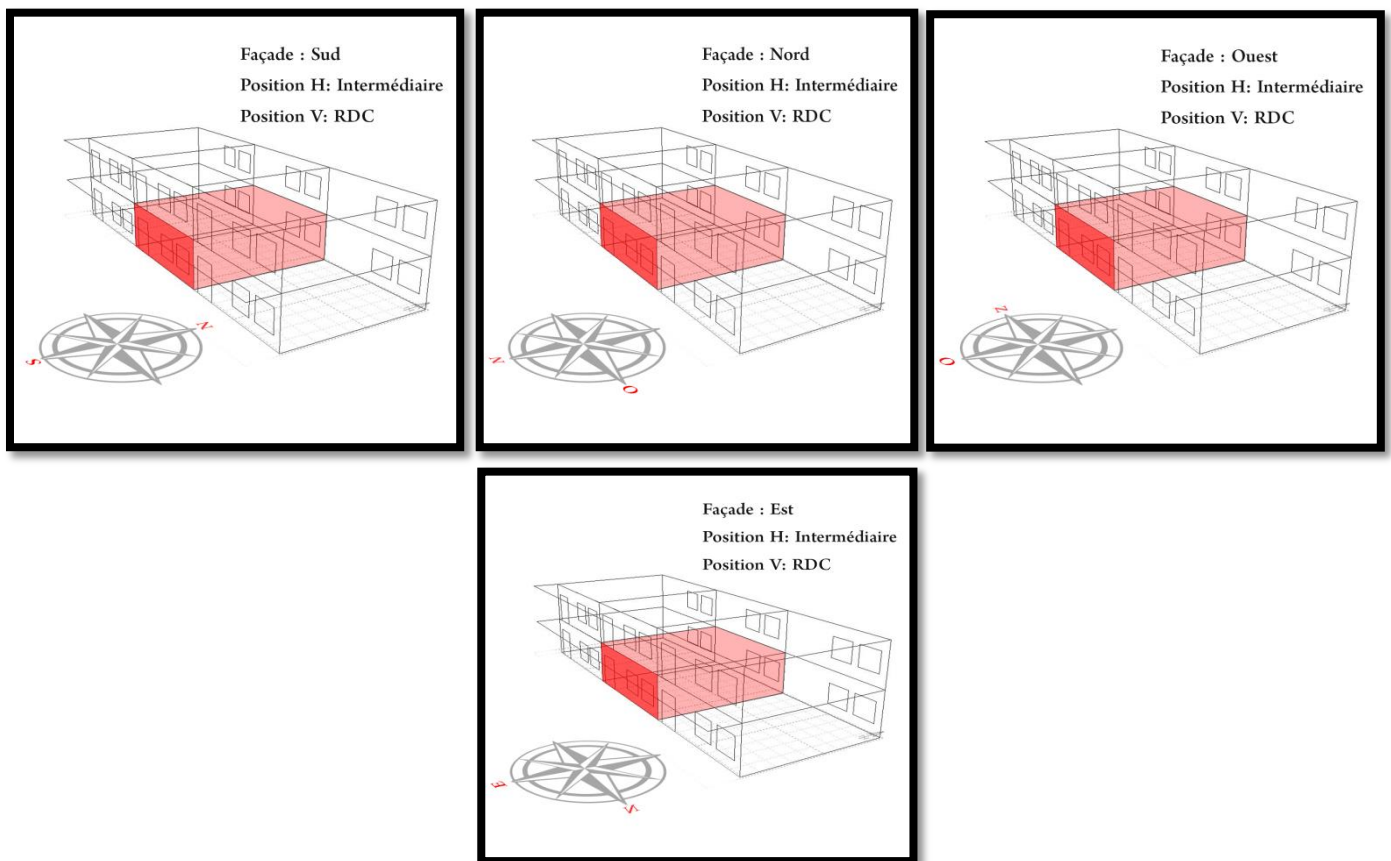


Figure 25-05 : Les salles de classe les plus performantes, source auteur.

Conclusion Générale:

La performance énergétique dans le bâtiment est à l'heure un enjeu important, tant pour la qualité des espaces intérieures, que pour les problématiques énergétiques et environnementales dont il prend une grande part d'importance scientifique.

Cette recherche présente une simple initiative qui présente l'étude de l'impact de l'orientation et la position sur la performance énergétique dans les salles des classes.

L'approche étudiée est présentée dans ce travail s'adapte aux règles et besoins des architectes de la conception, dès l'un des bâtiments les plus importants et qui présente aujourd'hui un grand défi pour les responsables, dans le but de réaliser une bonne qualité qui peut aboutir à des résultats positifs sur le rendement scolaire des apprenants et à l'amélioration de leur résultat.

L'objectif visé à travers ce travail de recherche est d'améliorer la performance énergétique dans les salles des classes à travers des solutions architecturales et conceptuelles à travers la position et l'orientation, qui aident les concepteurs dans leurs designs sans l'utilisation des solutions techniques. Et de élaboré les indicateurs de la conception qui influencer a la performance énergétique, A travers l'optimisation de cette performance énergétique dans 24 scénarios chaque scénario différents a les autres dans un indicateur conceptuel, cette analyse fait avec logiciel de simulation Ecotect analysas les résultats obtenus nous permet de faire une lecture saisonnière selon la consommation de chauffage et de climatisation, à base de cette lecture on a classé les scenarios de le plus performant au moins performant selon leur économie d'énergie.

Cependant il nous est possible de confirmer la relation prédite entre les concepts de l'hypothèse que : « *Dans le domaine de l'architecture l'orientation et la position peut jouer un rôle dans la l'évaluation énergétique, et les besoins du la performance énergétique dans les salles des classes* »

Ce travail d'initiation à la recherche n'est qu'une première esquisse, il ne prétend qu'à déclencher la réflexion sur l'ambiance énergétique dans le bâtiment scolaire en rapport avec la qualité de l'espace.

Il est espéré que ces recherches méritent une importance dans le domaine de conception de ce type des bâtiments très importants dans le monde et spécialement en Algérie.

Bibliographie:

- **Mémoires et livres:**

- ✚ DJERROUFI Mohammed El Amin, «**MANAGEMENT DE L'EFFICACITE ENERGETIQUE DANS LE BATIMENT** ».
 - ✚ BOUKKLI Hacene, « **aspects Energétiques, Economiques et Environnementaux d'une Habitation Ecologique** ».
 - ✚ «**La performance énergétique d'une école maternelle équipée d'un système de toit vert à Athènes** ».mémoire online
<http://transitionenergetique.gouv.qc.ca/fileadmin/medias/pdf/consultation/memoires/AQEE-07dec17.pdf>
 - ✚ Mr. BOURSAS Abderrahmane «**ETUDE DE L'EFFICACITE ENERGETIQUE D'UN BATIMENT D'HABITATION A L'AIDE D'UN LOGICIEL DE SIMULATION** ». <https://bu.umc.edu.dz/theses/gclim/BOU6450.pdf>
 - ✚ «**l'Alliance québécoise de l'Efficacité énergétique**». mémoire online
<http://transitionenergetique.gouv.qc.ca/fileadmin/medias/pdf/consultation/memoires/AQEE-07dec17.pdf>
 - ✚ Mlle. NEFISSA BELKACEM «**Contribution à l'évaluation des performances énergétiques et environnementales d'un habitat individuel bioclimatique : cas de la maison pilote de Soudania –Alger- (Algérie)** »
 - ✚ Mr. Duy Long HA «**Un système avancé pour la gestion de l'énergie dans le bâtiment pour coordonner consommation et production** » https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00260143v3/file/Soutenance_de_these_version_finale.pdf
 - ✚ (Zerguine Bilal, 2010) « **MODELISATION D'UN SYSTEME DE PRODUCTION ELECTRIQUE PAR LA CELLULE PHOTOVOLTAIQUE** »
-

Bibliographie

- ✚ Bensenouci, Ahmed «**Étude de l'efficacité énergétique d'un bâtiment d'habitation à l'aide du logiciel de simulation DOE-2^E** ».
 - ✚ (Omar, 2014) «**Contribution à l'Etude des Systèmes Hybrides de Génération : Application aux Energies Renouvelables** »
 - ✚ Malek Jedidi, 2014 « **Etude de l'efficacité énergétique d'un bâtiment en Tunisie** ».
 - ✚ Julien Belligoi «**audit énergétique d'un bâtiment de bureaux : proposition de stratégies de rénovation** ».
 - ✚ Benoudjafer et al. 2012 «**Etude comparative relative à l'efficacité énergétique de deux appartements situés à Béchar, Algérie**».
 - ✚ Abdelatif MERABTINE, 2009« **Modélisation Bond Graphs en vue de l'Efficacité Énergétique du Bâtiment**». (Thèse doctorat, Université de Lorraine)
 - ✚ «**Le diagnostic énergétique d'un bâtiment**»
http://www.ifdd.francophonie.org/docs/prisme/Diag_batiment.pdf
 - ✚ Saddok Amel «**Étude du confort thermique des salles de cours des établissements scolaires à différentes typologies Tizi Ouzou**».
 - ✚ M. KATTI Lounis sur «**L'école et la ville : deux espaces à confondre**».
<http://www.univ-bejaia.dz>
 - ✚ ESTEBAN EMILIO MONTENEGRO ITURRA sur «**Impact de la configuration des bâtiments scolaires sur leur performance lumineuse, thermique et énergétique**»
<https://corpus.ulaval.ca/jspui/bitstream/20.500.11794/22733/2/28011.pdf>
 - ✚ BENHARKAT Sarah «**IMPACT DE L'ECLAIRAGE NATUREL ZENITHAL SUR LE CONFORT VISUEL DANS LES SALLES DE CLASSE**».
<https://bu.umc.edu.dz/theses/architecture/BEN4473.pdf>
 - ✚ Architecture scolaire: l'école, un lieu pour réussir, 2015.
-

Bibliographie

- ✚ Bruno Marchand, Professeur d'architecture à l'EPFL (École polytechnique fédérale de Lausanne), **l'architecture scolaire**.
 - ✚ « **Énergies renouvelables et de récupération** » [archive], sur Driee Île-de-France, mars 2013
 - ✚ P. Huovila, M. Alla-Juusela, L. Melchert, S. Pouffary: **Buildings and Climate Change: Summary for Decision-Makers**. United Nations Environment Programme (2007).
 - ✚ BENHARRA.HOUDA., 2016, Impact de l'orientation sur la consommation énergétique dans le bâtiment. -Cas des zones arides et chaudes-, Mémoire de Magistère, Université de Mohamed Khider – Biskra, Algérie.
 - ✚ Montenegro E. E., 2011, **Les typologies de bâtiments scolaires 2011**
 - ✚ Éric Durand **Habitat Solaire et Maîtrise de l'Énergie Revue Systèmes Solaire** N°17/18 - oct. /nov. 1986 p.10
 - **Site internet:**
 - ✚ <http://www.mamunicipaliteefficace.ca/116-efficacite-energetique-ges-pourquoi-et-comment-mesurer-lefficacite-energetique-.html> visitée le 22/03/2019
 - ✚ <https://www.actu-environnement.com/materiels-services/produit/logiciel-trnsys-cstb-simulation-thermique-batiments-et-systemes-2473.php> 22/03/2019
25/03/2019
 - ✚ <https://I3ER> Ingénierie de l'Efficacité Énergétique et des Énergies Renouvelables 22/03/2019
 - ✚ <https://bu.umc.edu.dz/theses/gclim/BOU6450.pdf> 11/02/2019
 - ✚ <http://anabramos.canalblog.com/archives/2014/12/15/31257276.html> 14/03/2019
 - ✚ <http://www.education.gov.dz/fr/systeme-educatif-algerien/>
 - ✚ <http://www.education.gov.dz> 09/02/2019
-

Bibliographie

- ✚ www.explorateurs-energie.com 09/02/2019
 - ✚ <https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/energie> 01/02/2019
 - ✚ <https://www.edf.fr/groupe-edf/espaces-dedies/l-energie-de-a-a-z/tout-sur-l-energie> 15/01/2019
 - ✚ <http://www.vedura.fr/environnement/energie> 05/02/2019
 - ✚ <http://www.energy.gov.dz/francais/uploads/2016/Programme-National/Programme-National-Efficacite-Energetique.pdf> 15/02/2019
 - ✚ <http://www.aprue.org.dz/documents/publication%20energie%20dans%20les%20zones-edition%202015.pdf> 20/02/2019
 - ✚ <https://portail.cder.dz/spip.php?article6315> 19/03/2019
 - ✚ <https://www.aquaportail.com/definition-7644-bilan-energetique.html> 19/03/2019
[11.50](#)
 - ✚ <http://thesis.univ-biskra.dz/2707/4/Chapitre%202.pdf> 19/03/2019 12.56
 - ✚ Cao M. L., 2009
 - ✚ <http://monographies.caci.dz/index.php?id=507> 19/03/2019
-