

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

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



Université Mohamed Seddik BENYAHIA – Jijel
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département d'Architecture

N° :/20

MEMOIRE DE MASTER

Domaine : Architecture, Urbanisme et Métiers de la Ville

Filière : Architecture

Spécialité : Architecture

Thème

**AMELIORATION DES PERFORMANCES ENERGETIQUES
DES INFRASTRUCTURES SPORTIVES PAR LES SYSTEMES DE
STRUCTURES ET DE COUVERTURES EN ALGERIE
CAS DE LA PISCINE SEMI OLYMPIQUE DE FERDJIOUA**

Présenté par : Rayane KHENIOU

Yousra BOUDAB

Encadré Par : Hocine TEBBOUCHE

Date de soutenance : 27 JUIN 2023

Composition du jury de soutenance

Saïd SAFRI

Hocine TEBBOUCHE

Tarik ROUIDI

MCB, Université de Jijel : Président

MAA, Université de Jijel : Encadrant du mémoire

MAA, Université de Jijel : Examineur

Promotion : 2022 /2023

Remerciements

Tout d'abord, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à Allah, qui nous a accordé la force et le courage nécessaires pour mener à bien ce modeste travail.

*Nos remerciements les plus sincères vont à notre encadreur, Messieurs **Tebbouche Hocine**, qui a accepté de diriger ce travail. Nous lui sommes reconnaissantes pour la confiance qu'il a placée en nous, ainsi que pour sa patience et ses encouragements constants. Ses précieux conseils et ses remarques constructives ont grandement contribué à l'amélioration de la qualité de notre mémoire.*

*Nous souhaitons également exprimer notre reconnaissance envers Messieurs **Boutellis Toufik** et **Heloufi Wahid** pour leur précieuse assistance et leurs pensées positives. Leur soutien inconditionnel a été une source de motivation importante pour nous.*

Nous tenons à remercier chaleureusement le président du jury et les membres du jury pour avoir accepté de juger ce travail. Leur évaluation et leurs commentaires nous ont permis de renforcer notre travail et d'enrichir nos connaissances.

*Nos remerciements s'adressent également à tous les enseignants et au personnel du Département d'architecture de l'Université **Mohamed Seddik Ben Yahia** de Jijel. Leur expertise, leurs enseignements et leur dévouement ont joué un rôle essentiel dans notre formation et dans la réalisation de ce travail.*

*Nous n'oublions pas de mentionner spécifiquement **Mme Camoula Samira Alia**, qui nous a apporté une aide précieuse tout au long de notre recherche. Nous lui sommes reconnaissantes pour ses conseils éclairés et son soutien constant.*

Rayane et Yousra

Dédicaces

À ma source de bonheur, mes chers parents **Mourad** et **Fatiha**, je souhaite exprimer ma reconnaissance profonde. Leurs prières et leurs conseils m'ont toujours accompagné tout au long de mon parcours. Je les remercie pour tout ce qu'ils m'ont apporté : confiance, soutien et amour. Ils ont dirigé et mis en place tout ce qui était nécessaire pour créer la bonne atmosphère afin de me permettre de poursuivre mes études avec succès.

Je tiens à remercier mes sœurs **Rana**, **Bessmala**, **Teqwa** et **Rehma** pour leur soutien constant et leur présence bienveillante dans ma vie.

À ma chère et nombreuse famille, les familles **Boudab** et **Guendouz**, pour leur soutien inconditionnel et leurs encouragements tout au long de mon parcours.

À mes amies, en particulier **Meriem** et **Rayane**, qui ont été présentes à mes côtés, m'encourageant et me soutenant à chaque étape.

Je suis profondément reconnaissante envers toutes ces personnes spéciales qui ont joué un rôle important dans ma vie. Leurs contributions et leur soutien ont été inestimables, et je suis honorée d'avoir leur amour et leur confiance.

Yousra

Dédicaces

À l'âme de mon père, **Nasreddine**, Sa mémoire reste une source d'inspiration et de force pour moi.

À la source de mes efforts, la flamme de mon cœur et la lumière de mes jours, ma mère **Zahia**. Je lui suis infiniment reconnaissante pour tout ce qu'elle a fait et continue de faire pour moi.

Mes remerciements s'étendent à mes sœurs **Khouloud, Kaouter, Malak**, et mon frère **Alaeddine**. Leur soutien, leur présence et leur encouragement ont été une source de réconfort et de motivation dans toutes les étapes de ma vie.

Leur amour et leur soutien inconditionnels sont inestimables.

Je tiens à remercier toute la famille **Kheniou**, qui a été une source d'espoir et de motivation pour moi. En particulier, je suis reconnaissante envers **Samir, Yazid** et **Abdelaziz** pour leur soutien et leur encouragement constants.

Mes chères amies, **Meriem** et **Yousra**, méritent également mes remerciements sincères. Leur amitié précieuse, leurs conseils et leur présence dans ma vie ont été d'une grande valeur.

Enfin, je souhaite exprimer ma gratitude envers tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire. Leur soutien, leurs conseils et leur collaboration ont été essentiels et je les remercie du fond du cœur.

Rayane

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES	VII
LISTE DES TABLEAUX	IX
LISTE DES ABREVIATIONS	X
INTRODUCTION GENERALE	1
Motivation du choix du thème	2
Problématique	3
Questionnement.....	3
Hypothèse de la recherche	4
Objectifs de la recherche	4
Démarche méthodologique	4
Structure du Mémoire	5
<u>CHAPITRE 1</u> : LE SPORT : GENERALITES ET DEFINITIONS DES	
CONCEPTS	8
Introduction	8
1.1 Le sport :	8
1.1.1 Définition et importance	8
1.1.2 Historique	9
1.1.3 Formes du sport	12
1.1.4 Le sport en Algérie	13
1.1.4.1 Historique	13
1.1.4.2 La politique algérienne en matière de Sport	15
1.1.4.3 La situation du sport en Algérie	15
1.2 Les équipements sportifs	16
1.2.1 Définition	16
1.2.2 Normes et réglementation	16
1.2.3 Les différents équipements sportifs	16
1.2.3.1 Les piscines	16
1.2.3.2 Les salles de sport	17
1.2.3.3 Les stades	18
1.2.3.4 Les complexes sportifs	18
1.2.3.5 Les terrains de sports	19
Conclusion	20
<u>CHAPITRE 2</u> : SYSTEMES DE STRUCTURE ET COUVERTURE DES	
EQUIPEMENTS SPORTIFS	22
Introduction	22
2.1 Systèmes de structure	22
2.1.1 Définition et rôle	22
2.1.2 Différents types de structure	23
2.1.2.1 Structure métallique	23
2.1.2.2 Structures en béton	26

2.1.2.3	Structure en bois	28
2.1.2.4	Structure en textiles tendues	31
2.2	Systèmes de couverture	35
2.2.1	Définition et rôle	35
2.2.2	Différents types de couverture	35
2.2.2.1	Couvertures en tuiles	35
2.2.2.2	Couverture en panneau sandwich	37
2.2.2.3	Couverture en polycarbonate	40
	CONCLUSION	41

CHAPITRE 3 : PERFORMANCE ENERGETIQUE DANS LES EQUIPEMENTS SPORTIFS 43

	Introduction	43
3.1	L'énergie	43
3.1.1	Définition	43
3.1.2	Sources d'énergie	44
3.1.3	Problématique énergétique dans le contexte mondiale et algérien	45
3.1.4	Problématique énergétique en Algérie	45
3.1.5	Consommation énergétique dans le bâtiment en Algérie	46
3.1.6	Normes, lois et réglementations en Algérie	46
3.1.7	L'efficacité énergétique dans les bâtiments	48
3.1.8	Critères pour assurer l'efficacité énergétique	48
3.2	La performance énergétique	49
3.2.1	Définition	49
3.2.2	Les Classes de performance énergétique des bâtiments	49
3.2.3	Bâtiments basse consommation(BBC)	50
3.2.3.1	Définition	50
3.2.3.2	But d'un bâtiment à basse consommation(BBC)	51
3.2.3.3	Les principaux critères d'un BBC	52
3.2.3.4	Les clés d'un BBC	52
3.2.3.5	Les caractéristiques d'un BBC	52
3.2.4	Bâtiments à zéro énergie	53
3.2.5	Bâtiments à énergie positive	53
3.2.6	Bâtiments bioclimatiques	54
3.2.7	Bâtiments à haut performance énergétique	54
	Conclusion	55

CHAPITRE 4 : ETUDE COMPARATIVE 56

	Introduction	56
4.1	Exemple international : piscine semi-olympique Sidi Youssef Ben Ali à Marrakech , Maroc.....	56
4.1.1	Présentation de projet	56
4.1.2	Etude extérieure	57

4.1.3	Etude intérieure	59
4.1.4	Etude énergétique	60
4.2	Exemple national : piscine semi-olympique Jijel	61
4.2.1	Présentation du projet	61
4.2.2	Etude extérieure	62
4.2.3	Etude intérieure	63
4.2.4	Etude énergétique	64
4.3	Etude comparative des deux exemples	66
4.4	Synthèse	66
	Conclusion	67
<u>CHAPITRE 5 : CAS D'ETUDE : PISCINE SEMI-OLYMPIQUE A FERDJIOUA</u>		69
	Introduction	69
5.1	Situation et limite	69
5.2	Accès/accessibilité	70
5.3	Analyse des façades	70
5.4	Système de structure et couverture	71
5.5	Consommation énergétique actuelle	72
5.6	Programme de simulation énergétique (CT-BAT)	74
5.7	Calcul de consommation énergétique actuelle par logiciel (CT-BAT).....	75
5.8	Calcul de la nouvelle consommation énergétique par le logiciel (CT- BAT)	77
5.9	Recommandations pour améliorer les performances énergétiques de la piscine	79
	Conclusion	80
CONCLUSION GENERALE.....		81
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....		83
ANNEXES.....		I

الملخص

RÉSUMÉ

ABSTRACT

LISTE DES FIGURES

Figure 01: Jeu d'ullamalitzli, pratiqué par les Aztèques.....	09
Figure 02: Jeux Olympiques antiques.....	09
Figure 03: Le Cuju.....	10
Figure 04 : Début d'une partie de soule en Bretagne, au XIXe siècle.	11
Figure 05 : Une gravure ancienne d'un match de crosse du 19e siècle entre Canadiens et Iroquois.	11
Figure 06 : Frise chronologique d'évolution du sport au niveau internationale d'après la fiche 13 du sport	11
Figure 07 : Le football.....	12
Figure 08 : Le ski.....	12
Figure 09 : Bowling.....	13
Figure 10 : Les activités sportives.....	13
Figure 11 : Stade d'Oran.....	16
Figure 12 : Stade de Tizi Ouzou.....	16
Figure 13 : Piscine en plein air.....	17
Figure 14 : Piscine couvertes.....	17
Figure 15 : Salle de sport Plouha	18
Figure 16 : Salle de sport Plouha.....	18
Figure 17 : Le Stade de la Réunification.....	18
Figure 18 : Stade SoFi.....	18
Figure 19 : Complexe sportif Japoma.....	19
Figure 20 : Complexe sportif Japoma.....	19
Figure 21 : Terrain de sport.....	20
Figure 22 : Les éléments de structure métallique.....	25
Figure 23 : Béton armé.....	27
Figure 24 : Principe de béton précontraint.....	28
Figure 25 : Ossature en bois.....	30
Figure 26 : Système poteaux-poutres.....	30
Figure 27 : Construction en Panneaux de bois massif.....	31
Figure 28 : Construction en bois empilés.....	31
Figure 29 : Structure gonflable.	34
Figure 30 : Structure tendue.....	34
Figure 31 : Structure portée.	34
Figure 32 : Tuiles à glissement.....	38
Figure 33 : Toiture-en-petites-tuiles-plates.....	38
Figure 34 : Tuile mécanique.....	38
Figure 35 : Tuile canal.....	38
Figure 36 : Panneau sandwich.....	40
Figure 37 : Constituants d'un panneau sandwich.....	40
Figure 38 : Polycarbonate.....	42
Figure 39 : Polycarbonate alvéolaire.....	43
Figure 40 : Polycarbonate ondulé.....	43

Figure 41 : Les sources d'énergie.....	45
Figure 42 : Répartition de la consommation finale par secteur d'activité	46
Figure 43 : Etiquette énergétique (France).....	51
Figure 44 : Bâtiment à énergie zéro et positive.....	54
Figure 45 : Les principes base d'une conception bioclimatique	54
Figure 46 : Piscine semi-olympique Sidi Youssef Ben Ali.....	56
Figure 47 : Situation de la piscine Sidi Youssef Ben Ali	57
Figure 48 : Les accès de la piscine Sidi Youssef Ben Ali.....	58
Figure 49 : La façade Est (façade principale).....	58
Figure 50 : Vue à l'intérieure de la piscine	59
Figure 51 : Vue à l'intérieure de la piscine	60
Figure 52 : Matériaux utilisée dans la piscine.....	60
Figure 53 : Étiquette énergétique	61
Figure 54 : Diagramme de l'indice de consommation énergétique	61
Figure 55 : Piscine semi olympique Guemih Ammar	61
Figure 56 : Situation et limites de la piscine semi olympique Guemih Ammar de Jijel.....	62
Figure 57 : Les accès de la piscine semi olympique Guemih Ammar de Jijel.....	62
Figure 58 : Au-dessus façade nord ; au-dessous façade sud.....	63
Figure 59 : Vue à l'intérieure de la piscine	64
Figure 60 : Vue à l'intérieure de la piscine	64
Figure 61 : Structure de piscine Guemih Ammar.....	64
Figure 62 : Structure de piscine Guemih Ammar.....	64
Figure 63 : Diagramme de consommation gaz	65
Figure 64 : Diagramme de consommation électricité.....	65
Figure 65 : Diagramme de l'indice de consommation énergétique.....	66
Figure 66 : Classement sur l'étiquette énergétique	66
Figure 67 : Situation et limites de la piscine semi olympique de Ferdjioua.....	70
Figure 68 : Accès piscine semi olympique de Ferdjioua	70
Figure 69 : Façade sud piscine semi olympique de Ferdjioua	71
Figure 70 : Structure de piscine semi olympique de Ferdjioua.....	72
Figure 71 : Diagramme de la consommation énergétique élec	73
Figure 72 : Diagramme de la consommation énergétique gaz.....	74
Figure 73 : Structuration et représentation des données.....	75
Figure 74 : Classement sur l'étiquette énergétique	76
Figure 75 : Diagramme de l'indice de consommation énergétique	76
Figure 76 : Détails de bardage double peau.....	78
Figure 77 : Détails de panneau sandwich sur toiture	78
Figure 78 : Classement sur Etiquette énergétique.....	79
Figure 79 : Diagramme de l'indice de consommation énergétique	79

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Avantages et inconvénients de béton.....	27
Tableau 2: Comparaison des différents système constructifs bois	30
Tableau 3: Avantages et inconvénients de bois.....	30
Tableau 4: Avantages et inconvénients de structure textiles.....	34
Tableau 5:Avantages et inconvénients de tuile	37
Tableau 6: Classification de panneau sandwich selon l'épaisseur.....	39
Tableau 7: Avantages et les inconvénients.....	40
Tableau 8: Avantages et les inconvénients.....	41
Tableau 9: Comparaison de deux exemples	66
Tableau 10: Consommation énergétique réels	72
Tableau 11: Calcul de la consommation énergétique par l'utilisation du logiciel CT-BAT	76
Tableau 12: Calcul de la consommation énergétique par l'utilisation du logiciel CT-BAT	76
Tableau 13: Calcul de la consommation énergétique par l'utilisation du logiciel CT-BAT	77
Tableau 14: Calcul de la consommation énergétique proposition par l'utilisation du logiciel CT-BAT.....	78

LISTE DES ABREVIATIONS

- **APRUE** : Agence nationale pour la promotion et la rationalisation de l'utilisation de l'énergie.
- **BBC** : Bâtiment à basse consommation d'énergie.
- **BEPOS** : Bâtiment à énergie positive.
- **CTBAT** : Calcul thermique des bâtiments.
- **DJS** : Direction de la jeunesse et le sport.
- **DTR** : Document technique réglementaire.
- **DTU** : Document technique unifié.
- **HPE** : Haute performance énergétique.
- **KW h_{ep}** : Unité de consommation énergétique (kilowattheure d'énergie primaire).
- **LED** : Light emitting diode.
- **PAC** : Pompe à chaleur.
- **PNME** : Programme National de maîtrise de l'énergie.
- **PRS** : Profiles reconstitués soudés.
- **PUCA** : Plan d'urbanisme de construction architecturale.
- **RT** : Réglementation thermique.
- **TEP** : Unité énergétique (tonne équivalent pétrole).
- **THPE** : Très haute performance.
- **TN** : Tôle nervurée.
- **TWH** : Unité énergétique (térawattheure).

INTRODUCTION GENERALE

Le sport joue un rôle important dans la promotion de la santé de l'être humaine. Il a une incidence directe sur les aptitudes physiques et mentales de l'individu. Cette importance se traduit du fait que le sport contribue à l'égalité sociale, à l'éducation et à la santé, qui sont des objectifs du développement durable. De ce fait, il est pris en considération et de nombreux équipements sont conçus pour abriter les différentes activités et disciplines sportives à travers le monde.

Ces infrastructures sportives ont évolué au fil du temps en termes de méthodes de construction et de matériaux utilisés, désormais ; la plupart de ces installations utilisent des structures mixtes : métalliques et béton armé. Les structures en bois sont peu utilisées par rapport aux précédentes, car elles dépendent de la disponibilité de la matière première dans la région où l'installation est construite (ainsi que de l'entretien).

Ces équipements sportifs présentent plusieurs problèmes, dont une importante consommation énergétique due à la taille de ces infrastructures, aux matériaux utilisés, aux systèmes structurels et aux besoins de chauffage et éclairage, exemple : nous avons besoin de chauffer les piscines et offrir l'éclairage aux différentes salles de sport.

Les matériaux utilisés dans la construction de ces installations sportives varient d'un endroit à l'autre, par exemple, en utilisant la structure métallique dans les pays méditerranéens connus pour leur été chaud, va causer un réchauffement rapide de ces équipements, contrairement à l'hiver où il faut chauffer, donc il est nécessaire de consommer plus d'énergie.

Le bois aussi est utilisé comme matériau dans la construction de ces équipements et l'un des avantages de ce matériau est qu'il conserve l'énergie et réduit sa consommation par rapport à ce que nous avons mentionné sur la structure précédente.

En Algérie, comme dans d'autres pays, il existe un nombre important d'installations sportives énergivores. Dans notre présente recherche, nous nous intéressons à étudier la performance énergétique dans les équipements sportifs dans le contexte de la wilaya de Mila et connaître l'impact des couvertures et des structures sur celles-ci, sachant que la structure mixte (acier/béton) est celle la plus utilisée dans notre pays et les planchers collaborants comme couverture (l'utilisation de TN 40 et le béton avec des isolateurs). Ce style de couverture utilisé depuis plusieurs années jusqu'à nos jours est considéré comme énergivore.

L'Algérie a enregistré une consommation d'énergie dans les installations sportives qui va de 538.930 KW/m²/an à 605.5 KW/m²/an (selon les factures de Sonelgaz), alors qu'elle est de 73 KW/m²/an dans d'autre pays (Amazirh, 2021). De ce fait, notre objectif est de proposer un

modèle de couverture et un système structurel adéquats pour réduire au maximum la consommation d'énergie à l'intérieur de ces équipements sportifs.

Motivation de choix du thème

La motivation derrière le choix du thème de la consommation d'énergie dans les installations sportives repose sur la nécessité de promouvoir l'efficacité énergétique et la durabilité dans tous les aspects de notre société, y compris le domaine sportif. Les installations sportives occupent une place importante dans nos communautés en tant que lieux de rassemblement, de compétition et de développement des talents sportifs, et il est crucial d'aborder les défis liés à leur consommation énergétique élevée.

Les installations sportives, telles que les piscines, font face à des problèmes spécifiques qui contribuent à une consommation d'énergie excessive. Des systèmes structurels défectueux, des équipements inefficaces et des pratiques de gestion inadéquates peuvent entraîner des pertes d'énergie significatives. Les piscines, en particulier, sont connues pour leur consommation énergétique élevée en raison des besoins en éclairage, en chauffage et en entretien de l'eau.

En prenant en charge ces problèmes de consommation d'énergie au sein des installations sportives, nous visons à réduire leur empreinte écologique, à diminuer les coûts énergétiques associés et à créer des environnements sportifs plus responsables sur le plan environnemental. Cela permet non seulement de préserver les ressources naturelles pour les générations futures, mais aussi de promouvoir une culture de durabilité et de sensibilisation à l'importance de la gestion efficace de l'énergie dans tous les aspects de notre société.

En réduisant la consommation d'énergie dans les installations sportives, nous contribuons à la préservation de l'environnement, à la réduction des émissions de gaz à effet de serre et à la promotion d'une culture du sport durable. De plus, cela permet de réaliser des économies financières pour les gestionnaires des installations sportives, ce qui peut être réinvesti dans d'autres initiatives bénéfiques pour le sport et la communauté.

En somme, en abordant la question de la consommation d'énergie dans les installations sportives, nous cherchons à promouvoir des solutions durables et à encourager l'adoption de pratiques éco-énergétiques. En améliorant l'efficacité énergétique de ces installations, nous créons des environnements sportifs plus responsables, préservons les ressources naturelles pour les générations futures et contribuons au développement des jeunes talents sportifs dans un contexte durable.

Problématique

L'Algérie, grâce à ses abondantes ressources naturelles en énergie, dispose d'un potentiel considérable pour répondre à ses besoins énergétiques. Cependant, le pays fait face à des défis dans la gestion et l'exploitation efficace de ces ressources, ce qui se traduit par une consommation énergétique élevée dans divers établissements. Les installations sportives en Algérie, notamment les piscines, rencontrent des problèmes de consommation énergétique élevée en raison de plusieurs facteurs, tels que la taille des installations et les matériaux utilisés, tels que le métal et le béton, ainsi que les couvertures en TN 40.

Tout d'abord, la taille importante de ces installations sportives implique des besoins élevés en éclairage et en chauffage. Les stades, les gymnases et les piscines sont conçus pour accueillir un grand nombre de personnes, ce qui nécessite une quantité significative d'éclairage pour assurer une visibilité adéquate. De plus, les conditions climatiques en Algérie peuvent être extrêmes, avec des températures élevées en été et des hivers froids, ce qui entraîne une demande accrue de chauffage pour maintenir des conditions de confort à l'intérieur des installations.

En ce qui concerne les piscines, les structures en métal et en béton utilisées dans leur construction sont solides mais présentent des problèmes d'humidité et d'isolation thermique. Les matériaux utilisés ont une faible résistance à l'humidité, ce qui peut entraîner des fuites d'eau et des pertes de chaleur. Les fuites d'eau nécessitent une utilisation accrue des systèmes de pompage et de filtration, ce qui augmente la consommation d'énergie. De plus, les pertes de chaleur signifient que les systèmes de chauffage de l'eau doivent fonctionner plus longtemps pour maintenir une température adéquate, entraînant ainsi une consommation d'énergie supplémentaire.

Les couvertures utilisées dans les piscines, généralement en TN 40, sont conçues pour protéger l'eau contre l'évaporation excessive et pour fournir une isolation thermique. Cependant, ces couvertures peuvent également contribuer à la consommation énergétique élevée. Si la chaleur générée par le chauffage de l'eau est piégée sous la couverture, cela peut entraîner une augmentation de la consommation d'énergie nécessaire pour maintenir la température de l'eau.

De cela, les questions de recherche suivantes s'imposent :

- Pourquoi les équipements sportifs en Algérie consomment beaucoup d'énergie ?
- Les systèmes structurels et les couvertures des installations sportives en Algérie ont-ils un impact direct sur la consommation énergétique ?

- Comment peut-on améliorer la consommation énergétique dans les installations sportives en Algérie ?

Hypothèse de la recherche

Suite à cette problématique et dans le but d'apporter des éléments de réponse aux questions ci-dessus, nous formulons l'hypothèse principale qui va clarifier le sujet de recherche :

"Les installations sportives en Algérie se détériorent en termes de structures et de couvertures. Il est possible que les couvertures de ces installations soient l'un des principaux facteurs qui accroissent la consommation d'énergie dans les installations sportives. Cette situation pourrait être améliorée en agissant sur le choix des matériaux et des systèmes de structure utilisés. Un mauvais choix de ceux-ci et la grande taille des installations sportives peuvent causer une grande perte d'énergie."

Objectifs de la recherche

Les objectifs visés par la présente recherche consistent en :

- La recherche des solutions pour améliorer la performance énergétique dans les installations sportives en Algérie notamment les piscines.
- Proposition des solutions technique et architecturales pour l'amélioration de la qualité du confort thermique et acoustique, ainsi les consommations énergétiques dans les installations sportives en Algérie.
- La maîtrise des paramètres de conception de bâtiments à basse consommation (BBC).
- Recherche d'un système de structure et de couverture le plus adapté aux installations sportives en Algérie.

Démarche méthodologique

Pour traiter notre présent thème de recherche nous avons choisi comme méthodologie de recherche les approches suivantes :

Approche analytique

Notre étude se propose d'être le fruit d'un travail d'observation, de lecture et d'interprétation auquel nous nous sommes livrées, et la collecte des informations à partir de plusieurs références bibliographiques : Livres, thèses et sites d'internet...etc.

Nous allons étudier et analyser les différents règlements et normes nationaux et internationaux pour vérifier nos hypothèses.

Approche comparative

Après l'étude et l'analyse des informations collectées, nous allons passer à une deuxième étape, qui consiste à comparer deux exemples de complexes sportifs différents (un exemple nationaux et un autre internationaux). En termes de matériaux de construction utilisés et situés dans deux zones similaire (zones humides).

Approche pratique

Dans cette approche nous allons utiliser un programme de simulation (CT-BAT) pour évaluer la consommation énergétique dans notre cas d'étude avant et après le changement de système de structure et de couverture.

Structure du Mémoire

Le mémoire est structuré en deux grandes parties, la première partie théorique divisée en trois chapitres et la deuxième partie pratique divisés en deux chapitres, et terminé par une conclusion générale.

L'entrant du mémoire par une introduction générale qui pose la problématique de notre recherche sur la consommation énergétique dans les infrastructures sportives en Algérie.

L'élaboration de cette problématique nous a permis de nous focaliser sur des concepts qui vont nous aider à répondre aux questions posées et vérifier l'hypothèse présentée. Ces concepts vont être traduits en parties et vont orienter notre travail.

- La première partie à caractère théorique qui se présente sous forme d'une étude considérée comme synthèse d'une recherche bibliographique dont l'objectif est de cerner et comprendre les différents éléments de base qui contribuent à la focalisation de la présente recherche, elle se divisera en trois chapitres

Le premier chapitre qui concerne la définition des concepts sur le sport et les différents équipements sportifs.

Le deuxième chapitre se focalise sur la notion de structure et la couverture des équipements sportifs, nous avons vu quelques définitions et généralités sur les différents systèmes ; puis on a essayé de toucher les différents types de la structure et les couvertures selon les matériaux utilisés.

Le troisième chapitre s'intéresse à la consommation énergétique dans les installations sportives. On commencera par des généralités sur l'énergie ; Ensuite nous essayons de clarifier le concept de performances énergétiques dans ces installations.

- **La deuxième partie** repartie en deux chapitre, le quatrième chapitre comprendra une étude comparative avec l'analyse des exemples un exemple international et la deuxième nationale pour voir la différence entre la consommation d'énergie à l'intérieure des équipements sportifs

Le cinquième chapitre est l'étude d'un cas existant en Algérie exactement dans la wilaya de Mila sur une piscine semi Olympique où on va utiliser un programme de simulation qui s'appelle (CT-BAT) pour bien étudier la consommation énergétique a l'intérieure de ces installations sportives.

On va terminer par la rédaction d'une conclusion générale et un résumé sur le sujet.

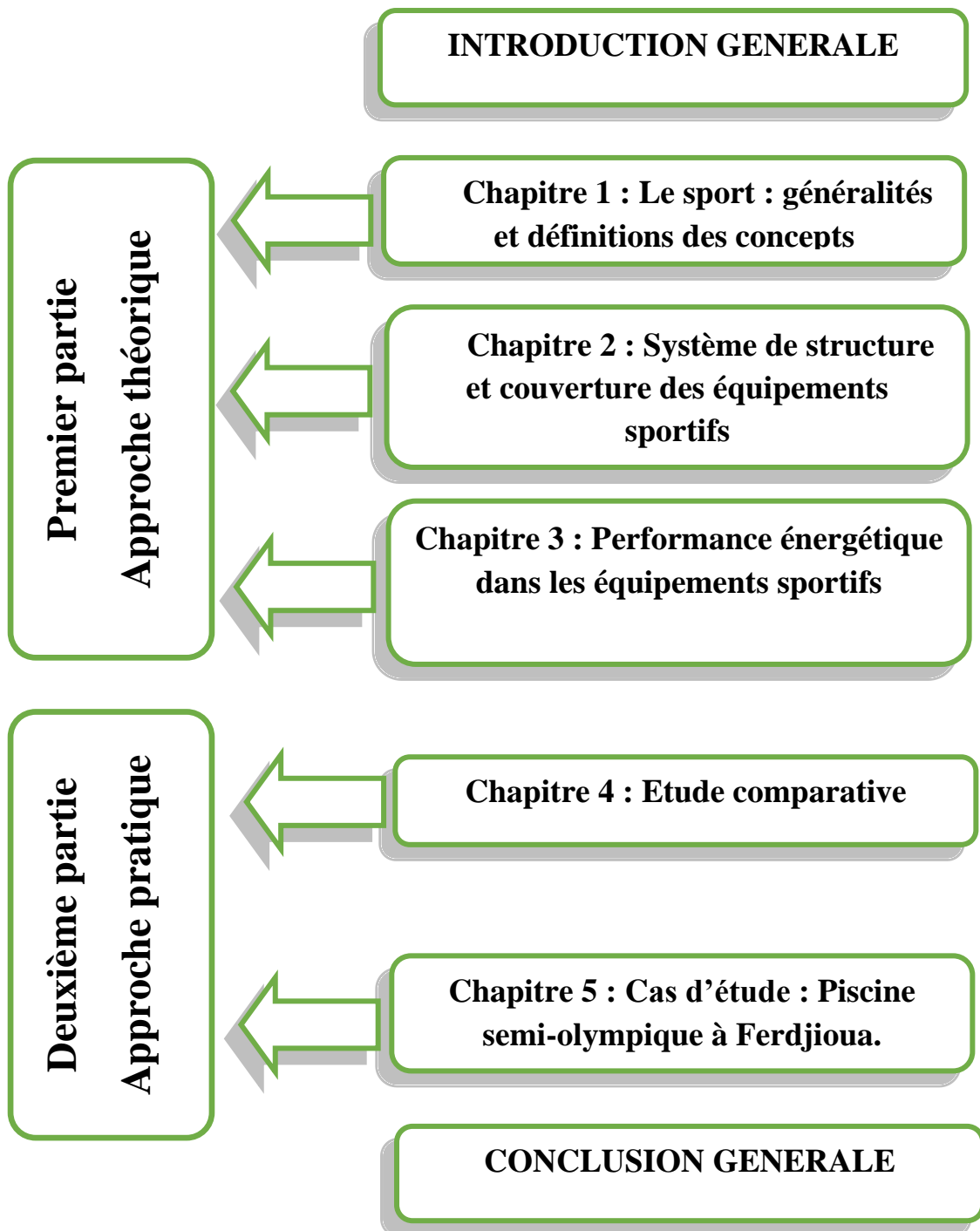


Schéma : structure du mémoire

PREMIERE PARTIE : Approche théorique.

CHAPITRE 1 : LE SPORT : GENERALITES ET DEFINITIONS DES CONCEPTS

Introduction

Le sport joue un rôle essentiel dans le développement, en contribuant à améliorer la vie des familles et des communautés dans de nombreux domaines tels que la santé, l'éducation, l'égalité des sexes, la protection et le développement de l'enfant. Il peut être considéré comme une véritable "école de vie" et un outil efficace pour atteindre différents objectifs.

Ce chapitre vise à fournir une compréhension approfondie du sport en rassemblant diverses définitions provenant d'experts dans le domaine. Pour cela, nous avons consulté plusieurs ouvrages, articles, mémoires et sites web pertinents.

Dans ce chapitre, nous aborderons trois notions principales. Tout d'abord, nous examinerons la notion de sport et tenterons de le définir. Nous discuterons de son importance et de son rôle, ainsi que de son histoire et des différents types de pratiques sportives. Nous explorerons également les différentes formes que peut prendre le sport.

Ensuite, nous nous pencherons sur la notion de sport en Algérie. Nous aborderons la politique sportive en Algérie, tant avant qu'après l'indépendance, et analyserons la situation actuelle de cette notion dans le pays.

Enfin, nous aborderons la notion d'équipements sportifs et tenterons de la définir. Nous explorerons les caractéristiques et les composants clés des installations sportives, en mettant l'accent sur leur importance dans le développement de la pratique sportive.

En résumé, ce chapitre vise à approfondir notre compréhension du sport, en examinant sa définition, son rôle et son histoire. Nous mettrons également en évidence la situation du sport en Algérie, ainsi que l'importance des équipements sportifs dans le développement de la pratique sportive.

1.1 Le sport

1.1.1 Définition et importance

Le sport est un ensemble d'exercices physiques se pratiquant sous forme de jeux individuels ou collectifs, pouvant donner lieu à des compétitions. Le mot « sport » est un terme anglais, issu de l'ancien français « de sport », qui signifie « divertissement ». Le sport est universel, il a été pratiqué à toutes les époques aux quatre coins du monde sous des formes très diverses. Aujourd'hui, trois dimensions du sport se distinguent : une pratique compétitive, une pratique ludique et une pratique préventive de manière à entretenir son corps et sa santé. (Denisart, 2014)

Le sport a pour objet de :

- L'épanouissement physique et moral des citoyens et la préservation de leur santé.
- L'éducation de la jeunesse et sa promotion culturelle et sociale.
- L'enrichissement du patrimoine national culturel et sportif.
- Le développement des idéaux de rapprochement, d'amitié et de solidarité en tant que facteurs de cohésion nationale.
- La lutte contre les maux sociaux par la promotion des valeurs morales liées à l'éthique sportive. La digne représentation de la nation dans le concert de la confrontation sportive internationale. (Guerroui,2019)

Il est clair, à partir de cette définition, que le sport revêt une importance significative dans la vie individuelle, en contribuant à la préservation de la santé et à la promotion de l'unité et de la coopération au sein de la communauté.

1.1.2 Historique

- **Histoire du sport dans l'Antiquité**

- **1000 av. J.-C. jeu de balle ou jeu de pelote** : Le jeu de balle, connu sous le nom de "pok-ta-pok" en maya, est un sport rituel qui a été pratiqué pendant plus de 3'000 ans par les peuples de la Méso-Amérique précolombienne. Ce sport impliquait de faire passer une balle en caoutchouc à travers un anneau de pierre en utilisant principalement la hanche, le coude ou le genou. (Denisart, 2014)
- **776 av. J.-C. Jeux Olympiques antiques** : Après les premiers Jeux à Olympie en 776 av J.-C., ils ont lieu au même endroit tous les quatre ans. Ils regroupent diverses épreuves, séparées en trois catégories ; les courses de chevaux, les épreuves gymniques (course à pied, lutte, saut, etc.) et les concours artistiques (musique, œuvres littéraires)

Les principaux critères de participation aux Jeux sont au nombre de trois. Il fallait être un

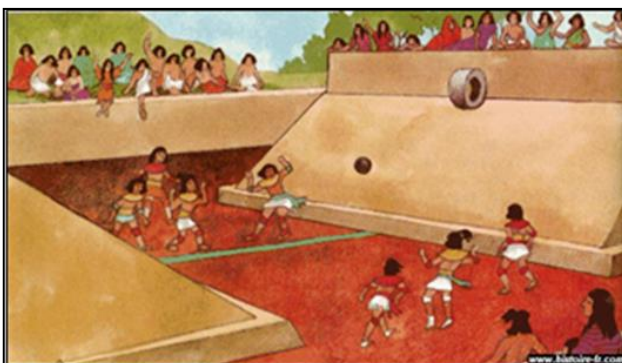


Figure01 : Jeu d'ullamalitzli, pratiqué par les Aztèques
Source : histor-fr,2018

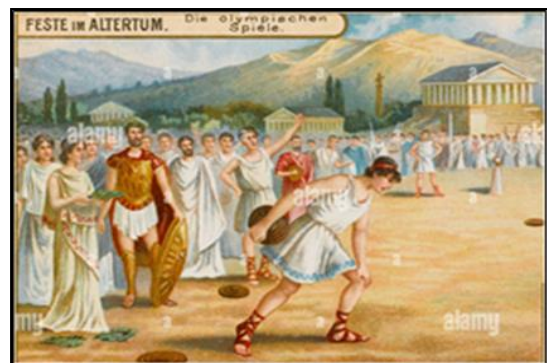


Figure02 : Jeux Olympiques antiques
Source : Chronicle,2010

homme, être d'origine grecque et être libre. Les femmes, les esclaves et les étrangers en étaient exclus. Au début, les athlètes n'étaient pas des professionnels. (Abrahams ,2023)

- **470 av. J.-C. Cuju :** Le Cuju, sport d'origine chinoise, implique l'utilisation des pieds pour jouer avec une balle en cuir remplie de plumes. À l'origine, il servait d'exercice de renforcement pour les militaires, mais il s'est ensuite propagé en Corée, au Vietnam et au Japon, où il est devenu le « Kemari », pratiqué par l'élite jusqu'au 12e siècle. Parallèlement, les Grecs et les Romains pratiquaient également des jeux de balle similaires. Ces pratiques en Asie et en Europe sont considérées comme les précurseurs de notre football moderne. (Barr,2009)
- **146 av. J.-C. La fin des jeux :** Pendant près de douze siècles, les Jeux Olympiques de l'Antiquité étaient un événement majeur pour les Grecs et les Romains. Cependant, l'influence romaine a entraîné des changements, tels que la négociabilité des victoires et la cruauté accrue lors des combats. Finalement, en 393 après J.-C., l'empereur



Figure03 : Le Cuju
Source : chine.in,2001

Théodose 1er interdit les cultes païens, y compris les Jeux Olympiques, et en 426, Théodose II ordonne la destruction d'Olympie. (Faals,2012)

- **Histoire du sport au Moyen Âge**

- **env. 1000 apr. J.-C. en Europe (Soule, Calcio Fiorentino, Football) :** La Soule est un sport collectif pratiqué en France où tous les coups sont permis. Il n'y a pas de règles strictes en termes de durée de jeu ou de taille de terrain. Deux buts sont placés à chaque extrémité du terrain, et un arbitre est présent pour donner le coup d'envoi et arrêter le jeu en cas d'accident. La Soule médiévale trouve son équivalent en Italie avec le Calcio Fiorentino, tandis que les sports gaéliques tels que le football, l'hurling et le Camogie ont également des racines similaires. (Denisart, 2014)

- **Au même moment en Amérique La Crosse :** La crosse, sport d'équipe le plus ancien d'Amérique, était pratiquée par les Haudenosaunee (Iroquois) à partir de 1100 après J.-C. dans la région actuelle de l'État de New York. Elle servait à la fois à la préparation à la guerre et à des événements sociaux, favorisant le commerce et la résolution de différends entre tribus. (Claydon,2023)



Figure04 : Début d'une partie de soule en Bretagne, au XIXe siècle.
Source : Dhers,2021



Figure05 : Une gravure ancienne d'un match de crosse du 19e siècle entre Canadiens et Iroquois.
Source : Kennedy,2021

- **Histoire du sport dans les Temps modernes jusqu'au 1er Congrès olympique international :** Pendant le XIXe siècle, les jeux physiques se transforment, abandonnant leur aspect rituel pour se concentrer sur les performances individuelles. Un nouveau modèle d'organisation voit le jour, mettant en avant la compétition réglementée, tels que les championnats et les records, ainsi que la création de clubs sportifs. Ces clubs rassemblent principalement des personnes issues des classes aisées, partageant une passion commune pour un sport spécifique. Les premières associations sportives de ce genre apparaissent en Angleterre. (Plasse,2023)

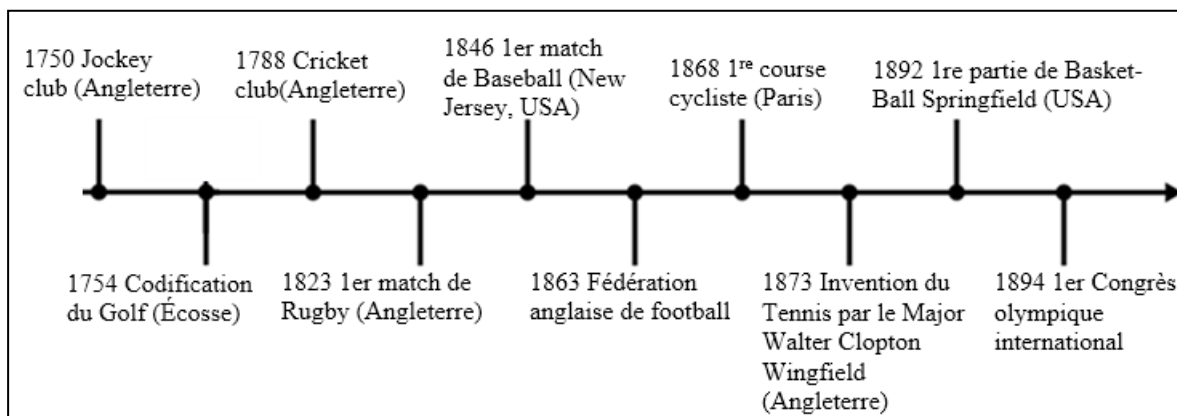


Figure06 : frise chronologique d'évolution du sport au niveau internationale

Après une analyse approfondie de l'histoire du sport, il a été découvert que ses origines remontent depuis les premiers temps de l'humanité. Il s'est ensuite répandu dans le monde entier, chaque région développant ses propres pratiques sportives, qu'elles soient utilisées pour le divertissement, l'éducation ou la perpétuation de rituels ancestraux. Cette diffusion témoigne de l'importance fondamentale du sport dans la vie sociale et individuelle.

1.1.3 Formes du sport

On peut classer les activités sportives selon divers critères, qu'il s'agisse de leur nature individuelle ou collective, de leur pratique en salle ou en plein air, et ainsi de suite. Traditionnellement, on distingue généralement six principales catégories de sports :

- **Les sports athlétiques ou gymniques** : Athlétisme, gymnastique, natation ou cyclisme.
- **Les sports de combat, de défense ou d'opposition** : boxe, lutte, escrime, arts martiaux (judo, karaté, kendo, taekwondo).
- **Les sports de ballon, de balle et de boule** : football, football américain, rugby, basket-ball, handball, volley-ball, tennis, baseball, hockey sur gazon, tennis de table, golf, bowling, mais également badminton même si ce sport se joue avec un volant et non une balle).
- **Les sports mécaniques** : formule 1, rallyes, motocross, trial...
- **Les sports de glisse** : ski, snowboard (ou surf des neiges), bobsleigh, luge, patinage artistique et de vitesse...etc. (Dehamnia,2020)
- **Les sports nautiques** : voile, ski nautique, surf, aviron, canoë-kayak ...etc. (Guerroui,2019)



Figure07 : Le football
Source : football-sport,2023



Figure08 : Le ski
Source : l'équipe,2017

- **Sports avec animaux** : Agility, Cani-cross, Corrida, Courses de lévriers, Rodéo...etc.
- **Sports de raquette** : Badminton, Jeu de paume, Padel, Peloc, Pelote basque...etc.
- **Sports de cible** : Ball-trap, Billards, Boule bretonne, Boomerang, Bowling, Golf... etc.

Il existe près de 50 pratiques sportives et depuis les années 80 de nouvelles formes de sport apparaissent beach-volley, vtt ou snowboard et il y a aussi d'autres activités qui se trouvent à la frontière du sport et de l'aventure : plongée, alpinisme, parachutisme, billard bowling. . . etc. (Guerroui,2019)



Figure09 : Bowling
Source : fdico du sport,2023

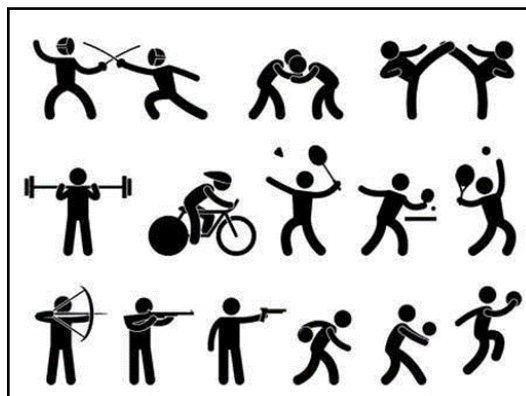


Figure10 : Les activités sportives
Source : pinterest,2023

1.1.4 Le sport en Algérie

Le sport en Algérie trouve ses racines pendant la période de colonisation française, où plusieurs disciplines sont pratiquées et de nombreuses compétitions sont organisées. Après l'indépendance, l'Algérie s'engage à poursuivre le développement de diverses disciplines sportives telles que le football, le volley-ball, le handball, les arts martiaux (taekwondo, judo, karaté, full contact, etc.), l'athlétisme, la natation, le tennis, le cyclisme, la boxe, l'aviron et la voile. (Abrouche & Ziane,2016)

1.1.4.1 Historique

Il est relativement difficile de décrire en détail le développement de la pratique sportive en Algérie et cela est souvent dû au manque d'études de recherches et leurs supports documentaires. Seulement à partir de quelques documents disponibles ; un bref aperçu sur le développement de la pratique sportive en Algérie a été établie :

Avant l'indépendance

Cette époque se caractérisait par la pratique d'une politique coloniale qui visait surtout à promouvoir et développer le sport au sein de la communauté Française au détriment de la

population algérienne. Les disciplines ou activités sportives pratiquées durant cette période étaient essentiellement :

- **1901-1907** : L'émergence des sports non structurés (Chasse, course de chameaux)
- **1939-1930** : émergence de clubs sportifs dans le nord de l'Algérie (Fast Glyzan, jeunesse de Constantine)
- **Après 1945** : Le début de plusieurs clubs de sport structurés (soccer, boxe).(Mourid & Abiayad,2015)

Après l'indépendance

La pratique du sport est passée par trois étapes différentes :

➤ **De 1962 à 1976**

L'Algérie est sortie du colonialisme par un ensemble d'équipements sportifs.

La réalisation de stades aux normes réglementaires avec pistes d'athlétisme.

➤ **De 1976 à 1989**

L'adoption de la charte nationale et la prolongation du code de l'EPS en 1976 ont permis l'augmentation du niveau de performance des compétitions.

L'introduction du sport dans les équipements scolaires.

➤ **A partir de 1990**

Le développement des équipements sportifs et l'investissement dans le domaine du sport a connu une dégradation remarquable A cause de ce problème et avec le développement rapide qui a touché tous les domaines il y avait l'organisation des rencontres pour réviser les lois du sport, l'intérêt était orienté vers :

- La restauration, la rénovation et la réutilisation des infrastructures existantes.
- La réorganisation des offices des complexes sportifs et la création des organismes pour gestion de l'infrastructure existante.
- L'investissement dans des installations légères et peu coûteuses pour répondre aux manque.
- L'intégration des équipements sportifs de proximités dans les petites cités et les quartiers anciens.
- L'amélioration du niveau de compétition et le développement du sport comme un spectacle. (Achouri,2018)

Malgré un début tardif du développement du sport, qui était sous l'influence de la colonisation et a progressé lentement même après l'indépendance, l'Algérie a connu ces

dernières années une forte évolution dans ce domaine. On observe une diversification des sports pratiqués et une grande variété d'équipes sportives, tant en termes de genre que d'âge.

1.1.4.2 La politique algérienne en matière de Sport

16 Arrêté du 13 Joumada El Oula 1435 correspondant au 15 mars 2014 fixant les conditions et les modalités d'octroi de la gestion des activités ou de certaines activités pédagogiques se déroulant au sein d'un établissement de jeunes par voie conventionnelle à une ou plusieurs associations d'activités de jeunes (J.O. N° 38 du 12 juillet 2015).

3-13- Arrêté n° 27 du 25 août 2015 portant désignation des membres du conseil d'administration du fonds national de promotion des initiatives de la jeunesse et des pratiques sportives. (J. O. N ° 27 du 25 août 2015)

1.1.4.3 La situation du sport en Algérie

En Algérie, les demandes concernant les infrastructures sportives sont nombreuses et diversifiées. On constate un déficit flagrant de ces installations, ce qui constitue un véritable obstacle à la pratique généralisée du sport, y compris dans le cadre scolaire. Il est donc primordial de répondre aux besoins croissants de la jeunesse, aux aspirations grandissantes de la société et à l'amélioration des relations sociales par le biais d'activités sportives.

Les équipements sportifs jouent un rôle essentiel dans l'épanouissement individuel, favorisent la vie sociale et répondent aux nouvelles attentes de la société. Le sport revêt une dimension sociale et culturelle en favorisant les interactions et les échanges. Cependant, pour concrétiser cette expérience, il est nécessaire de développer des infrastructures sportives adaptées, qui associent harmonieusement l'aspect architectural aux besoins des usagers. (Gaouar & benhammadi,2012)

C'est dans cette optique que le secteur de la jeunesse et des sports a décidé de la construction de huit grands complexes sportifs, initiés par la décision du président de la République. Ces complexes, dont les travaux sont déjà lancés à Baraki, Douéra, Draria (Alger), Sétif, Constantine, Mostaganem, Oran et Tizi-Ouzou, sont conçus comme des centres intégrés, dotés d'un ensemble minimal d'équipements, comprenant notamment un terrain omnisports ou une piscine en tant qu'infrastructure de base. (Mebarki,2016)

La popularité de la pratique sportive en Algérie est indéniable, cependant, elle est confrontée à un défi de taille : un manque considérable d'installations sportives adéquates pour répondre aux besoins des sportifs.

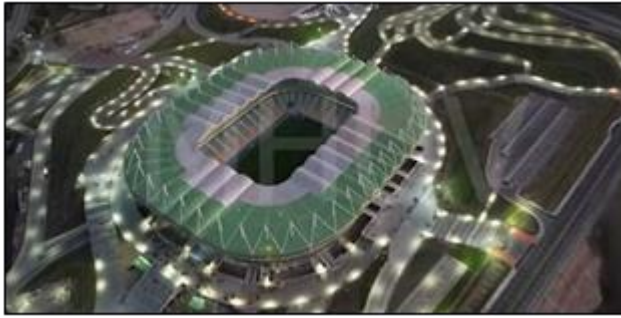


Figure11 : stade de Tizi Ouzou
Source : Arezki,2023



Figure12 : stade d'Oran
Source : Saayoud,2022

1.2 Les équipements sportifs

Les infrastructures sportives présentent une diversité en termes de taille, allant des installations de grande envergure aux plus modestes, et selon leur échelle, qu'elle soit nationale, régionale ou même locale au sein d'un quartier. Elles peuvent être définies comme suit.

1.2.1 Définition

Selon l'article R 312-2 du décrets (articles R 112-1 à R422-4) du code du sport en France « *un équipement sportif est un bien immobilier appartenant à une personne publique ou privée, spécialement aménagé ou utilisé, de manière permanente ou temporaire, en vue d'une pratique sportive et ouvert aux pratiquants à titre gratuit ou onéreux* ».

1.2.2 Normes et réglementation

Elles doivent être incorporés harmonieusement dans le paysage et dotés de bons moyens de transport (station de chemin de fer, autobus, tramways,).

- Eviter le voisinage d'industrie (la fumée cause la nuisance).
- Proximité des grandes routes facilement accessible.
- Dans des terrains vagues par l'obligation de leurs dimensions grandes.
- Eviter la proximité des agglomérations pour faciliter l'évacuation des spectateurs.
- Types de disciplines exercées. (Abrouche & Ziane ,2016)

1.2.3 Les différents équipements sportifs

1.2.3.1 Les piscines

Généralement, une piscine est un bassin artificiel étanche rempli d'eau, conçu pour permettre à une personne de s'y immerger au moins partiellement. Elle est constituée d'un ou plusieurs bassins entourés de surfaces planes, ainsi que de diverses installations annexes telles que des vestiaires, des installations sanitaires pour le public, des locaux techniques, etc. Elle

peut également comprendre des espaces de détente et un solarium lorsqu'elle est utilisée pendant l'été. Le terme "piscine" englobe une grande variété d'équipements, tant en termes de conception que de taille. On distingue :

- Piscines en plein air.
- Piscines couvertes
- Piscines mixtes : ensemble comportant des bassins couverts et des bassins en plein air.
- Piscines à couvertures saisonnières. (Miassi & Chibane,2015)

C'est un bassin de nage qui répond aux dimensions requise et permet d'accueillir des sportifs et des compétitions on a 3type :

- Bassin pour les différents exercices sportifs.
- Piscine olympique.
- Piscine semi-olympique

Avec un taux pour 10 000 habitants de 157 m² de bassins de natation. (Kmita,2019)



Figure13 : piscine en plein air
Source : archdaily,2014



Figure14 : piscine couvertes
Source : Furuto,2011

1.2.3.2 Les salles de sport

Les salles de sports, plus couramment appelées gymnases, disposent d'au moins deux tracés au sol de sports différents dont au moins un de sports collectifs. On distingue :

Salles omnisports : La salle omnisport est une grande salle de sport avec une piste d'athlétisme au centre. Elle permet la pratique de différentes activités sportives comme le tennis et le handball. (Guennez & Selmane,2016)

Salles spécialisées : Les salles spécialisées répondent à la croissance des activités sportives. Les gymnases ne suffisent plus pour certains besoins spécifiques. Ainsi, des salles sportives ont été créées pour des installations permanentes. Cela inclut les salles d'armes (escrime), les dojos, les salles d'entraînement sur appareils, et bien d'autres. (Clavet,2014)

Le taux pour 10 000 habitants est de 2,1 salles soit le même que le taux régional. (Kmita,2019)



Figure15 : Salle de sport Plouha
Source : archdaily,2018



Figure16 : Salle de sport Plouha
Source : Boegl,2018

1.2.3.3 Les stades

Terrain pourvu des installations nécessaires à la pratique des sports d'équipe, du tennis, des épreuves d'athlétisme, etc., et généralement à l'accueil des spectateurs (gradins, tribune).

Selon la rousse « *les stades sont des installations comportant des terrains de compétition associés, accompagnés d'aménagement bordant (des tribunes) pour les spectateurs* », on peut classer les stades en deux catégories principales :

Les stades omnisports : Ils sont conçus pour la pratique de plusieurs activités sportives.

Les stades spécialisés : Ils permettent la pratique d'une seule activité sportive (tennis, athlétisme, rugby, football.). (Borotra,1991)



Figure17 : Le Stade de la Réunion
Source : Juyas,2022



Figure18 : Stade SoFi
Source : Lehouse,2011

1.2.3.4 Les complexes sportifs

Un complexe sportif est une composition architecturale remarquable qui parvient à concilier de manière équilibrée fonctionnalité et esthétique, en prenant en compte les diverses fonctions, les besoins sociaux et les enjeux économiques. (Gaouar & Benhammadi,2012)

- **Complexe sportif de proximité**

Infrastructure à caractère sportif et socio-éducatif qui peut regrouper en fonction de la surface de terrain dégagée 3 variantes de CSP :

- **Variante01**

Cette variante renferme le programme optimal et dont la surface nécessaire est d'environ 1,53 hectare, comprenant : une salle d'éducation physique et sportive, une salle polyvalente pour les activités de jeunesse, un terrain combiné et un boulodrome.

- **Variante02**

Cette variante renferme le programme moyen et dont la surface nécessaire est d'environ 0.968 hectare, comprenant : une salle d'éducation physique et sportive, une salle polyvalente pour les activités de jeunesse une piste d'athlétisme de 250m, un terrain combiné et un boulodrome.

- **Variante03**

Cette variante renferme le programme minimal et dont la surface nécessaire est d'environ 0.53 hectare, comprenant : une salle polyvalente pour les activités de jeunesse, un terrain de football entouré d'une piste d'athlétisme, un terrain combiné et un boulodrome. (Mebarki,2016)



Figure19 : complexe sportif Japoma
Source : Adiouda .2018



Figure20 : complexe sportif Japoma
Source : archdaily.2011

1.2.3.5 Les terrains de sports

Terrain de football : Un terrain de football est le terrain sur lequel est organisée une partie de football. Ses caractéristiques sont définies par la loi 1 du football.

Selon les règles internationales, la longueur officielle d'un terrain de football peut varier entre 90 et 120 mètres, tandis que la largeur peut varier entre 45 et 90 mètres. Cela permet d'avoir des terrains de tailles différentes, avec une superficie allant de 4 050 à 10 800 mètres carrés, afin d'inclure la majorité des terrains officiels dans la plupart des pays du monde. Ces

différences sont importantes pour s'adapter aux différentes dimensions des terrains disponibles. (Vergnaud ,2022)

Les terrains de sport de proximité : le city stade, également connu sous le nom de terrain multisports de proximité, est un espace extérieur clôturé spécialement conçu pour la pratique des sports collectifs ainsi que de certains sports individuels. En plus du terrain principal, il peut être équipé de divers modules et options tels que des cages de football, des filets de tennis et de badminton, des mini-buts et une piste périphérique. (Agrorespace,2022)

Aire de jeu : Espace organisé comportant des installations qui permet la détente physique et la pratique de jeux variés, spontanés ou organisés, individuels ou collectifs. L'aire de jeux peut signifier aussi le terrain sur lequel un sport peut être pratiqué (football par exemple) Les aires de jeux comprennent : les lieux de loisirs, les parcs d'attraction et les jardins publics. (Alouane,2021)



Figure21 : Terrain de sport
Source : Klomfar,2010

Conclusion

Le sport joue un rôle essentiel dans le bien-être et la santé de l'homme, ce qui en fait une activité d'une grande importance. Son histoire riche est marquée par le développement de divers sports à travers le monde, reflétant les croyances et les traditions propres à chaque région. Aujourd'hui, la mise en place d'installations sportives est devenue indispensable pour répondre aux besoins croissants des individus et des communautés. Ces infrastructures contribuent de manière significative au développement urbain, culturel et économique.

Sur le plan culturel, le sport joue un rôle majeur dans l'identité d'une société. Les installations sportives offrent aux individus la possibilité de pratiquer leur sport favori, de

participer à des compétitions et de manifester leur passion pour le sport. Elles favorisent également la diversité culturelle, car différentes disciplines sportives sont pratiquées en fonction des traditions et des intérêts spécifiques à chaque région.

D'un point de vue économique, les installations sportives peuvent générer des revenus grâce à l'organisation d'événements sportifs, de compétitions et de tournois. Ces manifestations attirent des participants et des spectateurs, créant ainsi des opportunités commerciales pour les hôtels, les restaurants, les commerces locaux et d'autres services liés à l'industrie du sport. De plus, ces infrastructures contribuent à la création d'emplois dans le secteur du sport et des loisirs.

En conclusion, les installations sportives jouent un rôle crucial dans le développement urbain, culturel et économique. Elles encouragent un mode de vie sain, renforcent le tissu social et contribuent à l'épanouissement individuel et collectif. Il est donc primordial de continuer à investir dans ces infrastructures afin de promouvoir le sport et ses nombreux bienfaits pour l'ensemble de la société.

CHAPITRE 2 : SYSTEME DE STRUCTURE ET COUVERTURE DES EQUIPEMENTS SPORTIFS

Introduction

Dans ce chapitre, nous explorons en profondeur la structure et la couverture des bâtiments. La structure, en tant qu'ossature du bâtiment, est cruciale pour assurer sa stabilité et sa solidité. Les matériaux utilisés, tels que le béton, l'acier, le bois et le textile, sont sélectionnés en fonction des besoins spécifiques de chaque projet.

Quant à la couverture, elle joue un rôle essentiel en protégeant la structure et les occupants des intempéries et des éléments extérieurs. Elle contribue également à l'esthétique globale du bâtiment et à son intégration harmonieuse dans son environnement.

Nous rassemblons une série de définitions provenant d'experts du domaine des couvertures et des structures, basées sur une recherche approfondie d'ouvrages, d'articles, de mémoires et de sites web spécialisés. Cela nous permet de clarifier les concepts et de bâtir une solide base de connaissances.

Nous examinons ensuite la notion de structure, en définissant précisément son rôle central dans la construction. Nous explorons les différents types de structures utilisés dans l'architecture moderne, mettant en évidence leurs avantages et leurs caractéristiques distinctives. Cela nous permet de mieux comprendre leur utilisation et leur adaptation aux besoins spécifiques des projets de construction.

L'objectif principal de ce chapitre est de fournir une compréhension approfondie des structures et des couvertures dans le domaine de la construction. En développant ces concepts clés, nous visons à fournir des connaissances solides et des bases solides pour la conception et la réalisation de bâtiments sûrs, durables et esthétiquement agréables.

2.1 Systèmes de structure

La structure d'un bâtiment joue un rôle essentiel en assurant la résistance face aux diverses charges auxquelles il est soumis. On peut la définir comme suit :

2.1.1 Définition et rôle

Selon Larousse,2023 « *c'est une Constitution, disposition et assemblage des éléments d'un bâtiment et plus spécialement actifs (porteur) qui forment son ossature* ».

La fonction d'une structure peut se résumer comme étant la composante qui fournit la force et la rigidité qui sont nécessaires pour empêcher l'effondrement de l'immeuble et préserver son intégrité physique.

De manière la plus simple : c'est la partie d'un bâtiment qui résiste aux différentes charges (permanentes, surcharges d'exploitations) auxquelles elle doit résister.

La structure en architecture est, généralement, perçue comme un obstacle qui gêne la libre expression des idées que peut avoir l'architecte et l'extravagance de l'architecte. Cependant, c'est la structure d'un bâtiment qui va lui donner une orientation (un style) architecturale ; une richesse esthétique ; ou même lui permettre de franchir les records les plus fous. (Sidi Mohammed,2017)

2.1.2 Différents types de structure

Les systèmes structurels sont diversifiés car chaque type de construction requiert un type de structure spécifique pour le soutenir. Voici quelques exemples des différents types de structures :

2.1.2.1 Structure métallique

a. Définition

Une charpente métallique est constituée d'une combinaison d'éléments métalliques, tels que des profilés commerciaux ou des profilés reconstitués soudés (PRS), utilisés pour construire une ossature métallique répondant à une forme et à une utilisation spécifique. (Aissat,2021)

b. Les éléments de structure métallique

Chaque système de structure possède des éléments spécifiques qui le soutiennent et le distinguent des autres systèmes structurels. De même, le système de structure métallique se compose de plusieurs éléments, parmi lesquels on peut citer :

- **Les poteaux** : Les poteaux sont des éléments verticaux supportent les charges de la superstructure et transmettent aux fondations. Ils subissent principalement des forces de compression et sont soumis au risque de flambement. (Gustin et Diehl, nd)
- **Les poutres** : Les poutres sont des éléments horizontaux supportent les forces de flexion avec une section transversale adaptée. La hauteur des poutres influence leur résistance en réduisant les contraintes. Les poutres sont réalisées avec :
 - Des poutrelles de portée de l'ordre de 10m, de profils en I ou en H,
 - Des poutres reconstituées soudés (PRS),
 - Des poutres alvéolaires ou ajourées,
 - Des poutres treillis.

- **Traverses et fermes** : Les portiques, composés de poteaux et de traverses, offrent une simplicité d'utilisation par rapport aux portiques à poteaux fermes. Cependant, leur utilisation est limitée aux portées de 40 mètres maximum. Pour des portées plus grandes, les poutres à treillis, également appelées fermes, sont économiquement préférables. (Lyonnet,2006)
- **Les pannes** : La panne est une pièce de charpente posée horizontalement sur les fermes. Dont le rôle est de soutenir la couverture, sont installées de manière parallèle à la ligne de faitage, dans le plan des pentes du toit. Dans la plupart des cas, les pannes sont composées de poutrelles en acier laminé de type IPE. (Ziad,2011)
- **Les potelets** : Les potelets, qui sont couramment fabriqués à partir de profilés en I ou en H, sont généralement considérés comme articulés aux deux extrémités. Ils subissent différentes sollicitations, telles que leur propre poids, le bardage, le poids des lisses, ainsi que les surcharges climatiques liées au vent. (Lyonnet,2006)
- **Les planchers** : Les planchers sont cruciaux pour transférer les charges du bâtiment aux éléments structuraux principaux. Ils contribuent à la stabilité générale et peuvent fournir un contreventement horizontal. (Manfred & Crisinel, 2005)
- **Les lisses de bardage** : assurent la transmission des forces des long-pans du bâtiment vers les poteaux des portiques et servent de supports latéraux pour stabiliser la structure. (Cticm,2021)
- **Les contreventements** : Le dispositif de stabilité de la structure joue un rôle essentiel en résistant aux déformations, au déversement ou au renversement de l'ensemble ou d'une partie de la structure face aux forces horizontales. On peut distinguer :
 - Les contreventements horizontaux et les contreventements verticaux. (Structures,2022)

Les éléments de structure métallique utilisés dans la construction de bâtiments sont conçus pour supporter des charges spécifiques et contribuer à la stabilité générale.

Les poutres résistent aux forces de flexion, les poteaux supportent les charges ponctuelles et les transmettent aux fondations.

Les planchers jouent un rôle essentiel dans la transmission des charges et des surcharges.

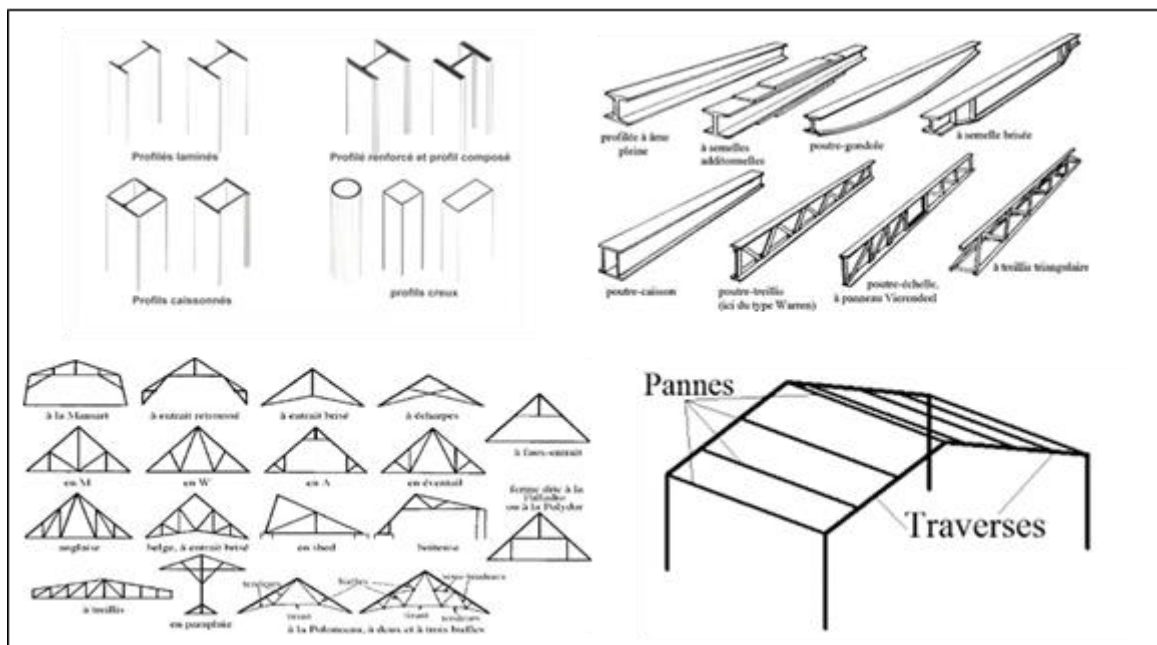


Figure 22 : les éléments de structure métallique
 Source : AmaStar Architecture, 2018

c. Avantages et inconvénients

Une structure en charpente métallique présente les avantages suivants :

- La résistance et la ténacité de l'acier par rapport à son poids permettent de concevoir des structures plus légères malgré leur volume important.
- L'acier possède une structure interne homogène et uniforme cela implique constance des propriétés mécaniques dans toute la structure,
- La propriété d'élasticité de l'acier confère à la structure une excellente capacité à supporter les charges dynamiques.
- La standardisation des éléments de la charpente métallique permet une similitude entre les pièces et permet également des modifications selon les besoins.
- La diversité des formes géométriques permet de répondre à un large éventail d'applications et de satisfaire les exigences esthétiques des projets architecturaux.
- Une meilleure durabilité avec les moyens existant de protection (revêtement, peinture).
- La facilité de montage et de démontage de la structure.
- La rapidité de la mise en œuvre.

Cependant, les structures en acier présentent quelques inconvénients majeurs, tels qu'une résistance médiocre à la corrosion et au feu, ainsi qu'une résonance élevée qui entraîne une isolation acoustique réduite. De plus, elles offrent une isolation thermique limitée en raison des dilatations significatives et de leur conductivité thermique élevée. (Aissat,2021)

2.1.2.2 Structures en béton

a. Définition

Le béton est obtenu en mélangeant des granulats avec du ciment. Lorsque le ciment réagit à l'eau, il forme une pâte qui est combinée aux granulats. Le mélange de ciment, d'eau et de sable est appelé "mortier", tandis que le mélange de granulats constitue le "squelette solide". (Mohamadi,2014)

Le béton est un matériau de construction durable composé de granulats, de ciment, d'eau et d'additifs. Il peut être adapté à divers besoins de construction. Cependant, il est crucial de considérer les impacts environnementaux de sa production.

b. Types et principes de structure en béton

On se distingue plusieurs types mais le plus courants sont :

- **Béton armé** : Le béton armé est un matériau composite utilisé dans la construction. Il combine les propriétés du béton, résistant à la compression, avec celles de l'acier, résistant à la traction. Cette combinaison confère au béton armé une résistance élevée aux forces de compression et de traction. (Taibi, nd)
- **Principe du béton armé** : Le béton résiste à la compression, tandis que l'acier résiste à la traction. Afin d'assurer la solidité d'un ouvrage en béton soumis à des forces de traction, des armatures en acier sont utilisées pour supporter ces contraintes. (Fresnel,2023)



Figure23 : béton armée
Source : Bogdanhoda.2019

- **Béton précontraint** : Ces structures sont conçues de manière à pré contraindre les armatures avant d'appliquer des charges, ce qui entraîne la mise en compression du

béton. Cette précontrainte permet au béton de mieux résister aux contraintes de traction. (Jacqueline,2023)

- **Principe du béton précontraint** : L'objectif de la précontrainte est de réduire (voire éliminer) les contraintes de traction dans le béton en appliquant judicieusement une force de compression axiale sur les éléments. On distingue deux types de précontrainte :
 - La précontrainte partielle : permettant des contraintes de traction limitées.
 - La précontrainte totale : éliminant complètement les contraintes de traction.
 (Abdelaziz,2006)

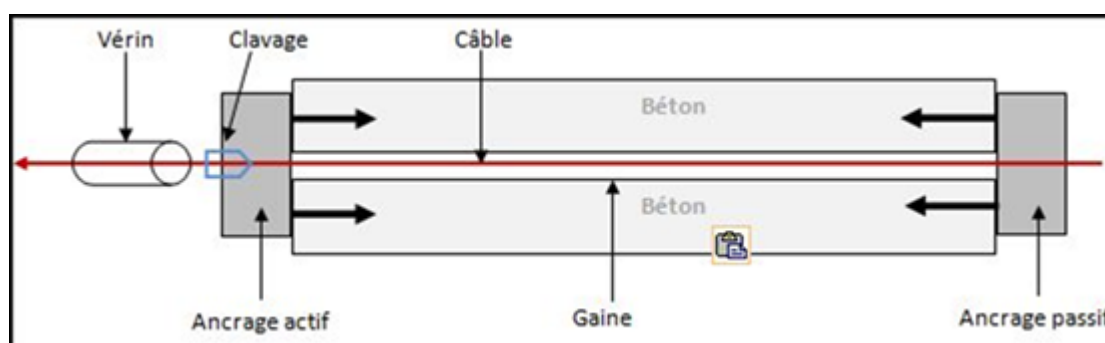


Figure24 : principe de béton précontrainte
Source : Philippe Souchu.2015

c. Avantages et inconvénients

Tableau 1 : avantage et inconvénients de béton

	Avantages	Inconvénients
Béton armé	- Choix des formes - Capacité portante élevée - Bonne durabilité - Bonne résistance au feu Economique	-Poids propre élevé -Faible isolation thermique -Esthétique discutable
Béton précontraint	-Une réduction des risques de corrosion. -Une économie appréciable des matériaux.	Coffrage exige plus complexe plus coûteux, -la nécessité de main d'œuvre qualifié...

Source : Abdelaziz,2006 et Jacqueline,2023

Le béton est utilisé dans la construction, avec deux types de structures : le béton armé, qui combine béton et acier pour une bonne capacité portante mais un poids élevé, et le béton précontraint, qui utilise la compression des armatures pour économiser des matériaux, mais nécessite une mise en œuvre complexe et coûteuse. Le choix dépend des besoins du projet.

2.1.2.3 Structure en bois

Le bois est un matériau naturel et polyvalent qui a été utilisé depuis des millénaires dans la construction. Il offre de nombreuses qualités qui en font un choix populaire dans de nombreux domaines, nous explorerons les caractéristiques du bois, ses différents types, ses utilisations courantes et ses avantages en tant que matériau de construction.

a. Définition

Le bois est un matériau polyvalent, à la fois souple et léger, qui offre une résistance mécanique et chimique remarquable. Ces propriétés font du bois un choix idéal dans de nombreux domaines de construction. Son utilisation présente des avantages notables sur les plans écologique, esthétique, technique et économique. (Léone, 2010)

Les maisons en bois remontent à l'âge du bronze (1100-750 av. JC), où elles étaient construites en utilisant des troncs d'arbres qui déterminaient également les dimensions de la maison. (Johan Poor,2017)

b. Systèmes constructifs en bois

On distingue 4 principaux systèmes constructifs en bois sont :

- **Ossature en bois** : La construction à ossature bois est idéale pour les murs, les planchers et la charpente d'un bâtiment. Elle permet la préfabrication des éléments en modules, assemblés sur place. La construction se fait étage par étage, avec les murs en bois accueillant les isolants et les revêtements nécessaires. (Hammadi & chouati,2019)
- **Poteaux-Poutres** : La construction poteau-poutre repose sur l'utilisation de poteaux et de poutres de sections importantes, assemblés précisément. Les poteaux soutiennent les poutres horizontales, offrant stabilité et flexibilité architecturale. Cette technique permet de réaliser de grandes portées et d'ajouter différents matériaux entre les poteaux. (Apruzzese, 2016)

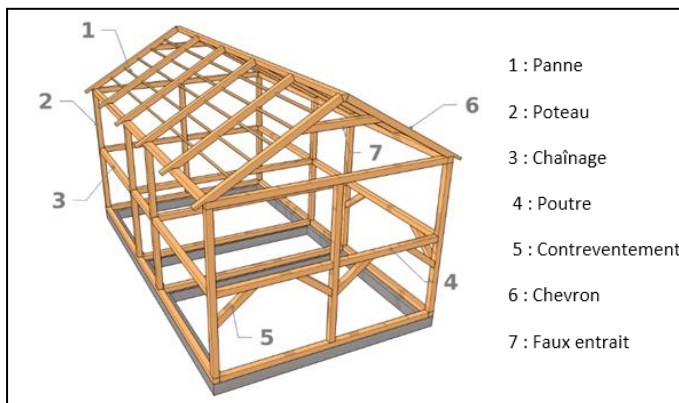


Figure25 : ossature bois
Source : Bruno &al,2015



Figure26 : Système poteaux-poutres
Source : livios.2017

- **Panneaux de bois massif** : Le système de construction en bois massif utilise des panneaux porteurs de grande taille pour les murs, les planchers et les toitures. Ces panneaux offrent stabilité, résistance aux charges et facilité d'assemblage. Ils éliminent le besoin de contreventement supplémentaire et permettent des ouvertures préfabriquées. Ce système est flexible et peut être combiné avec d'autres méthodes de construction. (Compétences bois ,2014)
- **Construction en bois empilés** : La construction en empilement de madriers a évolué pour répondre aux normes énergétiques actuelles. Elle offre une bonne inertie et isolation thermique, un montage facile et rapide, un aspect chaleureux et une régulation hygrométrique favorable. Les madriers profilés et les techniques améliorées garantissent une meilleure étanchéité. Les madriers ont une épaisseur allant de 5,5 à 20 cm.(charlin,2017)



Figure27 : construction en Panneaux de bois massif
Source : Webmaster.2007

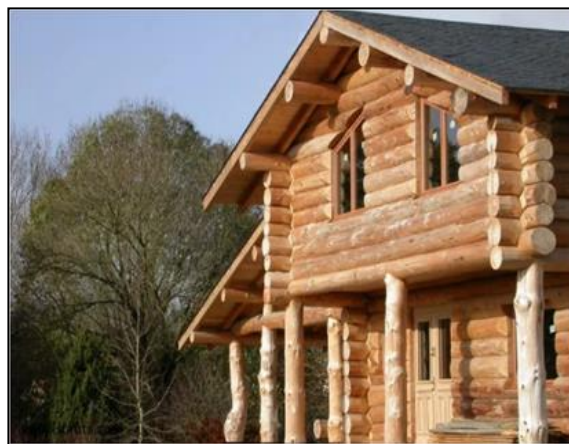


Figure28 : Construction en bois empilés
Source : Claire .M.2023

c. Comparaison des différents systèmes constructifs bois

Tableau 2: comparaison des différents système constructifs bois

	Avantages	Limites
Ossature bois	<ul style="list-style-type: none"> - Technique la plus utilisée - La plus économique - Normée (DTU)* - Accès BBC facile 	<ul style="list-style-type: none"> -Contreventement imposant des parties pleines
Poteau poutre	<ul style="list-style-type: none"> -Intérêt architectural - Grandes ouvertures possibles - Accès BBC facile 	<ul style="list-style-type: none"> - Les structures extérieures Doivent répondre à la classe d’emploi
Panneau bois massif	<ul style="list-style-type: none"> - Rapidité d’intervention - Accès BBC facile 	<ul style="list-style-type: none"> - Coût plus élevé que les autres techniques - Pas de DTU
Madrier	<ul style="list-style-type: none"> -Aspect visuel caractéristique 	<ul style="list-style-type: none"> -Aspect visuel Caractéristique - Maitrise délicate (tassement, étanchéité à l’air)

Source : (Duverger & Boucaud,2012)

d. Avantages et les inconvénients

Tableau 3: avantages et inconvénients de bois

avantages	inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> - de fortes épaisseurs d’isolants et donc d’atteindre d’excellentes performances thermiques ; -une légèreté de la structure (environ 3 fois moins lourde qu’en acier et 10 fois moins qu’en béton armé) ; - un gain de surface habitable par l’intégration des isolants dans l’épaisseur du mur ; -une flexibilité grâce à la préfabrication en atelier. - une construction sèche et rapide ; 	<ul style="list-style-type: none"> -Coût élevé, -Résistance mécanique relativement faible, -Vulnérabilité au feu, -Difficulté de réaliser des jonctions rigides...

-de nombreuses variantes de revêtements extérieurs : enduits, bardages bois ou autres...	
--	--

Source : construire avec le bois ,2000

Le bois est un matériau polyvalent et durable avec une flexibilité architecturale, une isolation thermique et une régulation hygrométrique favorables. Les systèmes constructifs en bois, comme l'ossature bois, le poteau-poutre et la construction en bois empilés, ont des avantages et des limites. Comprendre ces systèmes est essentiel pour choisir celui qui convient au projet. Malgré quelques limites, le bois reste une option écologique et durable.

2.1.2.4 Structure en textiles tendues

Les structures textiles sont des systèmes architecturaux innovants qui utilisent des matériaux textiles et des technologies avancées pour créer des espaces et des formes uniques, on peut définir comme suit :

a. Définition

Selon l'encyclopédie : « *Système constructif articulé en général métallique dont les parois souples (souvent textiles) sont tendues par des câbles et fixées au sol* ».

Les structures tendues sont des constructions où les éléments porteurs sont uniquement soumis à des forces de tension. Elles sont couramment utilisées comme toitures pour couvrir de vastes espaces de manière économique et esthétique, notamment dans les installations sportives, les entrepôts et les lieux d'exposition. (Gopal ,2021)

b. Types des structures textiles

Les structures textiles se composent de trois types principaux, parmi lesquels nous distinguons les suivants :

- **Structures gonflables :** Les structures textiles gonflables sont des constructions remplies d'air ou d'hélium utilisées dans divers domaines. Elles maintiennent leur forme et leur taille grâce à une pression interne spécifique. Elles offrent une grande polyvalence d'utilisation, que ce soit pour les jeux, la publicité, les tentes ou les structures spatiales. La durabilité des structures est assurée par des méthodes permanentes ou hermétiques, avec une attention particulière portée au lestage pour garantir leur stabilité. (Bloch ,2016)

- **Structures tendues** : Les structures métralo-textiles sont des constructions utilisant des câbles tendus et une couverture souple en PVC ou en tissu de verre PTFE. Elles offrent une double courbure inversée grâce à des poteaux comprimés et des ancrs sous tension. Ces structures sont largement utilisées dans divers domaines tels que le sport, les centres commerciaux et les parkings. Elles sont appréciées pour leur esthétique unique et leur flexibilité architecturale. Un exemple célèbre est le chapeau chinois (Chevron ,2021)

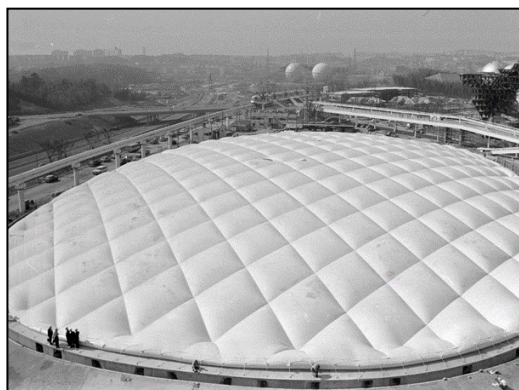


Figure29 : structure gonflable.
Source : Magali.p,2022



Figure30 : structure tendue.
Source : judy fu.2019

- **Structure portée** : Les structures à pré-tension linéaire, également connues sous le nom de structures à tension continue, fonctionnent en tendant une toile de manière continue entre deux éléments structurels primaires tels que des poteaux, des poutres ou des arcs, généralement en métal. Ce type de structure est largement utilisé dans des applications telles que les halls d'exposition, les bâtiments industriels et les entrepôts, où il offre des avantages particuliers. (Lebouteiller &Neumann, 2018)



Figure31 : structure portée.
Source : Lebouteiller.T et Neumann.A ,2019

c. Les éléments des structures textiles

- **Les ossatures** : Les membranes textiles sont polyvalentes et compatibles avec divers types de supports tels que le bois, le métal et le béton. Le choix du métal est souvent favorisé pour ses capacités de portée étendue et de flexibilité de conception. (Viglo, 2013)
- **Les ancrages et fixations** : Dans le contexte des structures autosupportés, les connexions au sol qui permettent de résister à la force de soulèvement de la construction peuvent être considérées comme des structures à part entière. On distingue deux types d'ancrages :
 - Les lests et les ancrages au sol** : les lests sont des ancrages qui fonctionnent grâce à la gravité. Des réservoirs sont placés autour de l'enveloppe de la structure, et ils peuvent être remplis d'eau, de sable, de terre ou de graviers pour fournir un poids suffisant.
 - Les systèmes d'ancrage par lestage** : ces systèmes d'ancrage sont moins fiables dans certaines situations, notamment en raison de la planéité du sol, du risque de vandalisme, du gel ou du coefficient de frottement avec le sol. Ils sont généralement utilisés pour des structures temporaires et ne sont pas recommandés dans tous les cas. (Malinowsky&Lyonnet, 2023)
- **Eléments et accessoires de mise en tension** : les éléments accessoires sont destinés au liaisonnement et au réglage entre les divers constituants de la membrane et/ou de l'ossature. On distingue les éléments suivants :
 - Les câbles** : ce sont des éléments souples, filiformes, qui transmettent les efforts d'un point à un autre. Selon leur mode de fabrication, on distingue les câbles mono-toron (gainés ou non), les câbles clos, les câbles multi-toron, etc.
 - Les attaches de câbles** : ces accessoires permettent le raccordement des extrémités de câbles. Les systèmes les plus couramment utilisés sont les culots coniques et les culots filés, filetés et sertis.
 - Les éléments de mise en tension** : ils servent à appliquer les efforts nécessaires pour pré contraindre la toile et/ou compenser les déformations ultérieures de celle-ci.
 - Les éléments de liaisonnement portés par la toile** : il s'agit des œillets, des ralignes ou des plaques fixées aux points de tension de la toile, afin d'exercer des efforts de tension concentrés à ces endroits. (Akabli, 2019)

d. Avantages et inconvénients

Tableau 4: avantages et inconvénients de structure textiles

Structures/qualité et défauts	Avantages	inconvénients
structure gonflable	<ul style="list-style-type: none"> - Démontabilité - Facile et rapide à mettre en place - Peu cher - Légèreté 	<ul style="list-style-type: none"> - Peu de formes différentes - Mauvaise isolation qui induit des déperditions thermiques élevées - énergivore - Mauvaise acoustique due à la ventilation permanente - Effet de serre durant l'été (structure non ventilées)
structure tendue	<ul style="list-style-type: none"> - Possibilité de choisir l'intensité Lumineuse (opaque ou translucide) - Grande liberté de forme - Rapidité de mise en œuvre - Facile à accrocher aux Constructions existantes - Membranes 100% recyclables 	<ul style="list-style-type: none"> Faible isolation thermique - Pour la plupart du temps ces Structures sont ouvertes - Calculs complexes - Incertitude sur la durabilité des toiles - Sensible aux effets du Vent.
structure portée	<ul style="list-style-type: none"> - Possibilité de choisir l'intensité Lumineuse (opaque ou translucide) - Formes variées - Montage et démontage rapide - Meilleur acoustique que les structures gonflables - Faible coût d'investissement - Dure dans le temps (plus de 15ans) 	<ul style="list-style-type: none"> - Calculs plus complexes que les gonflables - Inconvénient dans la mise en place de la prétention - Contrôle régulier de la prétention

Source : Tensil guid,2020 & Lebouteiller &Neumann, 2018

En conclusion, les structures textiles offrent de nombreux avantages tels que la légèreté, la rapidité de mise en place, la possibilité de choisir l'intensité lumineuse et les formes variées. Cependant, elles

présentent également des inconvénients tels que la mauvaise isolation thermique, la nécessité d'un contrôle régulier de la prétention et la sensibilité aux effets du vent. Les différents types de structures textiles, tels que les structures gonflables, les structures tendues et les structures portées, offrent des solutions adaptées à différents besoins et applications. Les éléments des structures textiles, tels que les ossatures, les ancrages et fixations, les câbles et les éléments de mise en tension, sont essentiels pour assurer la stabilité et la durabilité de ces structures. En somme, les structures textiles sont une alternative intéressante aux structures traditionnelles et offrent des possibilités de conception innovantes pour les projets architecturaux et les installations temporaires.

2.2 Systèmes de couverture

Le système de couverture est un élément essentiel dans la conception et la construction d'un bâtiment. Il fait référence à l'ensemble des éléments qui recouvrent et protègent la structure du toit, assurant ainsi l'étanchéité, l'isolation et la résistance aux intempéries.

2.2.1 Définition et rôle

Ensemble des matériaux et des ouvrages qui constituent la surface extérieure d'un toit. Il existe différents types de matériaux de couverture tels que les tuiles, les bardeaux bitumés et les ardoises. (Akabli,2023)

2.2.2 Différents types de couverture

2.2.2.1 Couvertures en tuiles

a. Définition

Les tuiles sont des éléments de couverture qui assurent l'étanchéité du toit. Elles peuvent être fabriquées en argile ou en béton, mais le terme "tuile" englobe également d'autres matériaux comme le verre, le métal et les tuiles solaires. Ce sont des éléments disposés sur un plan incliné pour protéger la structure du toit des infiltrations d'eau. Ainsi, la fonction d'étanchéité est l'aspect déterminant pour qualifier une tuile, indépendamment de sa composition spécifique. (Pauchet ,2021).

b. Différents types de tuiles

- **Tuiles à glissement** : tuile comportant seulement un emboîtement longitudinal. L'étanchéité transversale est assurée par un recouvrement important des tuiles amont sur les tuiles aval. (Akabli,2023).

- **Tuiles plates** : La tuile plate est utilisée sur les toits à forte pente, également appelés "celtiques". Elle se caractérise par un petit format, ce qui nécessite un grand nombre d'éléments par mètre carré (environ 60 à 70 tuiles). Reconnaisable à sa teinte brune, elle crée des lignes horizontales marquantes sur les toits. (Laurelyne, 2012)



Figure32 : Tuiles à glissement.
Source : batirama.2017



Figure33 : toiture-en-petites-tuiles-plates.
Source : aki-renovation.2017

- **Tuiles canal** : La tuile canal, également appelée tuile creuse ou tuile ronde, est une tuile tronconique utilisée pour la couverture. Elle se compose de deux types de tuiles : les tuiles de courant, concaves vers le haut, qui collectent les eaux de pluie, et les tuiles de couvert, concaves vers le bas, posées sur les tuiles de courant. (Laurelyne, 2012)
- **Tuiles à emboîtement ou tuile mécanique** : La tuile plate présente des nervures et des cannelures le long de sa périphérie. Ces reliefs saillants et creux facilitent l'assemblage des tuiles adjacentes, assurant ainsi une étanchéité efficace tant latéralement que transversalement. De plus, ces éléments permettent de réduire la superposition des tuiles les unes sur les autres. (Akabli,2023).



Figure34 : tuile mécanique.
Source : Ctendance,2022

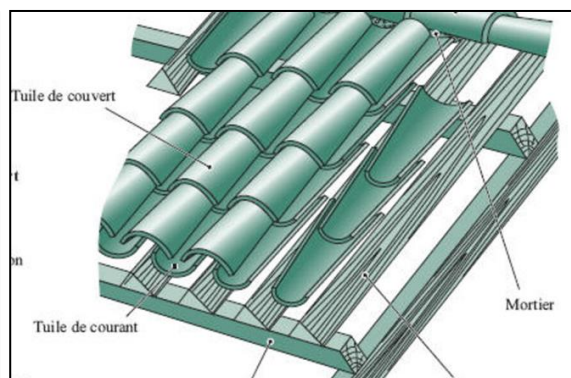


Figure35 : tuile canal.
Source : Lemoniteur ,2012

c. Différentes toitures en tuiles

Les tuiles se présentent dans différents matériaux comme :

- **La toiture en tuiles de terre cuite :** La terre cuite est un matériau connu depuis la nuit des temps. Composée d'argile et d'eau, la terre cuite ne comporte pas de produits polluants. Une toiture en tuiles en terre cuite est la garantie d'un air sain dans la construction. (Binette & Jardin, 2022)
- **La toiture en tuiles en béton :** Les tuiles en béton, fabriquées à partir d'un mélange de mortier, offrent une étanchéité exceptionnelle à la toiture grâce aux propriétés de leur matériau. De plus, elles nécessitent très peu d'entretien, à l'exception d'une surveillance régulière pour prévenir la croissance de la mousse, qui a tendance à se développer davantage sur ce type de tuiles par rapport aux tuiles en terre cuite. (Binette & Jardin, 2022)

d. Avantages et les inconvénients

Tableau 5:avantage et inconvénients de tuile

Avantages	Inconvénients
-Longue durée.	-Coût élevé.
-Beaucoup de choix.	-Installation difficile.
-Imperméable à la pourriture et aux dommages causés par les insectes.	-Poids lourd.
-Matériau écologique.	-Les carreaux sont fragiles.
-A faible consommation.	-Ne convient pas à toutes les pentes de toit.
-Faible entretien.	

Source : Formisano, 2023

2.2.2.2 Couverture en panneau sandwich

a. Définition

Un panneau sandwich en nids d'abeilles se compose de deux couches minces et rigides appelées peaux, et d'une couche intermédiaire appelée âme. Les peaux supportent les charges dans le plan, tandis que l'âme maintient la distance entre les peaux, offrant une grande rigidité avec un poids réduit. Les peaux peuvent être faites de stratifiés en plastique renforcés de fibres de carbone, tandis que l'âme est souvent constituée de cellules en nids d'abeilles en

aluminium. Cette structure offre une résistance élevée à la flexion tout en étant légère. (Mertani, 2011)

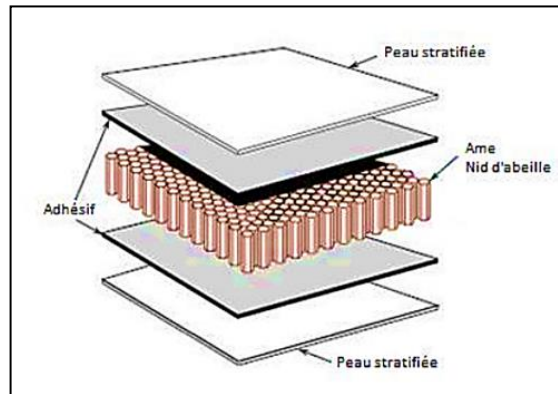


Figure36 : panneau sandwich
Source : Horel., 2013

b. Constituent d'un panneau sandwich

Les panneaux sandwich sont des structures composées de plusieurs éléments qui travaillent ensemble pour offrir des propriétés mécaniques optimales. Les constituants d'un panneau sandwich comprennent généralement des peaux, une âme et des matériaux de liaison.

- **Les peaux :** Les peaux des panneaux sandwich, qu'elles soient en métal, en stratifié, en bois ou en plastique thermoplastique, sont conçues pour assurer la résistance aux contraintes de flexion. Leur choix dépend des performances mécaniques requises, avec une priorité donnée à une rigidité élevée et une grande résistance à la compression et à la tension. (Lachguer & Akyoub,2014)

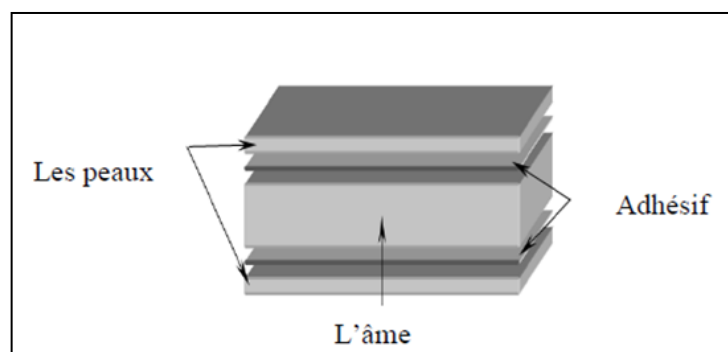


Figure37 : constituant d'un panneau sandwich
Source : Benfadel.,2015

- **L'âme :** L'âme d'un panneau sandwich maintient l'écartement des peaux externes et supporte les charges de compression et de cisaillement. Les âmes en nid d'abeille sont couramment utilisées pour leur légèreté et leur résistance. (Laib & Bouacheria,2021)

- **L'adhésif** : L'adhésif est un composant important dans un sandwich permettant un bon assemblage de la structure et une bonne transmission des contraintes d'un milieu à l'autre. La liaison âme /peaux est de deux types, la première est le collage direct de la résine pour les balsas ou mousse / polyesters, le deuxième collage par un film de colle pour les composite métal/nid d'abeille. (Bacha,2015)

c. Description des différents types de matériaux

Le type d'application des panneaux sandwich varie en fonction de leurs épaisseurs ainsi que de leur composition. Selon leur composition il existe 3 types de panneaux sandwich :

- **Les panneaux sandwich « classiques »** : constitués de parements intérieurs (plâtre, bois, etc.) et extérieurs hydrofuges emprisonnant l'isolant (polystyrène expansé, extrudé, mousse de polyuréthane, fibre de bois, laine de roche, liège, etc.)
- **Les caissons chevronsés** : composition similaire à celle des panneaux classiques. Cependant, des chevrons sont intégrés au complexe lors de la fabrication. Ils sont donc prêts à recevoir les liteaux et la couverture.
- **Les panneaux sandwich chevronsés** : trois chevrons sont intégrés à la composition (similaire à celle des panneaux sandwich classiques). Les panneaux gagnent donc en résistance mécanique. (Clémentine,2021)

Selon leur épaisseur ; la relation est l'inverse lorsque l'épaisseur de panneau sandwich est agrandie le coefficient de transmission thermique est diminué.

Tableau 6: classification de panneau sandwich selon l'épaisseur

Epaisseur de panneau (mm)	K coefficient de transmission thermique	
	Kcal / m2 h C	Watt / m2 K
30	0.47	0.54
40	0.38	0.44
50	0.31	0.36
60	0.27	0.31
80	0.21	0.24
100	0.17	0.19
120	0.14	0.16

Source : Didier, 2008

d. Avantages et les inconvénients

Tableau 7: avantage et les inconvénients

avantages	inconvénients
-une mise en œuvre facile et modulable -un meilleur confort acoustique couplé à une isolation thermique renforcée pour des économies d'énergie -Une excellente résistance à l'humidité -Un large choix de styles, de formats et de finitions	-Le manque d'artisans formés à ce type de mise en œuvre -Des dimensions parfois imposantes -les difficultés d'approvisionnement

Source : oo travaux, 2020

2.2.2.3 Couverture en polycarbonate

Les couvertures en polycarbonate sont des éléments de revêtement utilisés dans la construction pour créer des surfaces transparentes ou translucides.

a. Définition

Le polycarbonate est un polymère thermoplastique solide, dur et transparent qui se distingue principalement par sa remarquable résistance aux chocs. Cette propriété en fait un matériau extrêmement durable, étant environ 250 fois plus résistant que le verre. Découvert vers 1900 par le chimiste allemand Alfred Einhorn.

Le polycarbonate est disponible sous différentes formes, notamment opale, transparente et teintée. Il est considéré comme un matériau haut de gamme offrant une couverture durable et longue durée. (Thomas ,2023).



Figure38 : polycarbonate
Source : Sottas.2023

b. Différents types de plaques de polycarbonate

Il existe deux types de plaques de polycarbonate :

- **Le polycarbonate alvéolaire**
 - ➔ Il peut être utilisé pour une véranda ;
 - ➔ Il est facile à installer ;
 - ➔ Il laisse passer la lumière ;
 - ➔ Il est solide (plus il a d'alvéoles, plus il sera résistant aux chocs)

- **Le polycarbonate ondulé** : peu esthétique. (Ooreka,2023)



Figure39 : polycarbonate alvéolaire
Source : kitabripiscine .2012



Figure 40 : polycarbonate ondulé
Source : Yay Media .2013

c. Avantage et inconvénients

Tableau 8: avantages et les inconvénients

Avantages	Inconvénients
-Prix : une toiture en polycarbonate est beaucoup moins chère qu'une toiture en verre. -Rigide. -Simple à utiliser et facile à découper. -Légère. -Étanche.	-Luminosité réduite par rapport au verre. -Bruyant : la pluie ou la grêle ont tendance à résonner, ce qui peut vite être fatigant et désagréable. -Isolation : -à renforcer par un filtre solaire l'été ; -la température chute de plusieurs degrés en hiver.

Source : oo travaux, 2020

Conclusion

Dans le domaine de la construction, chaque système constructif et matériau offre des caractéristiques spécifiques pour répondre aux besoins variés. La durabilité, la résistance, l'isolation thermique, l'efficacité énergétique et la flexibilité architecturale sont des critères importants lors du choix.

Les structures textiles permettent des conceptions innovantes et audacieuses, créant des formes uniques et des espaces originaux, ce qui les rend populaires pour les projets architecturaux et temporaires. Cependant, elles peuvent avoir une mauvaise isolation thermique, affectant le confort et la consommation d'énergie.

Le bois, matériau naturel et renouvelable, est apprécié pour sa durabilité et son respect de l'environnement. Il offre une excellente isolation thermique et contribue à la réduction de la consommation d'énergie des bâtiments. Toutefois, il est vulnérable au feu, nécessitant des mesures de protection supplémentaires pour la sécurité.

Les structures en charpente métallique sont choisies pour leur résistance et leur ténacité, idéales pour les bâtiments à grande portée et les charges élevées, fréquents dans les projets industriels et commerciaux. Cependant, elles nécessitent des fondations solides et une logistique plus complexe en raison de leur poids. La fabrication de structures métalliques peut limiter la liberté de conception en raison de la standardisation des éléments.

Le choix du système constructif et du matériau dans la construction dépend de nombreux facteurs tels que les besoins spécifiques du projet, la durabilité, la résistance, l'isolation thermique, l'efficacité énergétique et la flexibilité architecturale, ainsi que les considérations environnementales et économiques. Il est important de bien comprendre les avantages et les limites de chaque système et matériau afin de prendre une décision éclairée qui assurera le succès du projet de construction.

CHAPITRE 3 : PERFORMANCE ENERGETIQUE DANS LES EQUIPEMENTS SPORTIFS

Introduction

L'énergie est un élément vital pour toutes les activités humaines. Depuis la découverte du feu jusqu'aux énergies fossiles et renouvelables, elle a toujours été indispensable pour améliorer le confort et le bien-être de l'homme.

Les bâtiments, qu'ils soient de type primaire, secondaire ou tertiaire, consomment cette énergie pour répondre à leurs multiples besoins et offrir un confort (éclairage, cuisson, chauffage, climatisation, etc.). Les installations sportives, en raison de leur grande taille, font partie des installations qui consomment une proportion élevée d'énergie.

Pour cette raison, nous avons entrepris une étude théorique visant à examiner les problèmes de consommation d'énergie dans les installations sportives, à la fois à l'échelle mondiale et en Algérie dans les équipements sportifs.

3.1 L'énergie

L'énergie est un concept fondamental qui joue un rôle crucial dans toutes les facettes de notre vie. Depuis les temps anciens, l'humanité a recherché et utilisé différentes formes d'énergie pour satisfaire ses besoins, améliorer son confort.

3.1.1 Définition

Selon Larousse 1972 le mot énergie est d'origine latine, « energia » qui veut dire « *puissance physique qui permet d'agir et de réagir* ».

- Par rapports aux physiciens et naturalistes ; l'énergie est la puissance matérielle du travail.
- Par rapports aux économistes ; C'est la quantité de l'énergie mécanique commercialisée.

C'est-à-dire l'ensemble des sources et des formes d'énergie susceptibles d'utilisation massive, aussi bien pour produire de la chaleur que pour actionner des machines. (Donald & Curran, 1981)

Vu qu'elle est indispensable au confort, L'énergie peut s'introduire dans l'architecture à travers deux axes principaux. (Depecker, 1985) :

- Le coût énergétique « initial » de la construction à partir du coût énergétique des matériaux et de la construction.
- Le coût énergétique « vécu » de la consommation du au chauffage, climatisation, éclairage et alimentation.

Dans le Système international d'unités, l'énergie s'exprime en Joule et dans la vie courante, on utilise le kilowattheure (kWh). (Zemmouri & Boukemaya,2018)

3.1.2 Sources d'énergie

Les sources d'énergie sont :

- Soit des matières premières ;
- Soit des phénomènes naturels employés pour produire de l'énergie ;

On distingue :

- Les énergies fossiles ;
- Les énergies fissiles ;
- Les énergies renouvelables ;

- **Les énergies fossiles** : le charbon, le pétrole et le gaz naturel proviennent de la décomposition de végétaux et d'organismes vivants qui ont été enfouis sous la terre. Les ressources diminuent quand on les utilise car il leur faut des millions d'années pour se former et sont donc des sources d'énergies non renouvelable. (Maafa, 2023)
- **Les énergies fissiles** : L'énergie fissile, également connue sous le nom d'énergie nucléaire, utilise l'uranium comme combustible pour produire de l'électricité. L'uranium, un métal radioactif, est extrait de certaines roches. En raison de l'instabilité des noyaux de ses atomes, l'uranium se désintègre et libère une importante quantité d'énergie. Depuis environ 70 ans, l'humanité utilise cette forme d'énergie pour produire de l'électricité, bien que la radioactivité ait été découverte il y a près de 100 ans. (Zemmouri & Boukemaya,2018)
- **Les énergies renouvelables** : Contrairement aux énergies fossiles, qui sont limitées et stockées dans le sous-sol, les énergies renouvelables sont des sources d'énergie de flux disponibles en quantité illimitée. Elles incluent l'énergie solaire, éolienne, marémotrice, houlomotrice, hydroélectrique, géothermique et la biomasse. Parmi ces sources, la biomasse et l'énergie hydroélectrique sont actuellement les plus développées à l'échelle mondiale. Cependant, de nombreuses politiques visent à promouvoir l'utilisation de l'énergie solaire, par exemple en rendant obligatoire l'installation de panneaux photovoltaïques lors de la construction de nouveaux bâtiments. (Willemez ,2018)

Les sources d'énergie doivent être diversifiées pour répondre aux besoins énergétiques de notre société. Les énergies fossiles sont limitées et nuisibles pour l'environnement, tandis que les énergies renouvelables, telles que le solaire, l'éolien, l'hydroélectrique, la géothermie et la biomasse, sont durables et illimitées. Promouvoir ces énergies et intégrer des solutions éco-énergétiques dans l'architecture sont essentiels pour réduire la consommation d'énergie et agir de manière responsable envers l'environnement.



Figure41 : les sources d'énergie
Source : playhooky,2019

3.1.3 Problématique énergétique dans le contexte mondiale et Algérien

La consommation énergétique constitue un sujet important pour tous les pays du monde, y compris l'Algérie, vu que l'énergie constitue la solution et le problème pour le développement durable.

La consommation mondiale d'énergie est restée très longtemps stable lorsque l'homme n'utilisait l'énergie que pour sa survie et ses besoins alimentaires. Néanmoins à partir de 1850, la révolution industrielle a provoqué une augmentation brutale de la demande mondiale d'énergie pour fournir plus de confort dans les différents secteurs d'activités humaines et pour le secteur du bâtiment.

Cette partie présente un état de l'art sur la problématique énergétique dans le monde et en Algérie, ainsi que les principales politiques abordées pour maîtriser l'énergie. (Ansar & Djebaili ,2017)

3.1.4 Problématique énergétique en Algérie

Depuis des décennies, l'Algérie est connue comme un pays producteur d'hydrocarbures liquides ou gazeux. Les besoins énergétiques du pays sont satisfaits à 99% par les

hydrocarbures (pétrole et gaz). À long terme, la reconduction du modèle national de consommation énergétique actuel peut rendre problématique l'équilibre offre-demande. (Eddrief-Cherf,2012)

De même, la production d'électricité, produite en totalité à partir des hydrocarbures, devrait se situer entre 75 à 80 TWh en 2020 et entre 130 à 150 TWh en 2030. En ce sens et pour s'assurer de disposer d'approvisionnements énergétiques suffisants, l'intégration massive des énergies alternatives dans le mix énergétique constitue un enjeu majeur en vue de préserver les ressources fossiles, de diversifier les filières de production de l'électricité et de contribuer au développement durable. (Eddrief-Cherf,2012)

3.1.5 Consommation énergétique dans le bâtiment en Algérie

La consommation énergétique finale nationale a atteint 30 millions de TEP ; Le secteur résidentiel représente 34% de la consommation nationale.

La consommation électrique dans le secteur résidentiel représente un taux de 37% de la consommation totale d'électricité, quant à la consommation en produits gazeux, elle enregistre un taux de 63% de la consommation totale des produits gazeux. Dès lors le secteur résidentiel représente le premier secteur grand consommateur d'énergie électrique au niveau national. (Belbaali & Beleghma & Bentaïka,2017)

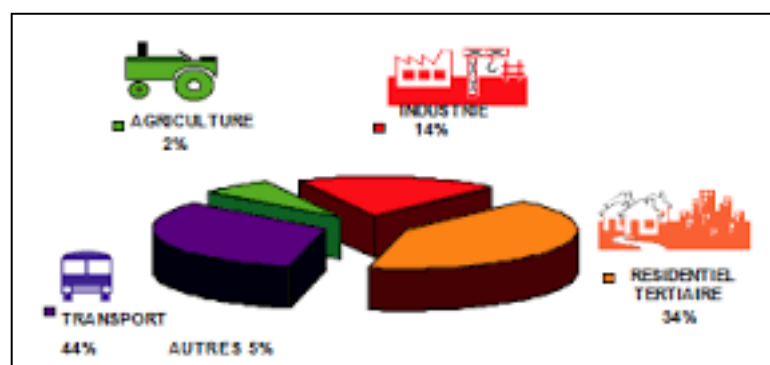


Figure42 : Répartition de la consommation finale par secteur d'activité
Source : Touhami ,2017

3.1.6 Normes, lois et réglementations en Algérie

De nombreux textes législatifs et réglementaires ont été adoptés en faveur de l'efficacité énergétique, couvrant des domaines tels que la maîtrise de l'énergie, le développement durable, la création de fonds nationaux dédiés à l'efficacité énergétique, ainsi que des mesures spécifiques mises en place par l'APRUE (Agence pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie). Ces textes comprennent également des arrêtés ministériels approuvant des documents techniques réglementaires pour le secteur de l'habitat.

Normes, lois et réglementations en Algérie :

- Loi n° 99-0910 du 28 juillet 1999 relative à la maîtrise de l'énergie ;
- Décret exécutif n° 2000-90 du 24 avril 2000 portant réglementation thermique dans les bâtiments neufs ;
- Décret exécutif n° 04-149 du 19 mai 2004 fixant les modalités d'élaboration du Programme National de maîtrise de l'énergie (PNME) ;
- Décret exécutif n° 05-16 du 11 janvier 2005 fixant les règles spécifiques d'efficacité énergétique applicables aux appareils fonctionnant à l'électricité, aux gaz et aux produits pétroliers ;
- Décret exécutif n° 05-495 du 26 décembre 2005 relatif à l'audit énergétique des établissements grands consommateurs d'énergie ;
- Arrêté interministériel du 3 novembre 2008 fixant les appareils et les catégories d'appareils à usage domestique soumis aux règles spécifiques d'efficacité énergétique et fonctionnant à l'énergie électrique ;
- Arrêté interministériel du 29 novembre 2008 définissant la classification d'efficacité énergétique des appareils à usage domestique soumis aux règles spécifiques d'efficacité énergétique et fonctionnant à l'énergie électrique ;
- Arrêté du 21 février 2009 relatif à l'étiquetage énergétique des réfrigérateurs, des congélateurs et des appareils combinés à usage domestique soumis aux règles spécifiques d'efficacité énergétique et fonctionnant à l'énergie électrique ;
- Arrêté du 21 février 2009 relatif à l'étiquetage énergétique des climatiseurs à usage domestique soumis aux règles spécifiques d'efficacité énergétique et fonctionnant à l'énergie électrique ;
- Arrêté du 21 février 2009 relatif à l'étiquetage énergétique des lampes domestiques soumises aux règles spécifiques d'efficacité énergétique et fonctionnant à l'énergie électrique ;
- Arrêté interministériel du 29 septembre 2010 portant sur les cahiers des charges définissant la méthodologie, le rapport d'audit et sa synthèse, le guide méthodologique, les valeurs des pouvoirs calorifiques, les facteurs de conversion pour le calcul de la consommation ainsi que les modalités d'agrément des auditeurs. (Bouakaz & Renken, 2022)

La consommation énergétique est un enjeu majeur à l'échelle mondiale et en Algérie. La dépendance aux hydrocarbures et la nécessité de diversification énergétique sont des

préoccupations clés. Le secteur du bâtiment joue un rôle important dans la consommation énergétique. Des normes et réglementations ont été mises en place pour promouvoir l'efficacité énergétique et encourager l'utilisation d'appareils plus économes en énergie. La transition vers une consommation énergétique durable est essentielle pour relever les défis environnementaux et assurer un avenir durable.

3.1.7 L'efficacité énergétique dans les bâtiments

L'efficacité énergétique dans le secteur du bâtiment est cruciale pour réduire la consommation d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre. Les bâtiments représentent plus de 40% de la consommation énergétique totale et 20% des émissions mondiales de gaz à effet de serre. Ils offrent des opportunités significatives pour atteindre les objectifs de réduction des émissions. Pour cela, il est important d'identifier les sources de gaspillage et de prendre des mesures telles que la conception compacte des bâtiments, la gestion des apports solaires et une isolation renforcée de l'enveloppe. Ces mesures contribuent à améliorer l'efficacité énergétique tout en maintenant le confort et la qualité des services. En adoptant ces pratiques, nous pouvons faire progresser la durabilité et la protection de l'environnement. (Bouamama,2013)

3.1.8 Critères pour assurer l'efficacité énergétique

L'efficacité énergétique d'un bâtiment mesure la relation entre la production d'une performance ou d'un service et la dépense énergétique nécessaire pour le produire. En d'autres termes, il s'agit du rapport entre énergie consommée et énergie délivrée par un équipement.

Voici 5 éléments clés pour améliorer de manière significative l'efficacité énergétique d'un bâtiment :

- **Contrôle de la consommation d'énergie** : La consommation des systèmes de chauffage, de climatisation, et de ventilation sont fondamentales lors de l'évaluation énergétique d'un bâtiment. Grâce à une isolation thermique adéquate, il sera possible de réduire la consommation de ces systèmes.
- **Le choix des bons matériaux de construction** : Le choix des matériaux est crucial lors de la construction d'un nouveau bâtiment. Une tendance actuelle est la construction de bâtiment à énergie positive., vous pouvez en revanche faire le choix de matériaux de construction qui améliorent l'efficacité énergétique du bâtiment et la

qualité de vie des occupants (le bois, les peintures écologiques, la ouate de cellulose, le liège, la laine de mouton, la terre cuite).

- **Choix les énergies renouvelables** : On parle d'énergie renouvelable lorsque la source d'énergie distribuée a la capacité de se renouveler à vitesse égale ou supérieure à l'énergie dépensée.
- **Choix des systèmes de contrôle intelligents** : L'utilisation de systèmes de gestion et de contrôle des installations du bâtiment sera essentielle pour améliorer son efficacité énergétique.
- **Favoriser à la conception passive** : Un bâtiment passif est, en quelque sorte, une construction dont la chaleur s'autorégule, été comme hiver, et qui n'a pas besoin de système de chauffage ou de climatisation. (Solerpalau,2021)

3.2 La performance énergétique

La performance énergétique consiste à optimiser l'utilisation de l'énergie en minimisant la consommation tout en maintenant un niveau de confort et de performance adéquat, on peut définir comme suit :

3.2.1 Définition

La performance énergétique d'un bâtiment est déterminée par la quantité d'énergie consommée pour répondre aux besoins de chauffage, de refroidissement, d'eau chaude sanitaire, de ventilation et d'éclairage, ainsi que par l'efficacité des équipements et les habitudes des utilisateurs. Dans le cas des anciens logements, l'amélioration de la performance énergétique passe souvent par des rénovations énergétiques visant à réduire la consommation. Pour les logements neufs, l'intégration des énergies renouvelables est un moyen important d'assurer une performance énergétique optimale. La réglementation thermique joue un rôle clé dans l'amélioration de la performance énergétique des bâtiments en favorisant la construction de bâtiments à basse consommation d'énergie (BBC) et de bâtiments à énergie positive (BEPOS), qui produisent plus d'énergie qu'ils n'en consomment. (Benharra ,2016)

3.2.2 Les Classes de performance énergétique des bâtiments

Les bâtiments sont classés en cinq catégories selon leur niveau de performances énergétiques :

- **Niveau n°01, HPE (haute performance énergétique) :** concerne les constructions dont les consommations énergétiques sont au moins inférieures de 10% à celle de référence.
- **Niveau n°02, HPE Enr (haute performance énergétique, énergies renouvelables) :** est attribué aux bâtiments HPE dont au moins 50% de l'énergie employée pour le chauffage est issue d'une installation biomasse ou d'une alimentation par un réseau de chaleur utilisant plus de 60% d'énergies renouvelables.
- **Niveau n°03, THPE (très haute performance énergétique) :** est attribué aux constructions dont les consommations énergétiques sont au moins inférieures de 20% à la consommation de référence.
- **Niveau n°04, THPE Enr (très haute performance énergétique, énergies renouvelables) :** a pour objectif un gain de 30% par rapport à la consommation de référence. Les constructions concernées doivent utiliser des énergies renouvelables, comme le solaire thermique ou photovoltaïque, la biomasse ou les pompes à chaleur.
- **Niveau n°05, BBC (bâtiment basse consommation énergétique) :** est attribué aux logements neufs consommation moins de 50 kWh/ m²/ an. Ce niveau est modulé aux moyen de deux coefficients selon la zone climatique et selon l'altitude du logement. (Gallauziaux & Fedullo, 2010).

3.2.3 Bâtiments basse consommation(BBC)

Les bâtiments basse consommation (BBC) sont des constructions qui se distinguent par leur faible consommation énergétique.

3.2.3.1 Définition

En mai 2007, le label français BBC-Effinergie a été créé pour promouvoir le label officiel des bâtiments basse consommation énergétique (BBC 2005). Ce label a été établi par l'arrêté du 8 mai 2007 (publié au Journal Officiel le 15 mai 2007). Il permet de valider l'obtention du niveau BBC (Bâtiment basse consommation). L'objectif principal de ce label est de réduire les dépenses énergétiques de manière significative, en divisant par quatre la consommation par rapport aux niveaux actuels. (Pascale,2010)

Un bâtiment basse consommation (BBC) est un type de logement qui offre un niveau de confort élevé tout en ayant une consommation d'énergie primaire inférieure à 50 kWh/m²/an. Cela représente environ 4 à 5 fois moins d'énergie que la plupart des logements existants et

deux fois moins d'énergie que les nouvelles constructions conformes à la réglementation en vigueur (RT 2005). (Benhacene & Maarouf ,2016)

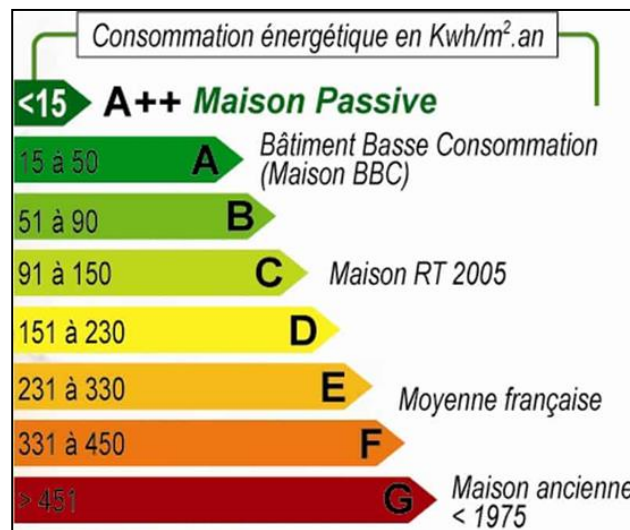


Figure43 : Etiquette énergétique (France)

3.2.3.2 But d'un bâtiment à basse consommation(BBC)

- **Un bâtiment qui consomme très peu d'énergie** : Grâce à son orientation, son isolation et une ventilation de très haute performance, un bâtiment BBC Effinergie divise par 3 les besoins d'énergie pour le chauffage et le rafraîchissement par rapport au standard actuel RT2005.
- **Un bâtiment écologique** : Les rejets de CO₂ sont aussi divisés par 3, soit moins d'une tonne de CO₂ par an pour un chauffage à énergie fossile et moins de 200 kg pour une pompe à chaleur.
- **Un bâtiment qui offre un maximum de confort** : Les bâtiments BBC Effinergie offrent.
- **Un confort thermique été comme hiver** : avec une température homogène et agréable, grâce à leur orientation, à leur conception et à leur très forte isolation thermique.
- **Un confort acoustique excellent** : grâce aux systèmes d'isolation.
- **Une excellente qualité de l'air** : grâce à son renouvellement assuré par une ventilation performante. (Isover , 2009)

3.2.3.3 Les principaux critères d'un BBC

Un bâtiment basse consommation (BBC) est une construction conçue pour minimiser sa consommation d'énergie. En moyenne, sa consommation d'énergie est limitée à 50 kW_{hep}/m²/an, ce qui inclut le chauffage, la climatisation, la production d'eau chaude sanitaire, la ventilation et l'éclairage. Pour respecter cette limite, le bâtiment doit répondre à des critères spécifiques et mettre en place des mesures visant à optimiser son efficacité énergétique :

- Il s'agit d'un bâtiment à très faible consommation d'énergie, qui ne rejette qu'un taux minimum de dioxyde de carbone ;
- Le bâtiment BBC profite au mieux de la chaleur naturelle, elle assure donc le confort des habitants avec très peu d'énergie ;
- La ventilation est optimisée dans un bâtiment BBC, ce qui signifie que les entrées d'air et les extractions sont parfaitement régulées pour garantir une habitation saine, confortable et pérenne ;
- Dans un bâtiment BBC, l'isolation est renforcée : toit, murs et sol sont des sources de déperdition de chaleur, et elles sont sur-isolées dans un bâtiment BBC. Le choix des matériaux est essentiel pour respecter la résistance thermique de la RT 2012 ;
- L'étanchéité optimale à l'air garantit le bon fonctionnement de la ventilation, l'efficacité des équipements de récupération de chaleur et évite les points de condensation. (Blandine, 2018)

3.2.3.4 Les clés d'un BBC

- Clés n°1 : un bâtiment compact et ouvert au soleil ;
- Clés n°2 : une isolation renforcée ;
- Clés n°3 : une réduction des ponts thermique ;
- Clés n°4 : le choix de fenêtres performantes ;
- Clés n°5 : éliminer les fuite d'air ;
- Clés n°6 : une ventilation performante ;
- Clés n°7 : un chauffage à haut rendement, l'eau chaude sanitaire sans gaspillage ;
(Ducoulombier ; 2014)

3.2.3.5 Les caractéristiques d'un BBC

Un bâtiment basse consommation présente de nombreux avantages, tels que des économies d'énergie substantielles, un confort amélioré, une empreinte environnementale réduite et un retour sur investissement rapide. Il permet de réduire considérablement la facture énergétique, tout en offrant un niveau de confort optimal avec une régulation thermique

constante. De plus, il contribue à la préservation de l'environnement grâce à son efficacité énergétique et à son impact réduit. Bien que l'investissement initial soit plus élevé, les économies réalisées permettent un amortissement rapide des coûts supplémentaires.

L'amortissement des équipements d'un bâtiment basse consommation se fait généralement en 5 à 10 ans grâce aux économies d'énergie réalisées. (Eco construction ;2021)

Les bâtiments basse consommation (BBC) sont des constructions économes en énergie, offrant un confort optimal et réduisant l'impact sur l'environnement. Ils permettent des économies d'énergie significatives grâce à leur isolation, leur ventilation et l'utilisation d'énergies renouvelables. Les BBC répondent aux besoins actuels de durabilité et d'efficacité énergétique.

3.2.4 Bâtiments à zéro énergie

Bâtiment dont l'implantation et la conception prennent en compte le climat et l'environnement immédiat, afin de réduire les besoins en énergie pour le chauffage le refroidissement et l'éclairage.

La conception d'un bâtiment bioclimatique repose notamment sur le choix de matériaux appropriés, le recours à des techniques de circulation d'air, l'utilisation du rayonnement solaire ou de la géothermie, et la récupération des eaux de pluie. (Pageau ,2017)

3.2.5 Bâtiments à énergie positive

BEPOS correspond au Bâtiment à Energie Positive. C'est une construction à très basse consommation d'énergie et qui produit plus d'énergie qu'elle n'en consomme. Pour fixer les idées un BEPOS :

- Consomme trois fois moins, par rapport à une construction actuelle conforme à la RT 2005 ;
- A une consommation de chauffage inférieure à $12 \text{ kW}_{\text{hep}}/\text{m}^2/\text{an}$;
- A une consommation totale d'énergie primaire chauffage, eau chaude sanitaire, éclairage, tous appareils électriques confondus, de $100 \text{ kWh}/\text{m}^2/\text{an}$; (Garnier ; 2010)

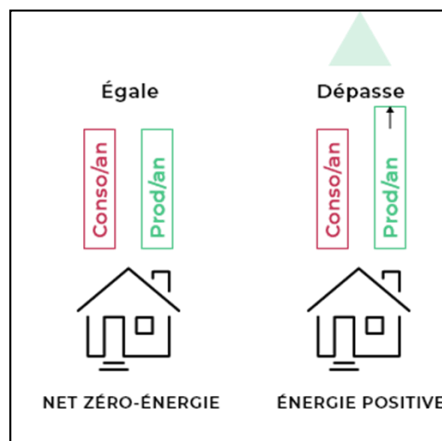


Figure44 : bâtiment à énergie zéro et positive
Source : Perfectionhabitat ,2021

3.2.6 Bâtiments bioclimatiques

Bâtiment dont l'implantation et la conception prennent en compte le climat et l'environnement immédiat, afin de réduire les besoins en énergie pour le chauffage le refroidissement et l'éclairage.

La conception d'un bâtiment bioclimatique repose notamment sur le choix de matériaux appropriés, le recours à des techniques de circulation d'air, l'utilisation du rayonnement solaire ou de la géothermie, et la récupération des eaux de pluie. (Legifrance ; 2013)

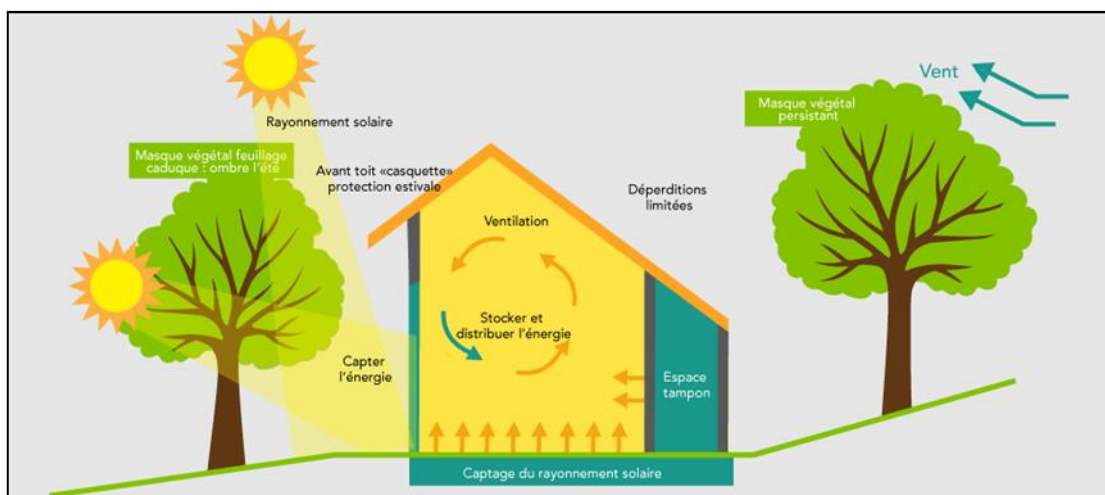


Figure45 : Les principes base d'une conception bioclimatique
Source : Demers ; 2022

3.2.7 Bâtiments à haut performance énergétique

La « Haute performance énergétique » est un ensemble de normes et de prescriptions réglementaires qui s'est progressivement établi à partir de 1978 entre divers acteurs du bâtiment, de l'environnement, des services publics de l'énergie, des maîtres d'ouvrages et des organismes publics de certification (PUCA, Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie, Centre scientifique et technique du bâtiment, la Fédération française du bâtiment.

C'est une démarche qualitative qui intègre toutes les activités liées à la conception, la construction, le fonctionnement et l'entretien d'un bâtiment (logement, bâtiment public, tertiaire ou industriel). La performance énergétique est définie en fonction du « coût global » comprenant le bilan énergétique, les cycles d'entretien et de renouvellement. (Isoltop, 2017)

Conclusion

D'après notre étude, nous concluons que la performance énergétique d'un bâtiment est déterminée par sa consommation annuelle d'énergie. Notre objectif principal dans la conception des bâtiments à basse consommation énergétique (BBC) est de réaliser des économies d'énergie tout en améliorant le confort des occupants et en favorisant la durabilité environnementale.

Pour atteindre cet objectif, il est essentiel d'améliorer l'isolation et la ventilation du bâtiment. En renforçant l'isolation, nous réduisons les pertes de chaleur en hiver et les gains de chaleur indésirables en été, ce qui permet de réduire la consommation énergétique liée au chauffage et à la climatisation. Parallèlement, une ventilation efficace assure un renouvellement d'air adéquat tout en minimisant les pertes d'énergie.

En adoptant ces mesures, nous contribuons à la réduction de la consommation énergétique des bâtiments, à l'amélioration du confort intérieur et à la création d'environnements de vie plus respectueux de l'environnement.

Deuxième partie : Approche pratique.

CHAPITRE 4 : ETUDE COMPARATIVE

Introduction

Dans notre analyse comparative des piscines Guemih Ammar à Jijel en Algérie et Sidi Youssef ben Ali à Marrakech au Maroc, nous étudions les aspects architecturaux tels que le système de structure, la couverture et la consommation énergétique. Cette comparaison vise à comprendre les choix architecturaux et leur impact sur l'efficacité énergétique des piscines.

Le système de structure, qu'il s'agisse de béton, d'acier ou d'autres matériaux, influence la quantité de matériaux utilisés et l'isolation thermique et acoustique du bâtiment. La couverture, incluant les toits, les vitrages et les dispositifs de protection solaire, joue un rôle crucial dans la réduction des pertes de chaleur et d'énergie, ainsi que dans l'utilisation optimale de la lumière naturelle.

La consommation énergétique des piscines est évaluée en analysant les systèmes de chauffage, de climatisation, de ventilation et d'éclairage utilisés. Les mesures d'efficacité énergétique, telles que l'utilisation de sources d'énergie renouvelable ou de technologies de récupération de chaleur, sont également prises en compte.

Cette analyse comparative nous permettra de mieux comprendre les choix architecturaux et leur impact sur la consommation énergétique, en identifiant les bonnes pratiques pour la conception de piscines éco énergétiques. Cela favorisera une utilisation plus efficiente des ressources et contribuera à réduire l'empreinte environnementale.

4.1 Exemple international : Piscine semi-olympique à Marrakech-Maroc.

4.1.1 Présentation de projet

- Année de construction : 2016
- Année de livraison : 2018
- Surface nette : 1 845 m²
- Maître d'œuvre : Amazirh architectes(Amazirh, 2021)



Figure 46 : piscine semi olympique sidi Youssef ben Ali
Source : Belqani ,2019

Cette piscine semi-olympique couverte, Elle vient pour renforcer les infrastructures sportives d'un quartier en carence d'équipements structurants.

La ligne directrice du projet est de réaliser un bâtiment aux normes internationales économisant le maximum d'énergie pour le chauffage du bassin, eau chaude sanitaire, la récupération de l'énergie de chauffage et désenfumage. (Rboub , 2019)

4.1.2 Etude extérieure

a. Situation et limite de projet

La piscine située se situe dans un complexe sportif au sein d'un quartier populaire de la ville de Sidi Youssef Ben Ali à Marrakech entoure par un hôpital, une CEM, un terrain de jeux semi-olympiques et plusieurs commerces. Mais la zone de projet est principalement résidentielle.

Le terrain est d'une forme trapézoïdale avec une superficie de 4 260,00 m². Au centre se trouvent deux parallélogrammes, le premier ou le centre est la plus grande masse et le deuxième sur son côté est le plus petit. (Handaoui , 2019)

- Au Nord par : magasins ;
- Au Sud par : CEM ibn al Aarif ;
- A l'Est par : Hôpital Charifa ;
- A l'Ouest par : stade sidi Youssef ben Ali ;

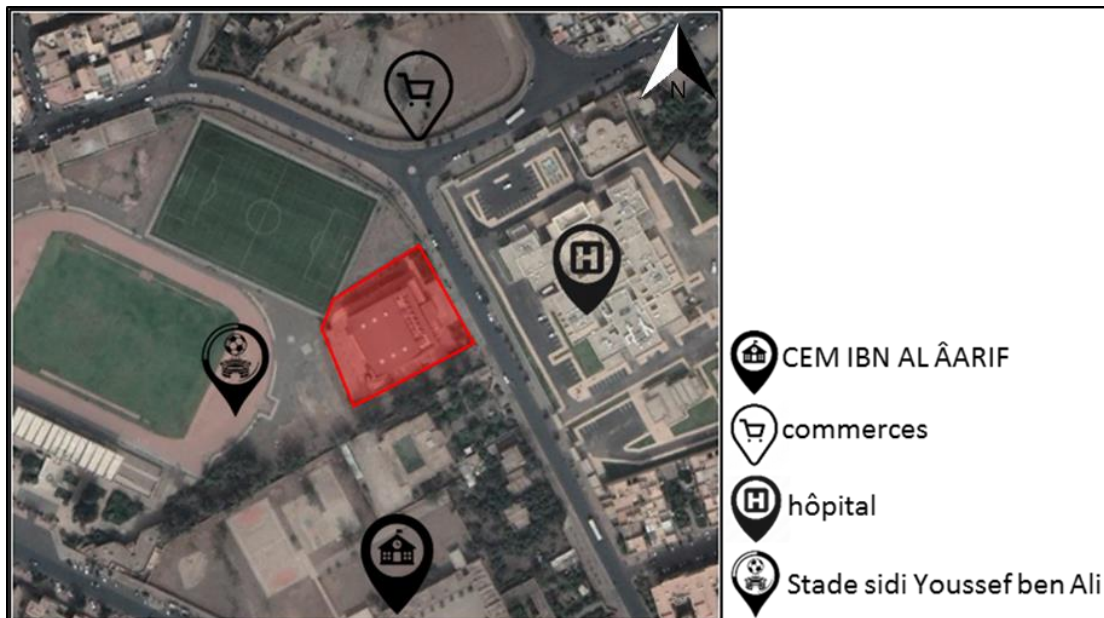


Figure47 : situation de la piscine sidi Youssef ben Ali
Source : Google earth,2023

b. Accessibilité/ accès de projet

- La piscine est accessible par une seule route c'est la route principale Fatima el Fihria.
- Les différent accès à la piscine ont lieu par son entrée principale sue le côté est et sur la route principale et sont la seule façade qui surplombe la route. Il y a donc trois accès, l'accès public, l'accès sportif et l'accès au service. (Voir figure 48)



Figure48 : les accès de la piscine sidi Youssef ben Ali
Source : Google earth,2023

c. Analyse des façades



Figure49 : la façade est (façade principale)
Source : aujourd'hui.ma ,2023

- La façade est complètement horizontale, elle se prolonge à la largeur avec des lignes et des détails horizontaux ; plus la toiture est parfaitement plate.

- La façade de la piscine est symétrique à droite et à gauche, Au milieu de la façade se trouve le mur-rideau et l'entrée principale est également vitrée avec quelques décorations.
- La façade Est est vitrée à 60 % pour capter le maximum de rayonnement solaire et fournir un bon éclairage aux espaces intérieurs.
- L'utilisation un seul couleur (marron) et des décors sur les coté rappelant les traditions artisanales marocaines.

4.1.3 Etude intérieure

La piscine, comporte un bassin semi-olympique d'un volume de 620 m³ et comportant six couloirs de nage de 25 m de longueur, des gradins du public et des officiels d'une capacité totale de 200 places, une salle de remise en forme, des vestiaires douches sanitaires hommes /femmes, une infirmerie, un espace pour les arbitres, un espace d'accueil, un bureau de gestion et des sanitaires. Ce bâtiment répond aux normes internationales de natation et aux exigences de développement durables. (Handaoui ,2019)

Le bassin est placé au milieu, et toutes les installations nécessaires sont à proximité pour diminuer les déperditions thermiques après le déplacement à partir de bassin vers ces installations ; ainsi qu'une bonne isolation thermique au niveau des murs extérieurs de la piscine.

Fournir un bon éclairage pour la piscine grâce à la bonne orientation pour elle. Les ouvertures étaient disposées vers le nord pour capter la lumière et vers le sud pour profiter des rayons du soleil.



Figure50 : vue à l'intérieure de la piscine
Source : Amazirh ,2021

a. Structure et matériaux de construction

La structure de la piscine est mixte (béton, bois) avec l'installation d'une charpente légère en bois lamellé-collé avec une structure et platelage permettant ainsi de réduire de façon significative les dimensions des poteaux en béton armé d'une portée de 28 m.

La mise en place d'une isolation des murs extérieurs, de la toiture avec un Polystyrène extrudé XPS et d'une Isolation des parois du bassin de natation, de la sous face de la plage, de la bâche à eau avec un polyuréthane projeté et calorifugeage de tous les conduits de ventilations et de plomberie. (Amazirh,2021)

La façade a été recouverte d'un revêtement de brique ainsi que d'un décor simple à l'aide de faïences colorées.



Figure51 : vue à l'intérieure de la piscine
Source : soamaps ,2021



Figure52 : matériaux utilisés dans la piscine
Source : Albahja Marrakech ,2023

4.1.4 Etude énergétique

Cette piscine semi-olympique est également aux normes internationales en matière d'efficacité énergétique et d'économie d'eau. Elle comporte ainsi une isolation « intégrale » au niveau des parois extérieures, des couvertures et des locaux techniques jouxtant le bassin. La piscine ainsi « isolée » consomme environ 30% d'énergie en moins qu'une piscine traditionnelle.

De plus, l'édifice intègre les dernières innovations en termes de développement durable :

- Installation d'exutoires de fumées en toiture, afin de réduire l'utilisation de l'éclairage électrique la journée, réduire l'utilisation de l'éclairage électrique la journée et de ventiler naturellement
- Utilisation des pompes à chaleur PAC pour la production d'eau chaude du bassin de natation
- 12 panneaux solaires pour la production d'eau chaude sanitaire (douches lavabos)

- ☞ L'utilisation des chauffe eaux solaire réduit la consommation annuelle de 30 %.
(utilisation d'énergie Solaire photovoltaïque)

Cette piscine est consommée **73,00 kWh/m² .an** dure l'année comparativement à d'autres bâtiments standard qui consomment **104.00 kWh/m² .an**. (Amazirh,2021)

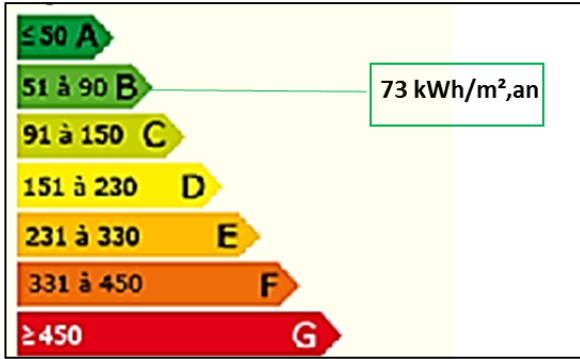


Figure 53 : étiquette énergétique

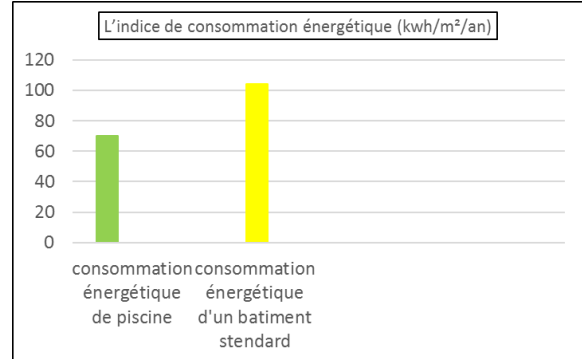


Figure54 : diagramme de l'indice de consommation énergétique

4.2 Exemple national : piscine semi-olympique, Jijel

4.2.1 Présentation du projet

Le projet c'est une piscine semi-olympique (Guemih Amar) dans la ville de Jijel, réalisée en 2002, dans le but de répondre aux besoins de la population locale en matière d'équipements sportifs. La piscine a une longueur de 25 mètres et une largeur de 12,5 mètres, avec une capacité suffisante 312.5 m³ pour répondre à la demande des utilisateurs. (DJS Jijel , 2023)

La saison sportive débute en septembre et se termine en juin, conformément aux normes établies pour les équipements sportifs. La fréquentation de la piscine connaît une baisse en été, ce qui entraîne une fermeture temporaire. Il convient de noter que cette piscine est la seule de la ville de Jijel à offrir des activités régulières pour les nageurs et les sportifs.



Figure55 : piscine semi olympique Guemih Ammar
Photo prise le 26/04/2023

4.2.2 Etude extérieure

a. Situation et limites du projet

La piscine est localisée dans la ville de Jijel, entourée d'une salle de sport, de la direction de la jeunesse et des sports, d'une école primaire et de logements collectifs.

La forme du terrain du projet n'est pas rectiligne, avec une superficie totale de 1738,90 m². Il est limité :

- Au nord par : salle de sport ABERKANE ;
- Au sud par : logements collectifs ;
- A l'est par : école primaire KRIMET Messaoud ;
- A l'Oust par : DJS Jijel ;



Figure56 : situation et limites de la piscine semi olympique Guemih Ammar de Jijel
Source : carte réalisé sur fond de Google earth ;2023

b. Accessibilité/accès du projet



Figure57 : les accès de la piscine semi olympique Guemih Ammar de Jijel
Source : Carte réalisée sur fond Google earth ;2023

Pour accéder à la piscine, il faut passer par la voie secondaire et entrer par un accès latéral situé sur la route. (Voir figure 57)

c. Analyse des façades

- La toiture plate et la façade associée créent un effet horizontal et l'utilisation des éléments en béton et des fenêtres verticales pour casser cette l'horizontalité.
- La symétrie est mise en évidence au centre de la façade.
- La façade nord présente une proportion de 55% de surfaces vitrées ; permet une meilleure transmission de la lumière naturelle dans l'espace de la piscine. Cela réduit la dépendance aux sources de lumière artificielle pendant la journée, ce qui peut entraîner une réduction de la consommation d'électricité liée à l'éclairage.
- En optimisant la disposition des ouvertures en partie haute, la façade permet un éclairage plus uniforme et évite les zones d'ombre indésirables. Cela permet d'exploiter au maximum la lumière naturelle tout en minimisant l'utilisation de luminaires artificiels.
- La couverture avec une toiture TN 40 sans isolation thermique entraîne des pertes de chaleur de l'intérieur vers l'extérieur, en particulier pendant les saisons froides. Cela nécessite un chauffage plus important et donc une consommation d'énergie accrue.

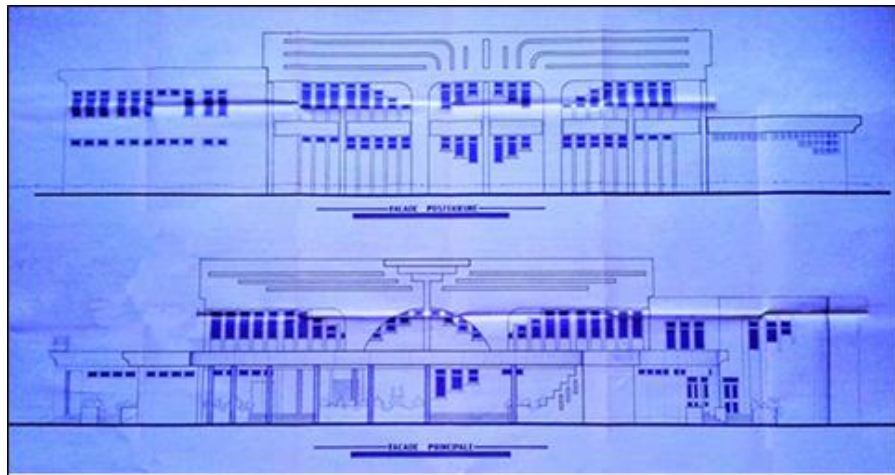


Figure58 : au-dessus façade nord ; au-dessous façade sud
Source : DJS Jijel ,2023

4.2.3 Etude intérieure

La piscine est dotée d'un bassin semi-olympique d'un volume de 375 m³, comprenant cinq couloirs de nage de 25 m de long et 12,5 m de large. Les espaces adjacents comprennent une salle de musculation, une salle de repos, des vestiaires, des douches et des toilettes pour hommes et femmes, ainsi qu'un espace pour les moniteurs et un espace d'accueil. Il est à noter cependant qu'aucun bassin d'initiation.

Un bassin latéral situé sur la façade nord de la piscine, équipé d'ouvertures de 76 cm pour favoriser la pénétration de la lumière naturelle.

Les espaces autour du bassin ont été conçus pour faciliter l'accès à celui-ci.



Figure59 : vue à l'intérieur de la piscine Zineddar ,2020



Figure60 : vue à l'intérieur de la piscine Zineddar ,2020

a. Structure et matériaux de construction

La piscine repose sur un système de structure poteaux-poutres, avec une couverture en charpente métallique. L'isolation est assurée par une lame d'air de 5 cm d'épaisseur aux niveau des murs. Les façades sont quant à elles pourvues de vitrages simples en aluminium, présentant des formes similaires mais des dimensions différentes.

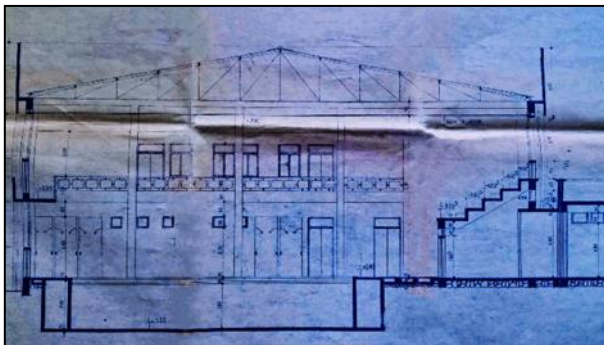


Figure 61 : structure de piscine Guemih Ammar
Source : DJS Jijel ,2023

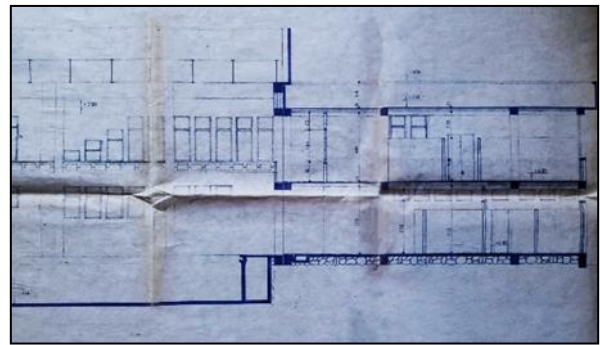


Figure 62 : structure de piscine Guemih Ammar
Source : DJS Jijel ,2023

4.2.4 Etude énergétique

Suite à notre analyse énergétique, nous avons calculé la consommation réelle en énergie (gaz et électricité) de la piscine de Jijel pour l'année 2022 à partir des factures, ce qui nous a permis d'obtenir les données relatives à sa performance énergétique.

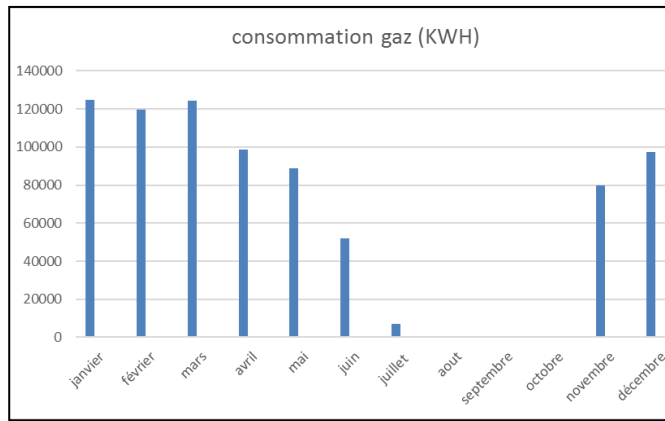


Figure63 : diagramme de consommation gaz
Source : factures gaz ,2022

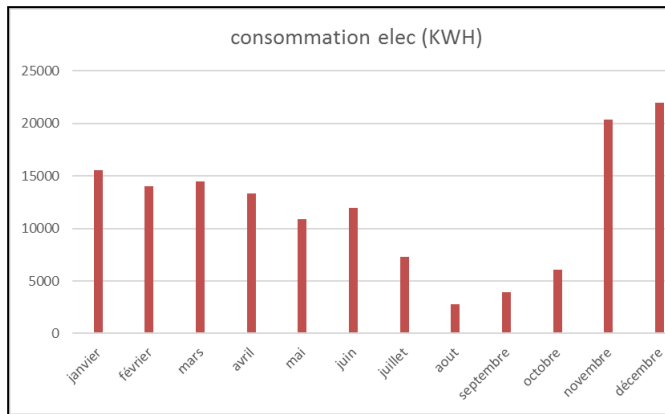


Figure64 : diagramme de consommation électricité
Source : factures électricité ,2022

La consommation de gaz et d'électricité connaît une tendance saisonnière où elle atteint un pic élevé durant les premiers mois de l'année (janvier, février, mars, avril et mai), avant de connaître une diminution progressive jusqu'en juin, période qui marque le début des vacances d'été et la fin de la saison. La consommation reste relativement stable durant les mois d'été jusqu'en octobre, moment où les activités reprennent et qu'une nouvelle saison commence. En novembre, la consommation augmente à nouveau, signalant le début d'une nouvelle période de consommation intensive. Cette tendance saisonnière doit être prise en compte dans la conception des systèmes d'approvisionnement en gaz et en électricité pour garantir un approvisionnement adéquat et optimal tout au long de l'année.

L'indice de consommation de ce projet et de **538.930 kWh/an/m²**, le classement selon l'étiquette énergétique type G : **538.930 > 450**.

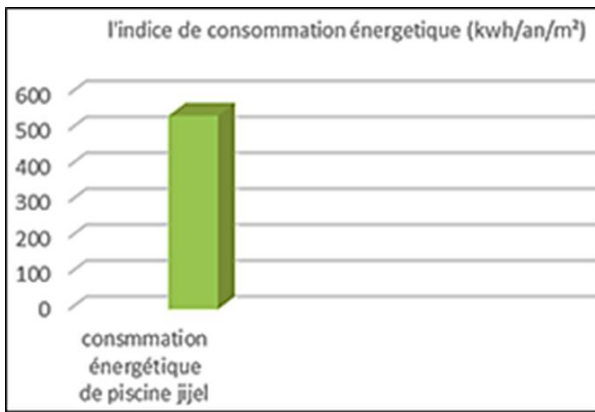


Figure65 : diagramme de l'indice de consommation énergétique

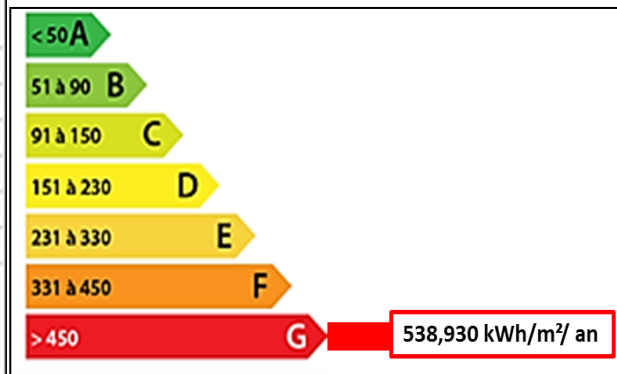


Figure 66 : classement sur l'étiquette énergétique

4.3 Etude comparative des deux exemples

Tableau 9: comparaison de deux exemples

	Exemple internationale	Exemple nationale
Système de structure	Poteaux poutre en béton armé	Poteaux poutre en béton armé
Système de couverture	Charpente en bois	Charpente métallique
Matériaux de construction	Bois , béton armée	Béton armée , métal
Isolation	Polystyrène extrudé XPS	Lame d'air de 5cm
Système d'énergie	utilisation d'énergie renouvelable (énergie Solaire photovoltaïque)	utilisation gaz et électricité
Consommation énergétique	73,00 kWh/m²/an	538.930 kWh/m²/an

Lors du calcul de la consommation énergétique annuelle de la piscine semi-olympique de Jijel, nous avons obtenu une consommation énergétique de **538.930 kWh/m²/an**, tandis que la consommation de la piscine semi-olympique à Marrakech est estimée à **73.00 kWh /m²/an**.

Après comparaison, nous avons constaté que la piscine Guemih Ammar à Jijel consomme **538.930 kWh/m²/an** et paie **1 023 982DA** pour la valeur de la consommation annuelle d'énergie, tandis que la piscine Sidi Youssef Ben Ali ne consomme que **73.00kwh/m²/an** et ne paie que **138 702.032 DA**. Ainsi, l'utilisation de matériaux de haute qualité et d'isolants peut améliorer la consommation énergétique et contribuer à sa réduction.

4.4 Synthèse

Pour réduire la consommation énergétique dans ces bâtiments, il est essentiel de prendre en compte plusieurs facteurs clés en matière de conception architecturale, Tout d'abord :

- Les systèmes structurels et la couverture doivent être soigneusement conçus en utilisant des matériaux de haute isolation pour maintenir une température constante à l'intérieur du bâtiment.
- De plus, l'utilisation d'isolants dans l'enveloppe extérieure du bâtiment (à la fois au niveau des murs et du couverture) peut considérablement réduire les pertes de chaleur vers l'extérieur.
- Il est également important de mettre en place des systèmes avancés tels que les panneaux solaires et les réglementations associées pour réduire la consommation d'énergie jusqu'à 60%.
- En outre, l'orientation du bâtiment et l'ajout d'ouvertures dans la direction appropriée permettent de maximiser l'éclairage naturel, réduisant ainsi la nécessité d'un éclairage artificiel coûteux et énergivore.
- En somme, une conception architecturale intelligente et bien pensée peut considérablement réduire la consommation énergétique dans les bâtiments, tout en créant des espaces de vie confortables et durables.

Conclusion

Après avoir analysé les exemples concrets, il est apparu que l'Algérie accuse un retard important dans le respect des normes et de lois et réglementations en matière d'efficacité énergétique. Ce manque de connaissances et d'expertise dans les techniques relatives aux mesures d'efficacité énergétique est souvent responsable d'une consommation excessive d'énergie.

Cependant, les avancées technologiques, telles que la diffusion de réglementations thermiques et les évolutions constantes des pratiques de construction, notamment en termes de systèmes structurels, peuvent contribuer à réduire la consommation d'énergie dans les bâtiments. Il est donc essentiel de mettre en œuvre ces mesures pour atteindre des niveaux optimaux d'efficacité énergétique.

Il convient également de souligner l'importance de la planification et de la conception des bâtiments, en tenant compte de facteurs tels que la forme, l'orientation et les matériaux de construction pour minimiser la consommation d'énergie. Des stratégies telles que l'utilisation de matériaux d'isolation thermique, la ventilation naturelle et l'optimisation de l'éclairage naturel peuvent également jouer un rôle clé dans la réduction de la consommation d'énergie des bâtiments.

Enfin, il est crucial de sensibiliser les professionnels de la construction, les autorités publiques et les citoyens aux enjeux de l'efficacité énergétique et de les inciter à adopter des pratiques plus respectueuses de l'environnement. En appliquant ces mesures, il est possible de réduire considérablement la consommation d'énergie dans les bâtiments, tout en contribuant à la préservation de l'environnement.

CHAPITRE 5 : CAS D'ETUDE : PISCINE SEMI-OLYMPIQUE A FERDJIOUA.

Introduction

Au sein du domaine de l'architecture, la question de l'énergie s'est imposée comme un sujet de débat central, notamment au cours de la dernière décennie. La raréfaction des ressources énergétiques non renouvelables a conduit à une prise de conscience croissante de la nécessité de préserver ces ressources précieuses. Ainsi, des efforts considérables sont déployés pour réduire et optimiser la consommation énergétique, en particulier dans les grandes infrastructures architecturales.

Parmi ces structures, les complexes sportifs, et plus spécifiquement les piscines, présentent des défis importants en termes de consommation d'énergie. En raison de leur taille et de leur utilisation intensive, les piscines peuvent représenter une part significative de la consommation énergétique globale d'un complexe sportif. Par conséquent, il est essentiel de mener des études approfondies pour évaluer leur performance énergétique et identifier les facteurs clés qui influent sur leur rendement énergétique.

Dans ce contexte qu'un exemple concret, celui d'une piscine semi-olympique, est choisi pour approfondir notre compréhension de la performance énergétique des installations sportives. L'utilisation d'un logiciel de simulation avancé tel que CT BAT permet d'évaluer de manière précise et détaillée la consommation d'énergie de la piscine. Grâce à cette simulation, il devient possible d'analyser les différents éléments qui affectent l'efficacité énergétique, tels que l'isolation thermique, le système de ventilation, l'éclairage, le chauffage de l'eau, et bien d'autres. Donc nous pouvons contribuer à l'élaboration de solutions architecturales plus durables et efficaces sur le plan énergétique, tout en assurant une utilisation responsable des ressources énergétiques limitées.

5.1 Situation et limite

Le projet est une piscine semi-olympique (Mentouri Mohammed Saleh) localisée dans la ville de Ferdjioua, dans la wilaya de Mila. La piscine est implantée sur un terrain de forme trapézoïdale d'une superficie totale de 3028 m².

Le terrain est délimité :

- Au nord par : un ensemble de logements collectifs ;
- Au sud par : des terres agricoles ;
- À l'est par : des logements individuels ;
- À l'ouest par : l'installation de Sonal gaz Ferdjioua ;



Figure 67 : situation et limites de la piscine semi olympique de Ferdjioua
Source : carte réalisé sur fond de Google earth 2023

5.2 Accès /accessibilité

- La piscine est accessible par une seule route principale à l'ouest ;
- L'entrée de la piscine se fait par un accès latéral depuis cette route ;



Figure 68 : accès piscine semi olympique de Ferdjioua
Source : carte réalisée sur fond de Google earth 2023

5.3 Analyse des façades

- Façade sud horizontale avec un axe de symétrie aux milieu
- Des éléments rythmiques sont utilisés au niveau des ouvertures pour créer un effet harmonieux
- La façade sud se caractérise par un revêtement extérieur en béton lisse, offrant une apparence élégante et moderne. Le choix d'un revêtement extérieur en béton lisse de couleur blanche peut avoir un effet réfléchissant sur la chaleur solaire. Le béton blanc

a tendance à réfléchir une plus grande quantité de rayonnement solaire, ce qui réduit l'absorption de chaleur par la façade. Cela peut aider à maintenir des températures intérieures plus fraîches, réduisant ainsi la nécessité de recourir à la climatisation.

- Des ouvertures en aluminium de couleur bleue sont intégrées à la façade, présentant des formes et des tailles variées dans le but de maximiser la captation des rayons solaires du côté sud. Ces ouvertures sont stratégiquement positionnées pour permettre une entrée optimale de la lumière naturelle, contribuant ainsi à l'efficacité énergétique du bâtiment.
- La façade présente un équilibre subtil entre les espaces pleins et vides, avec une composition de 52% de surfaces vitrées et 42% de surfaces opaques. Cette équilibre entre les surfaces vitrées et opaques peut avoir un impact sur la consommation énergétique. Les surfaces vitrées permettent l'entrée de lumière naturelle, réduisant ainsi la nécessité d'éclairage artificiel pendant la journée. Cependant, il est important de veiller à ce que l'apport de chaleur solaire à travers les surfaces vitrées soit contrôlé pour éviter une surchauffe excessive en été.
- La toiture présente une inclinaison et est recouverte du matériau TN 40 en couleur bleue. Cette couverture inclinée offre à la fois une fonctionnalité pratique et une esthétique attrayante.



Figure 69 : façade sud piscine semi olympique de Ferdjioua
Prise le 25/11/2022

5.4 Système de structure et couverture

Les éléments de construction de ce projet sont :

- Le mur extérieur est construit avec une double maçonnerie de briques d'une épaisseur totale de 30 cm, offrant ainsi une isolation et une résistance accrues. Le mur intérieur,

quant à lui, est constitué de briques d'une épaisseur de 15 cm, assurant à la fois la solidité structurelle.

- La structure est conçue comme un système mixte, avec des poteaux en béton armé et des poutres métalliques tridimensionnelles. Cette combinaison de matériaux offre à la fois une résistance structurelle solide et une flexibilité de conception.
- Il y a deux types de toiture utilisés dans le bâtiment. Le premier type est une dalle en corps creux avec une isolation en polystyrène d'une épaisseur de 4 cm. Cette configuration permet d'améliorer l'isolation thermique de la toiture, Le deuxième type de toiture est situé au centre et est recouvert du matériau TN 40. Il est associé à un isolant en panneau sandwich d'une épaisseur de 20 cm.
- Pour éviter les ponts thermiques et améliorer l'efficacité énergétique du bâtiment, les fenêtres sont fabriquées en utilisant des cadres en aluminium et du double vitrage.

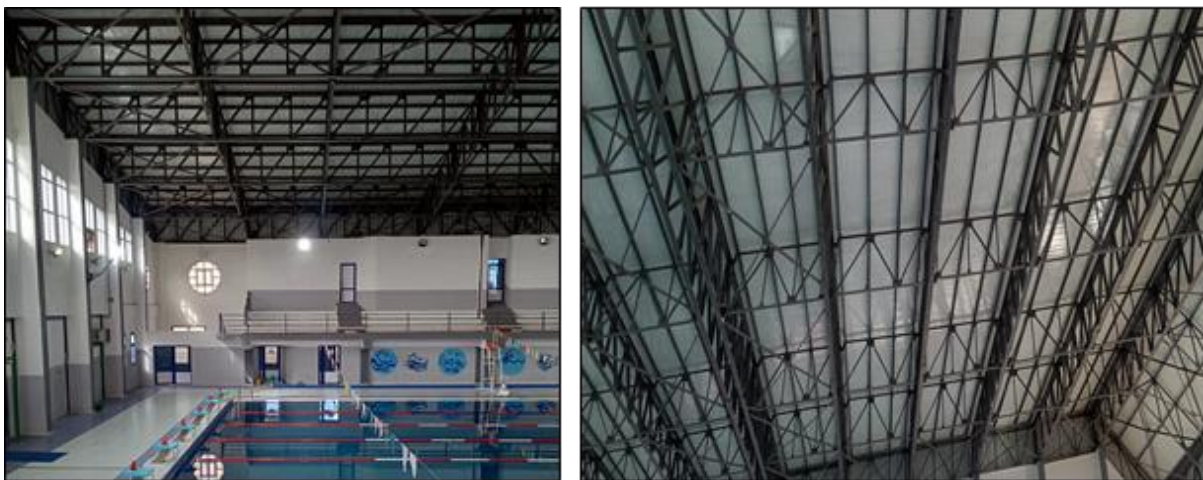


Figure 70 : structure de piscine semi olympique de Ferdjioua

5.5 Consommation énergétique actuelle

Après avoir effectué une analyse énergétique approfondie, nous avons utilisé les factures pour calculer la consommation réelle en énergie (gaz et électricité) de la piscine de Ferdjioua pour l'année 2022. Ces données nous ont permis d'obtenir des informations détaillées sur les performances énergétiques de la piscine.

Tableau 10: consommation énergétique réels

mois	Cons-gaz(kWh)	Cons-élec (kWh)
Janvier	286316.450	19846
Février	199753.700	16303
Mars	205 862.150	16 953
Avril	0	16 456
Mai	0	15 578

Juin	334 065.750	14 981
Juillet	69 376.800	16 338
Aout	34 097.600	17 018
Septembre	82121.200	16499
Octobre	135398.700	19494
Novembre	186281.350	17699
Décembre	266830.600	19137
Total	1800104.300	206302
Total de cons/m ² /an	2006406.300(kWh/an) 662.580(kWh/m²/an)	

Sources : facture gaz_électricité 2022_mila

La consommation d'électricité de la piscine reste relativement stable tout au long de l'année, atteignant une valeur moyenne de 18 000 kilowatts par mois. Cela indique une utilisation constante de l'électricité pour alimenter les équipements et les systèmes nécessaires au bon fonctionnement de la piscine.

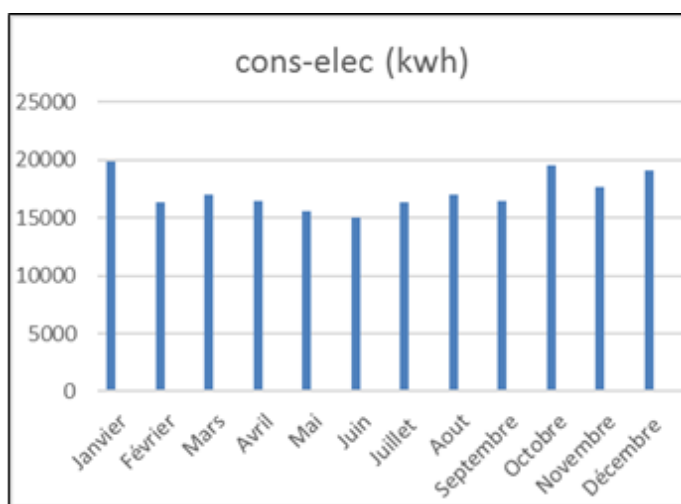


Figure 71 : diagramme de la consommation énergétique élec

En revanche, la consommation de gaz présente des variations significatives au fil des saisons. Les mois de janvier, février, mars, novembre et décembre se distinguent par une consommation plus élevée de gaz, probablement en raison de la nécessité de chauffer l'eau et l'air ambiant pour maintenir des conditions de baignade confortables pendant les périodes plus froides. Ces mois sont souvent caractérisés par des températures plus basses, ce qui nécessite une augmentation de l'utilisation du système de chauffage.

En contraste, les autres mois de l'année montrent une consommation de gaz plus basse. Cela peut être dû à des températures plus clémentes, nécessitant moins de chauffage, ou à une réduction de l'activité de la piscine pendant les périodes moins fréquentées.

La raison pour laquelle il n'y a pas de consommation de gaz en avril et mai, et une augmentation en juin, est liée à la consolidation des factures d'avril et mai dans celle de juin.

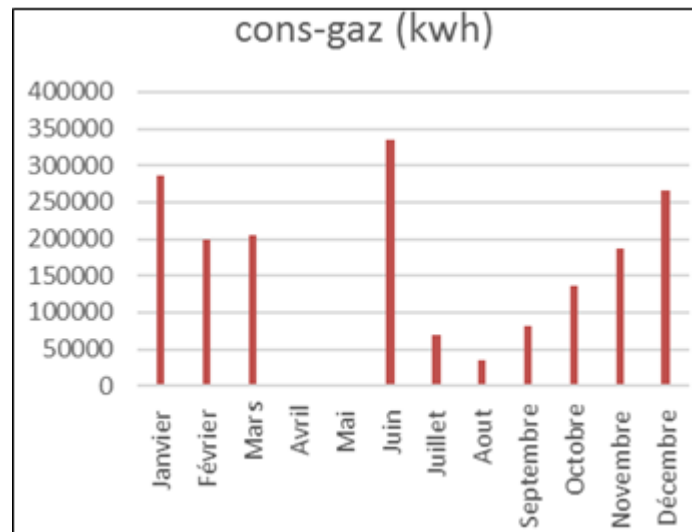


Figure 72 : diagramme de la consommation énergétique gaz

5.6 Programme de simulation énergétique (CT-BAT)

Présentation : CT-BAT est une application logicielle spécialisée utilisée dans le domaine de la construction et de l'architecture. Son nom, "Calcul Thermique du Bâtiment", reflète sa fonction principale : évaluer les performances thermiques d'un bâtiment. Grâce à cette application, les professionnels du secteur peuvent effectuer des simulations et des calculs détaillés pour estimer divers paramètres liés à l'efficacité énergétique d'un bâtiment.

- L'application CT-BAT offre une gamme de fonctionnalités puissantes et précises. Elle permet d'effectuer des calculs complexes pour estimer la consommation énergétique d'un bâtiment, en prenant en compte divers facteurs tels que la conception, l'isolation, les matériaux utilisés, les systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation, ainsi que d'autres équipements énergétiques.
- CT-BAT permet également de mesurer et de quantifier les déperditions de chaleur dans le bâtiment, en identifiant les zones de perte d'énergie et en proposant des solutions pour les réduire. L'application prend en compte les différentes conditions climatiques, les variations saisonnières et les caractéristiques spécifiques du bâtiment pour fournir des résultats précis.
- En plus de l'évaluation des performances énergétiques, CT-BAT évalue également le confort thermique à l'intérieur du bâtiment. Il analyse les facteurs tels que la température, l'humidité, la qualité de l'air et propose des solutions pour optimiser le confort des occupants tout en minimisant la consommation énergétique.

- Grâce à CT-BAT, les professionnels de la construction et de l'architecture disposent d'un outil précieux pour concevoir et évaluer des bâtiments à haute efficacité énergétique. L'application contribue à la réalisation de bâtiments durables, économiques et confortables, en offrant des données fiables et des analyses approfondies pour prendre des décisions éclairées tout au long du processus de conception et de construction.

Structure et principe de calcul : La structure des données à adopter pour la description et la sauvegarde des données au sein de l'application CT-BAT est très simple. Elle est inspirée de la répartition hiérarchique naturelle des projets de construction et suivant la segmentation des entités et composantes décrites dans les documents DTR C3-2 et C3-4. (Aprue ,2015)

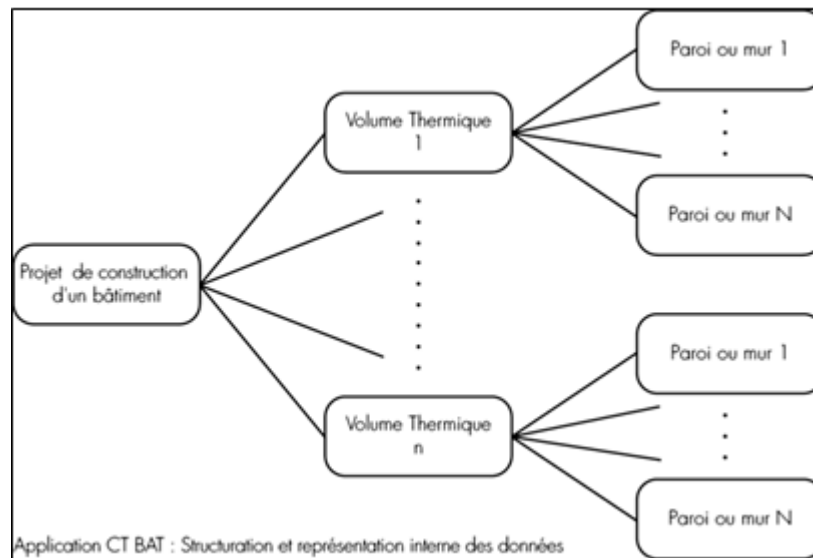


Figure 73 : structuration et représentation des données
Source : Aprus ,2015

5.7 Calcul de consommation énergétique actuelle par logiciel (CT BAT)

La présence de deux systèmes de couverture différents dans la piscine nous a conduit à la diviser en deux enveloppes distinctes. La première enveloppe représente l'enveloppe extérieure, qui abrite les vestiaires et les espaces administratifs. Son système de couverture est constitué de dalles à corps creux d'une épaisseur de 20 cm. Après avoir effectué les calculs à l'aide de l'application CT BAT, nous avons obtenu une consommation énergétique estimée à **222,9 kWh/m²/an.**

Tableau 11: calcul de la consommation énergétique par l'utilisation du logiciel CT-BAT

Piscine semi olympique à Ferdjioua Vérification réglementaire		
Cin : Coefficient de surpuissance	Cr : Coefficient des pertes calorifiques dues au réseau de tuyauteries éventuel	Puissance de chauffage
0	0	222.9 kW

La deuxième enveloppe, qui abrite à la fois le bassin principal et le bassin d'initiation, est équipée d'un système de couverture en TN 40. Cette couverture est composée de panneaux sandwich avec une couche isolante en polystyrène d'une épaisseur de 20 cm. Après avoir effectué les calculs, nous avons estimé la consommation énergétique à **382,6 kWh/m²/an**.

Tableau 12: calcul de la consommation énergétique par l'utilisation du logiciel CT-BAT

Piscine semi olympique à Ferdjioua Vérification réglementaire		
Cin : Coefficient de surpuissance	Cr : Coefficient des pertes calorifiques dues au réseau de tuyauteries éventuel	Puissance de chauffage
0	0	382.6 kW

Pour obtenir la consommation totale de la piscine, nous avons combiné les résultats des deux enveloppes, ce qui nous donne une valeur totale de **605,5 kWh/m²/an**.

Le classement selon l'étiquette énergétique type G **605.5 > 450**. (Bâtiment très énergivore)

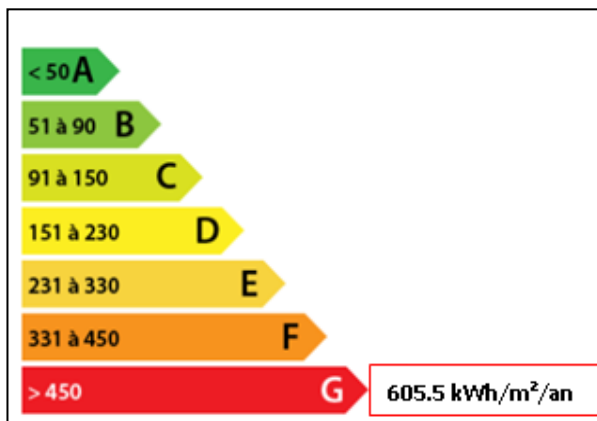


Figure 74 : classement sur l'étiquette énergétique

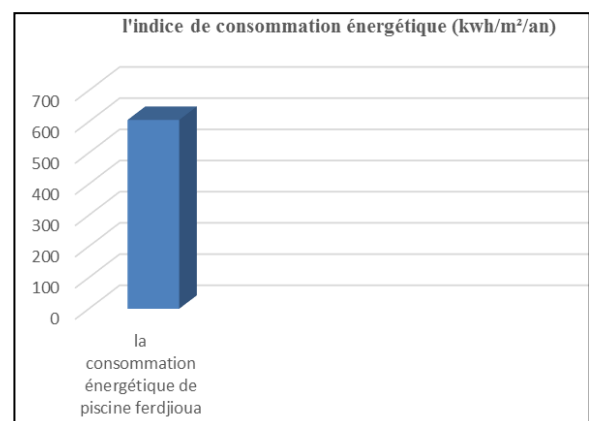


Figure 75 : Diagramme de l'indice de consommation énergétique

5.8 Calcul de la nouvelle consommation énergétique par le logiciel (CT- BAT)

Après avoir effectué la simulation avec le logiciel CT-BAT, nous avons constaté une consommation énergétique réelle très élevée. Pour remédier à cela, nous avons apporté plusieurs modifications au niveau des matériaux utilisés et des isolants afin d'identifier les éléments clés pouvant réduire la consommation énergétique de la piscine au niveau des deux enveloppes.

Enveloppe 01 : nous avons amélioré l'isolation de la première enveloppe extérieure, qui est recouverte d'une dalle corps creux, en ajoutant une couche intérieure de panneaux sandwich à la toiture d'une épaisseur de 30 cm. Ces panneaux sont composés de laine de roche en tant qu'isolant. De plus, nous avons renforcé les murs extérieurs en créant une double peau (composée de baguettes en acier et d'un isolant de 10 cm, également en laine de roche, recouvert d'aluminium).

Le plancher présente également une perte de chaleur vers l'extérieur, ce qui nécessite une demande de chauffage plus élevée et entraîne une augmentation de la consommation énergétique. Pour remédier à cela, nous avons utilisé le même isolant que celui utilisé dans les murs et le plafond.

Ces améliorations visent à réduire les pertes de chaleur et à améliorer l'efficacité énergétique de l'enveloppe extérieure.

Après avoir effectué la simulation avec le logiciel CT-BAT, il a été constaté que la quantité de consommation énergétique a diminué à **50,2 kWh/m²/an**.

Tableau 13: calcul de la consommation énergétique par l'utilisation du logiciel CT-BAT

Piscine semi olympique à ferdjioua Vérification réglementaire		
Cin : Coefficient de surpuissance	Cr : Coefficient des pertes calorifiques dues au réseau de tuyauteries éventuel	Puissance de chauffage
0	0	50.2 kW

Enveloppe 02 : La deuxième enveloppe, qui comprend la section couverte par la TN 40, a subi des modifications. Nous avons remplacé le matériau de couverture par du bois d'une épaisseur de 10 cm, tandis que l'isolant est devenu un panneau sandwich (la laine de roche), ce qui a porté l'épaisseur de la couverture à 1,14 m. De plus, des améliorations ont été apportées au plancher. Après ces changements de matériaux et le remplacement du vitrage

double par du triple vitrage, la consommation d'énergie pour cette enveloppe est passée de 384,6 kWh/m²/an à 40,4 kWh/m²/an.

Tableau 14: calcule de la consommation énergétique proposition par l'utilisation du logiciel CT-BAT

Piscine semi olympique à ferdjioua Vérification réglementaire		
Cin : Coefficient de surpuissance	Cr : Coefficient des pertes calorifiques dues au réseau de tuyauteries éventuel	Puissance de chauffage
0	0	40.4 kW

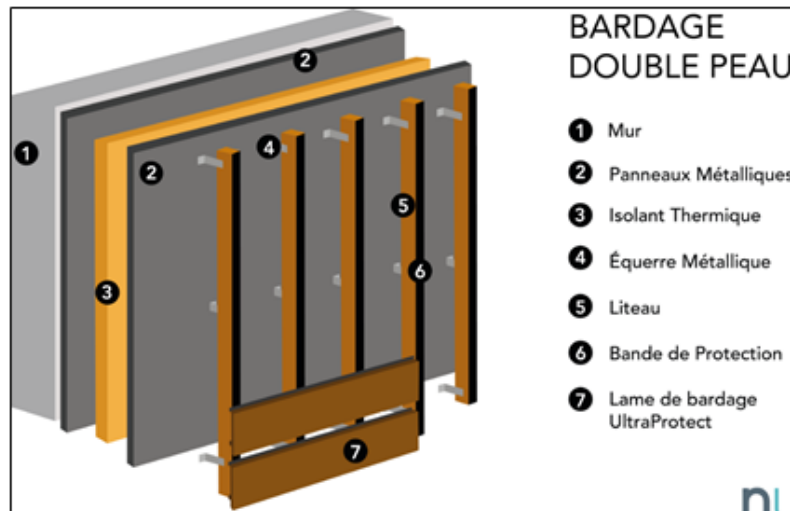


Figure 76 : détails de bardage double peau
Source : blog. neowood, 2023

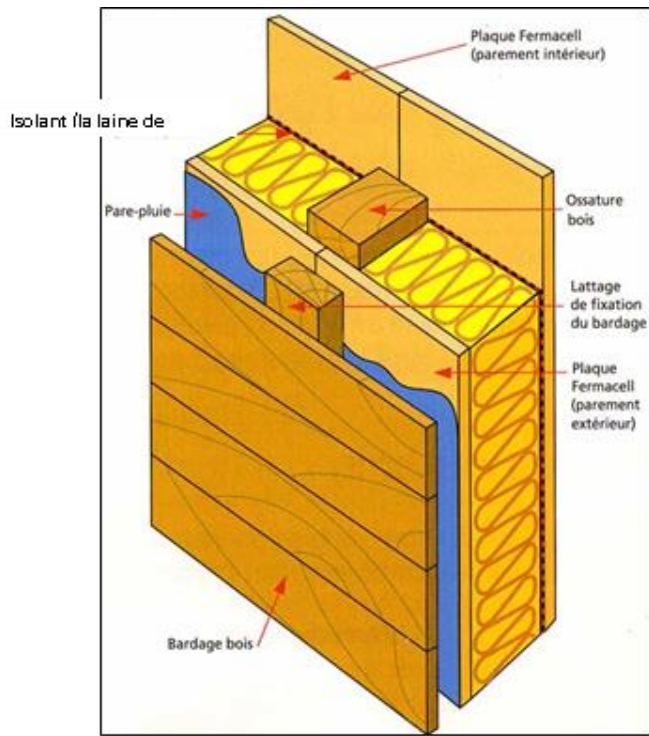


Figure 77 : détails de panneau sandwich sur toiture
Source : batirama. 2011

Ainsi, la consommation totale d'énergie du projet, après les modifications apportées au toit et l'ajout des isolants, s'élève à **90,6 kWh/m²/an**.

Le classement selon l'étiquette énergétique type B (bâtiment basse consommation).

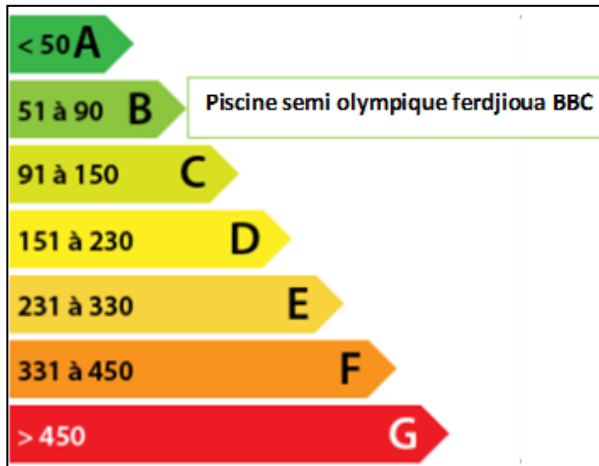


Figure 78 : classement sur Etiquette énergétique

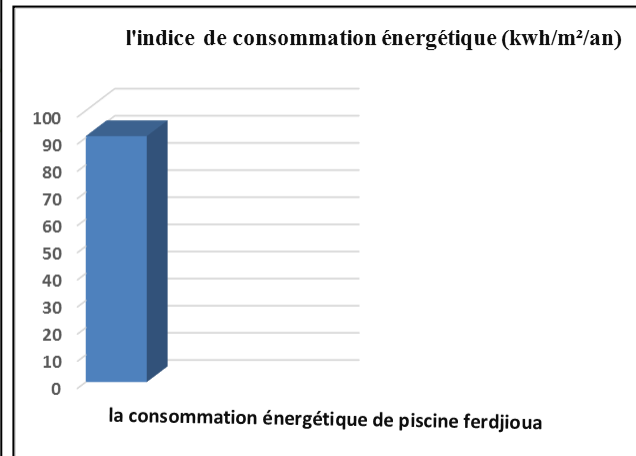


Figure 79 : Diagramme de l'indice de consommation énergétique

5.9 Recommandations pour améliorer les performances énergétiques de la piscine

Afin de réduire la consommation énergétique dans ces installations et minimiser les pertes de chaleur, plusieurs solutions peuvent être mises en œuvre :

- Améliorer l'isolation : Opter pour des matériaux d'isolation de haute qualité, tels que la laine de roche ou les panneaux sandwich, pour les plafonds, les planchers et les murs.
- La laine de roche est un choix judicieux en tant que matériau isolant pour plusieurs raisons. (Elle présente une excellente capacité d'isolation thermique, incombustible, sa longue durée de vie).
- Le remplacement des fenêtres simple vitrage par du double ou triple vitrage permet de limiter les déperditions de chaleur, il est aussi important de choisir des portes isolantes et de bien les étanchéifier.
- Utiliser des systèmes de chauffage efficaces : Privilégier des systèmes de chauffage à haut rendement énergétique, tels que les pompes à chaleur.
- Utiliser des éclairages efficaces : Opter pour des sources lumineuses à haute efficacité énergétique, telles que les ampoules LED.
- Choisir des appareils performants et économes : Lors de l'achat d'un nouvel équipement, privilégiez les modèles ayant une bonne étiquette énergie (A+++ ou A++), qui consomment moins d'électricité et sont plus performants.

Conclusion

Après avoir réalisé une analyse approfondie et effectué des simulations à l'aide du logiciel CT-BAT, nous avons identifié les principaux facteurs qui influent sur la consommation énergétique au sein de ces installations sportives en Algérie. Il est clair que la nature des matériaux et des isolants utilisés pour les plafonds, les planchers et les murs joue un rôle crucial dans la réduction des pertes de chaleur de l'intérieur vers l'extérieur.

Pour optimiser l'efficacité énergétique, il est essentiel de sélectionner des matériaux et des isolants de haute qualité, capables de minimiser les transferts de chaleur indésirables. En accordant une attention particulière aux performances thermiques des matériaux, nous pouvons réduire considérablement les besoins en chauffage et en climatisation, ce qui se traduit par une consommation énergétique réduite.

De plus, le choix du type de vitrage utilisé dans les fenêtres joue un rôle significatif dans la rétention de chaleur à l'intérieur de la structure. Opter pour un vitrage triple couche, doté de propriétés isolantes avancées, permet de réduire les pertes de chaleur par rayonnement et conduction à travers les fenêtres. Cela se traduit par une meilleure conservation de la chaleur et une diminution de la consommation énergétique associée au chauffage.

En conclusion, l'amélioration de l'efficacité énergétique dans les installations sportives passe par la sélection judicieuse des matériaux, des isolants, des vitrages et des systèmes de chauffage, tout en assurant une ventilation adéquate. Cela permet de réduire significativement la consommation énergétique, de minimiser l'impact environnemental et d'optimiser le confort des utilisateurs.

CONCLUSION GENERALE

L'intérêt principal de ce travail est d'améliorer l'efficacité énergétique et de rationaliser la consommation d'énergie dans tous les secteurs et surtout dans les bâtiments, tout en veillant à maintenir le confort thermique. Ce mémoire vise à mettre en évidence les inconvénients d'une consommation élevée d'énergie, en se concentrant plus particulièrement sur le domaine sportif en Algérie où les installations sportives rencontrent divers problèmes.

Parmi les problèmes courants dans les installations sportives, on trouve le manque de suivi, l'utilisation de matériaux de qualité inférieure et une isolation thermique insuffisante. Ces facteurs entraînent des pertes d'énergie considérables et une consommation élevée, notamment dans les piscines. Il est essentiel de remédier à ces problèmes afin d'améliorer l'efficacité énergétique et de réduire l'impact environnemental des installations sportives.

Pour mieux comprendre l'ampleur du problème, une étude théorique approfondie a été réalisée en se concentrant sur la consommation d'énergie dans le secteur sportif. Cette étude a révélé que la question de l'énergie est un problème mondial, lié à plusieurs facteurs, dont les matériaux de construction utilisés dans les installations sportives. Afin de confirmer l'importance des matériaux dans la construction, une étude pratique a été menée en utilisant l'application CT BAT.

Les résultats de cette étude pratique ont mis en évidence le rôle crucial des couvertures dans la réduction de la consommation d'énergie des installations sportives, en particulier dans les piscines. Les couvertures, ainsi que les structures, ont un impact direct sur la consommation d'énergie, comme en témoignent les calculs de consommation énergétique réalisés. Ainsi, en optant pour des matériaux de meilleure qualité, tels que le bois pour les couvertures et la laine de roche pour l'isolation, il a été possible de réduire considérablement la consommation d'énergie et de créer des bâtiments à faible performance énergétique qui répondent aux objectifs fixés.

Cependant, malgré les résultats prometteurs de cette étude, il y a eu des obstacles à surmonter. L'un de ces obstacles était la difficulté d'intégrer le projet d'étude, qui portait sur une piscine semi-olympique, dans l'application CT BAT qui était principalement conçue pour les projets résidentiels. Cette limitation souligne l'importance de développer des outils et des approches adaptées aux installations sportives afin de promouvoir l'efficacité énergétique dans ce secteur spécifique.

Il convient de souligner que cette étude représente une contribution précieuse au développement d'une approche de conception pour les installations sportives à faible performance énergétique. En intégrant harmonieusement les solutions conceptuelles vérifiées

individuellement par les chercheurs, cette approche vise à promouvoir des pratiques durables dans le domaine des installations sportives et à contribuer à un avenir énergétiquement plus responsable. Il est essentiel de continuer à développer et à élargir ces initiatives pour favoriser une transition énergétique réussie dans le secteur sportif en Algérie et au-delà.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abdelaziz, Y. (2006). « Cours Béton précontraint ». Centre Universitaire de Bechar. P09. (En ligne). <https://geniecivilpdf.com/wp-content/uploads/Beton-precontraint.-Cours-et-exercices -YAZID-CUB.pdf>. (Consulté le 30-05-2023).
- Abrahams, H & YOUNG, D. (23-05- 2023). « Jeux Olympiques antiques ». (En ligne). <https://www.britannica.com/sports/Olympic-Games>. (Consulté le 29-05-2023).
- Abrouche, L & Ziane, A. (2016). « Architecture bioclimatique: Parc sportif à Tizi Ouzou ». Université mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.
- Agorespace. (22- 07- 2020). « City stade ». (En ligne). <https://www.agorespace.com/fr/info-societe/2020/07/22/city-stade-et-terrain-multisport-ces-equipements-sportifs-font-le-bonheur-des-utilisateurs/>.(Consulté le 30-05- 2023).
- Aissat, A. (28 / 02 / 2021). Cour, Master 2 : Construction Mécanique (semestre 3). « Généralités sur les structures en charpentes métalliques ». P03.
- AKABLI, M. (2023). « La maison de A à Z Couvertures ». (En ligne). <https://btp-cours.com/lexique-toiture-couverture/>. (Consultée le 05/03/2023).
- Akabli, M. (Juillet 22, 2019). « Structures textiles ». P 35. (En ligne). <https://btp-cours.com/structures-textiles/>. (Consulté le 30-05-2023).
- Alouane, R. (2021). « Requalification de terrain de sport de proximité à la commune de Naciria ». Université mouloud Mammeri de Tizi Ouzou.
- Amazirh, A. (2021). « Piscine semi olympique couverte a sidi Youssef ben Ali ». (En ligne). <https://www.construction21.org/maroc/case-studies/h/piscine-semi-olympique-couverte-a-sidi-youssef-ben-ali.html>. (Consulté le 02- 06- 2023).
- Amazirh, A. (2023). « Anass amazirh – fonctionnalité, créativité et pérennité ». (En ligne). <https://aemagazine.ma/anass-amazirh-fonctionnalite-creativite-et-perennite/>. (Consulté le 02- 06- 2023).
- Angus J, Macdonald. (2001). « Structure and architecture ». 2^{ème} Edition 149 p.
- Article R312-2 du décrets (article R112-1 à R422-4) du code du sport en France.
- Aurelio, M. (2004). « L’art des structure ». 2^{ème} Edition. 269 p.
- Bacha, DJ. (2015). « Comportement mécanique en flexion trois point d’un sandwich à âme en DIN d’abeille ». Université Badji Mokhtar Annaba. (En ligne). <https://biblio.univ-annaba.dz/ingeniorat/wp-content/uploads/2019/05/BachaDjaber.pdf>. (Consulté le 30-05-2023).
- Barr ; A. (01- 08- 2009). « L’histoire de Cuju ». (En ligne). <https://bleacherreport.com/articles/228587-history-of-football-cuju>. (Consulté le 29-05-2023).
- Benguedda, W & SELKA, N. (2013). « Sport de santé et bien- être ». L’Obtiens Du Diplôme d’Ingénieur d’Etat en Architecture.
- Benhacene, H & MAAROUF, A. (2016). « Habitat bioclimatique à basse consommation énergétique Cas d’étude : ville d’Oum El Bouaghi ». Université l’arbi ben m’hidi d’Oum el bouaghi. (En ligne). <http://bib.univ-oeb.dz:8080/jspui/handle/123456789/7901>. (Consulté le 11- 03- 2023).

- Binette & Jardin. (2022). « Avantages et inconvénients de la toiture de tuiles ». (En ligne). <https://jardinage.lemonde.fr/dossier-2423-toiture-tuiles.html>. (Consultée le 05/03/2023).
- Blandine, R (27.nov. 2018). « C'est quoi une maison BBC ? ». (En ligne). <https://actualite.seloger-construire.com/construction/maitriser-votre-projet/c-est-quoi-une-maison-bbc-article-28404.html>. (Consulté le 11- 03- 2023).
- Bloch, A. (2016). « Expérimentation et modélisation du comportement des structures gonflables sous chargement aérodynamique aux états-limites / Alexis Bloch; sous la direction de Marc François ; Co-encadrants de thèse Jean-Christophe Thomas et Olivier Flamand ». Institut de recherche en génie civil et mécanique (UMR6583) (Nantes) (Laboratoire).200p. (en ligne). <https://nantilus.univnantes.fr/vufind/Record/PPN223998338/Description>. (Consulté le 30-05-2023).
- Bouakaz; R & DR. Renken, F. (2022). « Développement du cadre réglementaire et incitatif de l'efficacité énergétique en Algérie ». GIZ. Alger. P 12, 13. (en ligne). https://www.energypartnershipalgeria.org/fileadmin/user_upload/algeria/Partenariat_Energetique_rapport_cadre_r%C3%A9glementaire.pdf. (Consulté le 03- 06- 2023).
- Bruno, K. (2010). Terrain de sport. (En ligne). <https://i.pinimg.com/564x/74/9c/53/749c53a681c0a831e82b08fb149e64c8.jpg>. (Consultée le 08/02/2023).
- Chevron ; R. (Novembre 2021). « Introduction sur la structure tendue ». 04p. (en ligne). <https://www.studypool.com/documents/6181161/introduction-sur-la-structure-tendue>. (Consulté le 05-03-3-2023).
- Clavet, D. (2014). « LES GYMNASSES ». P160. (En ligne). <https://kreezee.com/files/handler/2247>. (Consulté le 29- 05- 2023).
- Claydon. J. (2023). « Lacrosse ». (En ligne). <https://worldlacrosse.sport/about/origin-history/>. (Consulté le 29- 05- 2023).
- Clementine. (23 juillet 2021). « Quels sont les avantages et inconvénients des panneaux sandwich ». (En ligne). <https://www.ifets.org/quels-sont-les-avantages-et-inconvenients-des-panneaux-sandwich/>. (Consulté le 01- 06- 2023).
- Collection Technique Cimbeton. (2008). « Les ouvrages en béton durabilité, dimensionnement et esthétique tome 3 ». Éd : Centre d'information sur le ciment et ses applications. Paris. France. P77.
- Collection Technique De Conception. (2000). « Construire avec le bois ». Éd : le moniteur. Paris. France. P.472
- Collection Technique De Conception. (2002) « Les structures ». In « Construire avec l'acier » Éd : le moniteur. Paris. France. P88.
- Compétences Bois. (Novembre 2014). « Compétences Bois Systèmes constructifs ». Fiche technique N°2. P 12. (En ligne). https://www.lignebois.be/wp-content/uploads/2021/01/ft2_systemes-constructifs.pdf. (Consultée le 05/03/2023).
- Cticm. (16 JUIN 2021). « Documents techniques, pratique de la cm conception générale des bâtiments à simple rez-de-chaussée en charpente métallique. (En ligne).

- <https://metaletech.com/2021/06/16/conception-generale-des-batiments-a-simple-rez-de-chaussee-en-charpente-metallique/>. (Consulté le 30-05-2023).
- Denisart, L. & Bajulaz, R. (2014). « Fiche de sport ». P 13,3,5. (En ligne). https://www.eduki.ch/fr/doc/fiche_sport.pdf. (Consultée le 08/02/2023).
 - Donald, W & Curran. (1981). « La Nouvelle Donnée Energétique, Masson, collection géographie ». P17.
 - Ducoulombier, L. (Nov. 2014). « Les clés d'un BBC ». (En ligne). https://www.researchgate.net/figure/Facteurs-cles-pour-la-conception-dun-batiment-BBC-source-Region-Alsace_fig4_337447608. (Consulté le 11- 03- 2023).
 - Duverger, A & Boucaud, B. (Janvier 2012). P 07. « Les systèmes constructifs bois et leurs performances ». (En ligne). <https://www.fibois42.org/img/comptes/3/outils/51.pdf>. (Consultée le 05/03/2023).
 - Eco-Construction. (18 mai 2021). « Maison basse énergie: caractéristiques et avantages ». (En ligne). <https://habitetaterre.fr/maison-basse-energie-caracteristiques-et-avantages/>. (Consulté le 11- 03- 2023).
 - Eddrief-Cherf, S. (2012). La Revue de l'Énergie n° 609. « L'énergie renouvelable en Algérie Quelles alternatives aux énergies fossiles? Solaire, nucléaire ou les deux à la fois? ». P 387. (En ligne). <https://www.larevuedelenergie.com/wpcontent/uploads/2019/03/Energie-renouvelable-en-Algerie.pdf> . (Consulté le 11- 03- 2023).
 - Formisano, B. (2023). « Avantages et inconvénients de la toiture de tuiles ». (En ligne). <https://insterne.com/avantages-et-inconvenients-de-la-toiture-de-tuiles/>. (Consultée le 05/03/2023).
 - Furstenberg, T & MANDERLIER, CH. (2017). « Etude de faisabilité de structures en bois drone-compatible ». Université catholique de Louvain. 143p. (en ligne). https://dial.uclouvain.be/memoire/ucl/en/object/thesis%3A10614/datastream/PDF_01/view. (Consulté le 50-05-2023).
 - Gaouar, Y. & Benhammadi, A. (2012). « Les Complexe de Formation Sportive». L'Obtiens Du Diplôme d'Ingénieur d'Etat en Architecture.
 - Garnier ; A. (4. FÉVRIER. 2010). « Bâtiment à énergie positive - bâtiment à énergie passive ». (En ligne). https://conseils.xpair.com/actualite_experts/batiment_energie_positive_passive.htm . (Consulté le 11- 03- 2023).
 - Gopal, M. (2021). « Tensile Structures – Types, Shapes and Advantages». (En ligne). <https://theconstructor.org/structural-engg/tensile-structures-types-shape/5816/>. (Consulté le 01- 06- 2023).
 - Guennez, I & Selmane, M. (2016). « L'impact de cout sur la qualité architecturale dans un équipement sportif ». P108. (En ligne). <http://bib.univ-oeb.dz:8080/jspui/browse?type=author&value=Guennez%2C+Ilyes>. (Consulté le 29- 05- 2023).
 - Guerroui, A. (2019). « L'impact de sport et loisir sur la santé publique Cas d'étude : la ville de Guelma ». Université 08 Mai 1945 de Guelma.

- Gustin, E.& Diehl, J. « Les charpentes métalliques ». Éd : EYROLLES. Paris. France. P101.
- Hamdi, O & Chouati, W. (Juillet 2019). « Détermination expérimentale de la résistance en flexion d'une poutre de dimensions réelles en bois de pin d'Alep abouté et lamellé-collé ». (En ligne). <https://dspace.univ-guelma.dz/jspui/bitstream/123456789/4155/1/m%C3%A9moire%202019.pdf> . (Consulté le 05-03-2023).
- Handaoui, K. (2019). « Marrakech abrite une nouvelle piscine semi-olympique couverte ». P 8. (En ligne). <https://www.construction21.org/maroc/case-studies/h/piscine-semi-olympique-couverte-a-sidi-youssef-ben-ali.html>. (Consulté le 02-06-2023).
- Isover. (Avril 2009). « Les solutions pour la maison a basse consommation d'énergie ». P 02.
- Johan, P. (13 févr. 2017). « La maison en bois : Histoire et Techniques ». P04. (En ligne). <https://fr.linkedin.com/pulse/la-maison-en-bois-histoire-et-techniques-johan-poor-mba>. (Consultée le 05/03/2023).
- Lachguer, A & Akyoud, M. (2014). « Les matériaux sandwich et les risques d'instabilités géométriques locales ». École des mines de Douai. (En ligne). <http://cdoc.ensm-douai.fr/EBs/EB-608666.pdf>. (Consulté le 30-05-2023).
- Laïb, D & Bouacheria, M. (2021). « Etude physique de panneaux sandwichs utilisés dans les maisons solaires. Produit de Capref Ain-M 'Lila (ex-CABAM) ». Université Larbi ben M'hidi, Oum el Bouaghi. P78.
- Langa & Bruno & Manitra. (26avril2015). (En ligne). <https://toiture.bilp.fr/materiaux-couverture/materiaux/typologie>. (Consultée le 05/03/2023).
- Laurelyne, M. (août 2012). « Couverture en tuile plate La tuile plate est un module de terre cuite léger adapté aux grandes toitures comme aux détails ». P 04. (En ligne). https://www.les-caue-occitanie.fr/sites/default/files/fichiers/ressource/field_fichiers/couverture_tuile_plate.pdf. (Consultée le 05/03/2023).
- Lebouteiller, T & Neumann, A. (2019). « Structures textiles tendues ». P 23. (En ligne). <https://cminantes.files.wordpress.com/2019/11/projet-bibliographique-cmi-lebouteillier-thc3a9o-neumann-arthur> . (Consulté le 01-06-2023).
- Legifrance. (05-02-2013). Dictionnaire environnement. « Bâtiment bioclimatique ». (En ligne). https://www.actu-environnement.com/ae/dictionnaire_environnement/definition/batiment-bioclimatique.php4 . (Consulté le 11-03-2023).
- Luc Boegl. Salle de sport Plouha, France. (En ligne). <https://www.archdaily.com/903032/gym-plouha-studio-02/5bb232a2f197cc752f000215-gym-plouha-studio-02-photo>. (Consultée le 08/02/2023).
- Luduc, D. (2008). « Panneau sandwich pour bardage et couverture ». France. P02. (En ligne). <https://produits.batiactu.com/hebergement/italpannelli/frances-08fin>. (Consulté le 03-02-2023).

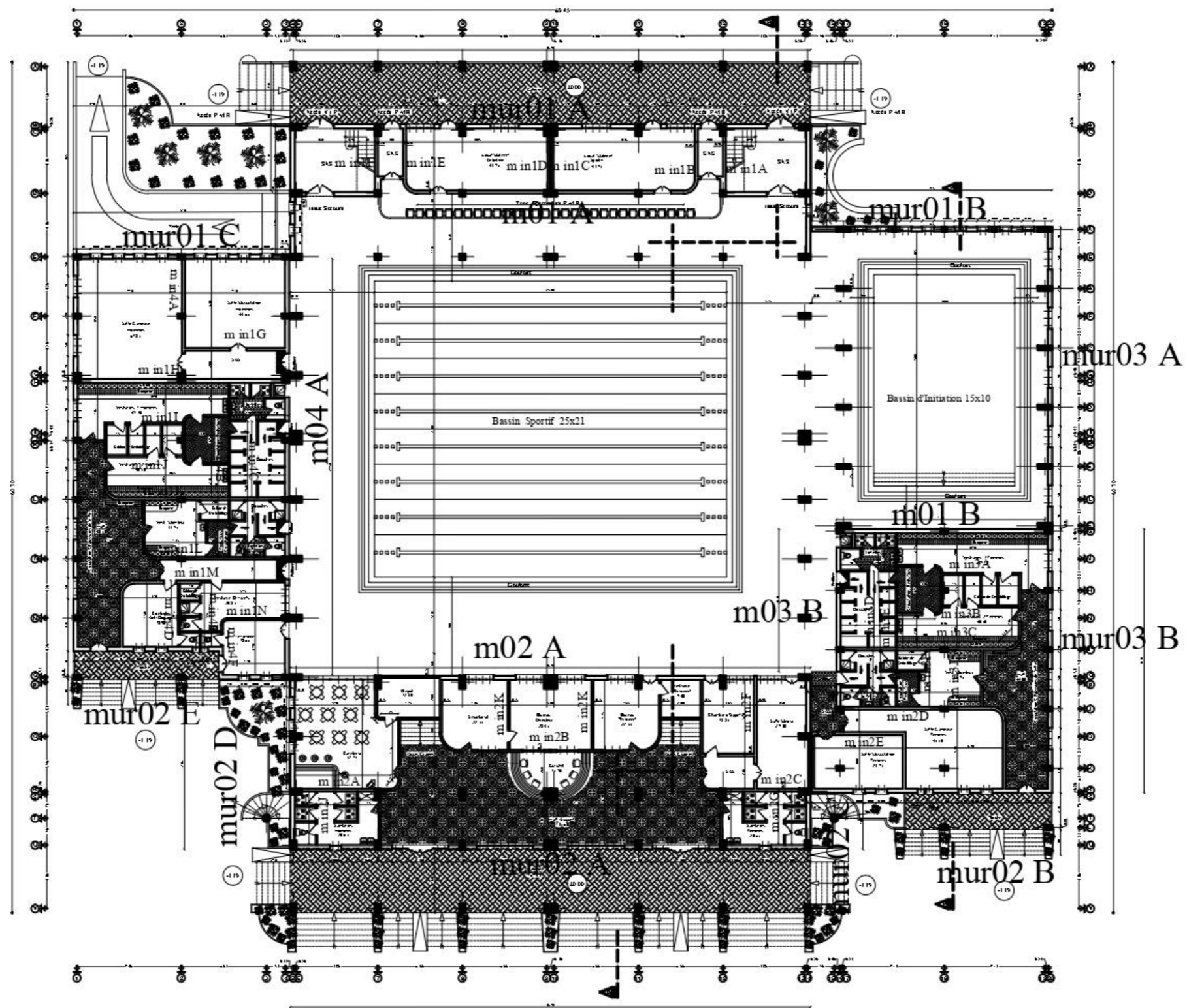
- Maafa, A. (2023). Cour Chapitre 01 « Les différentes ressources d'énergie ». (En linge). https://fac.umc.edu.dz/fstech/cours/ST/Energie%20et%20environnement_Maafa.pdf. (Consulté le 11- 03- 2023).
- Malinowsky, M & Lyonnet, CH. (10 août 1993). « Éléments de mise en tension des toiles Structures textiles ». (En linge). <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/materiaux-th11/textiles-techniques-42655210/structures-textiles-c2470/elements-de-mise-en-tension-des-toiles-c2470niv10003.html>. (Consulté le 06-05-2023).
- Manfred, A & Crisinel, M. (2005). « Conception des charpentes métalliques ». Éd : presses polytechniques et universitaires romandes. Lausanne. France. P121.
- Manuel, A. (30 août 2016). « Maison en bois : 4 techniques de construction ». (En linge). <https://www.construiesamaison.com/construire/maisonenbois4techniquesdeconstruction/a18754>. (Consulté le 31/05/2023).
- Maron, P. (02 -Juin -2022). « CONSTRUCTION METALLIQUE (Tome 1) Généralités - Résistance de sections–Instabilités ». P17. (en linge) https://maron.perso.univpau.fr/const_metal/01_documents/ISA_CM00_Cours_Tome1.pdf. (Consulté le 30-05-2023).
- Mebarki, I. (2019). « Le sport : stade multifonctionnel à Tlemcen ». Université Aboubekr belkaid de Tlemcen.
- Mensuelle, R. (1991) « technique architecture sport ». P 58,25.
- Mertani, B. (2011). « Modélisation numérique et expérimentale du comportement des panneaux sandwichs à âme en nids d'abeilles ». Université Ferhat Abbas Sétif. P128. (En linge). <https://mmagister.univsetif.dz/images/facultes/IOMP/2010/MERTANI%20Boubekeur%20Med%20>. (Consulté le 03- 02- 2023).
- Miassi, S. (2015). « Le dépassement des délais de réalisation dans les équipements sportifs, cas de la piscine semi olympique d'Oum el bouaghi ». Université Larbi ben Mhidi.
- Mohamadi, S. (2014). « Matériaux et Ouvrages de Génie Civil ». Université Akli Mohand Oualhadje de Bouira. (En linge) <https://www.univbouira.dz/fr/wpcontent/uploads/2018/12/Chapitre1leb%C3%A9tonetses-composants-1.pdf> . (Consulté le 31-05-2023).
- Mourid, O & Abiyad, M. (2015). « Complexe olympique ». Mémoire de master, université de Bejaia. (En linge). http://archives.univbiskra.dz/bitstream/123456789/18157/1/AMINA_Dehamnia_Fardouse.pdf (Consulté le 29- 05- 2023).
- Ootravaux. (2020). « Isolation des combles et de la toiture ». (en linge). <https://www.ootravaux.fr/construction-renovation/toiture/isolation-toiture/isolation-combles-panneau-sandwich.html>. (Consulté le 01- 06- 2023).

- Ootravaux. (2020). « Panneaux sandwich : avantages et inconvénients ». (En ligne). <https://www.ootravaux.fr/construction-renovation/isolation/isolation-panneaux-sandwich.html> (Consulté le 01- 06- 2023).
- Pageau, M. (24 avril 2017). « Bâtiment ultraperformant avant d’être un bâtiment zéro-énergie ». (En ligne). <https://www.voirvert.ca/savoir-entreprise/batiment-ultraperformant-avant-etre-un-batiment-zero-energie>. (Consulté le 11- 03- 2023).
- Pascale, M. (2010). « Labels d’efficacité énergétique, HQE, BBC-Effinergie, Maison Passive, RT 2005/2012, Qualitel ». Paris – France. p.52.
- Plasse, M. (11- 05- 2023). « Histoire du sport dans les Temps modernes jusqu’au 1er Congrès olympique international ». (En ligne). <https://www.thecollector.com/how-the-modern-olympic-games-established/>. (Consulté le 29- 05- 2023).
- Quenault, E. & BABACAR, F. (2019). « Atlas du recensement des équipements Sportifs ». P 31,10 – 16. (En ligne). <https://www.valdemarne.gouv.fr/content/download/16152/112809/file/AtlasRES-94.pdf>. (Consultée le 08/02/2023).
- Rboub, A. (2019). « Une piscine semi-olympique à Marrakech ». P10. (En ligne). <https://www.construction21.org/maroc/case-studies/h/piscine-semi-olympique-couverte-a-sidi-youssef-ben-ali.html>. (Consulté le 02- 06- 2023).
- Richard.D & Burns, D. (23/02/2012). « La fin des jeux olympique ». (En ligne). <https://www.scasd.org/cms/lib5/PA01000006/Centricity/Domain/1562/The%20Olympics%20in%20Ancient%20Greece.pdf>. (Consulté le 29-05-2023).
- Taibi, H. (N.D). « COURS DE BETON ARME ». Université des Sciences et de la Technologie d’Oran Mohamed Boudiaf. P11. (en ligne) https://www.univusto.dz/images/coursenligne/CBADES5LTPS5GC_HT.pdf. (Consulté le 30-05-2023).
- Tensile Guide. (2020). « Benefit of tensile structure». p16. (En ligne). <https://www.basestructures.com/app/uploads/2020/03/tensile-guide>. (Consulté le 01-06- 2023).
- Thomas. (2023). « Un plastique clair comme du cristal et extrêmement résistant ». (En ligne). <https://plaqueplastique.fr/quest-ce-que-le-polycarbonate/>. (Consultée le 05/03/2023).
- Vergnaud, V. (20- 12- 2022). « Terrain de football ». (En ligne). <https://www.lejdd.fr/Sport/au-fait-quelle-est-la-taille-dun-terrain-de-football-4152114>. (Consulté le 29- 05- 2023).
- Viglo, P. (2013). « Étude technique d’une structure métallo-textile a ossature en alliage d’aluminium ». Conservatoire national des arts et métiers centre d’enseignement de paris. (En ligne). <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01281414>. (Consulté le 1- 06- 2023).
- Williams, P. (10 mai 2021). « Couvertures en tuiles : référentiels, terminologie et modèles ». (En ligne). <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/construction-et-travaux-publics-th3/techniques-du-batiment-les-couvertures-43809210/couvertures-en-tuiles-referentiels-terminologie-et-modeles-tba1836/definition-tba1836v2niv10001.html>. (Consultée le 05/03/2023).

- Ziad, S. (16 juillet 2011). Mémoire Présenté pour obtenir le titre de Diplôme d'Ingénieur CNAM. « Conception d'un hangar en charpente métallique ». (En linge). <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-/document>. (Consulté le 31-05-2023).

ANNEXES

Annexe n° 01 : plan piscine semi olympique-Ferdjioua



PLAN REZ-DE-CHAUSSEE

ملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تسليط الضوء على مشكلة الاستهلاك الطاقوي المفرط داخل المنشآت الرياضية، وتسعى لاستكشاف أهم المواد والتقنيات التي يمكنها تحسين الأداء الطاقوي وبناء مبانٍ رياضية ذات استهلاك طاقي منخفض . تعتمد الدراسة على نهج متعدد الأساليب، حيث يتم دمج البحث الببليوغرافي وإجراء المحاكاة باستخدام برنامج، (CT-BAT) للتحقق من صحة الفرضيات المتعلقة بتأثير الهياكل والأغطية على استهلاك الطاقة داخل المنشآت الرياضية، ولا سيما المسابح. أظهرت النتائج صحة الفرضيات المطروحة، ما يعزز أهمية المباني ذات الكفاءة الطاقوية المنخفضة في تحقيق الاستدامة البيئية وتوفير الطاقة.

يتم التركيز بشكل خاص على المنشآت الرياضية، حيث يتم تطبيق المعايير القياسية والهندسية المتقدمة لضمان راحة المستخدمين وتحقيق أقصى استفادة من الطاقة المستخدمة. يتم تحقيق ذلك من خلال تحسين العزل الحراري تهدف الدراسة إلى تعزيز الوعي بأهمية الاستدامة الطاقوية في المنشآت الرياضية وتعزيز التحول نحو مجتمع رياضي أكثر استدامة وكفاءة من حيث استخدام الطاقة.

الكلمات المفتاحية: الطاقة، الاستهلاك الطاقوي، بنايات منخفضة الاستهلاك الطاقوي، نظام الهيكل والغطاء، المنشآت

الرياضية، عزل حراري.

ABSTRACT

This study aims to shed light on the problem of excessive energy consumption in sports facilities and explore the most important materials and techniques that can improve energy performance and construct energy-efficient sports buildings.

The study adopts a multi-method approach, combining literature research and simulation using the CT-BAT program to validate hypotheses regarding the impact of structures and coverings on energy consumption in sports facilities, particularly pools. The results confirmed the validity of the proposed hypotheses, thus emphasizing the importance of low-energy efficiency buildings in achieving environmental sustainability and energy savings.

Special emphasis is placed on sports facilities, where standard and advanced engineering techniques are applied to ensure user comfort and maximize the utilization of energy. This is achieved through improved thermal insulation.

The study aims to raise awareness about the importance of energy sustainability in sports facilities and promote the transition towards a more sustainable and energy-efficient sports society.

Keywords: Energy, energy consumption, low-energy efficiency buildings, structure and covering systems, sports facilities, thermal insulation.

RESUME

Cette étude vise à mettre en lumière le problème de la surconsommation énergétique dans les installations sportives et à explorer les matériaux et les techniques les plus importantes pouvant améliorer les performances énergétiques et construire des bâtiments sportifs à basse consommation énergétique.

L'étude adopte une approche multi-méthodes, en combinant la recherche bibliographique et la simulation à l'aide du programme CT-BAT pour vérifier la validité des hypothèses concernant l'impact des structures et des couvertures sur la consommation d'énergie dans les installations sportives, en particulier les piscines. Les résultats ont confirmé la validité des hypothèses formulées, renforçant ainsi l'importance des bâtiments à faible efficacité énergétique pour réaliser la durabilité environnementale et économiser l'énergie.

Une attention particulière est portée aux installations sportives, où des normes et des techniques d'ingénierie avancées sont appliquées pour garantir le confort des utilisateurs et tirer le meilleur parti de l'énergie utilisée. Cela est réalisé en améliorant l'isolation thermique.

L'étude vise à sensibiliser à l'importance de la durabilité énergétique dans les installations sportives et à promouvoir la transition vers une société sportive plus durable et efficace sur le plan énergétique.

Mots clés : Énergie, consommation énergétique, bâtiments à basse consommation énergétique, système de structures et de couvertures, installations sportives, isolation thermique.