

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

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



Mémoire de Master

Présenté à Université 8 Mai 1945 de Guelma Faculté des Sciences et de la Technologie

Département d'Architecture Spécialité : Architecture

Option : Architecture, Environnement et Technologie

Présenté par : Heythem Amin Fernane

**Thème : la conception Eco responsable d'un
complexe sportif**

Sous la direction du : Dr. BENSEHLA Sofiane

Juin 2024

Remerciement

*Mes remerciements, avant tout, à **ALLAH** tout puissant pour la volonté, la santé et la patience qu'il m'a données durant les années d'études afin que je puisse arriver à ce stade et d'accomplir ce modeste travail.*

*Mes remerciements les plus élogieux à mon encadreur, **Dr. BENSEHLA Sofiane** pour son soutien, son encadrement scientifique, pour son attention particulière qu'elle ma donner au courant de ces années, et pour ses précieux conseils le long de l'élaboration de ce projet.*

Je remercie vivement et sincèrement mes enseignants qui m'ont aidé et qui m'ont appris et m'ont pris vers l'âme de la science durant les années d'études.

Je souhaite exprimer ma gratitude aux membres du jury, d'avoir accepté d'examiner et évaluer mon travail.

Je tiens aussi à remercier tous les membres et les personelles du département de l'architecture de l'université de Guelma pour leur aide et leur soutien au cours des cinq années.

Mes profonds remerciements vont également à toutes les personnes qui m'ont aidé et soutenue de près ou de loin pour la réalisation de ce projet.

Dédicace

*Je tiens à remercier encore **Allah** qui m'a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.*

J'ai l'honneur de dédier ce modeste travail :

*Aux piliers de ma vie, **mes chers parents** qui ont toujours cru en moi et m'ont soutenu tout au long de mes études, merci pour vos sacrifices et pour toutes les valeurs que vous m'avez inculquées.*

*À **ma grande mère** qui est la première professeure et ma source d'inspiration et de motivation dans toute ma vie.*

*À mes chers frères « **Hachim** », « **Abderrahim** » qui ont toujours fait de leurs mieux pour m'aider, m'encourager, m'inspirer, et me motiver durant tout mon parcours d'étude.*

*À mes meilleurs amis, « **Mohamed** », « **Hayder** » qui ont été à mes côtés tout au long de ces années, et avec qui j'ai partagé des moments inoubliables.*

Et à toutes les personnes qui m'ont toujours aidé et encouragé, qui étaient toujours à mes côtés, mes aimables amis, collègues d'étude, et frères de cœur.

Fernane Heythem Amin

Résumé

Le sport, reconnu mondialement pour son rôle fédérateur et son impact social, nécessite des infrastructures adaptées qui répondent aux exigences environnementales actuelles. La conception d'un complexe sportif doit avoir une vision écoresponsable. Cette dernière intègre des principes tels que l'efficacité énergétique, l'utilisation de matériaux durables, la conception bioclimatique et la gestion de l'eau. Grâce à cette démarche, les complexes peuvent ainsi devenir des modèles de durabilité, respectueux de l'environnement tout en répondant aux besoins des usagers.

Guelma, une ville très calme, nécessite un tel projet qui peut revitaliser ses infrastructures sociales, environnementales et économiques. Situé à la périphérie Est, le site pour le complexe sportif a été choisi pour sa superficie, sa morphologie et sa topographie adéquates. Ce projet apportera des avantages significatifs à la communauté locale, en offrant des installations modernes et durables.

Le processus de conception du projet, depuis la phase préliminaire jusqu'à la conception finale, a intégré des mesures de conception écoresponsable. À chaque étape, la conception écoresponsable a été abordée à plusieurs niveaux, incluant le choix de matériaux durables, des stratégies d'efficacité énergétique, la gestion de l'eau et des déchets, ainsi que la végétation pour améliorer la qualité de l'air. Une des principales initiatives est l'installation de panneaux photovoltaïques, assurant une production énergétique significative pour couvrir les besoins du projet et donner un essor à la promotion de l'énergie renouvelable à Guelma.

Mots clés : Sports, Conception écoresponsable, Efficacité énergétique, Bioclimatique, complexe sportif

Abstract

Sport, recognized worldwide for its unifying role and social impact, requires infrastructure that meets current environmental demands. The design of a sports complex must have an eco-responsible vision. This includes principles such as energy efficiency, the use of durable materials, bioclimatic design, and water management. Thanks to this approach, complexes can become models of sustainability, respectful of the environment while meeting the needs of users.

Guelma, a very quiet city, needs such a project that can revitalize its social, environmental, and economic infrastructure. Located on the Eastern outskirts, the site for the sports complex was chosen for its adequate size, morphology, and topography. This project will bring significant benefits to the local community by providing modern and sustainable facilities.

The project design process, from the preliminary phase to the final design, integrated eco-responsible measures. At each stage, eco-responsible design was addressed at several levels, including the choice of durable materials, energy efficiency strategies, water and waste management, and vegetation to improve air quality. One of the main initiatives is the installation of photovoltaic panels, ensuring significant energy production to meet the project's needs and promote renewable energy in Guelma.

Keywords: Sports, Eco-responsible design, Energy efficiency, Bioclimatic, Sports complex

ملخص

إن الرياضة، المعترف بها في جميع أنحاء العالم لدورها الموحد وتأثيرها الاجتماعي، تتطلب بنية تحتية تلبي المتطلبات البيئية الحالية. يجب أن يتمتع تصميم المجمع الرياضي برؤية صديقة للبيئة. ويشمل ذلك مبادئ مثل كفاءة الطاقة، واستخدام المواد المستدامة، والتصميم المناخي الحيوي، وإدارة المياه. وبفضل هذا النهج، يمكن للمجمعات أن تصبح نماذج للاستدامة، تحترم البيئة وتلبي في الوقت نفسه احتياجات المستخدمين.

وقالمة، المدينة الهادئة للغاية، تحتاج إلى مثل هذا المشروع الذي يمكنه تنشيط بنيتها التحتية الاجتماعية والبيئية والاقتصادية. يقع المجمع الرياضي في الضواحي الشرقية، وقد تم اختياره بناءً على حجمه وشكله وتضاريسه المناسبين. سيحقق هذا المشروع فوائد كبيرة للمجتمع المحلي من خلال توفير مرافق حديثة ومستدامة.

عملية تصميم المشروع، من المرحلة الأولية إلى التصميم النهائي، متكاملة التدابير المسؤولة بيئياً. وفي كل مرحلة، تمت معالجة التصميم المسؤول بيئياً على عدة مستويات، بما في ذلك اختيار المواد المستدامة، واستراتيجيات كفاءة الطاقة، وإدارة المياه والنفايات، والغطاء النباتي لتحسين جودة الهواء. وتتمثل إحدى المبادرات الرئيسية في تركيب الألواح الكهروضوئية، مما يضمن إنتاج كميات كبيرة من الطاقة لتلبية احتياجات المشروع وتعزيز الطاقة المتجددة في قالمة.

كلمات مفتاحية: الرياضة، التصميم البيئي المسؤول، الكفاءة الطاقية، المناخ الحي، مجمع رياضي

I. Table des matières

II.	Introduction générale.....	8
II.1	Introduction	9
II.2	Problématique.....	9
II.3	Hypothèses	9
II.4	Objectifs	10
II.5	Structure de mémoire	10
III.	Chapitre1 : Partie théorique.....	11
III.1	Introduction	12
III.2	Définition du sport.....	12
III.2.1	Bénéfice du sport.....	13
III.3	Définition de l'architecture éco responsable	13
III.4	Les stratégies et principes de la conception écoresponsable [8, 9, 10].....	14
III.5	L'évaluation de l'architecture éco-responsable pour un complexe sportif.....	15
IV.	Chapitre2 : Partie Analytique	17
IV.1	Introduction	18
IV.2	Exemple 01 : Le Centre sportif de Nantong (CHINE) [18].....	18
IV.2.1	Fiche technique et présentation du projet :.....	18
IV.2.2	La conception architecturale.....	19
IV.2.3	Le programme	21
IV.2.4	La durabilité et la technologie du projet :.....	22
IV.2.5	Synthèse de l'exemple 1	22
IV.3	Exemple 2 : Complexe olympique de Montréal, Canada [19]	23
IV.3.1	Fiche technique et présentation du projet :.....	23
IV.3.2	La conception architecturale.....	24
IV.3.3	La durabilité et la technologie du projet :.....	25
IV.3.4	Le programme	25
IV.3.5	Synthèse de l'exemple 2	26
IV.4	Exemple 03 : Complexes sportifs ASPIRE Khalifa Sport City (Qatar) [20].....	27
IV.4.1	Fiche technique et présentation du projet :.....	27
IV.4.2	La conception architecturale du projet	27
IV.4.3	La durabilité et la technologie du projet :.....	28
IV.4.4	Programme du projet :.....	29
IV.4.5	Synthèse de l'exemple 3.....	29
IV.5	Conclusion.....	29
V.	Chapitre 3 : Etude contextuelle	31
V.1	Introduction	32
V.2	Présentation de la ville de Guelma :.....	32
V.2.1	a. À l'échelle nationale :	32

V.2.2	b. A l'échelle régionale :	33
V.2.3	c. À l'échelle locale :	33
V.2.4	d. Le relief :	33
V.3	Analyse climatique de la ville de Guelma	34
V.3.1	Le climat de la ville de Guelma	34
V.3.2	Température	35
V.3.3	Précipitations	36
V.3.4	Insolation	36
V.3.5	Diagramme solaire de Guelma	37
V.3.6	Température de sol :	38
V.3.7	Vitesse et direction de vents :	39
V.3.8	Analyse bioclimatique de la ville de Guelma :	40
V.4	Choix du terrain d'intervention	41
V.4.1	Motivation du choix	41
V.4.2	L'analyse du terrain	43
V.5	L'analyse microclimatique	44
V.5.1	Ensoleillement	44
V.5.2	Les vents dominants	45
V.5.3	Caractéristiques du terrain choisi	46
V.6	Synthèse	48
V.7	Programme retenu du projet	48
V.7.1	Résumé du Programme des Équipements	51
V.8	Conclusion	52
VI.	Chapitre 4 : Elaboration du projet	53
VI.1	Introduction	54
VI.2	Les démarches de la réalisation du complexe sportif à Guelma	54
VI.2.1	Démarche conceptuelle	54
VI.2.2	Genèse du projet	55
VI.3	La conception éco-responsable du projet	57
VI.3.1	L'utilisation des matériaux durable	57
VI.3.2	Consommation d'énergie dans les installations sportives	58
VI.3.3	L'étude énergétique du projet	59
VI.3.4	L'irradiation solaire	61
VI.3.5	La production photovoltaïque	61
VI.3.6	Gestion des déchets	62
VI.3.7	Gestion de l'eau	63
VI.4	Conclusion	64
VII.	Conclusion générale	65
VIII.	Références	66

Table des figures

Figure 1. Sportifs, Biographies des personnalités maîtrisant le savoir. Source: https://fr.123rf.com/photo_16617430_silhouettes-des-athletes-vector-set.html	12
Figure 2. Des stratégies écologiques pour une meilleure conception. Source: https://www.shutterstock.com/fr/image-vector/ecology-icon-set-environment-sustainability-nature-2280236967	14
Figure 3. Schéma d'un bâtiment passif : l'architecture durable passe avant tout par la maîtrise de l'énergie. Source: https://www.architecte-batiments.fr/architecture-ecologique/	15
Figure 4. Les mesures essentielles pour le certificat LEED. Source : https://biofit.io/news/sustainable-leed-certified-gyms-health-clubs-spas	16
Figure 5. Centre sportif de Nantong, en Chine. Source: https://www.arch2o.com/nantong-sport-center-henn/	18
Figure 6. Plan de situation du projet Nantong. Source: Google map.	19
Figure 7. La conception du stade de Nantong. Source: https://www.arch2o.com/nantong-sport-center-henn/	19
Figure 8. Les façades du stade Nantong. Source: https://www.arch2o.com/nantong-sport-center-henn/	20
Figure 9. La conception modulaire du complexe. Source: https://www.arch2o.com/nantong-sport-center-henn/	21
Figure 10. Organigramme du projet. Source: auteur.	21
Figure 11. Stade principal. Source : Google image	22
Figure 12. Le Stade olympique de Montréal. Source: https://www.lapresse.ca/voyage/destinations/quebec/montreal/201112/19/01-4479279-le-stade-olympique-symbole-de-montreal-a-letranger.php	23
Figure 13. Plan de masse du complexe olympique de montereal. Source: https://parcolympique.qc.ca/regards/	24
Figure 14. COMPLEXE ASPIRE KHALIFA. Source: https://www.behance.net/gallery/17745947/Aspire-Sports-Academy	27
Figure 15. Plan d'ensemble du complexe sportif Aspire Khalifa. Source: https://www.behance.net/gallery/17745947/Aspire-Sports-Academy , Auteur	28
Figure 16. Situation géographique de la ville de Guelma en Algérie. Source: Google image	32
Figure 17. : La situation de Guelma à l'échelle régionale. Source: Google image	33
Figure 18. les montage à la ville de Guelma.	34
Figure 19. La classification du climat de la ville de Guelma. Source : cour « Introduction aux climats », Mme BENHARRA H.	35
Figure 20. Graph des variations des températures mensuelles et annuelle de Guelma. Source : « Climat consultant 6.0 »	35
Figure 21. Graph de variations des précipitations mensuelles. Source : Thèse Ghechi Imane 2018.	36
Figure 22. Variation de durée d'insolation mensuelle Source : Thèse Ghechi Imane 2018.....	37
Figure 23. Diagramme solaire de Guelma période Hiver/Printemps. Source : « Climat consultant 6.0 »	37
Figure 24. Diagramme solaire de Guelma période été/automne. Source : « Climat consultant 6.0 »	38
Figure 25. Graph de variations mensuelle de la température du sol. Source : « Climat consultant 6.0 »	39
Figure 26. Graph de variation de vitesse des vents mensuelle. Source : « Climat consultant 6.0 »	39
Figure 27. La rose du vent dans les 4 saisons de la wilaya de Guelma. Source : « Climat consultant 6.0 »	40
Figure 28. Diagramme psychométrique de Guelma. Source : « Climat consultant 6.0 »	41
Figure 29. L'emplacement des équipement sportif dans la ville de Guelam. Source: Auteur	42
Figure 30. L'emplacement du terrain d'intervention à Guelma. Source: Google map, Auteur.....	43
Figure 31. Informations géographiques du terrain d'intervention.	44
Figure 32. Informations géographiques du terrain d'intervention.	44
Figure 34. La course solaire. Source : www.sunearthtools.com	45
Figure 35. Rose des vents de la ville de Guelma. Source: https://www.meteoblue.com/fr/meteo/historyclimate/climatmodelled/guelma_algerie_2495662	46

Figure 36. Présentation du terrain d'implantation. Source: Auteur, Google earth.....	47
Figure 37. Coupe topographique longitudinale du terrain. Source: Auteur, Google earth.....	47
Figure 38. Coupe topographique transversale du terrain. Source : Auteur, Google earth.....	48
Figure 39. Intervention conceptuelle préliminaire du projet.	55
Figure 40. Détermination des entités du projet sur le terrain.	56
Figure 41. Plan de masse du projet.....	56
Figure 42. Système d'automatisation et de gestion des batiments et installations sportives. Source: (Elnour et al., 2022).....	57
Figure 43. Présentation du modél d'etude sur le logiciel Citysim pro.	60
Figure 44. Les irradiations solaires annuelle.	61
Figure 45. La production photovoltaïque annuelle.....	62
Figure 46. La production mensuelle des panneaux photovoltaïques.....	62

II. Introduction générale

II.1 Introduction

La durabilité dans l'architecture et l'environnement est devenue de plus en plus importante à l'échelle mondiale afin de diminuer les conséquences sociales et environnementales des constructions [1]. Cette préoccupation est également importante en Algérie, où des actions sont mises en place pour améliorer l'efficacité énergétique, utiliser des matériaux durables et promouvoir la conception respectueuse de l'environnement. L'objectif de ces initiatives est de concilier l'expansion urbaine avec la préservation de l'environnement, tout en améliorant la qualité de vie des habitants algériens.

Dans ce contexte, la conception éco-responsable de complexes sportifs représente une opportunité significative pour intégrer des pratiques durables et innovantes dans le secteur de la construction [2]. Ce mémoire explore les principes et les techniques de conception éco-responsable appliqués à la création d'un complexe sportif en Algérie. Il examine les différentes approches pour incorporer des matériaux durables, optimiser la consommation d'énergie, et intégrer des solutions respectueuses de l'environnement, tout en répondant aux besoins fonctionnels et esthétiques des utilisateurs.

II.2 Problématique

En Algérie, et plus particulièrement dans la wilaya de Guelma, on constate un manque de projets de développement durable liés aux bâtiments et aux équipements sportifs [3]. Il y a peu d'études sur le confort intérieur des bâtiments, leur adaptation aux conditions climatiques de la région, ainsi qu'une rareté de recherches sur l'impact environnemental des bâtiments et leur performance énergétique. La conception et la réalisation d'un complexe sportif valoriseraient l'espace urbain de Guelma en tant que chef-lieu de wilaya et en tant que pôle dynamique dans l'armature urbaine de l'est algérien.

Quelques complexes sportifs construits aujourd'hui en Algérie, comme le stade de Douira [4], adoptent pauvrement les normes de durabilité et d'efficacité énergétique. Cependant, les installations sportives de Guelma accusent un retard significatif en termes d'utilisation de nouvelles technologies énergétiques. Par conséquent, certaines questions de recherche se posent :

- Comment peut-on contribuer à la réduction de la consommation des énergies fossiles dans les projets architecturaux, en particulier dans le contexte de Guelma ?
- Comment peut-on concevoir des équipements sportifs éco-responsables dans le contexte de Guelma ?

II.3 Hypothèses

1. L'intégration des énergies renouvelables dans la conception des complexes sportifs peut conduire à une efficacité énergétique significative.
2. La prise en compte des aspects environnementaux, sociaux et économiques lors de la réalisation de projets sportifs permet de développer une conception éco-responsable de ces projets.

II.4 Objectifs

1. La conception d'un complexe sportif éco-responsable offrira une image moderne et respectueuse de l'environnement à la ville, contribuant ainsi à son ouverture sur le monde extérieur.
2. En développant un complexe sportif écologique d'envergure, la ville sera enrichie en tant que lieu de rencontre sociale et se dotera d'un repère architectural emblématique axé sur la durabilité.
3. L'objectif est de répondre aux besoins et à l'aspiration actuelle et future des habitants en proposant des installations sportives qui intègrent des pratiques durables et respectueuses de l'environnement.
4. La réalisation d'espaces extérieurs responsables sur le plan environnemental et cohérents avec la fonction des équipements sportifs, favorisant la détente et les loisirs, permettra d'absorber les flux de personnes tout en préservant et en valorisant les ressources naturelles.

II.5 Structure de mémoire

Ce mémoire est structuré en cinq parties, débutant par une introduction générale comprenant une introduction préliminaire, la problématique, les hypothèses et les objectifs. Ensuite, on trouve quatre chapitres, commençant par une entrée théorique, suivie par l'analyse des exemples. Après cette analyse, on trouve l'analyse contextuelle du terrain choisi pour le projet, et enfin, le quatrième chapitre concerne l'élaboration du projet, accompagné d'une conclusion générale.

III. Chapitre 1 :

Partie théorique

III.1 Introduction

Ce chapitre porte sur une vision théorique des deux concepts essentiels de ce mémoire : le sport et l'architecture écoresponsable. Dans les sections suivantes, les définitions de ces concepts ainsi que leurs caractéristiques seront détaillées de manière approfondie.

III.2 Définition du sport

Le sport est un ensemble d'activités physiques basées sur l'effort et l'entraînement, pratiquées selon des règles spécifiques sous forme de jeux individuels ou collectifs, pouvant donner lieu à des compétitions. Ces activités visent non seulement à améliorer la condition physique, mais aussi à promouvoir des valeurs telles que le fair-play, la camaraderie, et l'esprit de compétition [5 ,6].



Figure 1. Sportifs, Biographies des personnalités maîtrisant le savoir. Source : https://fr.123rf.com/photo_16617430_silhouettes-des-athlètes-vector-set.html

Le sport se caractérise par :

- Un aspect physique : Le sport nécessite une activité physique et une consommation d'énergie. Cela favorise une amélioration de la condition physique, de la force, de l'endurance, de la coordination et de la souplesse.
- Un aspect divertissant : Le sport est fréquemment lié à la joie et à la relaxation. Il offre la possibilité de se divertir, de se détendre et de s'affranchir du stress.

- Un cadre strict : La majorité des sports sont soumis à des règles et des conventions qui régissent leur activité. La mise en place de ces règles assure l'égalité entre les participants et assure la sécurité des pratiquants.
- Un aspect social : Le sport peut être réalisé de manière individuelle, mais il est souvent vécu en groupe. Il favorise l'établissement de liens sociaux, le partage de valeurs partagées et la création de liens.

III.2.1 Bénéfice du sport

Le sport offre de nombreux avantages tant pour les individus que pour les villes. Voici quelques-uns de ces bénéfices :

III.2.1.1 Bénéfices pour les individus

- 1. Santé physique :**
 - Le sport favorise une vie active et une meilleure condition physique.
 - Il contribue à renforcer les muscles, améliorer la santé cardiovasculaire, maintenir un poids santé et réduire les risques de maladies telles que l'obésité, les maladies cardiaques et le diabète.
- 2. Apprentissage et développement :**
 - Le sport permet de développer des compétences telles que la coopération, le leadership, la résolution de problèmes et la prise de décision rapide.
 - Il favorise également l'esprit d'équipe, l'esprit de compétition saine et l'apprentissage des règles et des valeurs sportives.
- 3. Santé mentale :**
 - Le sport a un impact positif sur la santé mentale en réduisant le stress, l'anxiété et la dépression grâce à la libération d'endorphines, les hormones du bien-être.
 - Il améliore la confiance en soi, la discipline, la concentration et l'estime de soi.

III.2.1.2 Bénéfices pour les villes

- 1. Promotion de la santé publique :**
 - Une ville qui encourage et offre des infrastructures sportives facilite la pratique d'activités physiques régulières par ses habitants.
 - Cela contribue à améliorer la santé globale de la population et à réduire les coûts associés aux problèmes de santé liés à la sédentarité.
- 2. Cohésion sociale :**
 - Le sport rassemble les individus autour d'un intérêt commun, favorisant ainsi la cohésion sociale et l'inclusion.
 - Les événements sportifs et les clubs permettent aux gens de se réunir, d'interagir et de partager des moments de convivialité, renforçant ainsi le tissu social de la ville.

III.3 Définition de l'architecture éco responsable

L'architecture écoresponsable, aussi appelée architecture durable, est une méthode de conception et de construction qui a pour objectif de créer des bâtiments qui sont respectueux de l'environnement et de

l'écologie. Les conséquences environnementales, sociales et économiques sont prises en considération tout au long du cycle de vie d'un bâtiment, de sa création à sa démolition [7].



Figure 2. Des stratégies écologiques pour une meilleure conception. Source : <https://www.shutterstock.com/fr/image-vector/ecology-icon-set-environment-sustainability-nature-2280236967>

III.4 Les stratégies et principes de la conception écoresponsable [8, 9, 10]

- Utilisation des énergies renouvelables : L'intégration d'énergies renouvelables comme le solaire, l'éolien et la géothermie réduit la dépendance aux combustibles fossiles et les émissions de gaz à effet de serre.
- Conception bioclimatique : Optimisation du confort thermique et lumineux en tirant parti des conditions climatiques locales, avec une orientation et une forme de bâtiment judicieuses.
- Efficacité énergétique : l'installation d'équipements à haute efficacité énergétique et utilisation de systèmes de contrôle de l'énergie pour minimiser la consommation d'énergie.
- Utilisation de matériaux durables : La sélection de matériaux recyclés, locaux et certifiés durables pour réduire l'empreinte environnementale tout au long du cycle de vie.
- Végétation et qualité de l'air : Intégration de la végétation pour améliorer la qualité de l'air, réduire les îlots de chaleur urbains et favoriser la biodiversité locale.
- Gestion des déchets :
 - Réduction des déchets de construction : Optimiser la conception et la planification du chantier pour minimiser la production de déchets, privilégier le tri sélectif et le recyclage des matériaux de construction.
 - Valorisation des déchets : Mettre en place des filières de valorisation des déchets de construction et de démolition, comme le compostage ou le réemploi dans d'autres projets.
- Gestion de l'eau :

Réduction de la consommation d'eau : Installer des robinets et des appareils sanitaires économes en eau, utiliser des systèmes de récupération des eaux pluviales et adopter des pratiques d'arrosage raisonnées.

Traitement des eaux usées : Mettre en place des systèmes de traitement des eaux usées performants et privilégier l'utilisation de produits d'entretien non polluants.

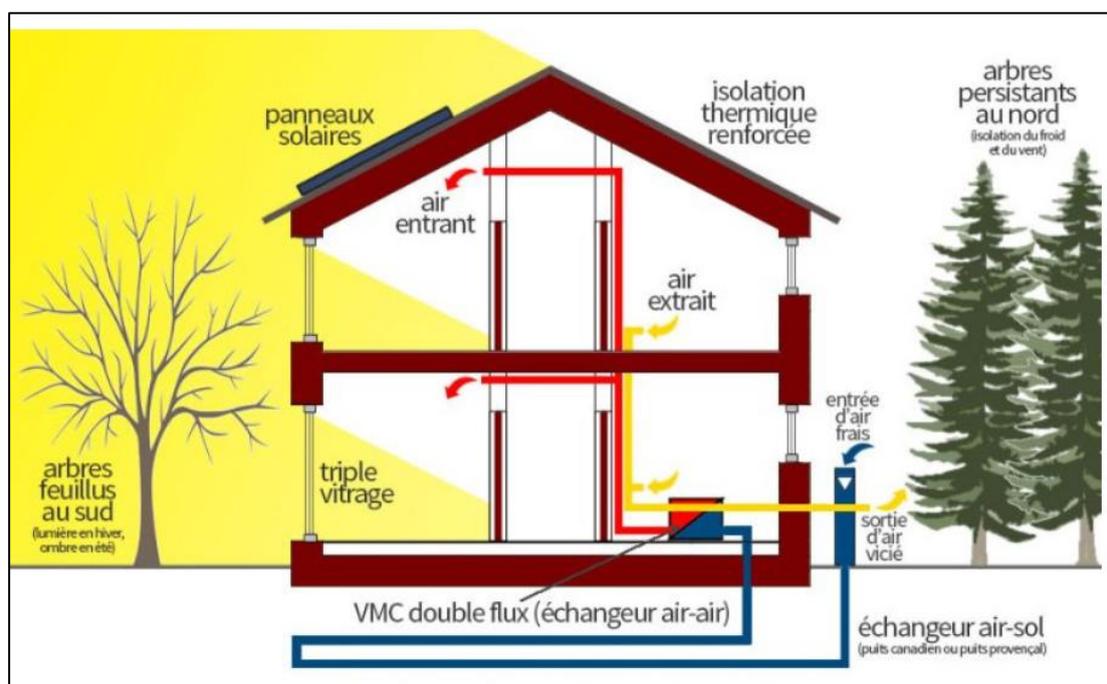


Figure 3. Schéma d'un bâtiment passif : l'architecture durable passe avant tout par la maîtrise de l'énergie. Source : <https://www.architecte-batiments.fr/architecture-ecologique/>

III.5 L'évaluation de l'architecture éco-responsable pour un complexe sportif

Pour évaluer la conception écoresponsable d'un complexe sportif, plusieurs critères et labels peuvent être pertinents. L'évaluation de ces critères permet de déterminer si un complexe sportif est véritablement écoresponsable, en tenant compte de son impact environnemental, de son efficacité énergétique et de son intégration harmonieuse dans la communauté locale [11, 12, 13]. Voici les principaux aspects à prendre en compte :

1. Efficacité énergétique
2. Utilisation des matériaux durables
3. Conception bioclimatique
4. Gestion de l'eau
5. Intégration de la végétation
6. Qualité de l'air intérieur
7. Impact social et économique
8. Certification et normes ; **les certifications environnementales** permis de vérifier si le complexe sportif respecte des standards de construction durable reconnus. Parmi ces certificats on a :

LEED for Sports and Recreation : Une extension du système LEED spécifiquement conçue pour les projets sportifs et récréatifs. Il évalue la conception, la construction et l'exploitation durables de ces installations en

mettant l'accent sur des critères tels que l'efficacité énergétique, la gestion de l'eau et l'utilisation de matériaux durables [14].



Figure 4. Les mesures essentielles pour le certificat LEED. Source : <https://biofit.io/news/sustainable-leed-certified-gyms-health-clubs-spas>

BREEAM In-Use Sports and Leisure : Une extension du label BREEAM adaptée aux installations sportives existantes. Il évalue la performance environnementale et sociale tout au long de la durée de vie de l'installation [15].

ISO 20121 : Une norme internationale qui spécifie les exigences pour un système de management de la responsabilité sociétale appliqué aux événements, y compris les événements sportifs. Elle peut être adaptée pour évaluer la durabilité d'un complexe sportif dans son ensemble [16].

Le Green Sports Alliance (GSA) Certification est un label qui vise à encourager les équipes sportives à organiser des événements durables [17].

Conclusion

L'architecture écoresponsable des complexes sportifs est cruciale pour répondre aux besoins des usagers tout en respectant l'environnement et en contribuant positivement à la société. En intégrant des principes tels que l'efficacité énergétique, les matériaux durables, la conception bioclimatique et la gestion de l'eau, ces complexes peuvent devenir un modèle de durabilité. Les labels et certifications comme LEED for Sports and Recreation, BREEAM In-Use Sports and Leisure et Green Sports Alliance fournissent des cadres rigoureux pour évaluer et améliorer la performance environnementale et sociale de ces infrastructures.

IV. Chapitre 2 : Partie Analytique

IV.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous allons entamer l'analyse de plusieurs complexes sportifs reconnus au niveau mondial. Cette analyse vise à comprendre les différentes approches adoptées dans la conception de ces infrastructures, ainsi qu'à obtenir une vue d'ensemble claire sur le programme d'un complexe sportif. En examinant ces exemples, nous pourrions identifier les meilleures pratiques et les éléments clés qui contribuent à la réussite et à la durabilité de ces installations sportives.

IV.2 Exemple 01 : Le Centre sportif de Nantong (CHINE) [18]

IV.2.1 Fiche technique et présentation du projet :

Architectes : HENN

Emplacement : Nantong, Chine

Client : Ville de Nantong

Partenaires de coopération :

Schlich Berger Mann & Partner, Wabe-Plan

Partenaire local en matière de planification : Tshin hua Université Architecture Design Institute

Année : 2012



Figure 5. Centre sportif de Nantong, en Chine.

Source : <https://www.arch2o.com/nantong-sport-center-henn/>

Situation :

Le Centre sportif de Nantong est situé dans la ville de Nantong, à proximité de Shanghai. Les racines anciennes de la ville mettent l'accent sur l'harmonie entre ses habitants, leurs activités et la nature.



Figure 6. Plan de situation du projet Nantong.
Source : Google maps.

IV.2.2 La conception architecturale

L'idée architecturale du projet Centre sportif de Nantong était de créer un concept moderne et dynamique qui intègre des éléments symboliques de la modularité et de la culture locale, avec une intégration harmonieuse dans l'environnement naturel de la région. Voici quelques concepts clés inclus dans la conception :

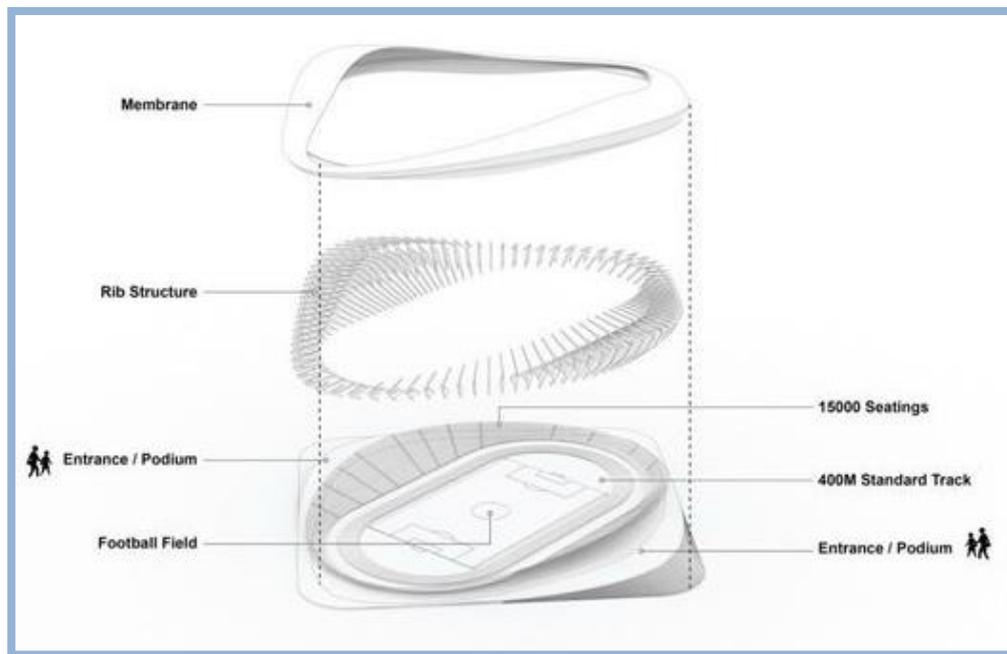


Figure 7. La conception du stade de Nantong. Source : <https://www.arch2o.com/nantong-sport-center-henn/>

Forme organique : Inspirée par la fluidité du fleuve Yangtsé et les courbes douces de la nature, la forme du centre sportif pourrait adopter une esthétique organique et fluide, caractérisée par des lignes douces et des contours harmonieux. Cette conception permettrait de créer une atmosphère moderne et attrayante tout en reflétant l'environnement naturel de Nantong.

Flexibilité des espaces : Pour répondre aux différents besoins sportifs, les espaces intérieurs du centre sportif pourraient être conçus de manière flexible, permettant une adaptabilité pour accueillir divers types d'activités sportives et événements. L'utilisation de systèmes modulaires et polyvalents pourrait permettre une utilisation efficace de l'espace, offrant ainsi une fonctionnalité optimale et une expérience sportive dynamique pour les utilisateurs.

Intégration du paysage : En tirant parti des paysages naturels environnants, le centre sportif pourrait être conçu pour s'intégrer harmonieusement à son environnement. Des jardins paysagers, des espaces verts et des éléments d'eau pourraient être intégrés dans la conception pour créer une atmosphère sereine et propice à la détente, offrant ainsi aux utilisateurs une expérience sportive immersive au sein de la nature.

La conception modulaire : Comme le montre la figure, la modularité est présente dans le complexe. Le stade occupe une cellule XL en forme de diamant, avec une piste de 400 mètres et des sièges pour 15 000 spectateurs. Les composants structurels du stade comprendront un cadre nervuré et une membrane externe translucide.

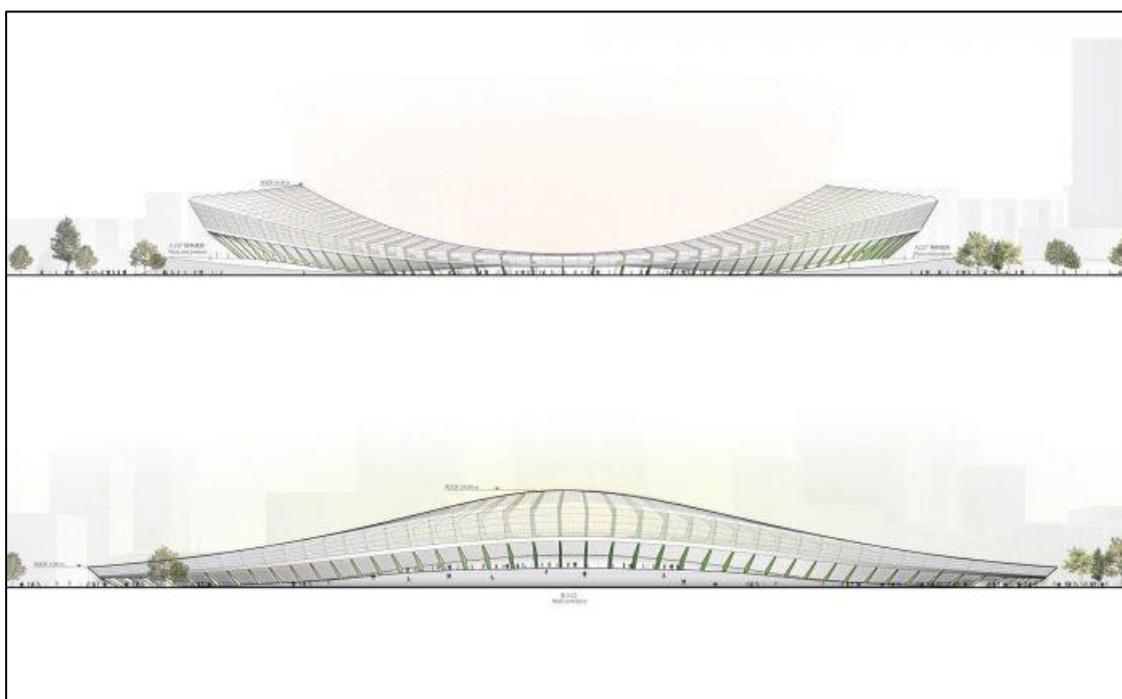


Figure 8. Les façades du stade Nantong. Source : <https://www.arch2o.com/nantong-sport-center-henn/>

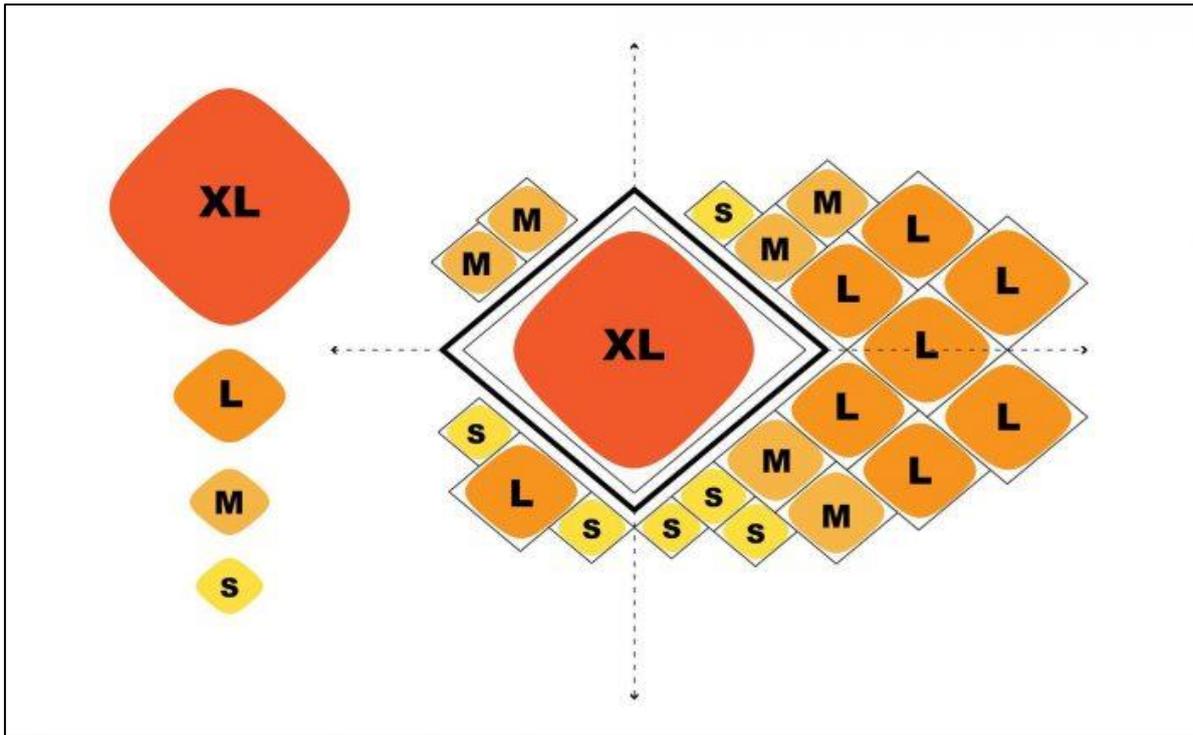


Figure 9. La conception modulaire du complexe.
 Source: <https://www.arch2o.com/nantong-sport-center-henn/>

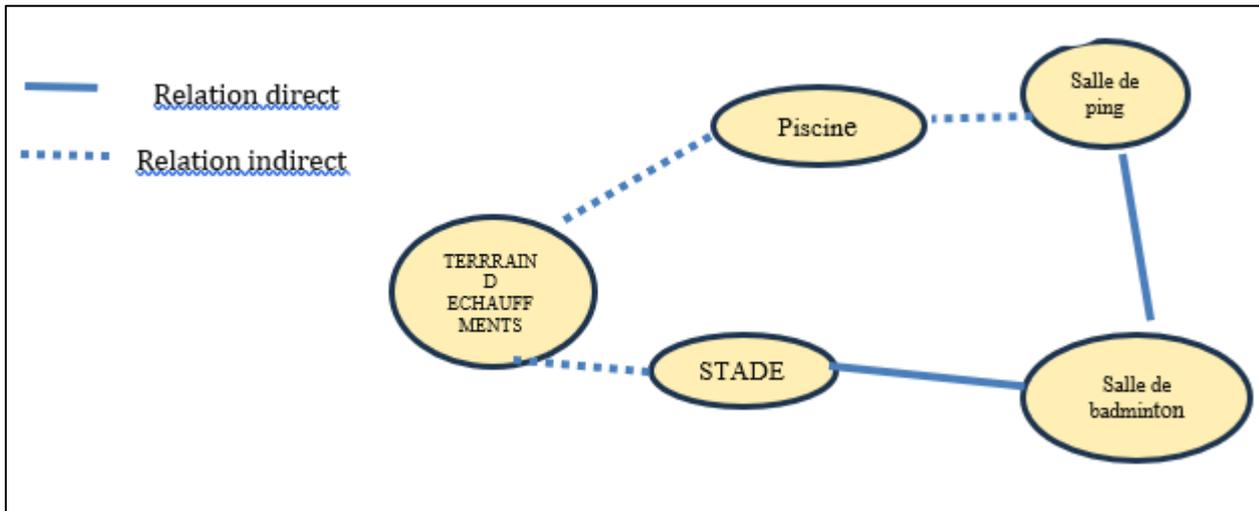


Figure 10. Organigramme du projet. Source : auteur..

IV.2.3 Le programme

- Salle de natation 1172m² ;
- Salle de tennis de table 1055m²
- Salle de badminton 1137m²
- Stade de football 9000m²
- Arène 13690m²
- Parking 10000m²
- Terrain d'échauffement 1200 m²
- Formation et réception 600 m²

IV.2.4 La durabilité et la technologie du projet :

Utilisation de matériaux durables : Pour promouvoir la durabilité, la conception pourrait privilégier l'utilisation de matériaux durables et respectueux de l'environnement. Par exemple, des matériaux recyclés ou recyclables, tels que le bois certifié durable, pourraient être utilisés dans la construction.

Technologie intégrée : Pour répondre aux besoins modernes, la conception pourrait intégrer des technologies avancées, telles que des systèmes de contrôle de l'éclairage et de la température intelligents, des équipements sportifs de pointe et des installations multimédias pour les spectateurs

Éclairage naturel : Une attention particulière pourrait être accordée à l'éclairage naturel dans la conception du centre sportif. L'utilisation de puits de lumière, de baies vitrées et de façades transparentes permettrait de maximiser la lumière naturelle à l'intérieur du bâtiment, créant ainsi un environnement intérieur lumineux et agréable pour les athlètes et les visiteurs.



Figure 11. Stade principal. Source : Google image

IV.2.5 Synthèse de l'exemple 1

- Le Centre sportif de Nantong est un complexe architectural moderne et fonctionnel destiné aux athlètes et aux amateurs de sport.
- Il offre un large éventail d'installations sportives de haute qualité avec un design esthétique épuré.
- Les espaces intérieurs sont bien organisés, permettant la pratique de divers sports, tandis que les espaces extérieurs comprennent des espaces verts, des zones de repos et des voies de circulation fluides.

- La conception du centre accorde également une grande importance à l'utilisation de matériaux durables et écologiques.
- Le Centre sportif de Nantong est un exemple réussi d'architecture sportive qui allie fonctionnalité et esthétique tout en favorisant le bien-être des utilisateurs.

IV.3 Exemple 2 : Complexe olympique de Montréal, Canada [19]

IV.3.1 Fiche technique et présentation du projet :

Le complexe olympique de Montréal a été réalisé à l'occasion des Jeux Olympiques de 1976. Situé dans le quartier Hochelaga-Maisonneuve, il comporte trois unités principales destinées à accueillir 10 000 athlètes.

L'ensemble du complexe olympique est intégré de manière harmonieuse dans un vaste espace paysager, offrant des zones de repos et de détente, ainsi que des voies de circulation fluides pour les spectateurs et les athlètes.

Roger Taillibert l'architecte du projet a également mis l'accent sur l'utilisation de matériaux durables et écologiques, visant à créer une infrastructure pérenne et respectueuse de l'environnement.



Figure 12. Le Stade olympique de Montréal. Source : <https://www.lapresse.ca/voyage/destinations/quebec/montreal/201112/19/01-4479279-le-stade-olympique-symbole-de-montreal-a-letranger.php>

IV.3.2 La conception architecturale

L'architecte français Roger Taillibert, renommé pour sa longue expérience et ses innovations dans le domaine des constructions sportives, est le concepteur de ce complexe. Sa vision architecturale se caractérise par l'utilisation audacieuse de formes organiques et de structures en béton précontraint.

L'ensemble du complexe olympique est intégré de manière harmonieuse dans un vaste espace paysager, offrant des zones de repos et de détente, ainsi que des voies de circulation fluides pour les spectateurs et les athlètes.

Roger Taillibert a également mis l'accent sur l'utilisation de matériaux durables et écologiques, visant à créer une infrastructure pérenne et respectueuse de l'environnement.

Le centre s'étend le long d'un lac artificiel qui relie les trois corps de bâtiment qui le composent : un stade, une salle multifonctionnelle et une piscine rectangulaire. Situé dans un contexte vert avec des parcours de liaison piétonniers, l'ensemble ressemble à un parc à l'anglaise avec toutefois les éléments typiques du jardin traditionnel chinois.

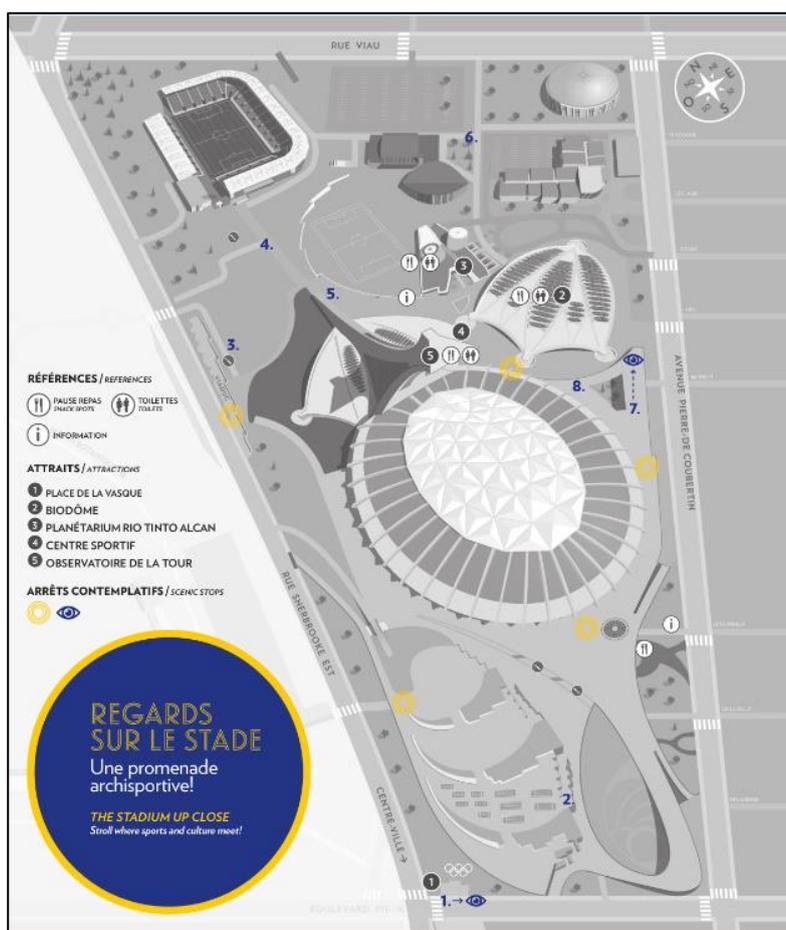


Figure 13. Plan de masse du complexe olympique de Montréal. Source : <https://parcolympique.qc.ca/regards/>

Le complexe comprend plusieurs installations notables :

1. **Le Stade olympique** : Surnommé "Le Big O" en raison de sa forme et de son coût, ce stade possède un toit rétractable unique soutenu par une tour inclinée de 175 mètres, la plus haute tour inclinée au monde.
2. **Le Vélodrome** : Initialement conçu pour les compétitions de cyclisme sur piste, il a été transformé après les Jeux en un biodôme abritant divers écosystèmes.
3. **Le Centre sportif** : Incluant une piscine olympique et des installations pour la pratique de nombreux sports aquatiques.

IV.3.3 La durabilité et la technologie du projet :

Le complexe utilise des techniques avancées de béton précontraint, permettant des structures légères et résistantes. Le stade olympique possède un toit rétractable soutenu par une tour inclinée de 175 mètres, et un système de ventilation avancé assure le confort des utilisateurs.

Les matériaux durables, tels que le béton précontraint, ont été utilisés pour leur longévité. Les installations ont été adaptées à de nouveaux usages, comme la transformation du vélodrome en Biodôme, et des systèmes de gestion des eaux pluviales ont été intégrés pour minimiser l'impact environnemental.

Le complexe réduit son empreinte carbone en utilisant des matériaux locaux et optimisant l'efficacité énergétique. Il est entouré d'espaces verts pour améliorer l'esthétique et la biodiversité, et respecte les normes d'accessibilité, assurant l'inclusion de tous les utilisateurs.

IV.3.4 Le programme

Le programme du complexe est présenté sur le tableau suivant ;

Tableau 44. Tableau programme, source auteur

espaces	surface Unitaire m²	nombre	surface total m²
Stade polyvalent	7500	1	7500
Vestiaires	3500	1	3500
Salle omnisport	2500	2	5000
Piscine olympique	1500	2	3000
Salle de basketball	2500	2	5000
Salle le handball	200	1	200
Salle de tennis	400	1	400
Terrain de rugby	300	1	300

Salle de sons	260	1	260
bowling	200	1	200
Salle de réception	700	1	700
Salle de musculation	1200	1	1200

IV.3.5 Synthèse de l'exemple 2

- Le Complexe olympique de Montréal est un site emblématique qui comprend le Stade olympique, avec son dôme en forme de parachute et sa tour inclinée.
- Il est un exemple notable du modernisme brutaliste, caractérisé par son utilisation de béton brut et de formes géométriques audacieuses.
- La structure du dôme est un exploit d'ingénierie avec un système de poutres et de câbles et un revêtement qui permet à la lumière naturelle de pénétrer.
- Le complexe est bien intégré dans le paysage urbain de Montréal et offre des installations polyvalentes qui accueillent divers événements.
- Le Complexe olympique reste un monument architectural important pour la ville et continue de jouer un rôle central dans la vie culturelle et sportive de Montréal.

IV.4 Exemple 03 : Complexes sportifs ASPIRE Khalifa Sport City (Qatar) [20]

IV.4.1 Fiche technique et présentation du projet :

- Lieu : Doha, Qatar
- Année de création : 2003
- Événements majeurs : Centre pour les Jeux asiatiques de 2006
- Superficie : 130 hectares
- Description : Le complexe sportif ASPIRE Khalifa Sport City, situé à Doha, Qatar, a été créé en 2003 juste avant l'ouverture de l'Aspire Académie. Il a servi de centre pour les Jeux asiatiques de 2006. Le complexe s'étend sur une superficie impressionnante de 130 hectares, offrant ainsi un vaste espace pour une variété d'installations sportives et d'événements.



Figure 14. COMPLEXE ASPIRE KHALIFA. Source : <https://www.behance.net/gallery/17745947/Aspire-Sports-Academy>

IV.4.2 La conception architecturale du projet

La conception architecturale du projet s'articule autour de deux axes principaux : un axe Nord-Sud, formé par la voirie existante réaménagée, qui assure la desserte et l'accessibilité, et un axe Est-Ouest qui confère stabilité et équilibre à l'ensemble. La tour centrale, élément clé du projet, facilite son identification de jour comme de nuit, servant ainsi de point de repère dans la ville. Le plan de masse révèle deux éléments significatifs : la connexion des centres des trois zones du projet forme un triangle, en référence au drapeau national du Qatar, et l'axe de symétrie Est-Ouest renforce l'équilibre du complexe. Inspirée de la culture et du patrimoine qatari, la forme

générale du complexe évoque une tente bédouine, symbole de la culture nomade du Qatar. La structure en acier et en toile blanche rappelle la légèreté et la flexibilité des tentes traditionnelles. Enfin, le complexe, situé au cœur de l'Aspire Zone, un quartier dédié au sport et à l'éducation, s'intègre harmonieusement dans le paysage désertique environnant, créant ainsi un repère visuel unique

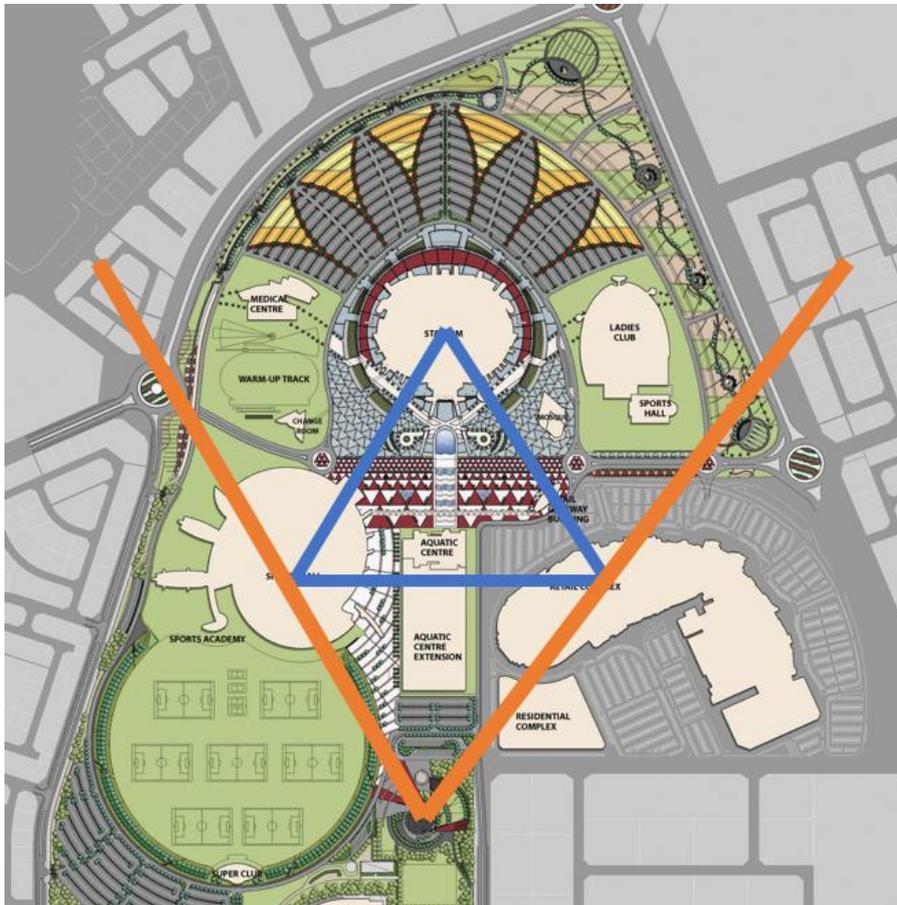


Figure 15. Plan d'ensemble du complexe sportif Aspire Khalifa. Source : <https://www.behance.net/gallery/17745947/Aspire-Sports-Academy>, Auteur

Le complexe Aspire Khalifa comprend les installations sportives suivantes :

Stade Khalifa : Un stade de football ultramoderne de 40 000 places, qui a accueilli la finale de la Coupe du Monde de la FIFA 2022.

Académie Aspire : Un centre d'entraînement de pointe pour les jeunes athlètes, doté de terrains de football, de piscines, de salles de sport et d'autres installations.

Aspire Dôme : Une salle multisports intérieure pouvant accueillir jusqu'à 15 000 personnes, utilisée pour des événements sportifs tels que le handball, le basketball et le tennis.

Aspire Zone : Un vaste espace extérieur dédié à la pratique du sport et des loisirs, comprenant des pistes de course, des terrains de tennis et de basketball, et des aires de jeux pour enfants.

IV.4.3 La durabilité et la technologie du projet :

L'Aspire Khalifa Complexe Sportif met l'accent sur la durabilité et l'innovation technologique

pour minimiser son impact environnemental et offrir une expérience optimale aux athlètes et aux visiteurs. Le complexe utilise les conditions climatiques locales pour réduire la consommation d'énergie, avec l'orientation du bâtiment, les matériaux réfléchissants et la ventilation naturelle minimisant les besoins de chauffage et de refroidissement. Les systèmes d'éclairage LED, les appareils énergétiques à haut rendement et les pratiques intelligentes de gestion de l'énergie contribuent à l'efficacité énergétique. Des systèmes de recyclage de l'eau et d'irrigation goutte à goutte sont utilisés pour minimiser la consommation d'eau. Des matériaux durables et locaux comme l'aluminium recyclé et la pierre naturelle sont utilisés dans la construction. Des programmes de gestion des déchets sont mis en œuvre pour réduire les déchets envoyés dans les décharges. Le complexe est équipé de technologies spécifiques au sport, telles que des pistes d'athlétisme ultramodernes, des bases de sites de compétition et des systèmes d'analyse des performances. Les technologies de l'information et de la communication comprennent les réseaux Wi-Fi haut débit, les systèmes de sonorisation et les bornes de recharge numériques. Les mesures de sécurité comprennent des caméras de surveillance, des systèmes de contrôle d'accès et des technologies de détection d'intrusion. Les systèmes de gestion intelligente des bâtiments optimisent l'éclairage, la climatisation, la ventilation et d'autres systèmes complexes.

IV.4.4 Programme du projet :

- **Khalifa International Stadium** : Capacité de 40 000 places.
- **Aspire Dôme** : Surface totale de 112 000 m², capacité de 15 500 sièges.
- **Hamad Aquatic Center** : Capacité de 4 500 spectateurs
- **Aspire Park** : Surface de 88 hectares
- **Villaggio Mall** : Grand centre commercial avec des canaux intérieurs et des gondoles
- **Aspetar** : Hôpital de médecine sportive spécialisé
- **Aspire Academy** : Comprend des salles de classe, laboratoires, dortoirs, bibliothèque, amphithéâtre et centre médical
- **Mosquée** : Surface de 1 460 m², capacité de 850 personnes (700 hommes et 150 femmes)
- **Al Aziziyah Boutique Hotel** : Hébergement pour les équipes sportives en camp d'entraînement
- **Ladies Club** : Club de loisirs pour femmes, réparti sur trois niveaux

IV.4.5 Synthèse de l'exemple 3

Le Complexe Sportif Khalifa est un exemple remarquable d'architecture moderne appliquée aux infrastructures sportives. Sa conception allie esthétique, fonctionnalité et durabilité, intégrant des technologies de pointe pour offrir une expérience optimale aux spectateurs et aux athlètes.

IV.5 Conclusion

Ce chapitre présente une analyse approfondie de trois exemples de complexes sportifs mondialement connus. L'analyse a révélé que la conception d'un complexe sportif représente un grand défi sur les plans environnemental, social, économique et conceptuel. La conception d'un complexe sportif doit prendre en compte plusieurs points essentiels. Le projet doit refléter les traditions, le type de sport et la culture de la région, et doit être emblématique de cette

dernière. L'intégration du projet doit se faire en harmonie avec le paysage existant, en tirant le meilleur parti de l'environnement naturel. L'utilisation des énergies renouvelables et des stratégies durables est cruciale. De plus, vu la complexité et l'ampleur du projet, la technologie joue un rôle essentiel dans la gestion et l'exploitation efficaces du complexe.

V. Chapitre 3 : Etude contextuelle

V.1 Introduction

À travers ce chapitre, nous présenterons une vue d'ensemble de la Wilaya de Guelma et effectuerons un diagnostic pour évaluer le secteur du sport dans cette région. Nous identifierons les principaux problèmes auxquels ce secteur est confronté afin de proposer des solutions appropriées.

Ensuite, nous procéderons à une analyse sur le terrain pour mieux intégrer le projet proposé. À partir de cette analyse et de l'examen des exemples, nous élaborerons le programme de surface étudié.

V.2 Présentation de la ville de Guelma :

Situation géographique de la ville de Guelma

V.2.1 a. À l'échelle nationale :

Guelma est une wilaya située dans l'est de l'Algérie. Elle se trouve à une altitude de 290 mètres, à 537 kilomètres d'Alger, à 60 kilomètres de la mer Méditerranée et à 150 kilomètres de la frontière tunisienne. Sa superficie est de 4 101 km².



Figure 16. Situation géographique de la ville de Guelma en Algérie. Source: Google image

V.2.2 b. A l'échelle régionale :

La ville de Guelma est située au carrefour de grandes villes telles qu'Annaba, Skikda et Constantine. Elle est bordée au nord par Annaba (à 65 km), au nord-est par El-Tarf, au nord-ouest par Skikda, à l'ouest par Constantine (à 46 km), au sud par Oum El-Bouaghi et à l'est par Souk Ahras.

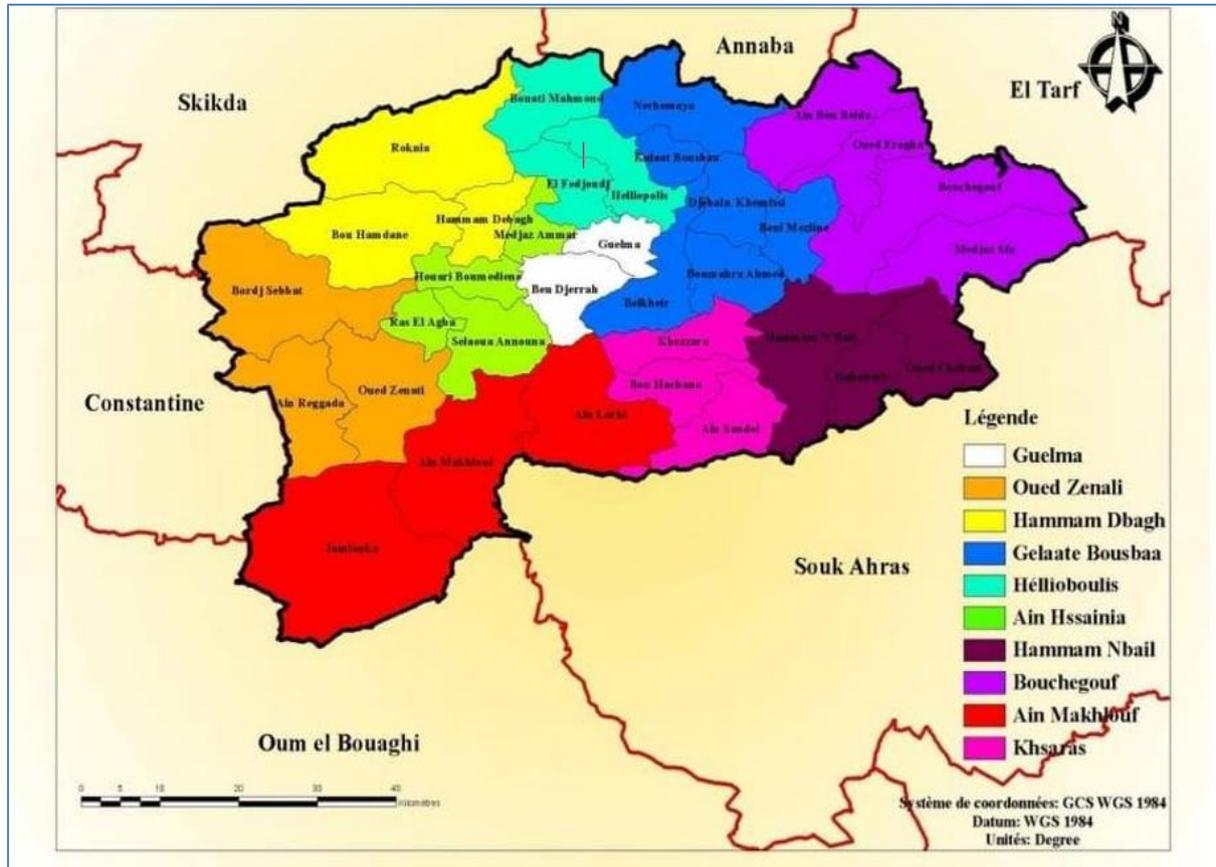


Figure 17. : La situation de Guelma à l'échelle régionale. Source: Google image

V.2.3 c. À l'échelle locale :

Guelma se trouve au cœur d'une grande région agricole, entourée de montagnes telles que Maouna, Dbegh et Houara, ce qui lui vaut le surnom de "ville assiette". Elle est délimitée comme suit :

- Au nord par la daïra de Héliopolis et la commune d'El Fedjouj.
- À l'est et au sud-est par la commune de Belkhir.
- Au sud-ouest par la commune de Ben Djerah.
- À l'ouest par la commune de Medjaz Ammar.

V.2.4 d. Le relief :

La géographie de la wilaya de Guelma se caractérise par un relief diversifié. Son relief se décompose comme suit :

- Montagnes : 37,82 %
 - Maouna (Ben Djerrah) : 1 411 m d'altitude
 - Houara (Ain Ben Beidha) : 1 292 m d'altitude
 - Taya (Bouhamdane) : 1 208 m d'altitude
 - D'bagh (Hammam Debagh) : 1 060 m d'altitude
- Plaines et Plateaux : 27,22 %
- Collines et Piémonts : 26,29 %
- Autres : 8,67 %



Figure 18. Les montagnes à la ville de Guelma.

V.3 Analyse climatique de la ville de Guelma

V.3.1 Le climat de la ville de Guelma

Le climat de Guelma est de type méditerranéen, caractérisé par des étés chauds et secs et des hivers doux et humides. Les températures estivales peuvent atteindre jusqu'à 35°C, tandis que les hivers voient des températures moyennes autour de 10°C. Les précipitations sont principalement concentrées entre les mois d'octobre et de mars, avec des chutes de neige occasionnelles sur les hauteurs environnantes. Ce climat favorable contribue à l'agriculture prospère de la région et offre un environnement agréable pour les habitants et les visiteurs.

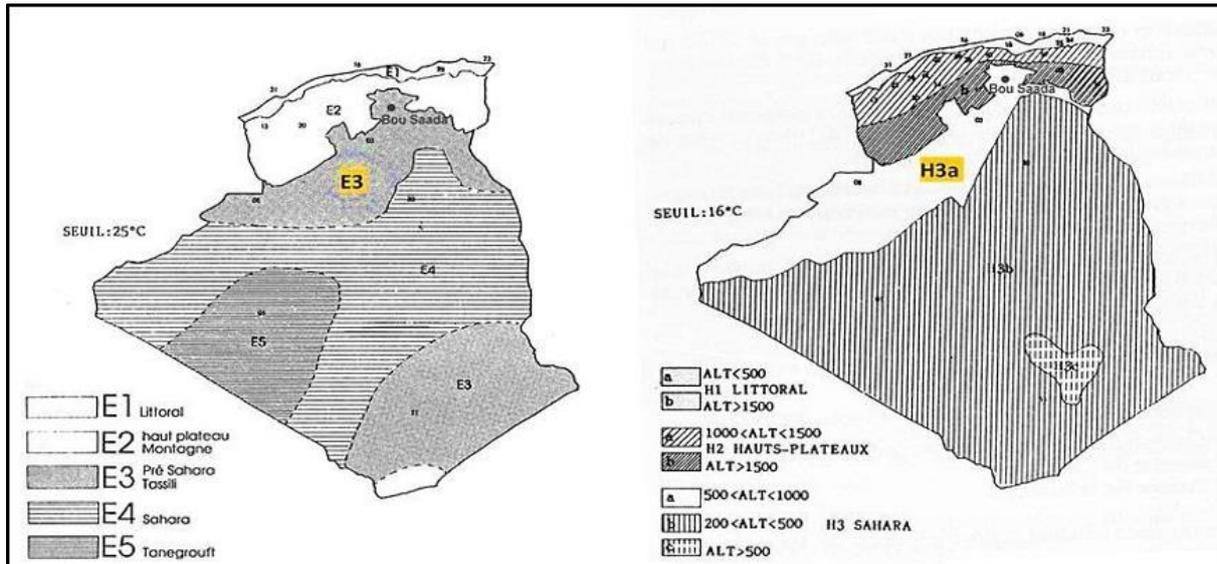


Figure 19. La classification du climat de la ville de Guelma. Source : cour « Introduction aux climats », Mme BENHARRA H.

V.3.2 Température

La ville de Guelma bénéficie d'une température moyenne annuelle de 14 °C, avec des variations saisonnières marquées. Les températures annuelles maximales peuvent grimper jusqu'à 34°C, tandis que les minimales peuvent chuter jusqu'à -7°C. Le mois le plus chaud de l'année est généralement juillet, avec des pics de chaleur atteignant jusqu'à 37°C. En revanche, les mois les plus froids sont ceux d'avril, où les températures peuvent descendre jusqu'à -7°C, entraînant parfois des effets de gel. Cette amplitude thermique caractérise le climat de Guelma, offrant des étés chauds et des hivers modérément froids.

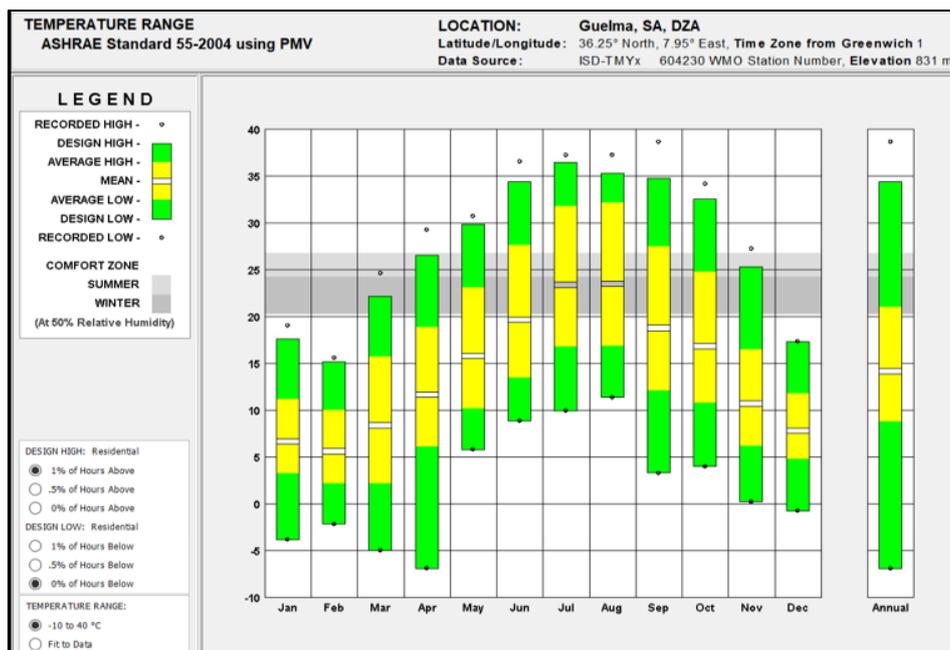


Figure 20. Graphe des variations des températures mensuelles et annuelles de Guelma.

Source : « Climat consultant 6.0 »

V.3.3 Précipitations

La répartition des précipitations à Guelma se caractérise par une saison sèche pendant l'été, avec un minimum de seulement 2,6 mm enregistré en juillet. Les autres saisons connaissent des précipitations considérables, avec un total annuel de 688,3 mm et un maximum de 137,7 mm enregistré en décembre. Près de 57% de cette pluviométrie est enregistrée pendant la saison humide. Cette distribution des précipitations contribue à soutenir l'agriculture locale et à maintenir la biodiversité de la région.

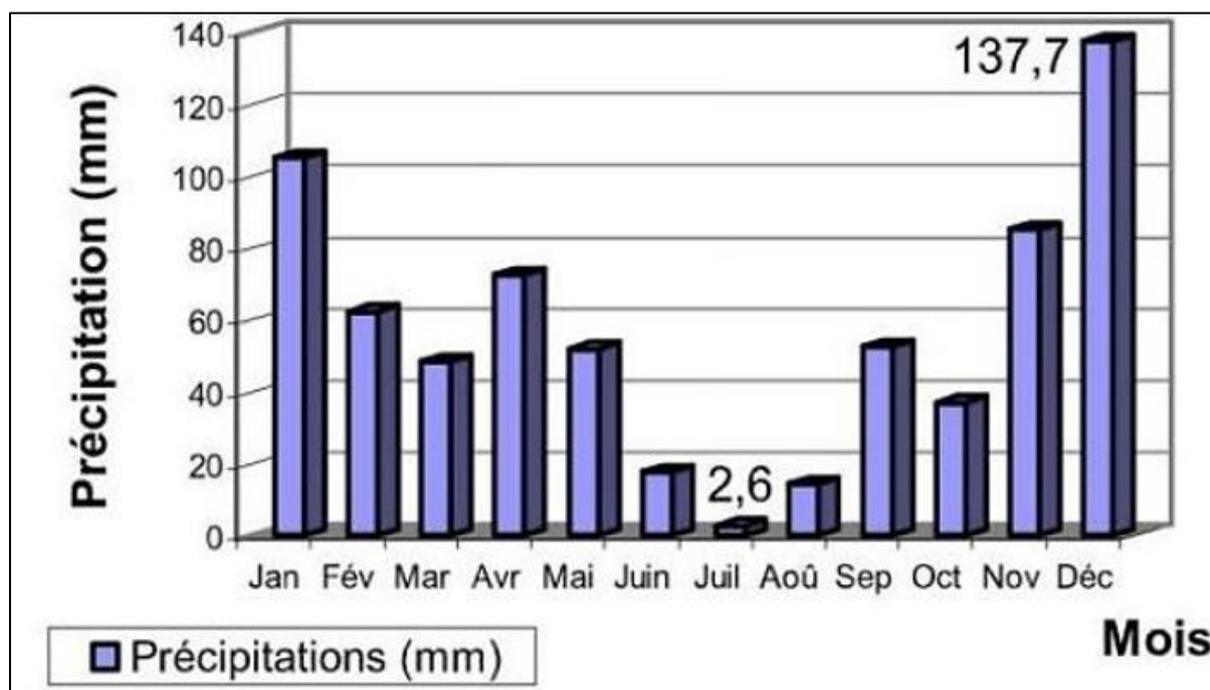


Figure 21. Graphe de variations des précipitations mensuelles. Source : Thèse Ghechi Imane 2018.

V.3.4 Insolation

Le nombre d'heures d'ensoleillement pendant les périodes chaudes dépasse généralement les 10 heures par jour à Guelma. L'insolation totale mensuelle est considérable, avec une moyenne de 243,3 heures de soleil par mois. Le minimum est enregistré en janvier, avec 160,9 heures, tandis que le maximum est atteint en juillet, avec 353 heures d'ensoleillement. Cette abondance de lumière solaire contribue à la chaleur estivale caractéristique de la région et favorise la croissance des cultures pendant les saisons chaudes.

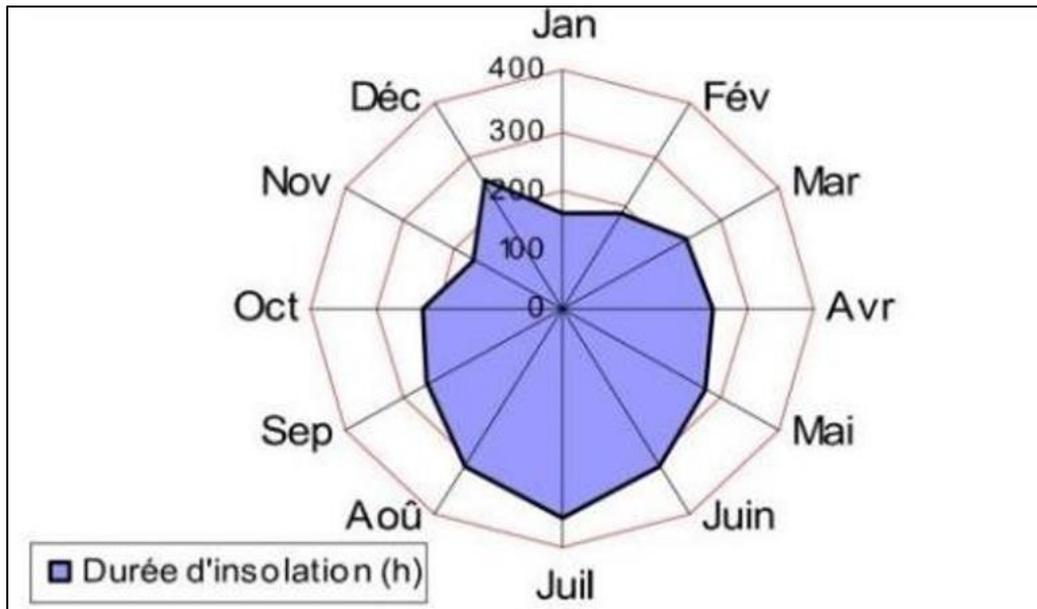


Figure 22. Variation de durée d'insolation mensuelle Source : Thèse Ghechi Imane 2018.

V.3.5 Diagramme solaire de Guelma

Pour déterminer la trajectoire annuelle apparente du soleil dans la ville de Guelma, on se réfère au diagramme solaire, ce qui nous permet d'obtenir des résultats variables en fonction des hauteurs et des azimuts solaires.

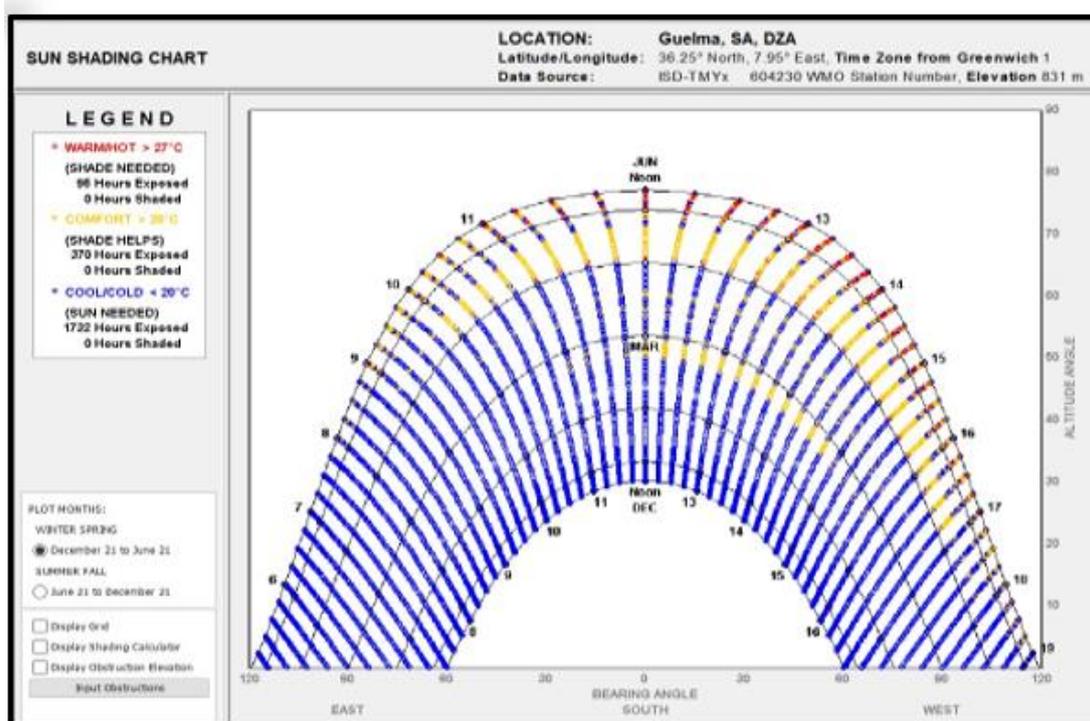


Figure 23. Diagramme solaire de Guelma période Hiver/Printemps. Source : « Climat consultant 6.0 »

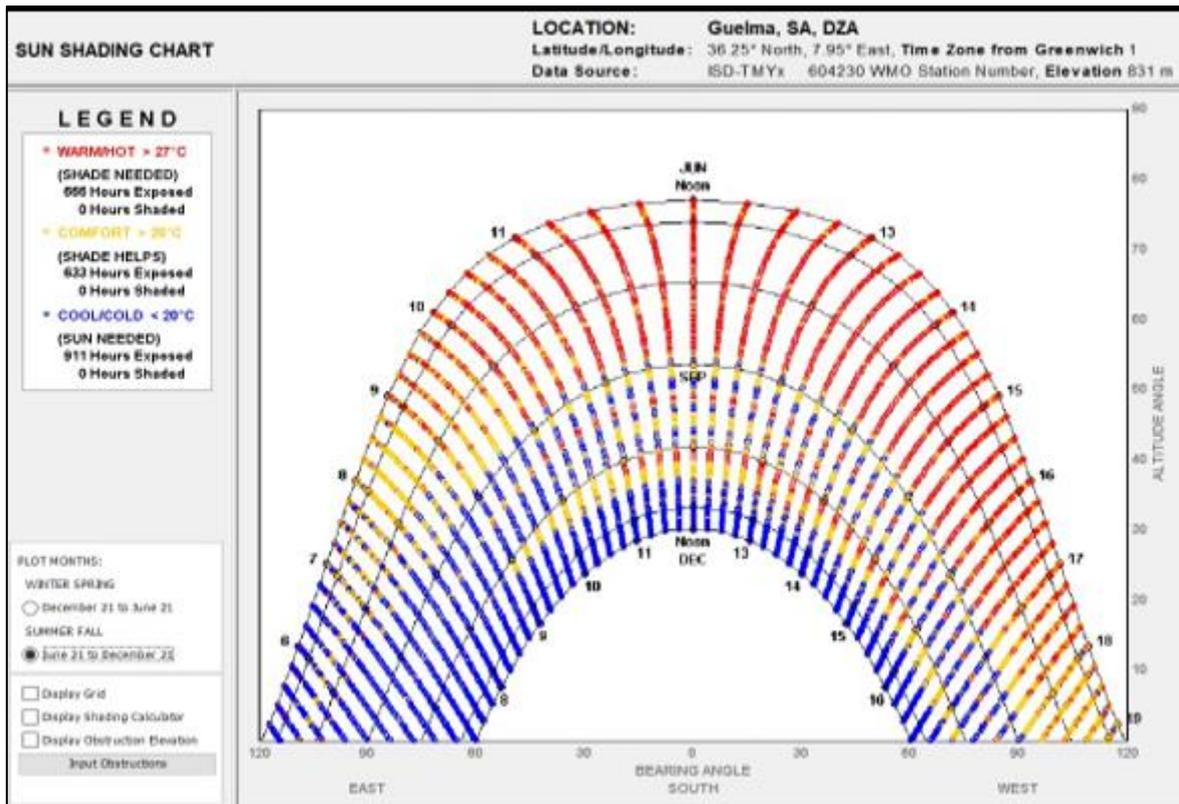


Figure 24. Diagramme solaire de Guelma période été/automne. Source : « Climat consultant 6.0 »

• Les deux graphiques précédents représentent les cartes d'ombrage du soleil dans la ville de Guelma pendant les périodes hiver/printemps et été/automne. Voici les observations :

- Pendant la période hiver/printemps, la plupart des températures sont inférieures à 20°C. Il est donc nécessaire de maximiser la capture des rayons solaires pour atteindre la zone de confort thermique.
- Pendant la période été/automne, la plupart des températures dépassent les 27°C. Il est donc essentiel de se protéger au maximum des rayons solaires pour maintenir un niveau de confort thermique optimal.

V.3.6 Température de sol :

Dans cette représentation, on observe une corrélation entre la profondeur sous terre et la température du sol tout au long de l'année :

- En été, la température du sol est plus élevée à des profondeurs plus importantes.
- En hiver, la température du sol diminue avec une profondeur moindre.

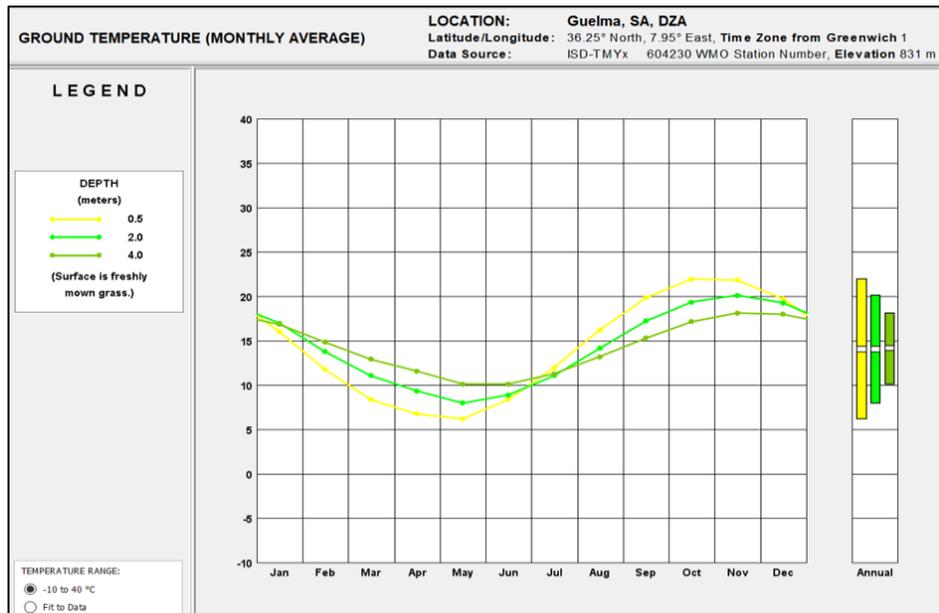


Figure 25. Graphe de variations mensuelles de la température du sol. Source : « Climat consultant 6.0 »

V.3.7 Vitesse et direction de vents :

Le graphe illustre l'intervalle de la vitesse du vent dans la ville de Guelma au cours de l'année, avec les données suivantes :

- La vitesse moyenne annuelle est d'environ 4 m/s.
- La vitesse maximale enregistrée est de 7 m/s.
- La vitesse minimale est de 1 m/s.

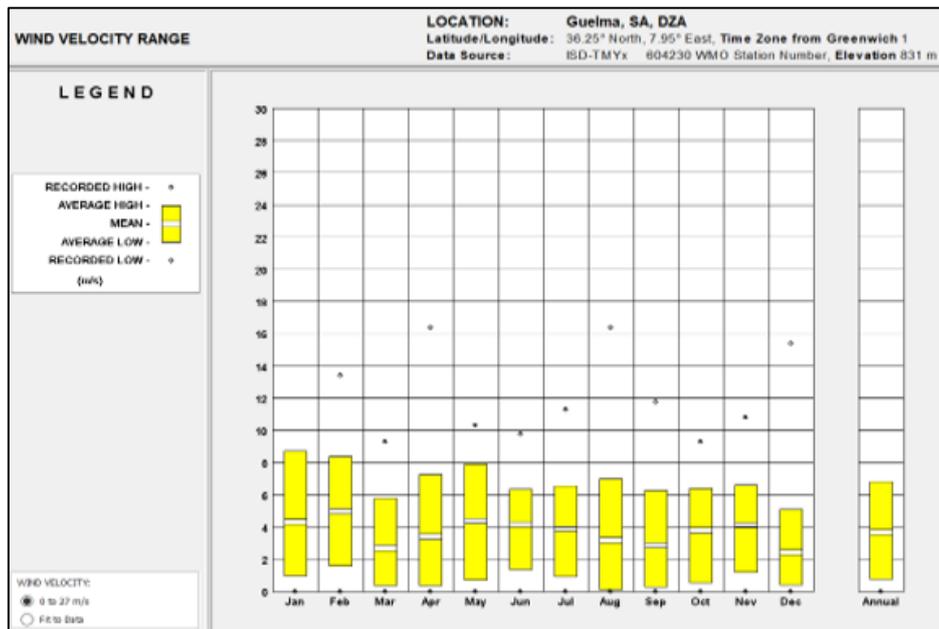


Figure 26. Graphe de variation de vitesse des vents mensuelle. Source : « Climat consultant 6.0 »

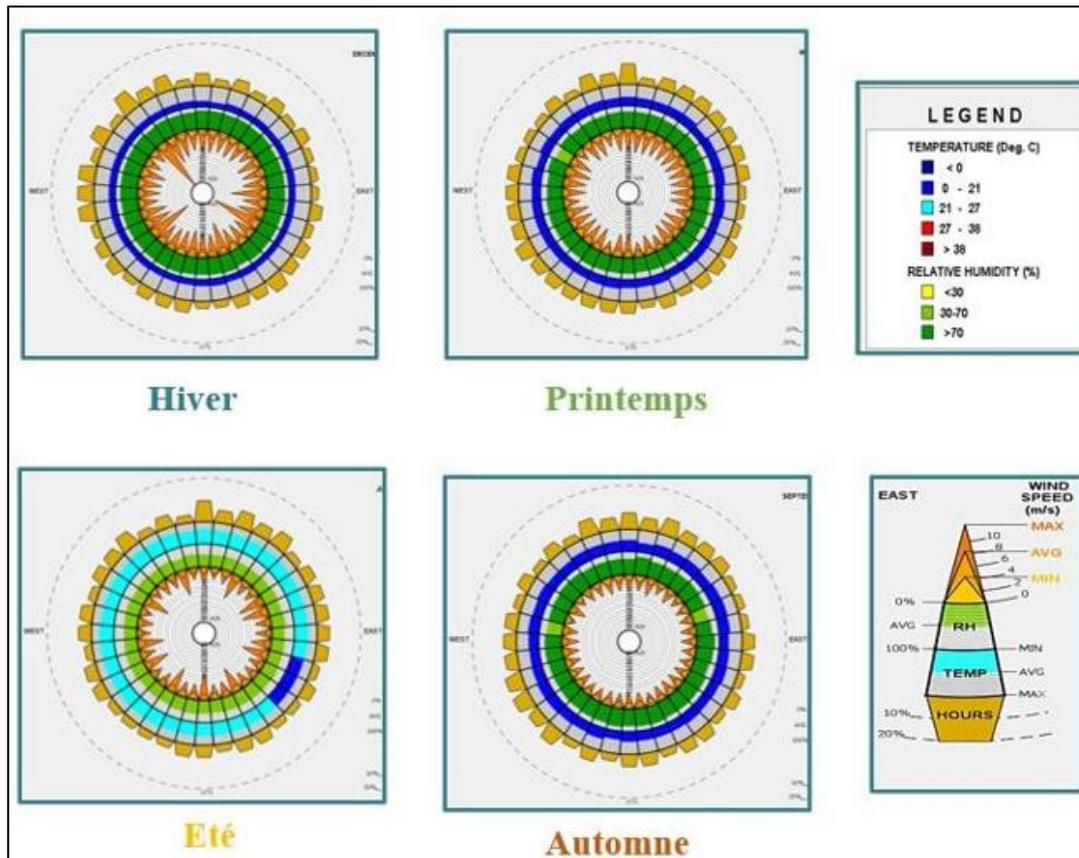


Figure 27. La rose du vent dans les 4 saisons de la wilaya de Guelma. Source : « Climat consultant 6.0 »

Ces graphes fournissent un résumé du mouvement des vents à travers les quatre saisons dans la ville de Guelma :

- En hiver : Les vents dominants proviennent principalement de l'Ouest et du Nord-Ouest, avec des températures variant entre 0°C et 21°C. L'humidité relative est généralement supérieure à 70%, accompagnée d'une vitesse de vent importante atteignant des valeurs maximales.
- Au printemps : Les vents viennent de toutes les directions, avec des températures variant également entre 0°C et 21°C. L'humidité relative reste élevée, dépassant souvent les 70%, et la vitesse du vent est en moyenne.
- En été : Les vents dominants proviennent principalement du Nord et du Nord-Est, ainsi que du Nord-Ouest, avec des températures variant entre 21°C et 27°C. L'humidité relative est généralement comprise entre 30% et 70%, et la vitesse du vent est moyenne.
- En automne : Les vents viennent également de toutes les directions, avec des températures oscillant entre 0°C et 21°C. L'humidité relative est modérée, entre 30% et 70%, et la vitesse du vent est minimale.

V.3.8 Analyse bioclimatique de la ville de Guelma :

Diagramme psychométrique

Ce graphique illustre le diagramme psychrométrique de la ville de Guelma, où chaque point

représente une heure de l'année. Les points verts signalent des heures confortables, tandis que les points rouges indiquent des heures inconfortables nécessitant chauffage ou climatisation.

Afin de rendre ces heures entièrement confortables, diverses stratégies (passives et actives) sont proposées. Ces stratégies optimales sont ensuite traduites en solutions architecturales utilisées dans la conception pour assurer un environnement intérieur agréable tout au long de l'année.

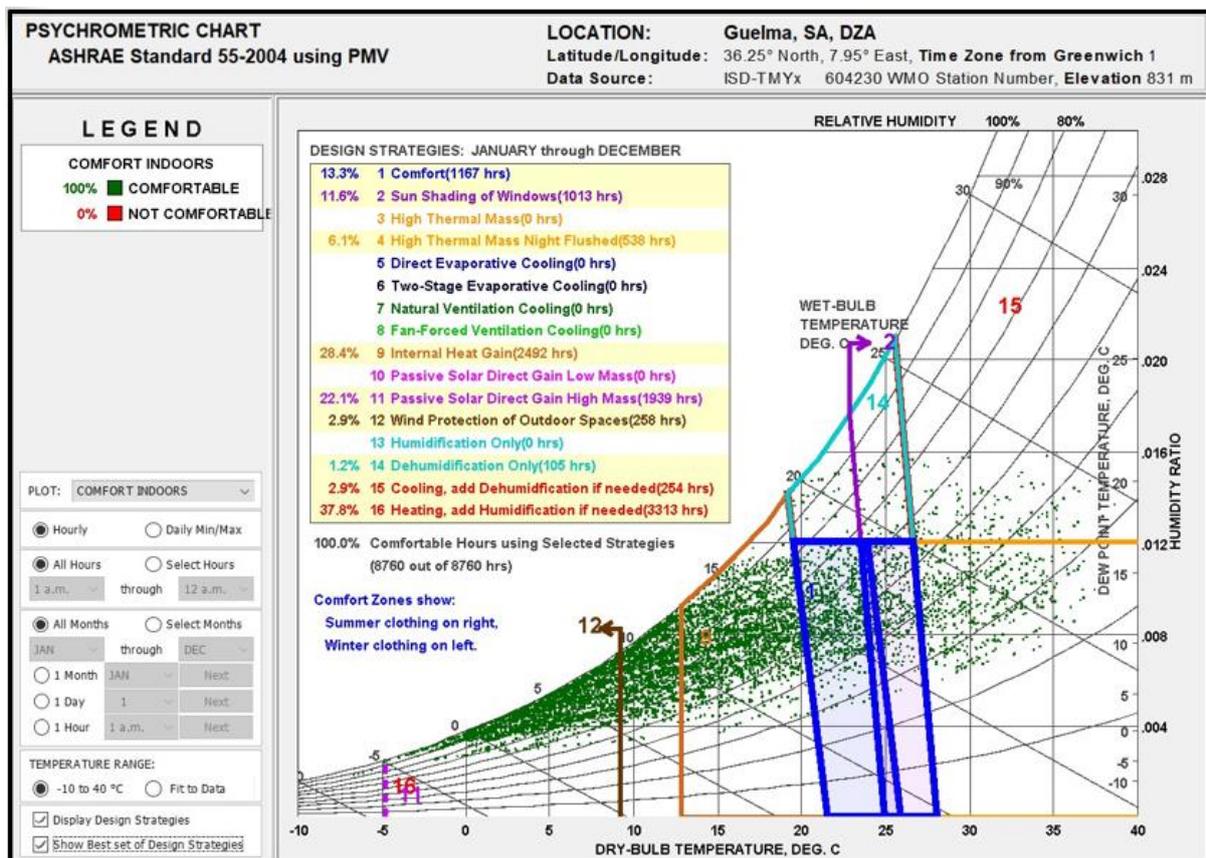


Figure 28. Diagramme psychrométrique de Guelma. Source : « Climat consultant 6.0 »

Ce graphique illustre le diagramme psychrométrique de la ville de Guelma, où chaque point représente une heure de l'année. Les points verts signalent des heures confortables, tandis que les points rouges indiquent des heures inconfortables nécessitant chauffage ou climatisation.

Afin de rendre ces heures entièrement confortables, diverses stratégies (passives et actives) sont proposées. Ces stratégies optimales sont ensuite traduites en solutions architecturales utilisées dans la conception pour assurer un environnement intérieur agréable tout au long de l'année.

V.4 Choix du terrain d'intervention

V.4.1 Motivation du choix

Après une analyse cartographique de la ville de Guelma en ce qui concerne les équipements sportifs, nous avons constaté que ces équipements existent, mais qu'ils sont insuffisants à

différentes échelles. À l'échelle des quartiers, il y a quelques terrains de football, mais à l'échelle de la ville, il manque un complexe sportif bien développé. Les seules infrastructures notables sont le complexe sportif Souidani Boujemma et le stade Abda Ali.

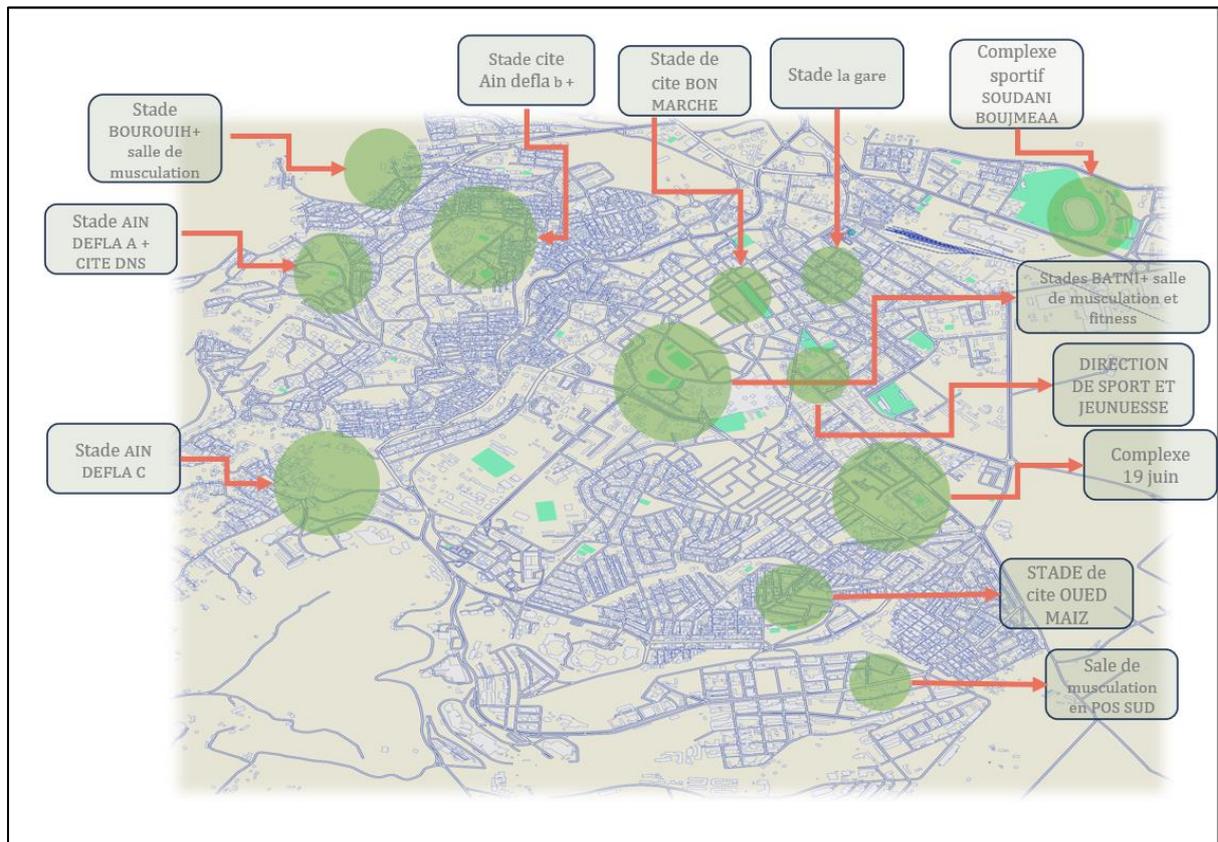


Figure 29. L'emplacement des équipements sportif dans la ville de Guelma .Source: Auteur

La conception du nouveau complexe sportif sera complémentaire aux infrastructures sportives existantes et sera située à proximité de celles-ci, dans la périphérie est de la ville. Donc pour la réalisation de notre complexe sportif, le terrain sélectionné se trouve à l'est, dans la « cité Khala Mohamed Lakhdar », de la wilaya de Guelma. Ce site, situé dans un environnement urbain naturel, offre un cadre idéal pour le développement du projet. Cette localisation permet de tirer parti des infrastructures sportives existantes tout en s'intégrant harmonieusement dans le tissu urbain et en offrant des vues agréables sur la nature.

D'autres critères du choix du terrain d'intervention : Superficie adéquate :

- Le terrain doit offrir une grande surface pour accueillir les diverses installations du complexe sportif, y compris les terrains, les bâtiments et les espaces verts.
- Proximité de la ville ou de la périphérie :
- Le terrain doit être situé soit à proximité de la ville, soit en périphérie, pour faciliter une meilleure intégration sociale et économique.

- Accessibilité facile :
 - Le terrain doit être facilement accessible par les moyens de transport public et privé, afin de permettre un accès facile pour les utilisateurs, le personnel et les visiteurs.
- Intégration sociale et économique :
 - Le terrain doit permettre une intégration harmonieuse dans le tissu urbain, favorisant la participation de la communauté locale et stimulant l'économie locale.
- Infrastructures et services disponibles :
 - Le terrain doit être bien desservi par les infrastructures existantes, telles que les routes, les réseaux d'eau, d'électricité et de communication.
- Environnement et durabilité :
 - Le terrain doit offrir des vues sur la nature et permettre la création d'un environnement vert et durable, bénéfique pour les utilisateurs et l'environnement.



Figure 30. L'emplacement du terrain d'intervention à Guelma. Source: Google maps, Auteur

V.4.2 L'analyse du terrain

Notre terrain est situé à proximité de la « cité Khalla Mouhamed Lakhdar » à l'ouest et de l'hôpital « Mère et Enfant » au sud-ouest. Il est délimité par deux voies principales : un boulevard à l'ouest et la RN 80 au nord. À l'est et au sud, il est bordé par des terres agricoles. Le terrain, d'une superficie de 26 hectares, est situé à la périphérie est de la ville. Bien ensoleillé, il bénéficie d'une excellente accessibilité grâce à sa proximité avec les grandes

routes.

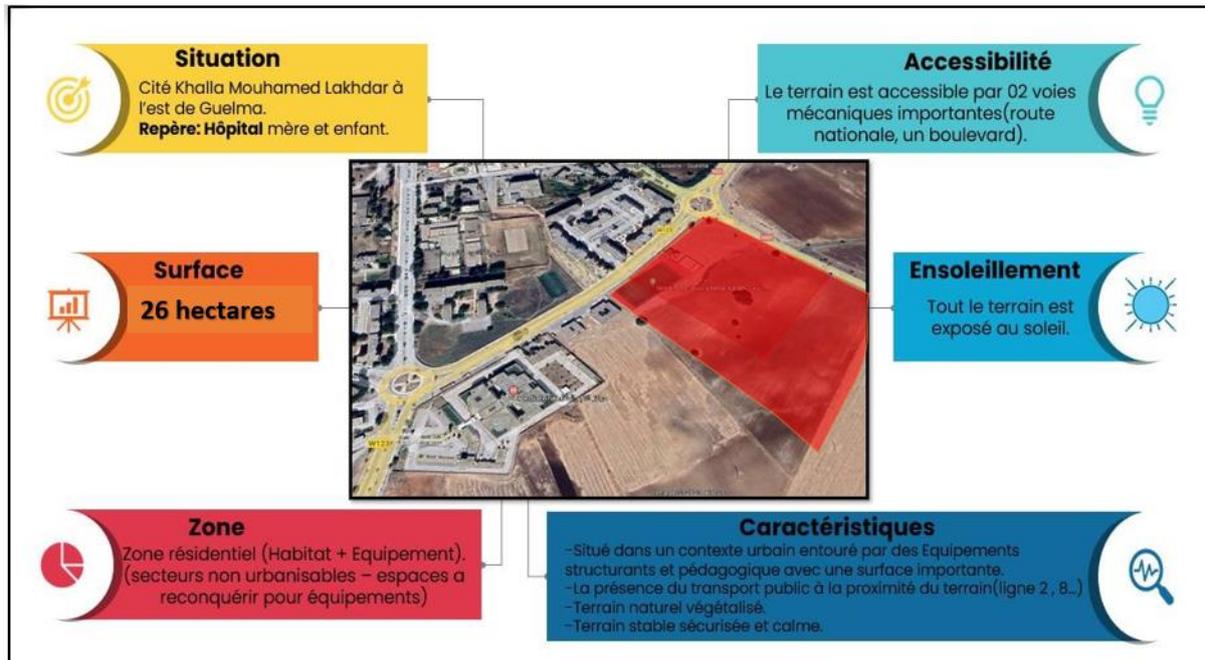


Figure 31. Informations géographiques du terrain d'intervention.



Figure 32. Informations géographiques du terrain d'intervention.

V.5 L'analyse microclimatique

V.5.1 Ensoleillement

Après vérification de l'orientation de notre terrain, nous avons constaté qu'il est bien exposé au soleil. La majeure partie de notre site est orientée vers le sud-est, une direction favorable, et il n'y a pas d'obstacles gênant l'ensoleillement.

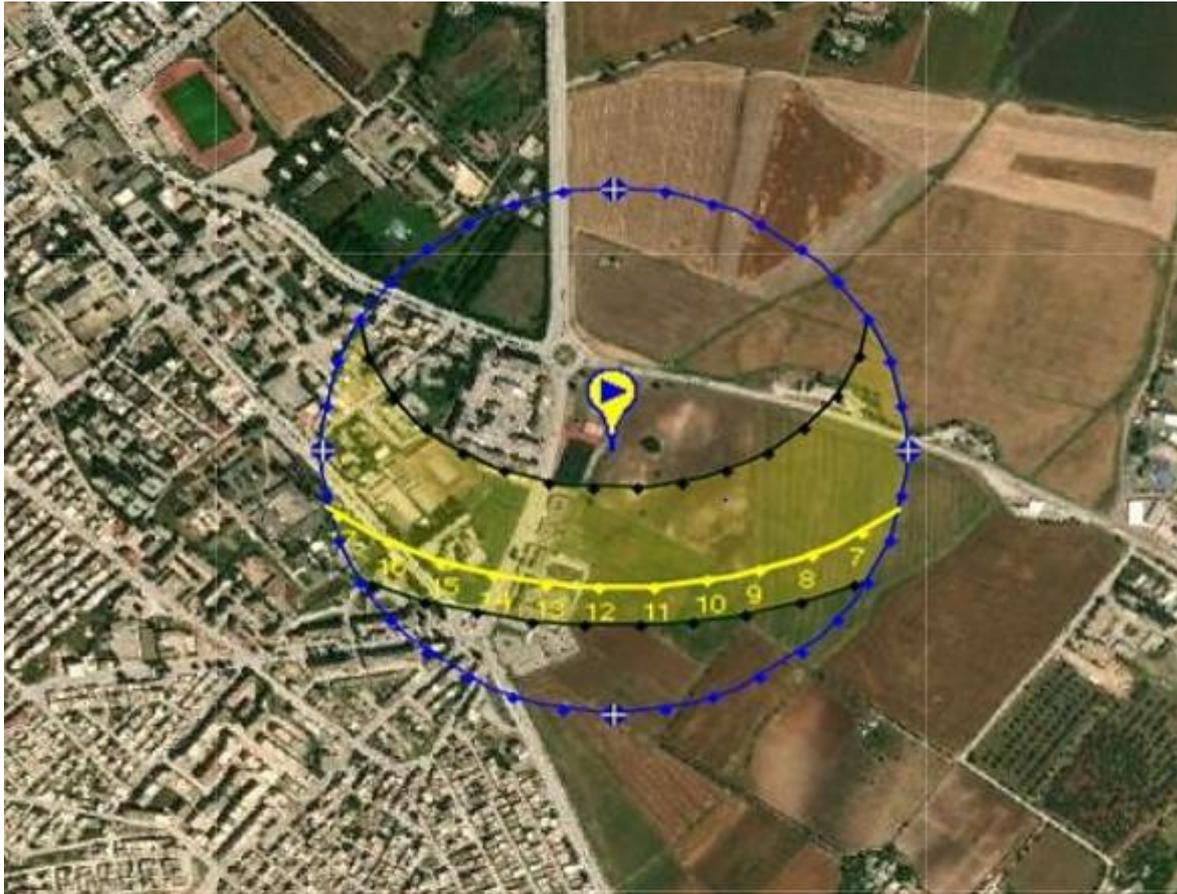


Figure 33. La course solaire. Source : www.sunearthtools.com.

V.5.2 Les vents dominants

On remarque que notre terrain est exposé aux vents dominants d'hiver et d'été provenant du nord-ouest et du sud-est, ainsi qu'aux brises d'été venant du nord-est. De plus, il n'y a pas d'obstacles qui protègent notre terrain de ces vents.

Par conséquent, nous pouvons utiliser la rose des vents de la ville de Guelma pour le site choisi. La rose des vents montre combien d'heures par an le vent souffle dans chaque direction. Par exemple, SO indique que le vent souffle du sud-ouest (SO) vers le nord-est (NE). Cet outil est précieux pour comprendre les conditions climatiques locales et leurs impacts sur le site, aidant ainsi à optimiser la conception architecturale et la disposition des bâtiments pour améliorer le confort et l'efficacité énergétique du complexe sportif.

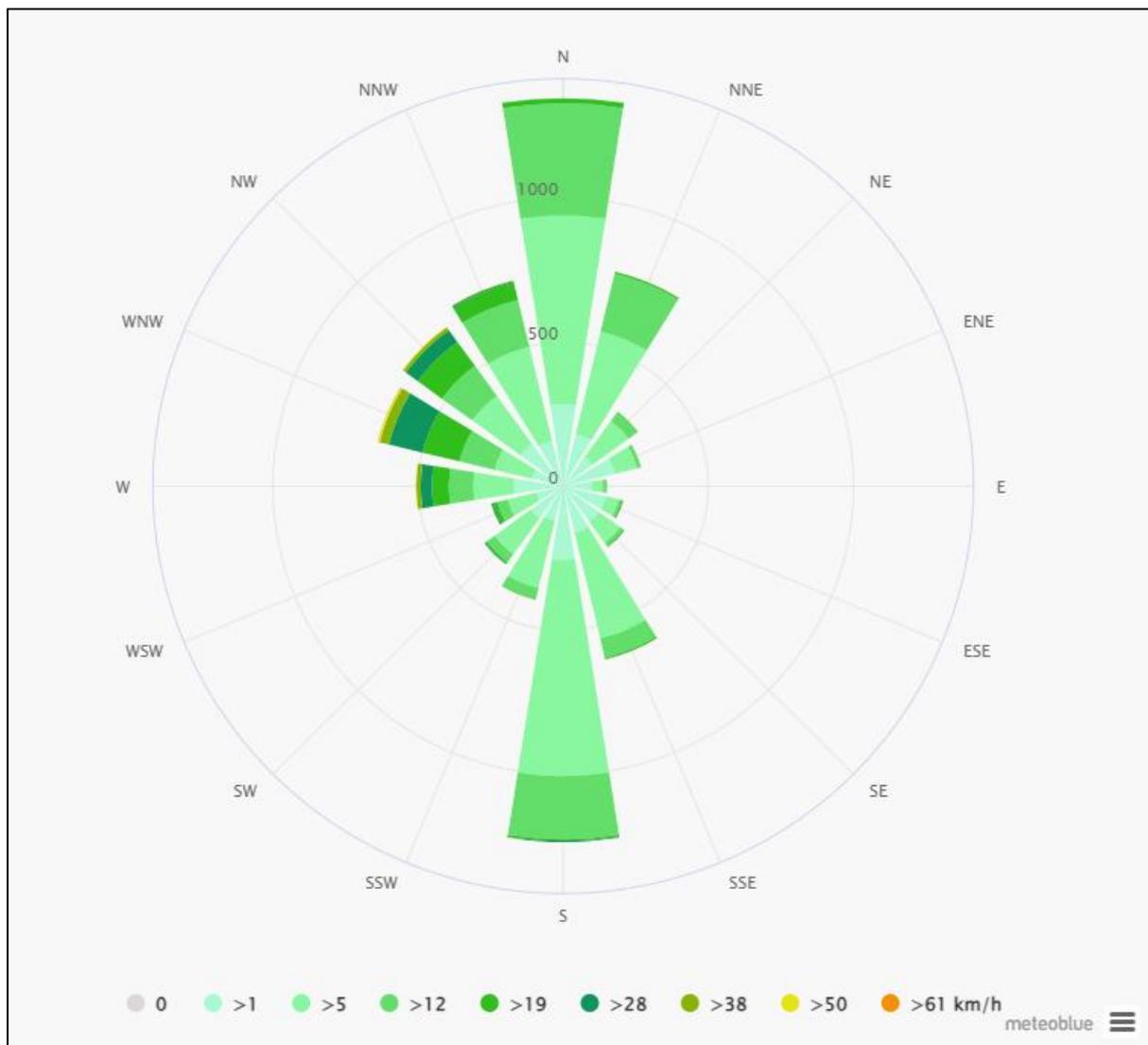


Figure 34. Rose des vents de la ville de Guelma. Source : https://www.meteoblue.com/fr/meteo/historyclimate/climatemodelled/guelma_algerie_2495662

V.5.3 Caractéristiques du terrain choisi

Le terrain destiné à l'implantation du complexe sportif présente une forme géométrique régulière et s'étend sur une superficie de 26 hectares. De nature argileuse, il offre une bonne assise pour la construction. Situé à proximité de grandes cités résidentielles et d'un équipement de santé, ce terrain bénéficie également de la présence des installations VRD (Voirie et Réseaux Divers), facilitant ainsi son aménagement et son intégration dans l'environnement urbain.

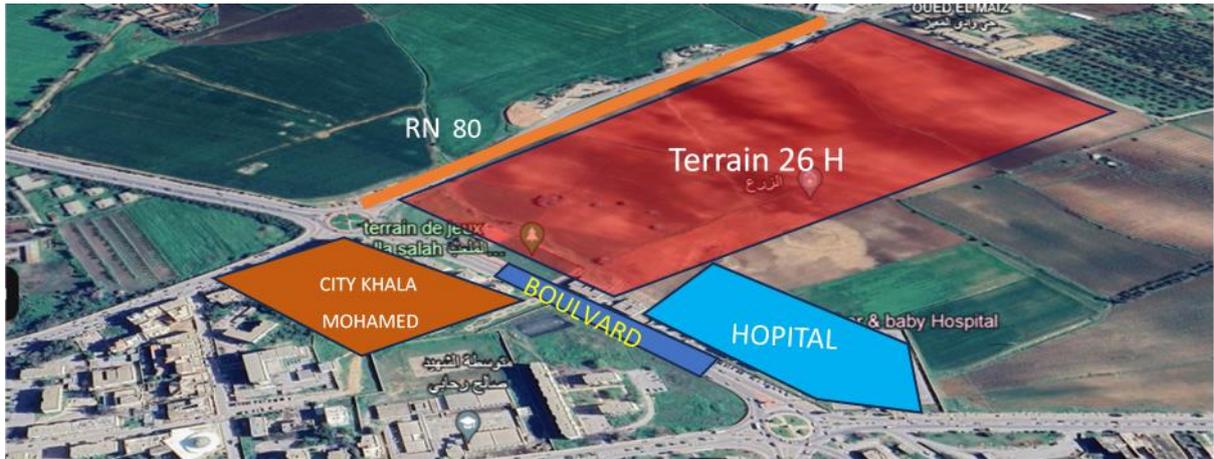


Figure 35. Présentation du terrain d'implantation. Source: Auteur, Google Earth.

Les pentes transversale et longitudinale du terrain présentent de faibles pourcentages, avec des valeurs moyennes respectives de 2,8° et 1,9°. Cela permet une implantation plane du projet, avec l'ajout de quelques rampes douces ou de grandes marches dans l'aménagement extérieur pour faciliter la circulation et l'accessibilité.

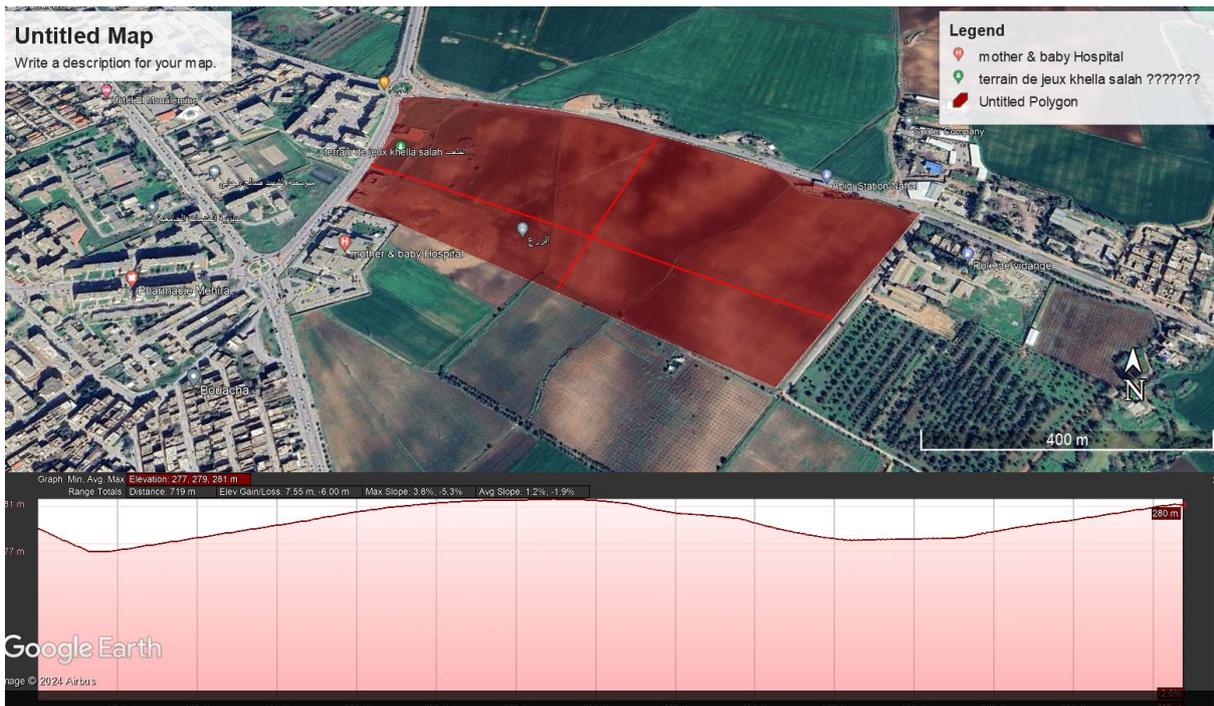


Figure 36. Coupe topographique longitudinale du terrain. Source: Auteur, Google Earth.

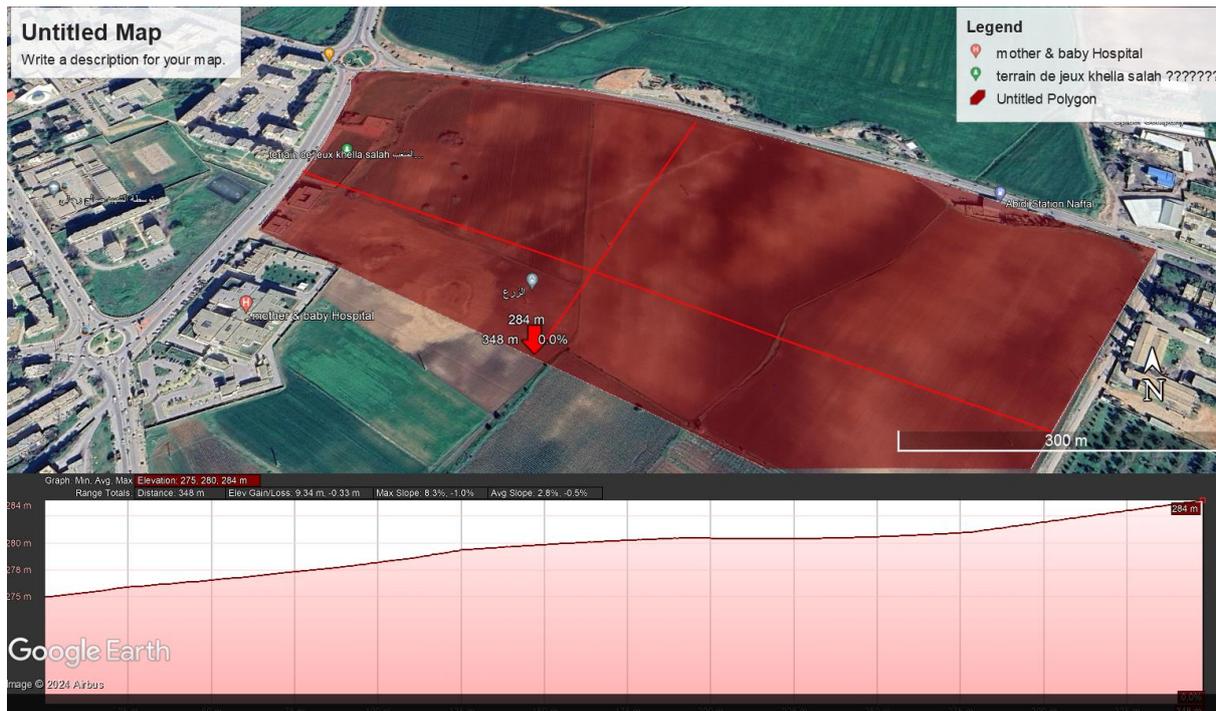


Figure 37. Coupe topographique transversale du terrain. Source : Auteur, Google Earth.

V.6 Synthèse

- Le terrain bénéficie d'une situation géographique stratégique, tant par rapport à son environnement immédiat que par rapport à la wilaya de Guelma.
- Il est intégré dans un milieu urbain naturel.
- Le terrain est facilement accessible grâce aux voies principales (boulevard et RN 80) et à la proximité des transports publics.
- Il est proche de diverses activités éducatives et sportives.
- Sa situation à la périphérie de la ville lui confère une excellente visibilité, offrant un large champ de vision et étant repérable depuis plusieurs points.
- Le site est bien orienté en termes d'ensoleillement.
- Il est exposé aux vents dominants de toutes directions, sans obstacles environnants.
- Le terrain est de nature argileuse, offrant une bonne assise pour la construction.
- Sa forme régulière et son potentiel foncier considérable sont des atouts majeurs.
- La topographie du terrain, plat avec une faible pente, est favorable à tout type de construction.

V.7 Programme retenu du projet

	Espace	Surface	om bre
	Aire de jeux Terrain de foot	12300m ²	
	Bancs des remplaçants Positions des photographes Accès au terrain et tunnel		
	Zones d'équipes	200m ²	

compétition	gradins	0.5*0.8*500 00+20	%
		de circulation= 19200m ²	
	Zone d'échauffement	100m ²	
	Bureau techniciens de l'équipe	40	
	Bureau responsable des tenues	40	
	Vestiaire des arbitres	40m ²	
	Bureau du chef de délégation	45m ²	
	Bureau du commissaire du match	42m ²	
	Bureau des membres de la commission des arbitres	45m ²	
	Bureau du coordinateur général	50m ²	
	Salle de réunion du coordinateur générale	70m ²	
	infirmierie	40m ²	
	Contrôle antidopage	30m ²	
	Bureaux de gestion	30m ² -45m ²	0
	Vestiaires des ramasseurs de ballon	60m ²	
Salle de préparation des médailles et coupes	35m ²		
entraînement	Salle de lutte	550_420m ²	
	Salle de fitness	300m ²	
	Salle de judo	400_500m ²	
	salle d'aérobic	400m ²	
	Salle de musculation	350m ²	
	Salle de boxe	320_400m ²	
	Salle de jeux pour enfant	600m ²	
	Programme pour les jeunes	360m ²	
	Centre médical du stade :	220m ²	
	Bureaux des entraineurs	45m ²	
	Vestiaire +douches	40m ²	
	Terrain de foot	7140	
	Terrain de basket	680	
	Terrain de hand	1125	
	Terrain de volley	360	
	Terrain de tennis	670	
Echange communication	et Réception media	150m ²	
	studios	35m ²	3

	Salle de conférence de presse	540m ²	
	Centre de média : Bureau d'accueil Bureau d'information Bureau d'informatique Bureau de l'agence des média Bureau du partenaire télécommunications Bureau des transports Bureau des rédacteurs Salle de réunion Espace de travail des média Espace de travail des photographes Sanitaire homme Sanitaire femme Circulation	1200m ²	1
	Salle de réception	180m ²	2
	Salle de conférence	300m ²	1
	bureaux	35m ²	4
	studios de diffusion	30m ²	6
	Locaux commerciaux	32m ²	24
	Faste Food	30m ²	6
	Cafétéria	280m ²	2
	sanitaire	20m ²	8
Commerce	Billetteries	80m ²	4
	Magasin des produits sportifs	170m ²	
	Restaurant	800m ²	3
Exposition	showroom	800- 900m ²	3
	magasin	34 200m ²	24
	Musée du sport	3000m ²	1
	Salle de projection	250 m ²	1
	Sanitaire homme/sanitaire	20 m ²	2
	femme	20 m ²	2
	Bureaux de gestion	30 m ²	3
	circulation	20%	
Détente et loisirs	Garderie d'enfant	80m ²	
	Jeux d'enfant	160- 200m ²	12
	Espace pour femme	50m ²	6
	Espace de sport virtuelle	150m ²	1
	Jeux de billard	200m ²	1
	Jeux d'échecs	480m ²	2
	Jeux de vidéo	83m ²	1
	Club de joueurs		

Formation sportive	Salle de cours	110 m ²		
	Salles de conférence	200 m ²		
Concert de spectacle	Salle de conférence	74 m ²		
	Loge d'artiste individuel	35 m ²		
services	Loge collectif	60 m ²		
	Dépôt d'instrument musical	350 m ²		
	Salle de répétition	250 m ²		
	Réception VIP, WIP	200 m ²		
	Salon de réception pour VIP et WIP	250 m ²		
	Loge	80 m ²		
	Loge présidentielle	200 m ²		
	Salon présidentielles	250 m ²		
	Salon d'hospitalité	250 m ²		
	Sanitaire h/f	300 m ²		
	Aire de stationnement pour les équipes	2600 m ²		
	Locaux technique	10%		
	Dépôts	3000 m ²		
	Parking	1800 PLACES	89000 m ²	
	Surface totale		265000 m ²	

V.7.1 Résumé du Programme des Équipements

Programme des équipements principaux:

- Stade de football : 25 000 m²
- Piscine : 2 700 m²
- Salle omnisports : 5 400 m²
- Parking : 73 000 m²

Espaces annexes :

- Esplanade : 5 000 m²
- Cafétérias et restaurants : 3 000 m²
- Sanitaires publics : 1 000 m²
- Terrains de basket : 2 x 800 m² = 1 600 m²
- Terrain de foot : 1 000 m²

Surface totale des équipements :

- 116 700 m²

Surface restante pour aménagements paysagers et autres usagés :

- 143 300 m²

V.8 Conclusion

Ce chapitre présente le terrain d'intervention situé à la périphérie Est de la ville de Guelma, chef-lieu de la wilaya. L'analyse contextuelle, climatique et topographique du site a montré que sa superficie, sa morphologie, sa topographie ainsi que son emplacement sont adéquats pour un complexe sportif visant à améliorer les aspects sociaux, environnementaux et économiques de la ville. Le programme retenu pour le complexe sportif, présenté dans ce chapitre, s'adapte parfaitement à la superficie et à l'emplacement du site.

VI. Chapitre 4 : Elaboration du projet

VI.1 Introduction

Ce chapitre consolide l'intervention sur le terrain et les résultats des chapitres de recherche précédents. Il débute par la confrontation aux critères établis dans le chapitre analytique, permettant ainsi de formuler les choix conceptuels primaires. Ensuite, il présente l'ébauche des idées à travers le schéma de principe, le zoning et la genèse du projet. Enfin, il aborde la démarche écologique visant à contrôler la qualité des espaces et leurs dispositions, ainsi que les techniques pour garantir la maîtrise globale du projet.

VI.2 Les démarches de la réalisation du complexe sportif à Guelma

VI.2.1 Démarche conceptuelle

La démarche conceptuelle du projet repose sur un objectif écologique, intégrant des pratiques durables et respectueuses de l'environnement dès la phase de conception jusqu'à l'achèvement final. Voici les trois objectifs écologiques essentiels à prendre en considération :

VI.2.1.1 **1. Dimension environnementale :** L'objectif est de réduire l'empreinte écologique, de favoriser la durabilité et de créer des environnements sains et respectueux de l'environnement à Guelma. Cela contribuera à leur bien-être et à la préservation de l'environnement local pour les générations futures.

VI.2.1.2 **2. Dimension sociale :** L'objectif est de promouvoir l'inclusion, de réduire la stigmatisation et de favoriser une société plus inclusive et bienveillante envers les personnes jeunes à Guelma. Cela contribuera à leur bien-être, à leur intégration sociale et à la création d'une communauté plus solidaire et respectueuse des besoins de chacun.

Quelques aspects de la dimension sociale à prendre en considération :

- **Intégration sociale :** La conception d'un complexe et des espaces doit favoriser l'intégration sociale des personnes jeunes. Cela peut être réalisé en créant des espaces de vie communautaires peuvent interagir et se sentir inclus, ainsi qu'en intégrant des espaces partagés tels que des salles polyvalentes, des jardins communautaires ou des zones de loisirs.
- **Accessibilité :** Il est essentiel de garantir l'accessibilité des complexes sportifs aux spectateurs en tenant compte de leurs besoins spécifiques en termes de mobilité et de communication. Cela implique l'utilisation de rampes d'accès, d'ascenseurs, de systèmes de signalisation adaptés, de couloirs larges et d'autres aménagements pour garantir que les personnes handicapées puissent se déplacer facilement et en toute sécurité.
- **Sensibilisation et éducation :** Il est important de sensibiliser la société à la réalité des jeunes, ainsi qu'à leurs besoins spécifiques. Cela peut être réalisé à travers des campagnes d'information et d'éducation pour réduire la violence et favoriser une meilleure compréhension et l'acceptation de faire Play

VI.2.1.3 **3. Dimension économique :** L'objectif est de créer un modèle économique durable qui non seulement minimise les coûts de construction et d'exploitation, mais qui

génère également des opportunités économiques locales. Cela inclut l'utilisation de matériaux locaux, la création d'emplois pour la communauté locale, et la mise en œuvre de technologies d'économie d'énergie pour réduire les coûts à long terme.

Cette démarche intégrée vise à garantir que le projet non seulement répond aux besoins spécifiques des personnes jeunes , mais contribue également à un développement urbain durable et inclusif.

VI.2.2 Genèse du projet

Après l'analyse du terrain dans le chapitre précédent, l'intervention conceptuelle a commencé par le tracé des axes essentiels afin de déterminer l'emplacement des unités surfaciques sur chaque partie du terrain. Cela permet une implantation cohérente et optimale des différentes sections du projet. Chaque unité doit répondre aux critères suivants : adéquation surfacique, accessibilité, intégration architecturale et harmonie paysagère.

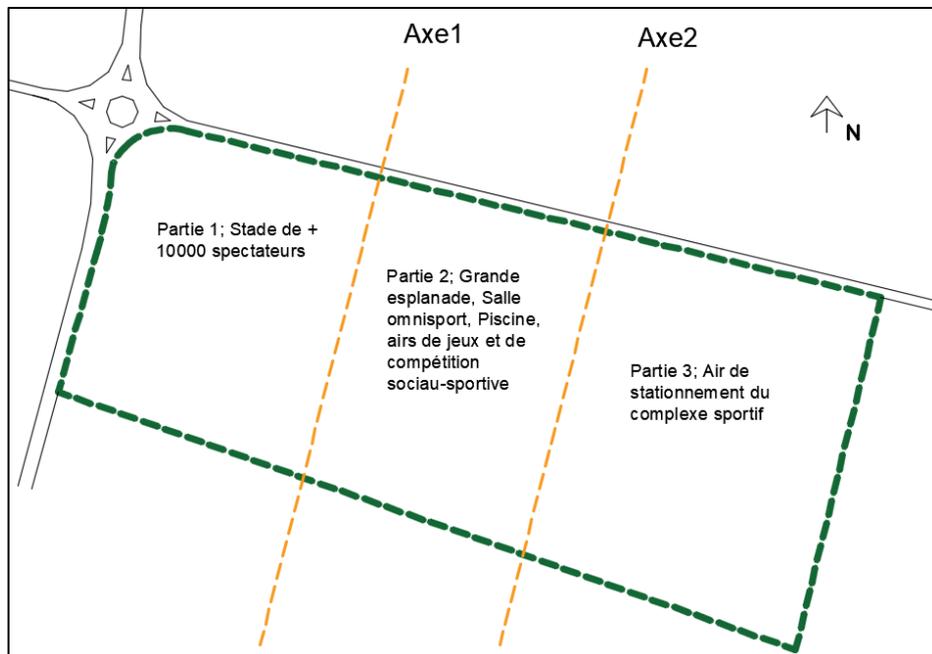


Figure 38. Intervention conceptuelle préliminaire du projet.

Deuxièmement, après le tracé des axes, nous avons déterminé les entités essentielles du projet. La première partie comprend le stade, avec une capacité de plus de 10 000 spectateurs. La troisième partie est destinée au parking, qui doit représenter au minimum 1/5 de la capacité du stade, soit environ 2 000 places de stationnement. La partie intermédiaire, située entre le stade et le parking, comprend les aires de jeux et de compétitions socio-sportives, la piscine, la salle omnisport et une grande esplanade. Cette esplanade facilite un flux piéton important entre la zone de parking, le stade et les autres équipements sportifs. Cette intervention est également pensée de manière écoresponsable, en prenant en compte l'orientation sud pour l'utilisation adéquate de l'énergie solaire renouvelable et en intégrant des espaces végétalisés pour améliorer la qualité de l'air au sein du projet.

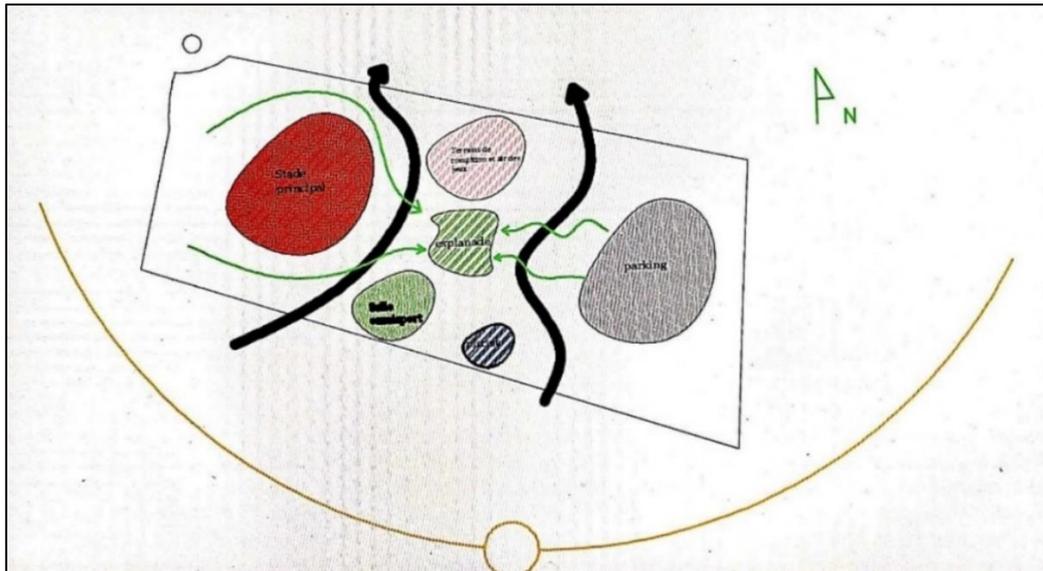


Figure 39. Détermination des entités du projet sur le terrain.

Après la détermination des entités essentielles, la phase conceptuelle détaillée du projet commence. Cette phase permet de bien définir l'emplacement des équipements, les accès mécaniques et piétons, l'aménagement extérieur, et les approches écoresponsables qui accompagnent toute la phase de conception. L'installation des panneaux photovoltaïques et solaires est soigneusement planifiée pour une orientation et une exposition optimale, maximisant ainsi la production d'énergie renouvelable.

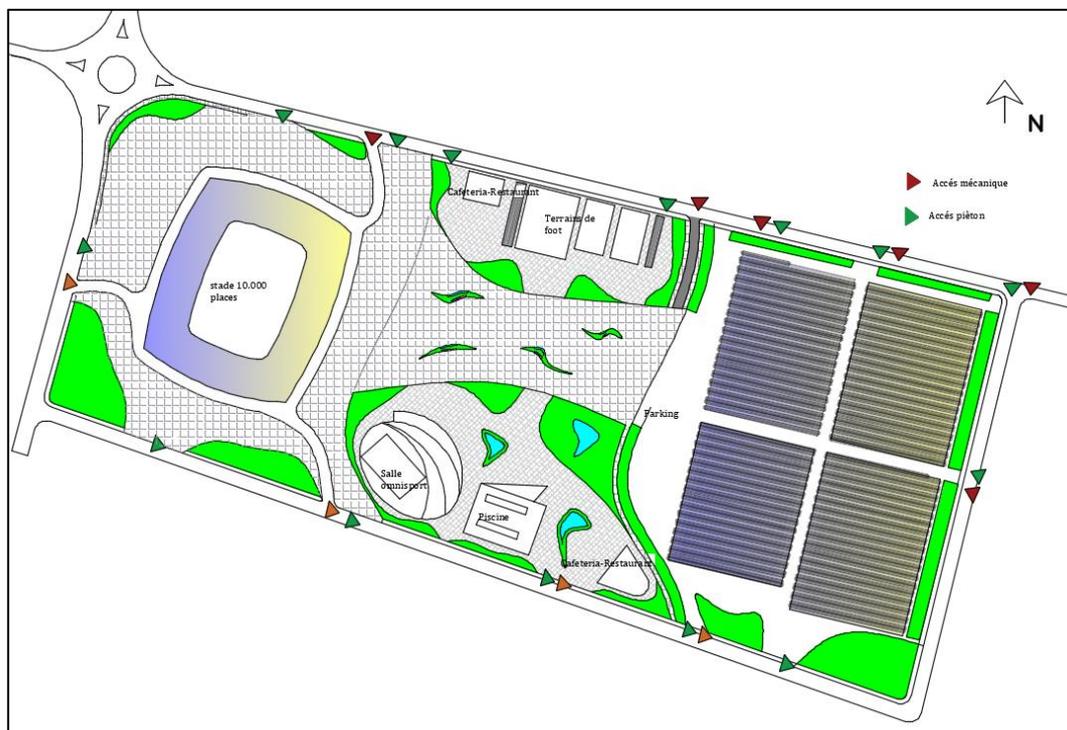


Figure 40. Plan de masse du projet.

VI.3 La conception éco-responsable du projet

La conception éco-responsable des projets commence dès la phase de conception pour garantir une responsabilité écologique et un environnement sain. L'implantation du parking joue un rôle crucial en offrant une vaste zone pour la production d'énergie photovoltaïque, servant à alimenter la phase du chantier ainsi que la gestion et l'exploitation ultérieures du projet. L'approche privilégie des matériaux durables et l'optimisation des coûts et des délais, garantissant ainsi une construction plus respectueuse de l'environnement. La qualité de l'air et le paysage végétal sont étroitement liés et pris en compte : les zones polluantes sont séparées des zones plus saines en tenant compte des émissions de gaz polluants, et les parkings sont couverts de bandes végétales verticales pour neutraliser les gaz produits par les véhicules. La gestion de l'eau et des déchets est également intégrée dans le projet. Au niveau des bâtiments, l'automatisation des installations sportives est pensée selon les dernières recherches mondiales sur les démarches durables, ce qui permet d'assurer une gestion efficace et respectueuse de l'environnement [21].

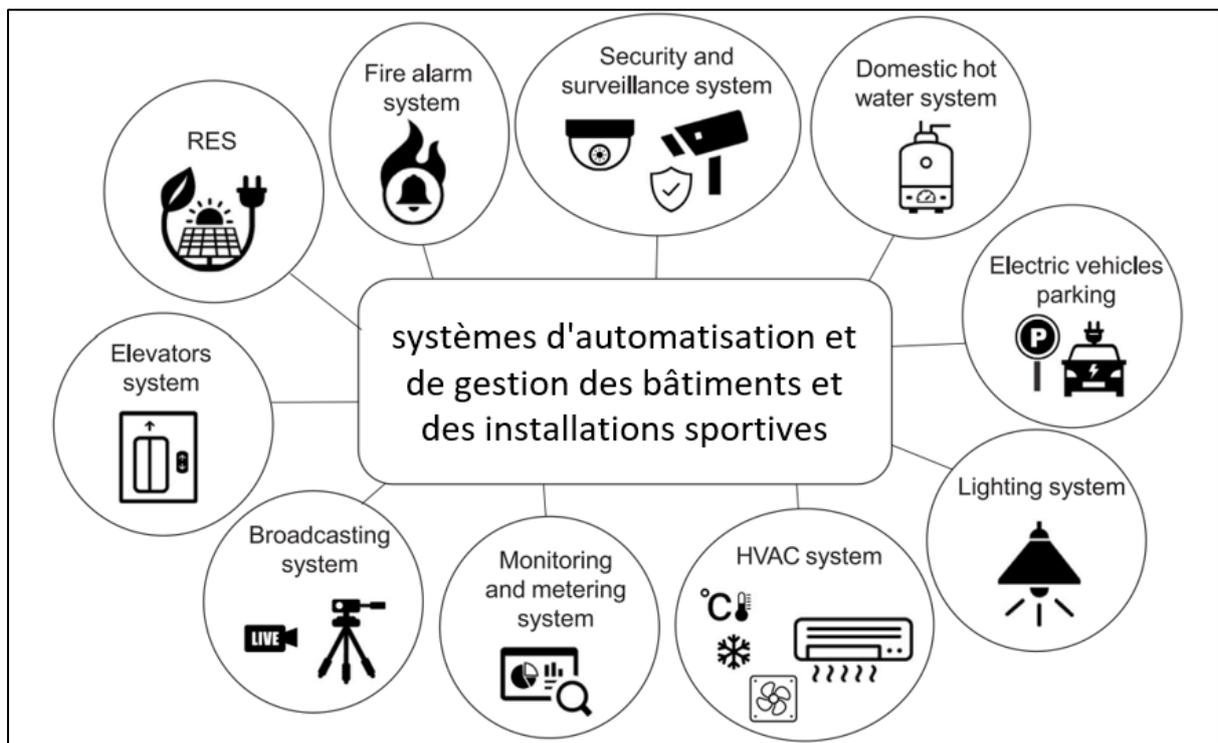


Figure 41. Système d'automatisation et de gestion des bâtiments et installations sportives.
Source : (Elnour et al., 2022).

VI.3.1 L'utilisation des matériaux durable

Lors de la construction d'installations sportives, le choix des matériaux et des techniques de construction a un impact significatif sur la fonctionnalité, la durabilité, la durabilité et l'esthétique de l'installation. Voici les matériaux adoptés dans ce projet :

1. Béton

- **Propriétés** : Fort, durable, polyvalent.
- **Applications** : Fondations, cadres structurels, planchers et zones de sièges.
- **Avantages** : Haute résistance à la compression, résistance au feu, adapté aux grandes portées et aux charges lourdes.

2. Acier

- **Propriétés** : Haute résistance à la traction, flexibilité, léger par rapport au béton.
- **Applications** : Cadres structurels, fermes de toit, colonnes de soutien, gradins.
- **Avantages** : Rapidité de construction, capacité à créer de grands espaces ouverts sans colonnes, recyclable.

3. Bois

- **Propriétés** : Naturel, renouvelable, esthétiquement agréable.
- **Applications** : Finitions intérieures, planchers, parfois éléments structurels dans les installations plus petites.
- **Avantages** : Chaleur et confort, durable si la source est responsable, bon pour l'acoustique.

4. Matériaux synthétiques

- **Types** : Gazon synthétique, revêtements de sol en caoutchouc, vinyle.
- **Applications** : Surfaces de jeu, pistes de course, terrains polyvalents.
- **Avantages** : Durabilité, faible entretien, caractéristiques de jeu constantes, résistance aux intempéries.

5. Verre

- **Propriétés** : Transparent, apparence moderne, fragile.
- **Applications** : Façades, fenêtres, cloisons.
- **Avantages** : Lumière naturelle, attrait esthétique, peut être traité pour l'efficacité énergétique (par exemple, double vitrage, revêtements à faible émissivité).

6. Polymères et plastiques

- **Types** : Polycarbonate, PVC.
- **Applications** : Toitures, sièges, revêtements muraux.
- **Avantages** : Léger, résistance aux impacts, flexibilité de conception.

7. Matériaux écologiques

- **Types** : Matériaux recyclés, bois d'origine durable, peintures à faible teneur en COV.
- **Applications** : Diverses selon le type, souvent utilisées pour la durabilité.
- **Avantages** : Réduction de l'impact environnemental, amélioration de la qualité de l'air intérieur, souvent conformes aux normes de construction écologique comme LEED.

VI.3.2 Consommation d'énergie dans les installations sportives

La consommation d'énergie dans les installations sportives est une question cruciale en raison des exigences élevées en matière d'éclairage, de chauffage, de ventilation, de climatisation (CVC) et d'équipement électronique. Une gestion efficace de l'énergie est essentielle pour réduire les coûts opérationnels et minimiser l'impact sur l'environnement. Cette discussion donne un aperçu de la consommation d'énergie dans les installations sportives, en mettant l'accent sur les stades, qui constituent l'étude de cas principale de ce projet. En outre, des données relatives à des stades bien connus dans le monde entier sont incluses à des fins

d'analyse comparative.

Les stades, en fonction de leurs caractéristiques et du type d'événements qu'ils accueillent, peuvent avoir une demande énergétique importante. Par exemple, un stade de 70 000 places peut consommer entre 10 000 et 20 000 kWh le jour du match pour l'éclairage, la climatisation, les concessions, la diffusion et d'autres opérations [22].

Le Levi's Stadium, à Santa Clara, CA, États-Unis, d'une capacité de 68 500 places, consomme environ 4,5 millions de kWh d'énergie par an. Cependant, le stade est certifié LEED Gold et dispose d'une installation de panneaux solaires qui génère plus de 1 000 MWh par an, d'un éclairage efficace et de systèmes CVC (Chauffage, Ventilation et Climatisation) [23].

Certains stades norvégiens, tels que ceux d'Aspmyra, de Sarpsborg et du campus de Fosshaugane, consomment respectivement 1,21, 0,82 et 0,22 GWh par an [24].

Un stade moderne de taille moyenne pouvant accueillir 55 000 spectateurs consomme généralement environ 10 000 MWh d'énergie par an, ce qui correspond à 3 600 tonnes d'émissions de CO₂ par an [25]. Lors d'événements sportifs majeurs, la consommation d'énergie de ces arènes peut être considérable avec la quantité de déchets produite aussi. Par exemple, un stade de 80 000 places accueillant le Super Bowl peut consommer jusqu'à 10 MW par heure d'énergie pendant les heures de pointe, soit un total d'environ 50 MW pendant toute la durée du match. Ce niveau de consommation est comparable à la consommation d'énergie d'un pays africain tout entier. Un stade de sport professionnel typique peut consommer entre 5 et 10 MW d'électricité pendant les événements, ce qui équivaut à alimenter des milliers de foyers.

En effet, de nombreux stades ont intégré des panneaux photovoltaïques (PV) pour améliorer leur efficacité énergétique. Par exemple, le stade de Kaohsiung à Taiwan est l'un des plus grands stades alimentés par des systèmes photovoltaïques. Il a une capacité de 2,6 GW, générée par 8 844 modules installés sur le toit principal, couvrant une superficie de 14 155 m². Ce système photovoltaïque permet de réduire les émissions de CO₂ d'environ 660 tonnes par an [26].

VI.3.3 L'étude énergétique du projet

En ce qui concerne les données de consommation d'énergie des stades cités, on peut estimer qu'un stade de moins de 50 000 places peut atteindre une consommation annuelle de 1 GWh. Dans l'étude suivante, la stratégie éco-responsable essentielle utilisée dans le projet est l'utilisation d'énergies renouvelables, principalement les panneaux photovoltaïques. Pour optimiser la consommation en orientant les panneaux vers le sud, ces derniers seront installés sur la zone de stationnement et le toit du stade. D'autres installations photovoltaïques et solaires thermiques seront utilisées dans les restaurants, la salle omnisports et la piscine, afin de maximiser les bénéfices environnementaux.

Pour l'étude énergétique du projet, le logiciel CitySim Pro est utilisé [27]. Ce logiciel permet d'analyser les irradiances solaires, ainsi que la production photovoltaïque et thermique du projet. L'étude commence par la modélisation en trois dimensions sur SketchUp, puis le modèle est exporté vers CitySim Pro pour identifier les caractéristiques thermiques et climatiques du projet.

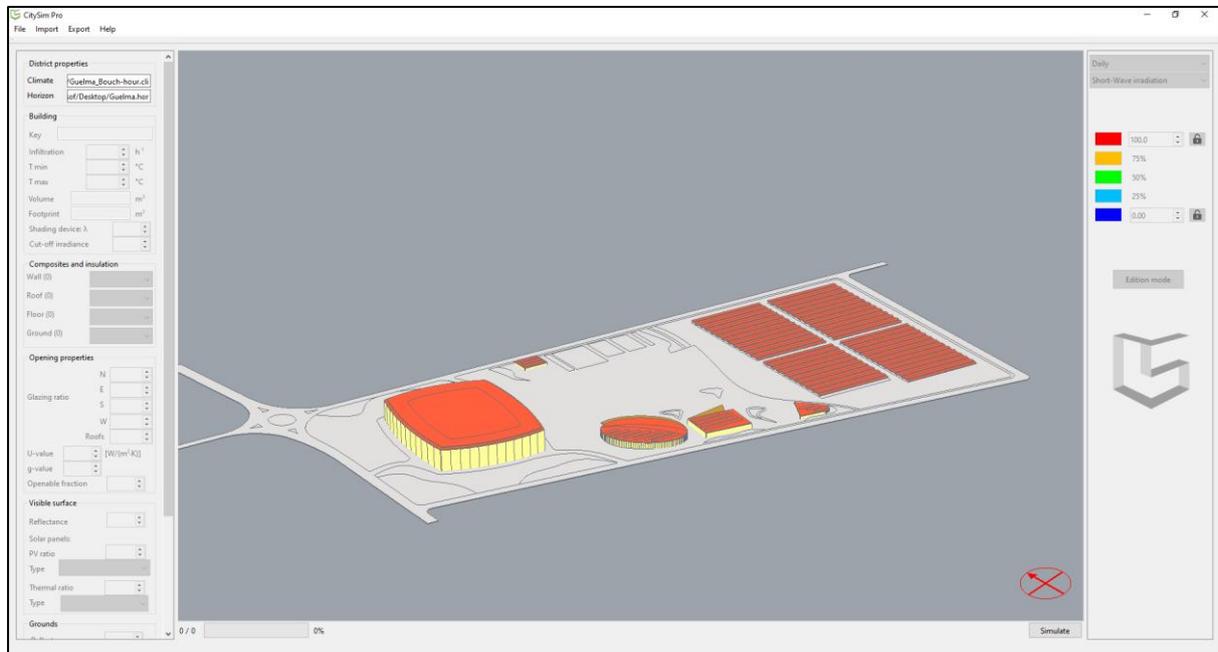
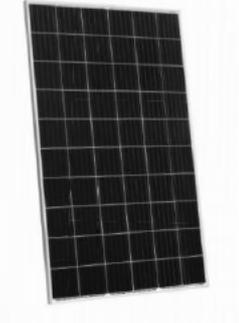


Figure 42. Présentation du modèle d'étude sur le logiciel Citysim pro.

Pour l'application du système PV dans le projet, les installations photovoltaïques sont conçues avec des modules solaires Jinko de 335 W, présentant un rendement de conversion de 17,26 %, ce qui est supposé être typique pour ce type de fonctionnement [28].

Les réglages appropriés des paramètres des modules solaires Jinko nécessaires pour la modélisation Citysim Pro sont indiqués dans le tableau ci-dessous.

Tableau : Les caractéristiques des module PV utilisés dans la simulation.

Module type	JKM335M-72H-V	The PV module
Cell type	Polycrystalline silicon	
Maximum Power (Pmax)	335 Wp	
Maximum Power Voltage (Vmp)	38.0 V	
Operating temperature (C°)	-40 °C +85 °C	
Temperature Coefficient of Voc	-0.14918 V/K	
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C	
Module area (m²)	1.94	
Tref	25	

VI.3.4 L'irradiation solaire

L'analyse des irradiances solaires montre que les toitures des équipements sont bien exposées au soleil tout au long de l'année, tout comme les couvertures photovoltaïques des parkings. Ces surfaces peuvent ainsi recevoir 1,5 MWh/m² d'irradiation solaire.

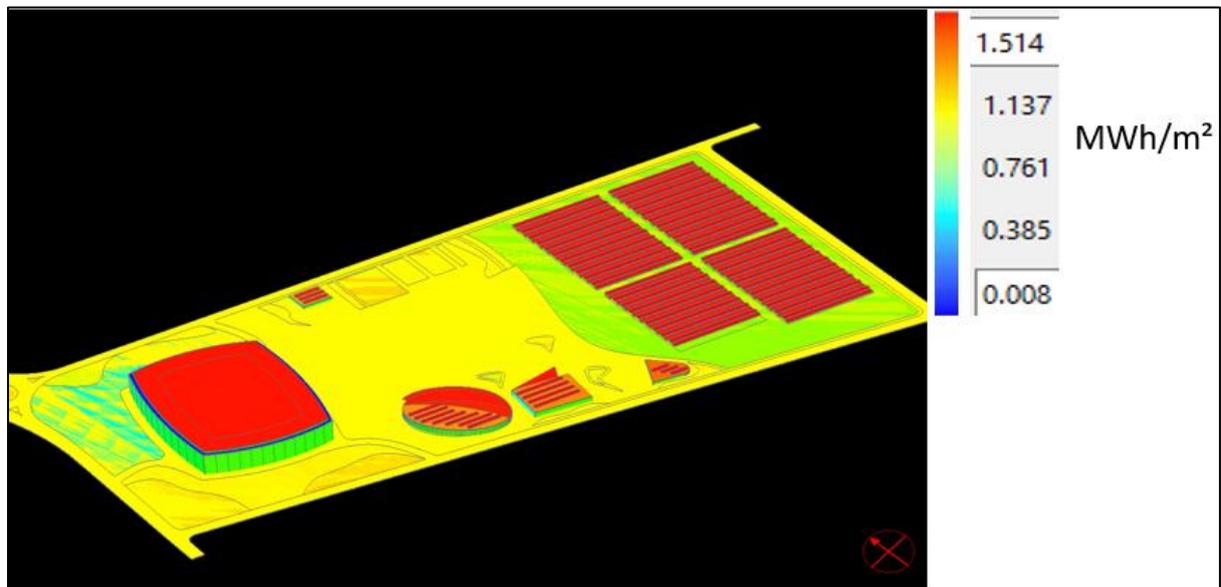


Figure 43. Les irradiances solaires annuelles.

VI.3.5 La production photovoltaïque

Les installations photovoltaïques du projet occuperont une surface de 49 144 m² et produiront 12,13 GWh par an. Parmi celles-ci, 37 747 m² couvriront le parking et 1 273 m² seront installés sur d'autres équipements (piscine, salle omnisports, cafétéria, restaurant). Le stade produira 2 695,42 MWh par an (2,69 GWh par an) grâce à une surface de 10 124 m² de panneaux photovoltaïques installés sur le toit. La production photovoltaïque couvrira ainsi la consommation annuelle moyenne du stade avec un surplus.

Étant donné que la production de 2,69 GWh par an ne peut pas être stockée même avec les dernières technologies de batteries de stockage, les recherches actuelles indiquent que la majeure partie de cette production sera utilisée principalement lors des événements sportifs, qui nécessitent une grande consommation énergétique. Le surplus électrique sera injecté dans le réseau électrique de la wilaya. Cette production électrique importante peut même couvrir d'autres besoins, tels que le chauffage ou l'eau chaude sanitaire, en utilisant des pompes à chaleur avec un coefficient de performance de 1/3 pour le calcul.

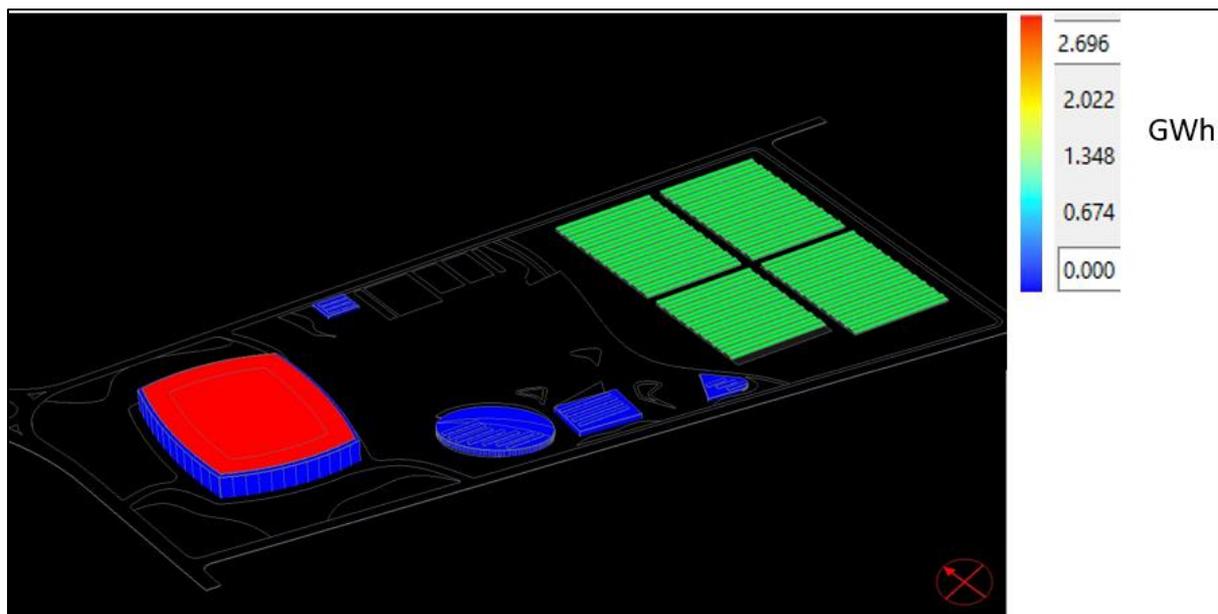


Figure 44. La production photovoltaïque annuelle.

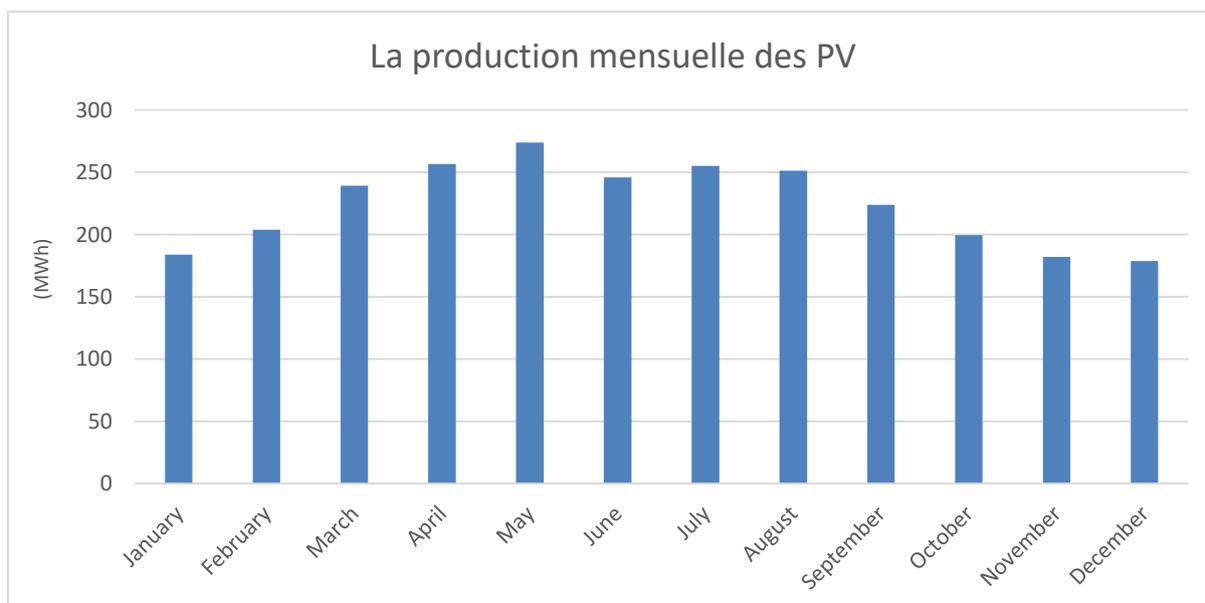


Figure 45. La production mensuelle des panneaux photovoltaïques.

VI.3.6 Gestion des déchets

La gestion des déchets dans un complexe sportif est cruciale, notamment pendant un événement sportif, pour minimiser l'impact environnemental et garantir une expérience agréable aux participants et aux spectateurs. Voici les étapes clés de la gestion efficace des déchets adoptées dans ce projet :

1. Mettre en place des points de collecte stratégiques.
2. Utiliser des poubelles de tri sélectif.
3. Sensibiliser et informer les participants.

4. Former le personnel et les bénévoles durant les événements.
5. Collecter les déchets régulièrement.
6. Évaluer le plan de gestion des déchets en analysant les données de suivi et les commentaires des participants pour identifier les points forts et les points faibles du plan de gestion des déchets.

VI.3.7 Gestion de l'eau

La gestion efficace de l'eau dans un complexe sportif est essentielle pour assurer un environnement propre, sûr et durable. Cela implique la gestion des eaux usées et pluviales, ainsi que la promotion de la conservation de l'eau. Voici les étapes clés de la gestion efficace de l'eau adoptées dans ce projet :

1. Gestion des eaux usées :

- Mettre en place un système de collecte des eaux usées.
- Traiter les eaux usées avant de les rejeter dans l'environnement.
- Respecter les réglementations locales en matière d'eaux usées.

2. Gestion des eaux pluviales :

- Mettre en place un système de collecte des eaux pluviales.
- Infiltrer ou diriger les eaux pluviales vers un cours d'eau.
- Concevoir le système de collecte des eaux pluviales pour éviter les inondations.

3. Promotion de la conservation de l'eau :

- Installer des robinets et des douches à faible débit.
- Utiliser des toilettes à chasse d'eau réduite.
- Sensibiliser les utilisateurs à la conservation de l'eau.
- Mettre en place un programme d'entretien préventif des installations d'eau.

4. Végétation et qualité de l'air

Maintenir une haute qualité de l'air dans les installations sportives est crucial pour la santé et la performance des athlètes ainsi que pour le bien-être des spectateurs. Une mauvaise qualité de l'air, due à des polluants tels que les particules fines (PM), les oxydes d'azote (NOx), le monoxyde de carbone (CO) et les composés organiques volatils (COV), peut entraîner des problèmes respiratoires, des problèmes cardiovasculaires et une diminution des performances athlétiques. Voici les points clés adoptés pour la végétation et la qualité de l'air dans ce projet:

1. **Plantation stratégique** : Placer des arbres et des arbustes autour du périmètre de l'installation, en particulier près des zones à fort trafic, pour agir comme un tampon contre les polluants.
2. **Diversité des espèces** : Utiliser un mélange d'espèces pour maximiser la gamme de polluants capturés et assurer la résilience contre les parasites et les maladies.
3. **Entretien** : Maintenir régulièrement la végétation pour garantir qu'elle reste saine et efficace dans la capture des polluants.

VI.4 Conclusion

Ce chapitre détaille le processus de conception du projet, depuis la phase de conception préliminaire jusqu'à la conception finale, en tenant compte des mesures de conception écoresponsable. Le projet est divisé en trois parties : le stade, l'aire de jeux et les compétitions socio-sportives, ainsi que l'aire de stationnement. La conception écoresponsable est abordée à plusieurs niveaux, notamment à travers le choix de matériaux durables, des stratégies d'efficacité énergétique, la gestion de l'eau et des déchets, ainsi que la végétation et la qualité de l'air. Une des intégrations écoresponsables principales est l'installation de panneaux photovoltaïques, dont la production énergétique est significative et peut couvrir les besoins du projet. Ce chapitre met en lumière l'importance de prendre en compte les principes de durabilité à chaque étape du processus de conception pour créer des installations sportives respectueuses de l'environnement et bénéfiques pour la communauté.

VII. Conclusion générale

L'architecture écoresponsable des complexes sportifs est cruciale pour répondre aux besoins des usagers tout en respectant l'environnement et en contribuant positivement à la société. L'analyse approfondie de complexes sportifs mondialement connus a révélé que la conception de telles infrastructures représente un défi majeur sur les plans environnemental, social, économique et conceptuel. La réussite d'un complexe sportif repose sur l'intégration de plusieurs éléments essentiels, notamment l'efficacité énergétique, l'utilisation de matériaux durables, la conception bioclimatique et la gestion de l'eau.

Le projet présenté dans cette étude, situé à la périphérie ouest de la ville de Guelma, illustre parfaitement cette approche. L'analyse contextuelle, climatique et topographique du site a confirmé que sa superficie, sa morphologie et son emplacement sont adéquats pour un complexe sportif qui vise à améliorer les aspects sociaux, environnementaux et économiques de la ville. Le programme retenu s'adapte parfaitement aux caractéristiques du site.

De la phase de conception préliminaire à la conception finale, des mesures écoresponsables ont été intégrées à chaque étape du projet. Cela inclut le choix de matériaux durables, des stratégies d'efficacité énergétique, la gestion de l'eau et des déchets, ainsi que l'intégration de végétation pour améliorer la qualité de l'air. Une des initiatives majeures est l'installation de panneaux photovoltaïques, dont la production énergétique est significative et peut couvrir les besoins du projet.

En conclusion, ce projet démontre l'importance de prendre en compte les principes de durabilité à chaque étape du processus de conception pour créer des complexes sportifs respectueux de l'environnement, emblématiques de leur région et bénéfiques pour la communauté. Les labels et certifications comme LEED for Sports and Recreation, BREEAM In-Use Sports and Leisure, et Green Sports Alliance fournissent des cadres rigoureux pour évaluer et améliorer la performance environnementale et sociale de ces infrastructures, faisant de ce projet un modèle de durabilité.

VIII. Références

- [1] https://www.citedelarchitecture.fr/sites/default/files/fiche/22782/dphe_43763.pdf
- [2] Lhoest, B. (2023). Mémoire de fin d'études: "" Bâtiments exemplaires" non construits: des obstacles à la construction" éco-responsable"".
- [3] KIKAH, Sabah, BOULATROUS, Sonia, BOUROUROU, Soumaya, et al. L'intégration des paramètres de durabilité dans le bâtiment en Algérie. 2017. Thèse de doctorat. Université de Jijel.
- [4] <https://www.gcalgerie.com/etude-dadaptation-du-stade-de-douera/>
- [5] <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/sport/74327>
- [6] <https://dictionnaire.lerobert.com/definition/sport>
- [7] L'architecture éco-responsable, enviroBAT-Réunion, 2010, <https://www.envirobat-reunion.com/SPASSDATA/ALGEDIM/QOKQWR/D728/D72817.pdf>
- [8] BELKHARCHOUCHE, Ibtissem. L'Architecture solaire comme alternative écologique pour la conception des équipements aquatique à Guelma. 2021.
- [9] LAOUIER, Ala Eddine. Conception écologique d'un quartier résidentiel: solution alternative pour les transitions socio-écologiques dans la ville de Guelma. 2018.
- [10] BENSEHLA, Sofiane, LAZRI, Youcef, et Y MANSOURI, K. The analysis process in bioclimatic architectural design. In : International Seminar Sustainable Cities and Local Development. 2019. p. 01-07.
- [11] LAN, Ma. Create a harmonious environment together of ecological architecture design method. Procedia Environmental Sciences, 2011, vol. 10, p. 1774-1780.
- [12] KHASHABA, Sherif et REHAN, Ghada. ARCHITECTURAL RENOVATION OF STADIUMS AS A NEW VISION FOR SUSTAINABILITY CASE STUDY (RENOVATION OF CASTELÃO ARENA STADIUM, BRAZIL & SOLDIER FIELD STADIUM, CHICAGO). Architecture and Planning Journal (APJ), 2020, vol. 25, no 1, p. 7.
- [13] SCHMEDES, Sven. Sustainable design of sports stadiums: case study analysis of stadiums for the Olympic Games 2000 in Sydney, 2004 in Athens and 2008 in Beijing. 2015. Thèse de doctorat. Cardiff University.
- [14] HUBERTY, Lana L. Using Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) Certification to solicit sponsorships: A strategic framework for public sport facility marketers.

University of Minnesota, 2013.

- [15] COLE, Raymond J. et JOSE VALDEBENITO, Maria. The importation of building environmental certification systems: international usages of BREEAM and LEED. *Building research & information*, 2013, vol. 41, no 6, p. 662-676.
- [16] BAKOS, Andrew Robert, O'BRIEN, Danny, et GOWTHORP, Lisa. Planning For Sustainability: A Case Study Of The Implementation Strategy Of ISO 20121 For The 2018 Commonwealth Games. *EASM*. Retrieved November, 2017, vol. 14, p. 2020.
- [17] BLANKENBUEHLER, Marlene et KUNZ, Michelle B. Professional Sports Compete to Go Green. *American Journal of Management*, 2014, vol. 14, no 4.
- [18] <https://www.archdaily.com/219982/nantong-sports-center-winning-proposal-henn>
- [19] BASSIL, Soraya, et al. Stade olympique de Montréal et installations connexes. 2009.
- [20] AMIROUCHE Meryem Ines, Le sport de haut niveau comme levier du développement urbain de la commune de ras el Agba, Thèse de master, 2021.
- [21] ELNOUR, Mariam, FADLI, Fodil, HIMEUR, Yassine, et al. Performance and energy optimization of building automation and management systems: Towards smart sustainable carbon-neutral sports facilities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2022, vol. 162, p. 112401.
- [22] <https://www.power.com/community/green-room/blog/sport-stadiums-going-green>
- [23] https://www.hpbmagazine.org/content/uploads/2018/05/30-37_Levis-Stadium.pdf
- [24] SHRESTHA, Nabin. Impact of Football Season Extension and Temperature Fluctuation on Stadium Energy Consumption. 2023. Thèse de maîtrise. Høgskulen på Vestlandet.
- [25] MANNI, Mattia, COCCIA, Valentina, NICOLINI, Andrea, et al. Towards zero energy stadiums: The case study of the Dacia arena in Udine, Italy. *Energies*, 2018, vol. 11, no 9, p. 2396.
- [26] AHSHAN, Razzaqul, AL-ABRI, Rashid, AL-ZAKWANI, Hamed, et al. Solar PV system design for a sport <http://www.kaemco.ch/download.php> stadium. In : 2019 IEEE 10th GCC Conference & Exhibition (GCC). IEEE, 2019. p. 1-6.
- [27] Kämpf, J. H. (2009). On the modelling and optimisation of urban energy fluxes.
- [28] BENSEHLA, Sofiane, LAZRI, Youcef, et BRITO, Miguel Centeno. Solar potential of urban forms of a cold semi-arid city in Algeria in the present and future climate. *Energy for Sustainable Development*, 2021, vol. 62, p. 151-162.