

La conception bioclimatique des écoles : un mécanisme efficace pour la protection de l'environnement et la santé de l'enfant

The bioclimatic design of schools: an efficient device for protecting environment and children's health

Nessma FERCHA^{*1}, Akila BENBOUAZIZ²

1. Laboratoire Enfant, ville et Environnement, Université Batna 1, ALGERIE
Email nessmafercha@gmail.com
2. Laboratoire Enfant, ville et Environnement, Université Batna 1, ALGERIE
Email akila.benbouaziz@univ-batna.dz

Date de réception: 27/07/2021

Date d'acceptation: 05/11/2021

Résumé: Avec les besoins urgent aujourd'hui de réduire la consommation d'énergie, faire face à la dégradation de l'environnement, et maîtriser les impacts environnementaux des bâtiments scolaires, il devient primordial d'orienter vers les conceptions respectueuses de l'environnement dit architectures bioclimatiques. Alors là les écoles bioclimatiques sont considérées aujourd'hui l'un des mécanismes efficaces pour la protection de l'environnement et la santé de l'enfant, car elle contribue à éliminer les problèmes environnementaux et psychologiques des écoliers notamment les enfants, ces créateurs fragiles qui sont fortement exposés aux divers phénomènes de pollution dont sa ville souffre. En fait L'enfant étant un individu en développement et plus sensible, il est dépendant de l'environnement qui l'entoure et cela le rend vulnérable il a le droit d'être intégré dans un environnement saine et confortable et lui garantirait une vie prospérée dans son environnement .En effet, A la naissance et durant l'enfance, l'être humain est particulièrement sensible aux conditions du milieu dans lequel il vit.

Mots clé : Dégradation de l'environnement ; conception bioclimatiques ; les écoles ; protection de l'environnement ; la santé de l'enfant

Abstract: With the urgent need today to reduce energy consumption, face environmental degradation, and control the environmental impacts of school buildings, it becomes essential to move towards environmentally friendly designs called bioclimatic architectures. Then there The bioclimatic schools are considered today one of the effective mechanisms for the protection of the environment and the health of the child, because it contributes to eliminate the environmental and psychological problems of the schoolchildren in particular the children, these fragile creators who is strongly exposed to the various phenomena of pollution of which its city suffers. In fact, the child being a developing individual and more sensitive, he is dependent on the environment that surrounds him and this makes him vulnerable. he has the right to be integrated in a healthy and comfortable environment and will guarantee him a prosperous life in his environment. Indeed, At birth and during childhood, the human being is particularly sensitive to the conditions of the environment in which he lives.

Keywords: environmental degradation; bioclimatic design; schools; environmental protection; child's health.

* Auteur correspondant

Introduction:

La protection de l'environnement est devenue une majeure préoccupation, avec la propagation de la pollution environnementale et l'augmentation de la consommation d'énergie qui a de graves répercussions sur la santé des habitants, surtout le segment des enfants, car il s'agit d'un segment vulnérable et sensible qui a besoin d'un environnement sain et adéquat pour sa bonne croissance, ce qui a poussé à penser à de nouvelles stratégies, il s'agit de l'émergence de nouvelles théories respectueuses de la nature et restituant. Là, de nouvelles stratégies sont prises pour une urbanisation durable et une architecture qui respecte son environnement est apparue et de nouvelles méthodes sont développées. Quant à l'Algérie qu'il a souffert depuis son indépendance des phénomènes de pollution de tout type (pollution terrestre, pollution aérienne, pollution de l'eau) résultant des grandes croissances démographique et la demande de logement, ce qui la rend obligée d'intervenir à travers la création des bâtiments qui respect l'environnement pour assurer un équilibre social, économique et environnementale notamment dans le domaine scolaire où on trouve que les établissements scolaire algérien souffre d'une architecture pauvre, typique, et avec un manque d'identité architecturale vient de répondre aux besoins de grande croissance démographique. Sans tenir compte de la nature sociale de ces établissements, de leurs besoins et de leurs normes.

Les écoles sont les endroits où les enfants vivent le plus après l'habitat. Cependant, la qualité de l'ambiance dans les salles de classe a des caractéristiques spécifiques qui peuvent avoir un impact sur la santé des enfants. L'absentéisme des enfants et les capacités éducatives menacées sont les résultats des problèmes sanitaires des utilisateurs, en raison d'une mauvaise conception : mauvaise orientation, mauvaise intégration dans l'environnement et des paramètres climatiques non considérés (Kempf.M et al,2008). Un procédé de conception qui provoque une gêne : visuelle, acoustique, thermique, ce qui affecte négativement la santé des enfants et leurs capacités éducatives. au fil de temps des fortes preuves et études ont montré que les bâtiments scolaires influencent la santé et la performance académiques des écoliers (Kats 2006). En plus pour Taylor et al en 2009 l'effet puissant de l'environnement scolaire physique sur ses occupants a été toujours ignoré, pour eux l'environnement scolaire et vraiment une force silencieuse qui peut effectuer positivement ou négativement le processus éducatif.

C'est pourquoi une nouvelle tendance à travers le monde à propos de la conception des établissements scolaires est apparue qui consiste à concevoir des écoles saines, confortables et stimulantes.(Yudelson 2008;Stone 2009)Alors que les bâtiments scolaires en Algérie ne respectent pas les normes environnementales et ne prennent pas en compte les besoins énergétiques et ne remplissent pas les conditions de confort et les besoins de ses usagers.

Problématique

La problématique de cette étude demeure dans la recherche sur l'importance des écoles bioclimatiques et son efficacité dans la protection de l'environnement de l'enfant, autant qu'une démarche qui s'accroche aux valeurs environnementales et éducatives, bien que l'activation de tels bâtiments demande une compréhension profonde de ses programmes qui put être considéré comme un défi pour l'Algérie en essayant de les populariser comme des bâtiments respectueuses de l'environnement. Cela pose la question suivante : **Quelles sont les démarches et les stratégies qui doivent être prises en compte pour concevoir un bâtiment scolaire sain et durable assurant le meilleur confort des enfants dans le respect de l'environnement ?**

Les objectifs

L'objectif principal de cette recherche est de vérifier le rôle des écoles principales dans la protection de l'environnement, à travers la réalisation des objectifs suivant :

- Définir les écoles bioclimatiques et identifier leur rôle environnemental
- Déterminer les mécanismes de la réalisation des bâtiments scolaires bioclimatiques

1. La méthodologie de recherche

Pour répondre aux objectifs fixés et répondre aux questions posées l'étude est optée pour l'approche descriptive analytique, afin de bien identifier les divers aspects importants des

recensions littérature attachée à la conception bioclimatique d'écoles et définir ses objectifs et bienfaits

2. Concepts liée à la conception bioclimatique

2.1. la conception bioclimatique

La conception bioclimatique vient à répondre aux problématiques liées à l'adéquation entre l'aménagement urbain et la préservation des milieux naturels. Pour le but d'optimiser le confort des habitants, réduire les risques pour leur santé et minimiser l'impact du bâti sur l'environnement (Alain L et al, 2005). En effet, la conception bioclimatique est tout simplement une question de bon sens, c'est une approche globale de tous les éléments de l'étude architecturale : l'orientation, les ouvertures, la répartition des pièces, le choix et la mise en œuvre des matériaux, les ambiances, les besoins, etc....(Djebri S,2016).

Selon Olgyay, le terme « bioclimatique » remonte à l'année 1953, un terme utilisé pour définir le type d'architecture qui répond à son environnement climatique pour offrir aux occupants le confort optimal grâce à des décisions de conception appropriées. (Evans. J, 2007). Dont les bases sont : un programme architectural, une culture, l'utilisation des matériaux locaux en général, c'est une bonne combinaison de couverture habitable qui offre à la fois confort et abri.(De Asiain. A, et al.2004).

2.2. L'architecture bioclimatique

Le terme architecture bioclimatique se compose de deux concepts interdépendants :

-Bio : se focalise sur la vie quotidienne le bio rythme –des utilisateurs du bâtiment.
-Climatique : le bâtiment doit être conçu en harmonie avec son environnement.
On peut dire que ce type d'architecture est celle de bâtiment conçu pour ceux qui souhaitent vivre
En harmonie avec leur environnement

-L'architecture bioclimatique est sous discipline de l'architecture qui recherche un équilibre entre la conception et le bâtiment, son milieu et les modes de vies des usagers, en fait la construction bioclimatique doit faire un lien entre la construction, le confort et l'agrément de son usager, et le respect de l'environnement. (Samuel C, 2008).

- Fernandez. P,2009 La décrire autant qu'est le complément harmonieux de la bio construction qui prend en compte l'utilisation de matériaux locaux préservant la santé, économes en énergie, recyclables et durables, l'intégration de la construction à son environnement, l'adaptation de l'habitat aux besoins et au bien-être de ses occupants.

L'architecture bioclimatique est un concept très ancien (finalement on n'invente rien), que l'on retrouve partout dans le monde. L'idée est de tirer le meilleur parti de son environnement, tout en le respectant. Ou la plupart de principes environnementaux préconisés de nos jours ont été expérimentés par différents mouvements architecturaux depuis la révolution industrielle. Où l'ampleur de la conscience écologique dans l'architecture n'est pas nouvelle, elle puise ces origines dans l'habitat vernaculaire qui reflète lui-même les capacités d'adaptation de l'homme à son environnement.

Caue Martinique voit que le terme « Architecture Bioclimatique » consiste de la construction en adéquation entre le bâtiment et son site dans lequel il s'inscrit, elle tient une part de ses origines dans la construction vernaculaire. Et avec le développement des mouvements environnementalistes de la fin des années 60, ce terme est supplanté par celui d'architecture « écologique ». Il sera lui-même vite remplacé par l'architecture « solaire » en réponse à la première crise pétrolière en 1974 où les solutions architecturales étaient essentiellement solaires, puis elle devient « durable ». Enfin, on parle beaucoup aujourd'hui d'architecture « HQE ».

Fig. 1 :Habitat traditionnel.



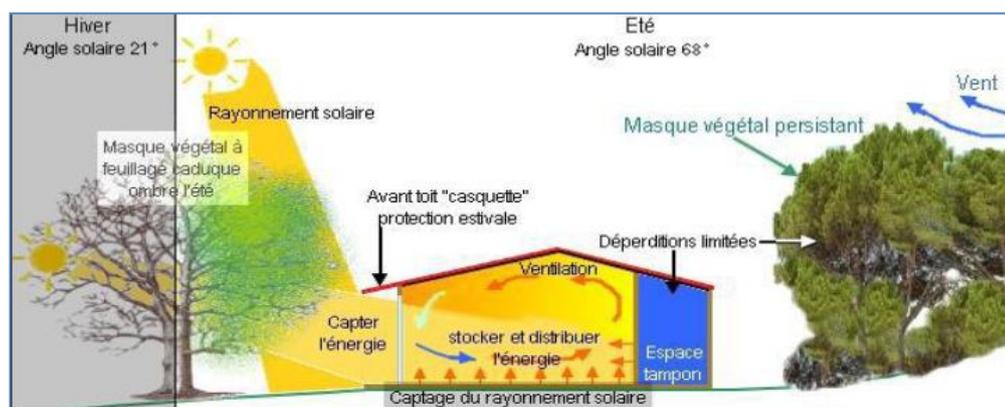
Source: <http://www.indians-kazeo.com>

2.3. les principes de l'architecture bioclimatique

L'architecture bioclimatique fait appel à de stratégies de valorisation des ressources naturelles dans le but d'assurer des conditions de vie optimale dans une démarche respectueuse de l'environnement (Alain L et al , 2005) . Et pour cela, l'architecture bioclimatique se base sur les principes suivants :

- Capturer le rayonnement solaire
- Stocker l'énergie ainsi faire distribuer cette chaleur dans l'habitat
- Réguler cette chaleur
- Eviter les déperditions dues au vent

Fig. 2:les principes de l'architecture bioclimatique



Source: (Alain L et al, 2005).

2.4. Les objectifs de l'architecture bioclimatique

L'architecture bioclimatique a pour objectif principal d'assurer les conditions de vie agréable de la manière la plus naturelle possible, et pour faire cela une étude approfondie sur le site d'implantation, le climat, et même les risques naturelle, les risques naturels ou encore la biodiversité existante et font en sorte de tirer le meilleur du lieu d'implantation tout en prévoyant les contraintes éventuelles.. (Fredery L 02008).

Donc La conception bioclimatique a les objectifs suivants :

- La conception intelligente qui favorise l'exploitation des ressources naturelles (des constructions modernes et économique).
- Mettre une relation entre le bâtiment et son environnement.

- Minimiser la consommation d'énergie.
- Assurer tous les types de confort le bien-être et la qualité de vie d'utilisateurs.
- Réduire la nuisance et la pollution.

2.6. Les trois systèmes de l'architecture bioclimatique

Afin d'atteindre ses objectifs, l'architecture bioclimatique s'appuie sur plusieurs systèmes (Alain L et al, 2005). À savoir :

Système passive : solutions architecturales et constructives sans ou avec très peu d'apport d'énergie.

Système active: solutions technologiques en consommant de l'énergie.

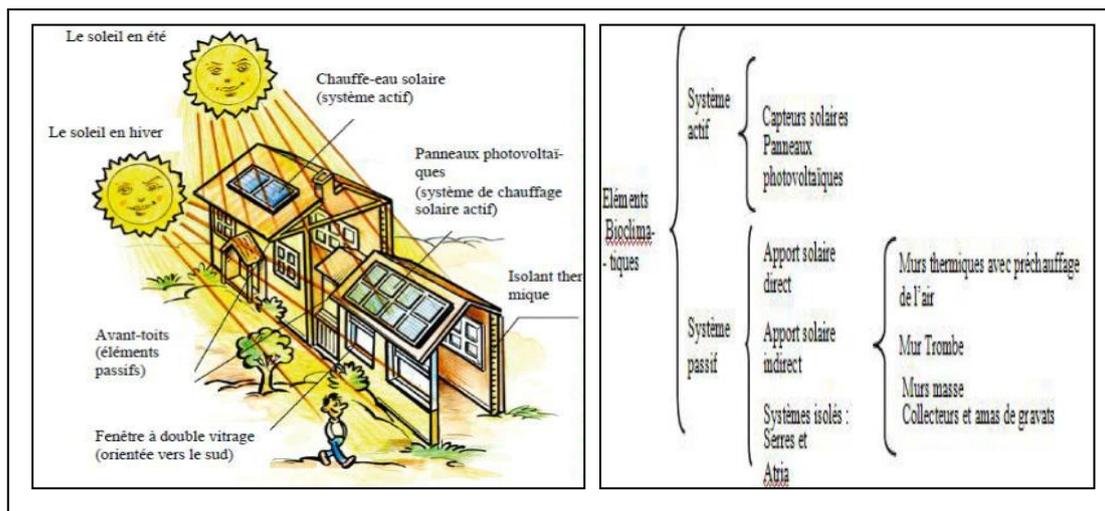
Système hybride : est la combinaison entre les deux systèmes

Tableau 1: Les d différents systèmes de l'architecture bioclimatique

Système passive :	Système active :	Système hybride :
L'utilisation des dispositifs tel que : le patio , Atrium, Véranda, façade Double peau etc.. .	consiste à utiliser un Ensemble des les dispositifs d'utilisation d'énergie renouvelables telle que : les panneaux photovoltaïques, les capteurs solaires, chauffe-eaux solaire, éolien,	l'utilisation des systèmes naturels par une régulation active tel que le puits canadien

Source: Atrice

Fig. 3 : Principaux éléments bioclimatiques : systèmes actifs et passifs



Source: Manuel de bâtiments efficacité énergétique et énergies renouvelables.2011.

Le choix d'une conception bioclimatique est un engagement vers un environnement de qualité, dont les bases sont : un programme architectural, un paysage, une culture, des matériaux locaux et des garantis pour un bien-être au sein d'un bâtiment. L'application des concepts de cette architecture est devenue primordiale dans les bâtiments scolaires, car ces équipements reçoivent une

des tranches sociales la plus fragile qui est celle des enfants de bas âge, dont l'architecture doit être durable respectueuse à son environnement et à son usager sensible. Cela permettra un processus d'apprentissage efficace dans un environnement de qualité et écologique. Cette architecture spécifique aux activités éducatives est inscrite dans la réalité de son environnement, bien que cette architecture scolaire soit un fait curieux puisqu'elle joue un rôle très important dans la vie de l'élève et de son évolution.

3. L'école bioclimatique

Un concept assez nouveau qui consiste à construire un bâtiment scolaire qui établit un équilibre harmonieux entre l'occupant et son milieu, en préservant les ressources naturelles et l'environnement et en favorisant le confort et la santé des usagers.

Les écoles bioclimatiques sont construites pour réduire les coûts de la consommation énergétiques et conserver les ressources naturelles (Spake A, 2008). D'autre côté les écoles bioclimatiques contribue à trouver des solutions aux problèmes environnementales et à assurer le bien-être des écoliers. (Gado, T, 2009). Pour (Gelfand et al 2010) Intégrer les bâtiments scolaires dans une démarche de développement durable constitue une véritable nécessité.

Ce type des bâtiments scolaires est basé sur une compréhension profonde de la biologie, sur la création d'un espace d'apprentissage au lieu de la machine éducatif. Une école bioclimatique efficace est celle qui est capable d'intégrer avec succès la conception d'un bâtiment durable qui sert d'être un laboratoire pratique la conservation de l'environnement ou les aspects distincts de la conception bioclimatique sont utilisés. (Chan, 2014). D'une autre part, l'école bioclimatique contribue à transformer la société à une société plus durable, capable à explorer des solutions aux problèmes environnementaux, elles servent de modèles d'action responsable. La conception et la construction de telles installations doivent répondre aux exigences de confort en été sans climatisation, ainsi que de confort en hiver pour réduire l'utilisation d'éléments d'appointes.

3.1. Les bienfaits de la conception bioclimatique des écoles

Les recherches modernes ont clairement démontré qu'il y a des multiples bienfaits qui viennent des bâtiments bioclimatiques (WORLDGBC 2013). Il y a un corpus des recherches en croissance qui a montré que les écoles bioclimatiques, non seulement, peuvent réduire effectivement leurs impacts sur l'environnement, mais ainsi elle a un effet oppositive sur la santé des usagers (Yudelson, 2008; Gelfand et al 2010) ou l'étude de Kats en 2006 a prouvé que la conception de telles écoles est extrêmement rentable (2 % plus que les écoles ordinaire).

Certaines études ont démontré qu'il existe une forte relation entre l'effet holistique de la lumière naturelle et le bien-être et la productivité des élèves, en 1999 unes études menées par groupe de Hescong Mahone sur la lumière naturelle dans les salles de classe a démontré une amélioration de 20 % dans la performance académiques des élèves dans les salles éclairée naturellement. (Gelfand et al 2010). Des autres recherches ont prouvé que l'amélioration des conditions de vie à l'intérieur des salles de classes est fortement liée à la bonne performance académique (WORLDGBC). Dans le même contexte l'étude de Donnell et al. 2010 ont évalué l'impact de la qualité de l'air intérieur sur les étudiants dans les salles de classe a trouvé qu'il y a une réduction moyenne de 38 % d'asthme dans les bâtiments avec une qualité de l'air amélioré. (O'donnell w et al ,2010).

3.2. Les principes de conception bioclimatique des écoles :

La conception d'une école bioclimatique se base principalement sur une bonne gestion de l'air, de la chaleur et du froid en limitant les déperditions de chaleur en hiver, et en se protégeant de la chaleur en été. Pour trouver cet équilibre, la conception bioclimatique doit s'articuler autour les axes suivants :

o le choix du site: prenant en considération les caractéristiques du site : climat, végétation, topographie, ensoleillement, réseaux, et même le contexte social (la proximité des maisons des écoliers, ...), alors une parfaite connaissance du lieu est indispensable.

o La conception architecturale : Il est parfaitement possible d'assurer à la fois une bonne qualité architecturale, une excellente qualité de l'environnement intérieur et une très faible consommation d'énergie au moyen d'une conception intelligente et multidisciplinaire dont les principaux éléments

conceptuels sont: l'organisation spatiale, l'insertion du projet dans son environnement, le choix du parti architectural, l'orientation des constructions et la flexibilité des espaces.

o **La forme architecturale** : La compacité est généralement une règle en architecture bioclimatique, car elle permet de limiter les surfaces dépréciatives ou soumises à un éclairage solaire important.

o **L'isolation** du bâtiment, entre autres avec des matériaux à forte inertie thermique pour limiter les échanges avec l'extérieur

o **La ventilation** est tout aussi importante, pour garantir un air sain et renouvelé et éviter les problèmes d'humidité.

o On peut aussi travailler sur **l'énergie solaire** et les autres **énergies renouvelables** éventuellement disponibles

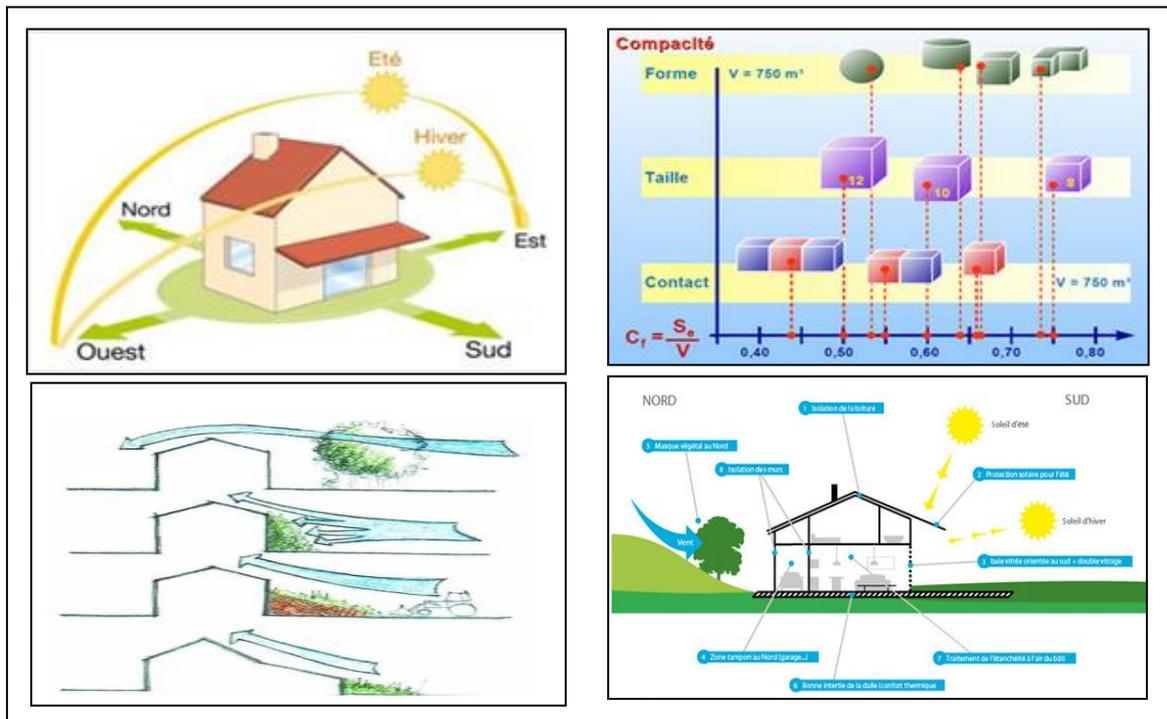
o La **gestion des ouvertures et de l'éclairage naturel** est un point crucial, pour trouver le bon compromis entre luminosité et confort thermique.

o **Le choix des matériaux** est aussi important : privilégier les matériaux naturels (biomatériaux), à base de matières premières renouvelables qui sont sains et écologiques ou issus de produits recyclés.

o Opter pour **les matériaux peu énergivores** (économies en énergie durant la fabrication, le transport, et l'entretien) et exclure le recours aux matériaux nocifs pour la santé.

o Faire appel aux **matériaux produits localement**.

Fig. 4 : les bases de la conception bioclimatique



Source : <https://www.asder.asso.fr/conception-bioclimatique/>

4. Des exemples des écoles bioclimatiques dans le monde

4.1. L'école primaire de Tananarive

Fiche technique :

- **Situation :** Tananarive, Madagascar.
- **Surface totale :** 6670m²
- **Programme :** école primaire de 4 classes maternelles et 8 classes élémentaires
- **places pédagogique :** 300 élèves
- **Forme architecturale :** Une forme éclatée composée de plusieurs barres, chaque barre représente un pôle

Fig. 5 : plan de masse schématisé et la volumétrie de l'école



Source : http://www.architropic.com/#!/ecole_primaire de Tananarive

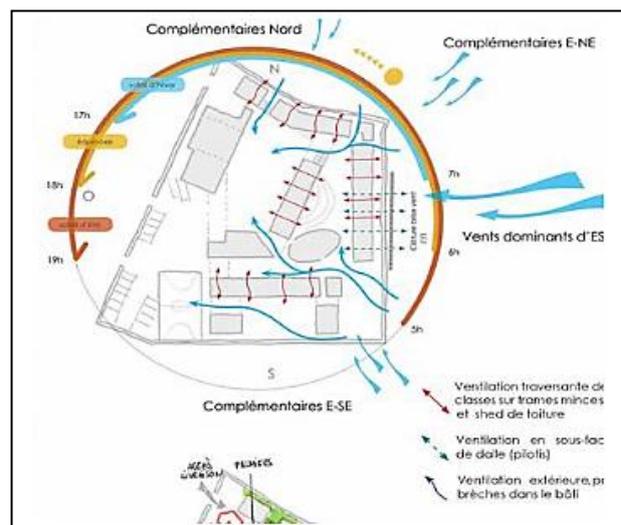
Fig. 6 : étude climatique de projet

Aspect bioclimatique :

L'architecture de cette école a pris, on compte.

-L'orientation des vents dominants pour les Utiliser à la ventilation naturelle.

- les salles de classe de cette école sont aérées naturellement grâce aux grands arbres majestueux qui entourent le site.
- les salles de classe sont éclairées naturellement grâce aux ouvertures qui sont privilégiées au côté jardin et à leurs dimensions bien étudié en fonction d'orientation.



Source :

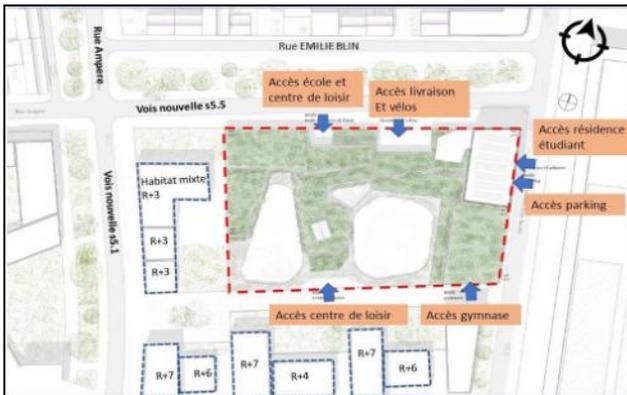
http://www.architropic.com/#!/ecole_primaire_d_tananarive

4.2. Le groupe scolaire de Rosalind Franklin

Fiche technique :

- **Situation :** la ZAC d'Ivry, France .
- **Surface totale :** 8 650 m²
- **Matériaux principaux :** Béton, panneaux -Métalliques, bois.
- **Forme architecturale :** L'école s'organise sous la forme d'un paysage en terrasses successif accueillant de la végétation

Fig 7: un plan de masse et vue d'ensemble du projet



Source : <https://www.darchitectures.com/groupe-scolaire-rosalind-franklin-et-residences-etudiants-ivry-sur-seine-chartier-dalix-a2769..html>

Aspect bioclimatique :



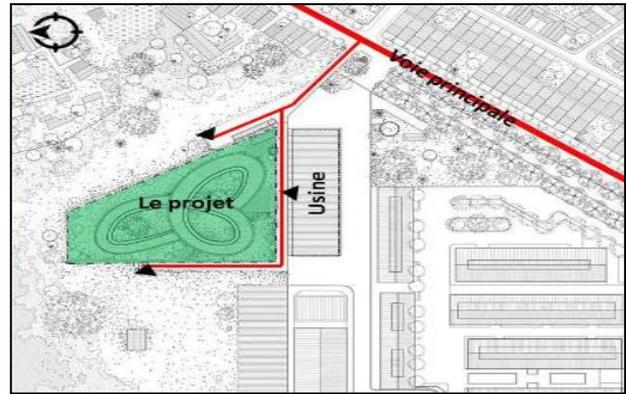
- Les salles de classe sont orientées au sud bénéficiant d'un ensoleillement maximum.
- Les espaces intérieurs bénéficient d'une multiple orientation grâce à la souplesse de plan qui bénéficie d'un apport de lumière naturelle généreux.
- Les façades sont constituées de vitrages toute hauteur, avec des remplissages en « Emplit » devant une isolation
- Les toitures végétalisées et Jardin pédagogique pour offrir à l'utilisateur la perception de son environnement direct.
- La maîtrise des apports solaires trop forts à travers un auvent en métal horizontale
- L'école s'organise en 3 péninsules qui dégagent 2 cours de récréation pleine sud, offrant un ensoleillement maximum aux espaces les plus pratiqués, c'est-à-dire les salles de classe, les circulations et les cours de récréation.

4.3. Groupe scolaire jardin d'enfants

Fiche technique :

- **Situation :** Biên Hòa, Dong Nai, Vietnam
- **Surface totale :** 3800 m².
- **places pédagogique :** 500 élèves
- **Forme architecturale :** Le gabarit est en R+1 avec un plan en forme de nœud qui entoure le contour des trois cours de récréation.

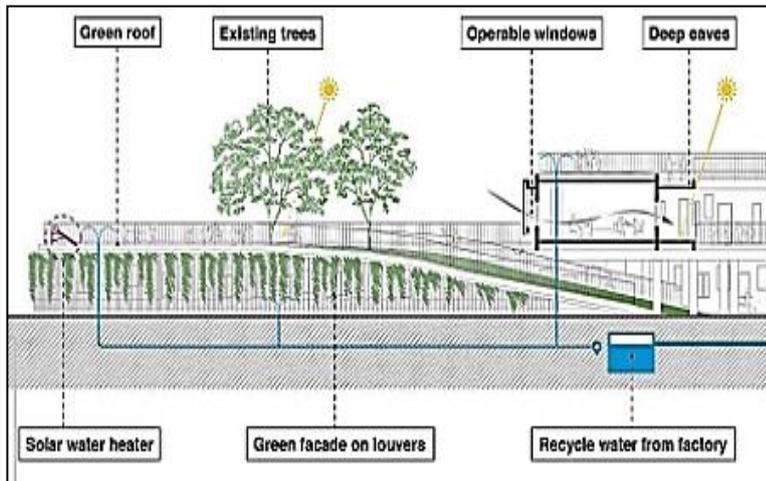
Fig. 8: vue d'ensemble et plan de masse de projet



Source: archidaily.com

Aspects bioclimatique

Fig. 9 : l'ensemble des stratégies environnementale utilisée



- Le bâtiment est une bande étroite continue avec des fenêtres ouvrantes qui maximisent la ventilation transversale et l'éclairage. En conséquence, il peut fonctionner sans climatisation, malgré le climat tropical intense.
- Utilisation de façades vertes pour l'ombrage.
- chauffe-eau solaire.

Source : <https://fre.architecturaldesignschool.com/farming-kindergarten-40104>

Ces dispositifs sont conçus de manière visible et jouent un rôle important dans l'éducation durable des enfants.

Recyclage des eaux usées pour irriguer la verdure et les toilettes à chasse d'eau, de plus il n'y a pas des climatiseurs dans les salles de classe malgré le GS situé dans un climat tropical rigoureux. Grâce à toitures végétalisée qui comporte comme une isolation thermique et acoustique.

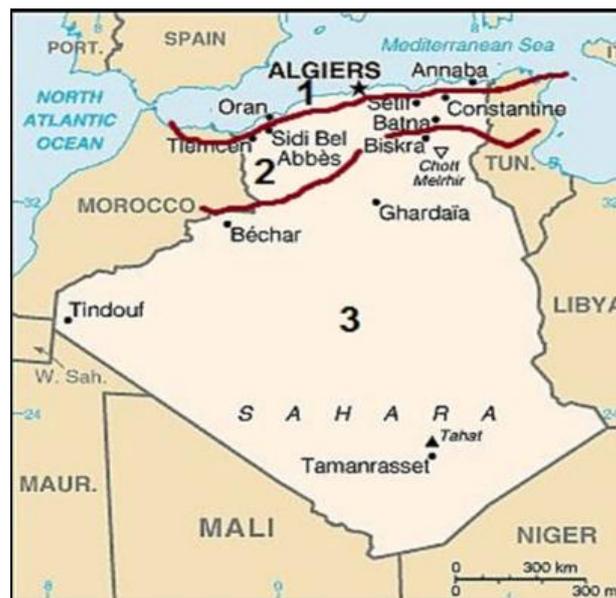
5. Les établissements scolaires en Algérie et le défi bioclimatique

Selon le ministère algérien de l'Éducation, le taux de scolarisation d'environ 97% des enfants et d'environ 27000 écoles dans le système scolaire en 2020/2021 démontre les progrès significatifs réalisés par ce secteur en Algérie depuis l'indépendance, par rapport à d'autres pays au même niveau de développement. Cela reflète sans aucun doute les efforts considérables déployés par l'État pour développer et améliorer ce secteur sensible.

Malgré tout, l'infrastructure scolaire algérienne est dans un état de délabrement et ne répond plus aux besoins environnementaux, et améliore à peine le confort et le plaisir des usagers (Tabouche, H 2010), ce qui est dû à une préférence pour la quantité. L'aspect qualitatif sans respect des standards climatiques. Par conséquent, la qualité des lieux d'éducation dans notre pays aujourd'hui est un véritable obstacle à la demande croissante de besoins en matière de vie saine et propre qui doit être placée sur les générations futures.

C'est pourquoi nous allons nous concentrer sur une étude analytique et comparative des différentes structures scolaires selon les différentes régions climatiques (Alger, OM. Analyser les caractéristiques architecturales en tenant compte des différents aspects qui contribuent au confort climatique, à savoir la direction, la forme architecturale, les matériaux de construction et la couleur. L'Algérie, grâce à sa situation géographique, elle bénéficie d'un climat varié entre les régions (nord-sud, Est-ouest). Ou il existe trois types de climat : le climat méditerranéen le long de la côte (zone 1 sur la carte), le climat de transition de la bande collinaire et montagneuse du nord, un peu plus continental, modérément pluvieux (zone 2), et enfin le climat désertique de la grande surface occupée par le Sahara (zone 3).

Fig. 10:les différentes zones climatiques en Algérie



Source : www.climatsetvoyages.com

Notre choix s'est porté sur 3 écoles à l'échelle nationale (une wilaya pour chaque zone climatique). L'analyse bioclimatique s'appuiera sur les tables de Mahoney pour proposer les recommandations nécessaires concernant les éléments architecturaux de la conception des bâtiments dans ces domaines :

5.1. Le climat méditerranéen

5.1.1. École LAARBI TBESSI (Alger)

Fiche technique

- **Situation** : la cité militaire à l'ACL de la commune de Réghaia
- **Surface totale** : 2870 m²
- **Matériaux principaux** :
 - Les maçonneries: Tous les murs extérieurs sont réalisés en doubles cloisons de briques creuses de 12 trous emprisonnant une lame d'air de 05 cm. Les cloisons intérieures sont réalisées en brique creuse de 10 ou 08 trous.
 - Les enduits: Enduit intérieur en plâtre et extérieur au mortier de ciment.
- **Description architecturale** : le bâtiment est disposée en forme de U, de gabarit de R+1 constitué de:13 salles de cours, une administration, une loge gardien, un logement de fonction et les Sanitaire.

Recommandation spécifiques selon les tables de Mahoney

- Bâtiments orientés nord-sud (le long de l'axe est-ouest)
- Plan compact
- Circulation d'air intermittente
- Moyenne ouvertures (20 - 40 %)
- Murs massives
- Une toiture lourde
- Dimensions des ouvertures : (15 à 25 %)
- Ouverture au Nord et au Sud. Avec des ouvertures pour les murs intérieurs.

Fig. 11: Entrée de l'école LAARBI TBESSI



Source : Allek T.2019

Fig.12 : vues intérieurs et extérieurs du projet



Source : Allek T.2019

Paramètres lié à la composition architecturale de l'école

a) Implantation du projet:

Le plan de masse de cette école montre que le bâti de ce projet représente 33.5 % de la parcelle tandis que le reste est réservé à la cour de récréation

b) orientation de projet

L'école bénéficie d'une double orientation, Nord-Ouest/ Sud-Est et Nord-Est/Sud-Ouest.

c) les ouvertures

La surface vitrée de cette école représente 20% de la surface du plancher de la salle ce qui selon le guide des constructions scolaire dépasse la limite recommandée.

d) la couleur et textures des espaces

Les murs intérieurs de cette école sont peints en rose ou en verts, tandis que les plafonds sont en blanc. et les plancher en carrelage beige

5.2. Le climat de hauts plateaux

5.1.1. CEM base 04 (Oum Elbouaghi)

Fiche technique

- **Situation** : la commune d'Ain-Beida
- **Surface totale** : 400 m²
- **Matériaux principaux** :
 - Les maçonneries: Tous les murs extérieurs sont réalisés en doubles cloisons de briques creuses de 12 trous emprisonnant une lame d'air de 05 cm. Les cloisons intérieures sont réalisées en brique creuse de 10 ou 08 trous.
 - Les enduits: Enduit intérieure plâtre et extérieur au mortier de ciment.
- **Description architecturale** : composée de 12 classes, 2laboratoire et 1 atelier n il regroupe 420 élèves

Fig. 13 : situation de projet



Source : WWW.Google Earth.COM

Fig. 14 : Détails de projet.



Source : Autrice. 2015.

Recommandation spécifiques selon les tables de Mahoney

- Orientation Nord et Sud (axe long est-ouest)....
- plan de masse
- Plan compact avec une cour intérieur
- Espace ouvert pour pénétration de brises
- Mouvement d'air non recommande
- Les ouvertures moyennes 20/40 %
- Murs intérieur légers, court temps de déphasage
- Toits légers
- Espace demande pour l'extérieure.
- Espace demandé pour terrasse
- Protection nécessaire contre les pluies.

Paramètres lié à la composition architecturale de CEM

- a) *orientation de projet* : le bâtiment est de Double orientation Nord-Sud / Est-Ouest
- b) *les ouvertures* : la surface vitrée de cette école représente 22% de la surface du plancher de la salle ce qui selon le guide des constructions scolaire dépasse la limite recommandée.
- c) *la couleur et textures des espaces* : Les murs intérieur de cette école sont peinte en blanc salé , tandis que les plafonds sont en blanc et les plancher en carrelage beige

5.2. Le Climat Désertique

5.3.1. L'école BAKHOUCHE Mohammed (Biskra)

Fiche technique

- **Situation** : la ville de Biskra.
- **Matériaux principaux** :
 - Les maçonneries: Béton armé en élévation (structure poteau-poutre), Planchers en corps creux de 16+4. Maçonnerie en parpaing de 20 cm, pour murs extérieurs et intérieures..
 - Les enduits: Enduit intérieur et extérieur au mortier de ciment
- **Description architecturale** : la forme de bâtiment se compose de deux blocs sous forme de «L» contenant 12 classes.

Fig. 15 : situation de projet



Source : WWW.Google

Paramètres liés à la composition architecturale de l'école

- La forme de bâtiment : Le bâtiment est constitué de deux blocs sous forme de «L» avec un gabarit de R+1
- Orientation : L'école est orientée Nord/Sud et Est/Ouest.
- Les ouvertures : La surface totale des fenêtres représente 20% de la surface du plancher de la salle. (elle dépasse les normes)
- Les couleurs et texture : Les murs intérieurs de salles de classe sont peints en blanc sale, et les plafonds sont en blanc.

Recommandation spécifiques selon les tables de Mahoney

- Orientation Nord et Sud (axe long est-ouest)... plan de masse
- Plan compact avec une cour intérieure
- Espace ouvert pour pénétration de brises
- Mouvement d'air recommandé
- Les ouvertures moyennes 20/40 %
- Murs extérieurs et intérieurs lourds
- Toits lourds, plus de 8. de déphasage
- Espace demandé pour l'extérieure.
- Espace demandé pour terrasse

Fig. 16 : vue à l'intérieur et extérieurs du projet



Source : Allek T.2019

5.4. Tableau Comparatif

Ecole			
Paramètres liés aux conditions climatiques			
Climat	Méditerranéen (littoral)	Hauts plateaux	Désertique
Paramètres liée aux compositions architecturales			
Orientation	Double orientation Nord-Ouest/Sud-Est Nord-Est/Sud-Ouest	Double orientation Nord-Sud / Est-Ouest	Double orientation Nord-Sud / Est-Ouest
Forme	Le projet est implanté en forme de «U»	Le projet est implanté en forme de «L»	Le projet est implanté en forme de «U»
Configuration spatial	Typologie du plan à coursive	Typologie du plan à corridor central	Typologie du plan à coursive
Matériaux de construction	Brique creuse, à faible inertie thermique	Brique creuse, à faible inertie thermique	Brique creuse, à faible inertie thermique
Type de vitrage utilisé pour les ouvertures	Vitrage simple de 3mm	Vitrage simple de 3mm	Vitrage simple de 3mm
Couleur et texture des surfaces extérieurs	Utilisation des couleurs clairs qui se caractérisent par des facteurs d'absorption faible.	Utilisation des couleurs clairs qui se caractérisent par des facteurs d'absorption faible.	Utilisation des couleurs clairs qui se caractérisent par des facteurs d'absorption faible.

Source : Autrice.

À partir de cette étude comparative, on trouve que malgré les différences des zone climatique ces écoles participent pleine des caractéristiques architecturales tels que :

- la conception architecturale
- les matériaux utilisés,
- la typologie de plan,
- le système constructif
- L'utilisation du simple vitrage pour les fenêtres
- L'absence des matériaux d'isolation

Ce qui montre que nos écoles ne respectent pas les conditions climatiques de chaque région, alors elles n'offrent pas le confort nécessaire pour les occupants (enseignants et enfants). Et dans le même contexte (Tabouch H, 2010) confirme que la question de la qualité environnementale des bâtiments scolaire en Algérie demeure une problématique centrale ou le parc scolaire marqué par :

- La mal implantation des équipements scolaires
- Une architecture inadaptée aux exigences environnementales et bioclimatiques de la région
- Une construction dépendante des matériaux nocifs et toxiques pour la santé humaine telle que l'amiante et le plomb.
- Mauvais microclimat à l'intérieur des bâtiments scolaires.
- Des établissements dépourvus des normes de confort.
- Absence quasi-totale de la végétation dans ce type de bâtiment.
- Consommation irrationnelle de l'énergie (éclairage, chauffage..).

- Des bâtiments ont un impact négatif sur l'environnement.

Suite à cet état de fait, les établissements scolaires en Algérie envisagent un grand défi d'actualité qui est la conception bioclimatique des établissements scolaires, et ce qui a été confirmé par (Phanariotes Al et al ,2007) quand ils ont dit que les bâtiments scolaires devraient être construits de telle manière qu'ils soient bioclimatiques et respectueux de l'environnement. Dans le même contexte, plusieurs recherches ont démontré qu'améliorer les conditions de vie des usagers des locaux scolaires, protéger l'environnement et économiser l'énergie passe par l'application des principes de la conception bioclimatique des écoles, tandis qu'en Algérie un grand nombre de ces bâtiments se trouvent dans un mauvais état, des bâtiments anciens qui devront être convertis à la conception bioclimatique par la prise en compte des paramètres liés au confort intérieur tels que : l'éclairage approprié, l'acoustique, l'hygrothermique, l'aération et la qualité de l'air. Pour améliorer la mauvaise qualité des ambiances internes qui ont un impact négatif non seulement sur l'environnement, mais aussi sur la santé des élèves et leurs rendements scolaires. Par là des opérations de rénovations et de réhabilitation pour les constructions déjà existantes. Et parmi les mesures qui devraient être prises pour améliorer cette situation, on peut citer la nécessité de :

- Promouvoir une architecture scolaire intégrée dans une démarche de développement durable.
- Respecter les normes spécifiques en matière de confort et d'hygiène.
- Une conception adaptée aux contraintes climatiques. (orientation, type de vitrage....)
- La maîtrise de la consommation énergétique en réduisant le recours aux énergies fossiles (encourager le recours aux énergies renouvelables).
- Prendre des mesures pour diminuer les risques sanitaires et environnementaux des matériaux dangereux.

6. Les résultats de la recherche

L'analyse des recensions littéraires et des exemples des écoles bioclimatiques existantes dans le monde montre clairement que la conception bioclimatique des écoles apparaît comme un outil efficace pour fournir un environnement scolaire sain et sécurisé pour les élèves tout en répondant aux besoins des usagers et aux besoins d'économie d'énergie, à ce niveau là on peut déduire les résultats suivants :

- **Sur le plan social :** la conception bioclimatique des établissements scolaires est une opportunité pour sensibiliser les acteurs publics et les membres de la société à la culture de la protection et la préservation de l'environnement.
- **Sur le plan sanitaire :** les écoles bioclimatiques fournissent un climat scolaire sain et confortable et approprié pour faire les activités scolaires où elle contribue à améliorer leurs performances scolaires, ainsi que l'utilisation des matériaux de construction naturelle et saine participe à assurer le bien-être physique des élèves.
- **Sur le plan économique :** la conception bioclimatique des écoles réduit énormément la consommation énergétique nocive à l'environnement par le recours à l'utilisation des énergies renouvelables comme une source d'énergie naturelle et propre, et l'utilisation des matériaux naturels locaux.
- **Sur le plan éducatif :** la conception bioclimatique des écoles contribue à améliorer les résultats scolaires des écoliers et par conséquent les élèves le taux de réussite scolaire, grâce à la création d'un environnement confortable et stimulant.

L'application des concepts de cette architecture est devenue primordiale dans les bâtiments scolaires car ces équipements reçoivent une des tranches sociales la plus fragile qui est celle des enfants de bas âge, dont l'architecture doit être durable respectueuse à son environnement et à son usager sensible. Cela permettra un processus d'apprentissage efficace dans un environnement de qualité et écologique. Cette architecture spécifique aux activités éducatives est inscrite dans la réalité de son environnement, Bien que cette architecture scolaire soit un fait curieux puisqu'elle joue un rôle très important dans la vie de l'élève et de son évolution.

En Algérie La notion d'une école bioclimatique respectueuse de l'environnement ne présente pas une préoccupation, car les constructions scolaires algériennes ne répondent à aucune exigence d'écologie, les deux soucis majeurs en Algérie sont de répondre aux exigences architecturales et programmatiques du ministère de l'éducation et l'économie. De ce fait on remarque une véritable défaillance dans l'emplacement, la qualité des espaces et des matériaux utilisés soit pour la structure ou pour le revêtement.

Par conséquent il est recommandé de construire ce type de bâtiment dans notre pays pour Assurer le bien-être et la bonne performance académique de nos enfants tout en assurant la protection d l'environnement dans lequel il vit et s'épanouit.

Conclusion

L'intégration des principes de l'architecture bioclimatique dans les bâtiments scolaires a devenu une nécessité impérativement important et de tendance, elle constitue actuellement un enjeu majeur dans le secteur de bâtiment tant pour la qualité des ambiances intérieures que pour les impacts énergétiques et environnementaux dont il est responsable.

Pour situer le problème en matière d'insatisfaction et d'inconfort des usagers dans les équipement scolaire en Algérie , nous avons analysé et comparer des différentes bâtiment scolaires selon les différentes régions climatiques existantes à travers une analyse bioclimatique de ces zones pour définir les recommandations à suivre lors de la conception du bâtiment étudié en se basant sur les caractéristiques climatiques du site. Cette étude nous a permis de comprendre Dans quelle mesure l'architecture scolaire de notre pays ne répond pas aux données climatiques de la région et cela est dû à une défaillance de conception architecturale non soucieuse du climat local. Elle est aussi celle de la négligence dans le choix des matériaux de meilleurs caractéristiques et performances thermiques, acoustiques.

Par ailleurs, l'attention que nous portons à notre sujet réside dans la confirmation de la relation entre les principes de l'architecture bioclimatique et d'assurer un meilleur confort des espaces intérieurs d'une part, et la protection de l'environnement d'autre part. , dont le premier principe de cette architecture réside dans l'incorporation du bâtiment dans son environnement qui passe donc inévitablement par une excellente connaissance des paramètres climatiques de base, tels que l'ensoleillement, le vent et l'humidité.

Bibliographies:

1. Architecture et climat , Université Catholique de Louvain, Département de l'Énergie du Bâtiment Durable; Évaluer la présence de réflexions,[en ligne]
2. (<https://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=10476#c16503>) (consulté le: 07/mai/2021).
3. BÂTIMENT ET DÉMARCHE HQE, www.ademe.fr Novembre 2005.
4. <http://www.agencevekha.com/wpcontent/uploads/2012/08/panorama-sans-titre15-420x420>. (consulté le: 05/mai/2021).
5. Chan, T. C., Mense, E., Lane, K., & Richardson, M. D., Ed. (2014). Marketing the Green School: Form, Function, and the Future. Los Angeles, IGI Global
6. CAUE Martinique, Construire à la Martinique avec le climat. Éléments de conception pour tous.[en ligne],
7. (<http://www.caue-martinique.com/media/fichepr-23-construire-bioclimatique-a-la-martinique.pdf>) (consulté le: 03/mai/2021).

8. Djebri,S. Semahi,N. Zemmouri,B. (2016) : La Conception Bioclimatique Des Batiment En Algerie. En Conférence Internationale des Energie Renouvelable (CIER); 20 -22 décembre 2016; Hammamet , Tunisie. p. 104-110.2.
9. Énergie renouvelables. fr,Le guide des énergies renouvelables ,L'architecture bioclimatique ,2010 , [en ligne], (<http://www.energie renouvelable.fr/architecture.php>) (consulté le: 06/mai/2021).
10. Evans. J. M, The comfort triangles: a new tool for bioclimatic design, thèse de doctorat, Delft University,2007.
11. Fernandez. P et Lavigne. P. (2009) : Concevoir des bâtiments bioclimatiques, fondements et méthodes, le moniteur. Hors collection. ISBN-10 : 2281114546 ; ISBN-13 : 978-2281114546
12. Fredery Lavoye ADH.(2008) Academia. [En ligne].; Disponible sur :. (L'architecture bioclimatique -Fiche PRISME). Technical Report · , iweb.
13. Gado, T. and M. Mohamed (2009). Assessment of thermal comfort inside primary governmental classrooms in hot-dry climates Part II –A case study from Egypt. SUE-MoT Conference A. P. M. Horner, J. Bebbington, R. Emmanuel. Loughborough, UK, Loughborough University.
14. Gelfand, L. and E. C. Freed (2010). Sustainable School Architecture: Design for Elementary and Secondary Schools, Wiley
15. Groupe scolaire zéro énergie certifié HQE à Pantin , [en ligne], (<https://www.meandre-etc.fr/portfolio/groupe-scolaire-a-pantin/>)(consulté le: 06/mai/2021).
16. Hocine Tebbouche,(2010) : l'impact de la qualite environnementale des etablissements scolaires sur la performance du systeme educatif en algerie « Cas des lycées de la ville de Jijel », mémoire pour l'obtention du diplôme de magistère en architecture.
17. Kats, G. (2006). Greening America's Schools costs and benefits.10. Lippman, P. C. (2010).Evidence-Based Design of Elementary and Secondary Schools. A Responsive Approach to Creating Learning Environments Hoboken, New Jersey., John Wiley & Sons, Inc.
18. Kempf .M et Lagadec. A, conception et réalisation (2008) :Les écoles prennent le temps de l'architecture,[en ligne], (http://www.infrastructures.cfwb.be/index.php?eID=tx_nawsecuredl&u=0&file=fileadmin/sites/agi/upload/agi_super_editor/agi_editor/documents/Planches-exposition.pdf&hash=45e8d29af13000a5d661d4fde888f5c5ae787b7e) (consulté le: 09/mai/2021).
19. L'Architecture bioclimatique PDF, [en ligne], (<http://www.eco-sud.com/wpcontent/uploads/2011/04/Architecturebioclimatique.pdf> (consulté le: 09/mai/2021).
20. Les bâtiments scolaires en Grèce : le défi bioclimatique et un projet pilote photovoltaïque (2007). ISSN 1609-7548

21. Liebard, A. et De Herde, A.(2005) : Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques , concevoir , édifier et aménager avec le développement durable ; 6; 3 e édition , le moniteur , P (19-135). ISBN: 2-913620-37X
22. O'Donnell Wicklund Pigozzi and Peterson, A. I., VS Furniture., & Bruce Mau Design. (2010). The third teacher: 79 ways you can use design to transform teaching & learning. New York, Abrams.
23. (Samuel Courgey,2008)
24. Spake, A. and (AFT) (2008). Building Minds, Minding Buildings: Our Union's Road Map to Green and Sustainable Schools American Federation of Teachers (AFT)
25. Stone, M. K. (2009). Smart by Nature: Schooling for Sustainability. Healdsburg, CA, Watershed Media
26. Taylor, A. and K. Enggass. (2009). Linking architecture and education: sustainable design for learning environments, the University of New Mexico Press.
27. yudelson, J. (2008). The Green Building Revolution, ISLAND PRESS.
28. (WorldGBC), W. G. B. C. (2013). The Business Case for Green Building: A Review of the Costs and Benefits for Developers,Investors and Occupants
29. [http://www.architropic.com/#!/ecole_primaire de Tananarive](http://www.architropic.com/#!/ecole_primaire_de_Tananarive). (consulté le: 09/mai/2021).
30. http://www.architropic.com/#!/ecole_primaire_d_tananarive (consulté le: 09/mai/2021).
31. <https://www.darchitectures.com/groupe-scolaire-rosalind-franklin-et-residences-etudiants-ivry-sur-seine-chartier-dalix-a2769..html> (consulté le: 10/mai/2021).
32. <https://www.asder.asso.fr/conception-bioclimatique/>(consulté le: 06/mai/2021).
33. <https://fre.architecturaldesignschool.com/farming-kindergarten-40104> (consulté le: 10/mai/2021).
34. www.climatsetvoyages.com (consulté le: 11/mai/2021).

Les annexes

Annexe 1 : L'étude pratique de la ville d'Alger selon l'approche de Mahoney (2010-2020).

Localisation	Alger
Longitude	3°02 E
Latitude	36°45 N
Altitude	186m

Table 1 Températures

	J	F	M	A	M	J	J	O	S	O	N	D
Temp.Moy. Max	17.4	19.0	18.9	19.6	23.4	25.9	27.8	29.4	26.8	24.1	21.7	18.3
Temp. Moy. Min	12.6	14.0	14.8	16.0	19.0	21.4	23.3	25.0	23.0	19.0	17.6	13.7

$$AMT = T_{max} + T_{min} / 2$$

$$AMR = T_{max} - T_{min}$$

Tmax	29.4
Tmin	12.6
AMT	21
AMR	16.8

Table 2 Humidité, Pluie, Vent

	J	F	M	A	M	J	J	O	S	O	N	D
Humidité Rel. Max	93.7	93.5	92.3	92.9	90.7	82.8	77.1	79.3	84.	89.6	92.6	94.0
Humidité Rel. Min.	59.3	52.9	48.4	47.5	45.0	33.6	29.4	30.6	38.7	42.8	51.6	59.4
Humidité Rel. Moy	76.5	73.2	70.3	70.2	67.8	58.2	53.2	54.9	61.7	66.2	72.1	76.7
Groupe (G.H.)	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	4	4
Pluie (mm)	110.8	58.1	74.9	73.5	60.4	4.8	2.6	4.8	45.9	54.4	125.6	143.7
Vent (directions)	1.2	1.3	1.6	1.8	1.8	2.2	2.1	2.0	1.5	1.2	1.3	1.4

Groupe d'humidité	Humidité relative
1	HR < 30 %
2	HR : 30 -50%
3	HR : 50 -70%
4	HR > 70%

Table 3 Confort

	J	F	M	A	M	J	J	O	S	O	N	D
Groupe Hygro(G.H)	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	4	4

Températures

Moy.Mens. Max.	17.4	19	18.9	19.6	23.4	25.9	27.8	29.4	26.8	24.1	21.7	18.3
Confort diurnes	Maxi	27	27	27	29	29	29	29	29	27	27	27
	M	22	22	22	22	23	23	23	23	23	22	22

	in i												
Moy.Mens. Max		12. 6	14	14.8	16	19	21.4	23.3	25	23	19	17.6	13.7
Confor t noctur nes	M ax i	21	21	21	21	23	23	23	23	23	23	21	21
	M ini	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17

Stress thermique

Jour	C	C	C	C	O	H	H	H	H	O	C	C
Nuit	C	C	C	C	C	O	O	O	O	C	C	C

C: Cold (froid)

O: Comfort (confort)

H: Hot (chaud)

Table 4 limite de confort (à partir de TAM)

Groupe d'humidité		AMT > 20°C		AMT 15-20°C		AMT < 15°C	
		Jour	Nuit	Jour	Nuit	Jour	Nuit
1	0-30	26-34	17-25	23-32	14-23	21-30	12-21
2	30-50	25-31	17-24	22-30	14-22	20-27	12-20
3	50-70	23-29	17-23	21-28	14-21	19-26	12-19
4	>70	22-27	17-21	20-25	14-20	18-24	12-18

Table 5 les indicateurs

	J	F	M	A	M	J	J	O	S	O	N	D	TOTALE
H1 ventilation essentielle													00
H2 Ventilation désirable	*	*	*	*							*	*	06
H3 Protection pluie													00
A1 Inertie thermique					*	*	*	*	*	*			06
A2 Dormir dehors													00
A3 Prob. Saison froide	*	*	*	*	*					*	*	*	08

Annexe 2 : L'étude pratique de la ville d'Oum el Bouaghi selon l'approche de Mahoney(2010-2020)..

Localisation	Oum el Bouaghi
Longitude	7° 06E
Latitude	35° 52N
Altitude	891m

Table 1 Températures

	J	F	M	A	M	J	J	O	S	O	N	D
Temp.Moy. Max	12.8	17.9	15.9	20.6	27.9	31.3	34.4	35.7	28.0	32.1	18.7	12.5
Temp. Moy. Min	1.0	1.5	4.9	8.7	12.1	14.5	17.6	18.4	14.8	8.2	7.3	3.1

$$AMT = T_{max} + T_{min} / 2$$

$$AMR = T_{max} - T_{min}$$

Tmax	23.2
Tmin	9.30
AMT	16.25
AMR	13.90

Table 2 Humidité, Pluie, Vent

	J	F	M	A	M	J	J	O	S	O	N	D
Humidité Rel. Max	95.50	90.30	84	84.6	76.70	65.9	63.4	65.73	80.43	84.64	90.65	96.17
Humidité Rel. Min.	60.32	56.7	48.29	46.1	40.20	35.4	31.2	32.55	40.66	46.04	57.08	62.60
Humidité Rel. Moy	77.91	73.50	66.14	65.35	58.45	50.65	47.30	49.14	60.45	65.25	73.68	79.38
Groupe (G.H.)	4	4	3	3	3	3	2	2	3	3	4	4
Pluie (mm)	47.05	36.43	37.84	79.43	56.92	20.63	11.38	20.40	42	31.51	47.8	43.56
Vents	10.4	13.82	12.92	13.13	12.33	11.98	11.25	10.8	10.27	9.28	10.41	10.38

Groupe d'humidité	Humidité relative
1	HR < 30 %
2	HR : 30 -50%
3	HR : 50 -70%
4	HR > 70%

Table 3 Confort

	J	F	M	A	M	J	J	O	S	O	N	D
Groupe Hygro(G.H)	4	4	3	3	3	3	2	2	3	3	4	4

Températures

Moy.Mens. Max.	12.8	17.9	15.9	20.6	27.9	31.3	34.4	35.7	28.0	32.1	18.7	12.5
Confort Maxi	25	25	28	28	28	28	30	30	28	28	25	25

diurnes	Mini	20	20	21	21	21	21	22	22	21	21	20	20
Moy.Mens. Max		1.0	1.5	4.9	8.7	12.1	14.5	17.6	18.4	14.8	8.2	7.3	3.1
Confort nocturnes	Maxi	20	20	21	21	21	21	22	22	21	21	20	20
	Mini	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14

Stress thermique

Jour	C	C	C	C	O	H	H	H	H	O	C	C
Nuit	C	C	C	C	C	O	O	O	O	C	C	C

C: Cold (froid)

O: Comfort (confort)

H: Hot (chaud)

Table 4 limite de confort (à partir de TAM)

Groupe d'humidité		AMT > 20°C		AMT 15-20°C		AMT < 15°C	
		Jour	Nuit	Jour	Nuit	Jour	Nuit
1	0 -30	26-34	17-25	23-32	14-23	21-30	12-21
2	30-50	25-31	17-24	22-30	14-22	20-27	12-20
3	50-70	23-29	17-23	21-28	14-21	19-26	12-19
4	>70	22-27	17-21	20-25	14-20	18-24	12-18

Table 5 les indicateurs

	J	F	M	A	M	J	J	O	S	O	N	D	TOTALE
H1 ventilation essentielle													0
H2 Ventilation désirable													0
H3 Protection pluie	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	12
A1 Inertie thermique	*	*	*				*	*	*		*	*	08
A2 Dormir dehors						*	*						02
A3 Prob. Saison froide	*	*	*	*					*	*	*	*	08

Annexe 3 : L'étude pratique de la ville de Biskra selon l'approche de Mahoney(2010-2020).

Localisation	Biskra
Longitude	5° 44'
Latitude	34° 48'
Altitude	81.00m

Table 1 Températures

	J	F	M	A	M	J	J	O	S	O	N	D
Temp.Moy. Max	18.3	23.3	23.2	27.5	34.3	38.1	41.2	42.0	34.5	28.4	24.5	18.5
Temp. Moy. Min	7.4	10	12.5	16.8	21.2	25.6	28.3	29	23.5	17.2	13.7	8.8

$$AMT = T_{max} + T_{min} / 2$$

$$AMR = T_{max} - T_{min}$$

Tmax	42
Tmin	7.4
AMT	24.7
AMR	34.6

Table 2 Humidité, Pluie, Vent

	J	F	M	A	M	J	J	O	S	O	N	D
Humidité Rel. Max	79.1	69.5	63.8	52.7	51.8	46.2	41.5	46.3	58.6	64.9	73.3	79.3
Humidité Rel. Min.	39	29.4	24.9	20.7	20.6	17.6	16	17.8	25.7	29.8	36.1	40.5
Humidité Rel. Moy	59.3	47.9	41.9	38.1	33.1	28.8	26	29.6	39.6	46.5	35.5	60.8
Groupe (G.H.)	3	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	3
Pluie (mm)	1	3.7	4	8.3	15	2.0	0.4	0.1	5.3	2	4.4	5
Vent	4.57	4.60	4.76	6.24	6.00	4.98	4.32	4.13	4.50	4.17	4.57	4.48

Groupe d'humidité	Humidité relative
1	HR < 30 %
2	HR : 30 -50%
3	HR : 50 -70%
4	HR > 70%

Table 3 Confort

	J	F	M	A	M	J	J	O	S	O	N	D
Groupe Hygro(G.H.)	3	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	3
Températures												
Moy.Mens. Max.	18.3	23.3	23.2	27.5	34.3	38.1	41.2	42.0	34.5	28.4	24.5	18.5
Confort diurnes	Maxi	29	31	31	31	31	31	34	31	31	31	29
	Mini	23	25	25	25	25	25	26	25	25	25	23

Moy.Mens. Max		7. 4	10	12.5	16.8	21.2	25.6	28.3	29	23.5	17.2	13.7	8.8
Confor t noctur nes	Maxi	23	24	24	24	24	24	25	24	24	24	23	23
	Mini	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17

Stress thermique

Jour	C	C	C	O	H	H	H	H	H	H	O	C	C
Nuit	C	C	C	C	O	H	H	H	H	O	O	C	C

C: Cold (froid)

O: Comfort (confort)

H: Hot (chaud)

Table 4 limite de confort (à partir de TAM)

Groupe d'humidité		AMT > 20°C		AMT 15-20°C		AMT < 15°C	
		Jour	Nuit	Jour	Nuit	Jour	Nuit
1	0 -30	26-34	17-25	23-32	14-23	21-30	12-21
2	30-50	25-31	17-24	22-30	14-22	20-27	12-20
3	50-70	23-29	17-23	21-28	14-21	19-26	12-19
4	>70	22-27	17-21	20-25	14-20	18-24	12-18

Table 5 les indicateurs

	J	F	M	A	M	J	J	O	S	O	N	D	TOTALE
H1 ventilation essentielle													0
H2 Ventilation désirable													0
H3 Protection pluie													0
A1 Inertie thermique	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			10
A2 Dormir dehors					*	*	*	*	*				5
A3 Prob. Saison froide	*	*	*								*	*	5