



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET

DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOULOU D MAMMARI TIZI-OUZOU

FACULTE DU GENIE DE LA CONSTRUCTION

DEPARTEMENT D'ARCHITECTURE

MEMOIRE

En vue de l'obtention du diplôme de

Master en Architecture

Option : Architecture et environnement.

SUR LE THEME :

**L'ARCHITECTURE SCOLAIRE EN ALGERIE, QUELLE PRISE EN CHARGE
CLIMATIQUE ?**

Présenté par :

Mme ALLEK épouse BELKESSA Tinhinane

Dirigé par : Mme GUIRI IZZA Fatiha

Année universitaire : 2018/ 2019.

Remerciement :

Mes profonds remerciements au bon dieu qui a éclairé mon chemin et qui m'a donné la foi et le courage pour réaliser ce modeste travail.

Puisque *la reconnaissance est la mémoire du cœur*, je ne pourrais manquer d'exprimer ma gratitude envers les personnes en qui j'ai trouvé un soutien et sans lesquelles ce travail n'aurait pu être mené à bien. Je tiens à remercier sincèrement Mme GUIRI IZZA Fatiha qui, en tant qu'encadreur, s'est toujours montré à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire, ainsi pour l'aide et le temps qu'elle a bien voulu me consacrer.

Je tiens à remercier aussi les membres de jury d'avoir accepté d'évaluer ce mémoire et pour l'intérêt qu'ils ont porté pour ce travail.

A la fin, j'adresse mes plus sincères remerciements aux membres de ma famille :

- mes chers parents,
- mon époux ;
- ma princesse Alycia ;
- mon frère Hacene ;
- mon frère Sofiane, sa femme et sa petite-fille ;
- ma sœur Thiziri ;
- et tous mes amis, qui m'ont apporté une aide essentielle, et une motivation primordiale, par leur soutien, leur assistance et leur amour ;
- A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire

Merci à tous et à toutes.

Mes remerciements ne peuvent s'achever sans avoir une profonde pensée à la mémoire de mon frère « Hamid ».

Résumé :

L'école est une construction effective qui joue un rôle important dans la vie ; la persévérance et la réussite scolaire constituent des enjeux prioritaires, il est nécessaire de réfléchir à l'influence de l'architecture scolaire sur les missions de l'école dans le but de favoriser la réussite de tous les élèves.

La conception et la réalisation de ces établissements doivent satisfaire les exigences de confort en été sans climatisation, ainsi que le confort en hiver de façon à minimiser l'utilisation des éléments d'appoints.

La construction et la production des bâtiments scolaires en Algérie était régie par des plans types, établies pour répondre à une demande importante d'infrastructure, et reproduits sur tout le territoire national. Sur le plan quantitatif, de grands progrès sont accomplis, mais l'aspect qualitatif et les particularités climatiques de chaque région ont été négligés.

L'objectif de notre travail est de procéder à une étude comparative des architectures scolaires dans différentes zones climatiques en Algérie.

Mots clés : architecture scolaire, conditions climatiques, zones climatiques, confort thermique

Abstract:

School is an effective construction that plays an important role in life; perseverance and academic success are priority issues, it is necessary to reflect on the influence of school architecture on school missions in order to promote the success of all students.

The design and construction of these establishments must meet the requirements of comfort in summer without air conditioning, as well as the comfort in winter so as to minimize the use of the auxiliary elements.

The construction and production of school buildings in Algeria was governed by standard plans, established to meet a significant demand for infrastructure, and replicated throughout the national territory. Quantitatively, much progress has been made, but the quality and climatic characteristics of each region have been neglected.

The objective of our work is to carry out a comparative study of school architectures in different climatic zones in Algeria.

Key words: school architecture, climatic conditions, climatic zones, thermal comfort

ملخص

المدرسة هي بناء فعال يلعب دورًا مهمًا في الحياة؛ تعد المثابرة والنجاح الأكاديمي من القضايا ذات الأولوية، فمن الضروري التفكير في تأثير الهندسة المدرسية على المهام المدرسية من أجل تعزيز نجاح جميع الطلاب
يجب أن يفي تصميم وبناء هذه المنشآت بمتطلبات الراحة في فصل الصيف دون تكييف الهواء، وكذلك الراحة في فصل الشتاء

يخضع إنشاء المباني المدرسية في الجزائر لخطط قياسية، تم إنشاؤها لتلبية الطلب الكبير، وتكرارها في جميع أنحاء الأراضي الوطنية. من الناحية الكمية، تم إحراز تقدم كبير، ولكن أهملت الجودة والخصائص المناخية لكل منطقة الهدف من عملنا هو إجراء دراسة مقارنة للهندسة المدرسية في المناطق المناخية المختلفة في الجزائر

الكلمات الرئيسية: الهندسة المدرسية، الظروف المناخية، المناطق المناخية، الراحة الحرارية

Remerciement	
Résumé.....	01
Abstract.....	02
ملخص.....	03

Table des matières :

Chapitre introductif

Introduction générale.....	09
Problématique	10
Hypothèses.....	11
Objectifs	11
structure du mémoire.....	11

Première partie : cadre théorique

Chapitre 1 : Le confort thermique dans le bâtiment

Introduction.....	14
I.1.Définition du confort thermique	14
I.2.Consommation énergétique mondiale	14
I.2.1.Efficacité énergétique.....	14
I.2.2.Bâtiment à énergie positive.....	14
I.2.3.Consommation énergétique et impact environnemental	15
I.2.4.L'énergie fossile et le bâtiment	15
I.2.5.Stratégies bioclimatiques pour améliorer le confort thermique	15
I.2.6. Les problèmes de santé liés à l'inconfort thermique.....	16
I.3.Vivre avec le climat : architecture vernaculaire	16
I.4.Consommation énergétique en Algérie	16
I.4.1.Modèle national de consommation d'énergie	16
Conclusion.....	17

Chapitre 2 : Architecture des établissements scolaires

Introduction.....	19
II.1.Notions liées au bâtiment scolaire	19
II.1.1.L'éducation	19
II.1.2.L'établissement scolaire	19
II.1.3.La qualité environnementale des établissements scolaires	19
II.1.4.Le confort thermique des établissements scolaires	20

II.1.5.La consommation énergétique des bâtiments scolaires.....	20
II.2.Evolution de l'architecture scolaire au fil du temps	20
II.2.1.Aperçu sur l'évolution de l'architecture scolaire mondiale	20
• Dans l'antiquité : Platon.....	21
• 1807 : Le père Grégoire Girard.....	21
• 1832 :L'architecte Bouillon.....	21
• 1902 :l'architecte Frank Lloyd Wright.....	22
• Dans l'entre deux guerres : L'école moderne.....	23
✓ L'école en barre	23
✓ L'Ecole de Plein Air.....	24
✓ L'école pavillonnaire.....	25
• Après 1960 :l'architecture scolaire face à l'explosion démographique.....	25
• Aujourd'hui :l'école n'est plus uniquement un lieu d'enseignement mais aussi un lieu d'éducation.....	26
II.2.2.Aperçu sur l'évolution de l'architecture scolaire en Algérie	26
• La période précoloniale.....	26
• La période coloniale.....	27
• La période poste coloniale.....	30
• Aujourd'hui.....	30
II.2.3.Typologique des bâtiments scolaires selon leurs formes et configurations spatiales.....	31
II.3.Tendances actuelles de l'architecture scolaire.....	31
II.3.1.La programmation.....	31
II.3.2.La capacité d'accueil des établissements scolaires.....	32
II.3.3.La conception du bâtiment scolaire.....	32
• Implantation.....	32
• Flexibilité.....	32
• Densité du plan de masse.....	32
• Orientation	33
• Hauteur des bâtiments.....	33
II.3.4.Conception de la salle de cours	33
• Forme et dimensions	33
• Ouvertures	33
• Revêtements.....	33

II.3.5.Réglementation.....	34
II.4.Analyse d'exemples à l'échelle internationale.....	34
II.4.1.Green School de Bali-Indonésie.....	34
• Matériaux et forme.....	34
• Les locaux.....	35
II.4.2.L'école intercommunale du pays cordais.....	37
• Fiche technique.....	37
• Démarche de la maîtrise d'ouvrage.....	38
• Implantation et conception.....	38
• La façade Sud.....	38
• La façade Nord.....	39
• Toiture végétalisée.....	39
• La vue intérieure.....	40
• Les salles de classes.....	40
• Le restaurant.....	40
• Choix énergétiques.....	41
II.4.3.La fondation GoodPlanet.....	41
• Action carbone solidaire.....	43
• Le projet Maroc, écoles bioclimatiques.....	43
• Bénéfices environnementaux attendus.....	44
• Exemples d'écoles bioclimatiques du programme action carbone solidaire au Maroc.....	44
Conclusion.....	45

Chapitre 3 : Le confort thermique dans les milieux scolaires

Introduction.....	47
III.1.Le confort thermique dans les milieux scolaires.....	47
III.2.Impact de l'ambiance thermique sur les élèves	47
III.3.Facteurs affectant les conditions thermiques des bâtiments.....	48
III.3.1.Paramètres liés aux conditions climatiques.....	48
• Les modes de transfert de chaleur.....	48
• La température de l'air	48
• L'ensoleillement.....	48
• Le vent.....	49

• L'humidité.....	49
• Les précipitations	49
III.3.2.Paramètres liés au cadre bâti.....	50
• L'implantation.....	50
• L'orientation. : Impact de l'orientation sur le confort dans les salles de cours des bâtiments scolaires.....	50
• La forme architecturale.....	50
• La configuration spatiale du bâtiment : Impact de la forme et de la configuration spatiale sur les conditions thermiques dans les bâtiments scolaires.....	51
• Les surfaces vitrées.....	51
- Les surfaces vitrées dans les bâtiments scolaires.....	51
• Les parois opaques.....	51
- Effets de l'inertie thermique.....	52
- Effets de l'isolation thermique.....	52
• Effets de la couleur des surfaces.....	52
• Effets de la ventilation naturelle.....	52
III.3.3.Les paramètres du confort thermique liés aux occupants.....	53
• Le métabolisme.....	53
• L'habillement.....	53
• Le niveau d'adaptation.....	53
• L'aspect physiologique du confort thermique.....	54
• L'aspect psychologique du confort thermique.....	54
Conclusion.....	55

Deuxième partie : cadre pratique

Chapitre 4 : classification des architectures scolaires en Algérie selon les zones climatiques

Introduction.....	57
VI.1.Définition des différentes zones climatiques en Algérie.....	57
1. Climat méditerranéen.....	57
2. Climat des hauts plateaux.....	58
3. Climat désertique.....	58
VI.2.1.Présentation des écoles dans le climat méditerranéen.....	59
1) 1 ^{er} cas : Présentation d'une école à la wilaya d'Alger.....	59

1. Situation du projet.....	59
2. Description du projet.....	59
3. Paramètres liés aux conditions climatiques.....	59
4. Paramètres liés au cadre bâti.....	61
2) 2 ^{ème} cas : Présentation d'une école à la wilaya de Tizi Ouzou.....	64
1. Situation du projet.....	64
2. Description du projet.....	64
3. Paramètres liés aux conditions climatiques.....	65
4. Paramètres liés au cadre bâti.....	65
VI.2.2.Présentation des écoles dans le climat des hauts plateaux.....	68
Présentation d'une école à la wilaya de Djelfa.....	68
1. Situation du projet.....	68
2. Description du projet.....	68
3. Paramètres liés aux conditions climatiques.....	68
4. Paramètres liés au cadre bâti.....	69
VI.2.3.Présentation des écoles dans le climat désertique.....	72
Présentation d'une école à la wilaya de Biskra.....	72
1. Situation du projet.....	72
2. Description du projet.....	72
3. Paramètres liés aux conditions climatiques.....	72
4. Paramètres liés au cadre bâti.....	72
VI.2.4.Tableau comparatif.....	76
Conclusion.....	77
Conclusion générale.....	78
Bibliographie.....	79
Annexes.....	81

Introduction générale :

L'école est un bâtiment architectural omni présent dans le paysage urbain et rural. C'est l'un des bâtiments publics que l'on rencontre le plus fréquemment. Sa conception relève du domaine de l'architecture scolaire, une architecture qui est pour l'élève un référent qui le marque pour la vie. C'est un lieu où il vit une de ses premières appréhensions de l'espace construit en dehors de son lieu d'habitation. Une architecture qui présente son propre caractère et exige des connaissances approfondies des pratiques pédagogiques et leurs évolution dans le temps, elle a pour objectif principal d'offrir aux membres de la communauté scolaire les meilleures conditions de confort et de sécurité dans les espaces éducatifs de bonne qualité, conformément à une organisation architecturale adaptée à leurs activités, sans négliger l'amélioration de la qualité des équipements existants.

Les enfants et les enseignants passent chaque année une grande partie de leurs temps au sein de bâtiments scolaires. La qualité de l'air, la température, la lumière, le bruit...des facteurs parmi d'autres qui ont un impact sur leur confort, leurs performances et surtout sur leur santé, c'est pour ça que ces paramètres méritent une attention particulière lors de la conception et la réalisation des bâtiments scolaires. L'architecture scolaire marque, dans l'espace, l'importance accordée à l'éducation.

Sous l'intitulé : « **l'architecture scolaire en Algérie, quelle prise en charge climatique ?** », nous aborderont dans le cadre de ce présent travail, un sujet important et d'actualité, qui est l'intégration climatique des établissements scolaires.

Notre travail se penche sur la problématique de l'architecture scolaire dans des contextes climatiques différents à travers le territoire national.

Problématique :

De nombreux spécialistes ont tenté de rétablir le lien fondamental existant entre environnement bâti et environnement naturel, et de créer un équilibre environnemental entre l'intérieur et l'extérieur, vu l'impact du confort thermique sur la santé et la productivité des occupants.

Dans les établissements scolaires, le confort thermique doit être une préoccupation majeure, c'est-à-dire que ces bâtiments doivent être conçus en fonction des données climatiques locales, en supposant que leurs caractéristiques architecturales obéissent aux mêmes normes et règles de conception dans le même contexte climatique, et différencient dans les zones de climat différent.

En Algérie, en réponse aux besoins importants d'infrastructures, et vu le caractère stratégique du secteur de l'éducation, les décideurs algériens, se sont engagé dans un vaste programme de réalisation d'infrastructures scolaires à travers tout le territoire national. De ce fait un certain nombre d'interrogations se pose :

Quelles sont les caractéristiques architecturales des établissements scolaires et quels sont les concepts architecturaux utilisés pour assurer le confort thermiques ?

Quelles sont les caractéristiques architecturales des écoles en Algérie et quels sont les moyens utilisés pour s'adapter aux différentes zones climatiques du pays ?

Hypothèses :

Afin de répondre à la problématique, ce travail de recherche est construit sur les hypothèses suivantes :

- a) Les architectures scolaires s'adaptent au climat de la région en utilisant les données locales (matériaux, orientation, vent dominants, etc...)
- b) Les bâtiments scolaires sont régis par des plans types, reproduits sur tout le territoire national, avec des caractéristiques architecturales communes.

Objectifs :

Notre recherche a pour objectif de :

- a) Meilleures connaissances des caractéristiques de l'architecture scolaire et des tendances actuelles dans le monde et en Algérie ;
- b) Définir les architectures scolaires en Algérie et leurs caractéristiques architecturales selon différentes zones thermiques ;
- c) Analyse comparative **entre les différentes architectures scolaires dans les différentes zones thermiques du pays**

Structure du mémoire :

Afin de répondre aux objectifs fixés de notre travail, l'étude est structurée en deux parties :

- a) **Première partie : Cadre théorique** : il sera consacré principalement à la partie introductive et théorique, il est composé de trois chapitres :
 - **Chapitre 1** : le confort thermique dans le bâtiment ; portera sur la définition des concepts terminologiques liés au thème de notre recherche ;
 - **Chapitre 2** : Architecture des établissements scolaire ; un aperçu sur l'évolution de l'architecture scolaire dans le monde et en Algérie ;
 - **Chapitre 3** : Le confort thermique dans les milieux scolaires ; où on va aborder les différents paramètres du confort thermique.

- b) **Deuxième partie : Cas d'étude** : Il comporte un seul chapitre, et consacré à une étude comparative des architectures scolaires en Algérie :
 - **Chapitre 4** : Classification et analyse des architectures scolaires en Algérie selon les zones climatique ; dans ce chapitre on va définir les différentes zones climatiques qui existent en Algérie, puis on va prendre un cas d'étude pour chaque zone, la dernière étape du travail consiste en une comparaison entre ces architectures.

Première partie : cadre théorique

Chapitre 1 :

Le confort thermique dans le bâtiment

« Le confort est lié aux sentiments, à la perception, à l'humeur et à la situation. Sa définition fait à la fois appel à une approche négative (absence d'inconfort, qui se caractérise par exemple par l'absence de douleur, d'anxiété,...) et à une approche positive (bien-être, satisfaction). » (MOSER, 2009)

Introduction :

Un bâtiment doit offrir les conditions intérieures les plus confortables pour l'être humain. La notion du confort thermique est étroitement liée à la performance énergétique dans le bâtiment. Il est cependant difficile de satisfaire tous les occupants du bâtiment en leurs imposant des conditions climatiques strictes, d'autant plus que l'ambiance thermique est influencée par plusieurs paramètres auxquels les individus sont plus au moins sensibles selon le contexte, mais la volonté de satisfaire un grand nombre de personnes est envisageable.

I.1.Définition du confort thermique :

Le confort thermique a été défini comme l'état de satisfaction vis-à-vis de l'environnement thermique établi par échange thermique entre le corps et son environnement. Le confort thermique dépend de contexte et des caractéristiques individuelles. Il est conçu comme un processus adaptatif dynamique qui intègre les différents mécanismes physiques, physiologiques et psychologiques¹

I.2.Consommation énergétique mondiale :

I.2.1.Efficacité énergétique :

Au sens strict du terme, l'efficacité énergétique est le rapport entre l'énergie utilisée et l'énergie totale consommée pour le faire fonctionner.²

L'efficacité énergétique d'un bâtiment correspond donc au rapport entre l'énergie utile produite par le bâtiment et celle qu'il absorbe.

L'efficacité énergétique est devenue au fil des années une préoccupation majeure des politiques énergétiques et climatiques. Nous faisons aujourd'hui face à trois défis principaux : le réchauffement climatique, la crise énergétique et le développement durable.

I.2.2.Bâtiment à énergie positive :

Un bâtiment à énergie positive est un bâtiment dont le bilan énergétique global est positif, c'est-à-dire qu'il produit plus d'énergie qu'il n'en consomme, il est l'aboutissement des précédentes réglementations thermiques.

Les bâtiments à énergie positive font l'objet de réglementation en cours et entrent dans les modèles de hiérarchisation des bâtiments (bâtiments passifs, bâtiments basse consommation, bâtiment zéro énergie, etc.).

C'est le standard des constructions en 2020.

1-ZOUZOU Abdelkrim et MOKHTARI Kamilia, Solutions hybrides pour maintenir le Confort Thermique et Visuel, Mémoire master académique ,2015.p06.

2-Emmanuel Gallay 04 mai 2016

I.2.3. Consommation énergétique et impact environnemental :

Le secteur du bâtiment est le premier consommateur d'énergie et le deuxième émetteur de gaz à effet de serre, derrière les transports.

Pour limiter les dommages causés par le bâtiment sur l'environnement, les stratégies actuellement développées se concentrent surtout sur les économies d'énergies d'utilisation, pour réduire les émissions de gaz à effet de serre et limiter l'épuisement des ressources fossiles qui y sont liées.

I.2.4. L'énergie fossile et le bâtiment :

« Les bâtiments et la construction contribuent directement et indirectement à nos grands problèmes environnementaux. Les bâtiments sont de terribles consommateurs et générateurs de déchets, et le processus industriel utilisé dans la manufacture des matériaux des bâtiments et des équipements contribue aussi aux déchets et à la pollution» (Mendler S., Odell W., 2000).

Une grande part de la consommation mondiale du secteur du bâtiment se rend au profit des énergies fossiles. Or, la consommation intensive de ces dernières est la source des nuisances environnementales auxquelles est soumise la planète.

En outre, par sa recherche d'un équilibre entre le bâtiment et son milieu, Alain Liebard et André De Herde soulignent que l'architecture bioclimatique apparaît comme l'une des réponses pour réduire la consommation énergétique et donc les émissions de CO₂, en profitant des apports bénéfiques de l'environnement particulièrement le soleil comme source d'énergie inépuisable, renouvelable, et non polluante tout en respectant les particularités socioculturelles des occupants.

I.2.5. Stratégies bioclimatiques pour améliorer le confort thermique :

Fondée sur des choix judicieux ; de la forme du bâtiment, de son orientation en fonction des particularités du site (climat, ensoleillement, vents dominants, topographie...etc.), de son implantation, de la disposition des espaces, des matériaux utilisés, l'architecture bioclimatique est une conception qui vise l'utilisation des éléments favorables du milieu pour la satisfaction du confort et du bien-être de l'homme. En été comme en hiver, l'architecture bioclimatique a développé des stratégies passives, profitant des aspects favorables de l'environnement, pour créer une ambiance intérieure confortable.³

3-MERZEG Abdelkader, La réhabilitation thermique de l'habitat contemporain en Algérie, mémoire magister, 2010, P 53

I.2.6. Les problèmes de santé liés à l'inconfort thermique :

Le « syndrome du bâtiment malsain » est un ensemble de symptômes tels que maux de tête, difficultés de concentration, fatigue, sensation de sécheresse, nausées, etc. les raisons ne sont pas toujours connues mais les conditions thermiques et la qualité de l'air dans les bâtiments en sont les principaux facteurs.

Des mesures sont disponibles pour améliorer ces conditions :

- La rénovation des bâtiments
- Construction de bâtiments neufs

I.3. Vivre avec le climat : architecture vernaculaire :

L'Homme a toujours cherché à s'abriter du climat extérieur en construisant des abris. Puis, pour des raisons de confort, il a modifié ces abris pour qu'ils soient éclairés, chauffés, décorés... Mais dans un premier temps, il a rationalisé les éléments de son environnement direct. Les concepteurs, ont réalisé des bâtiments avec des matériaux locaux prenant en compte les apports gratuits en se protégeant des éléments défavorables.

L'étude montre que les concepteurs des bâtiments de l'architecture vernaculaire connaissent le climat et les solutions pour s'en protéger. Les fenêtres des façades Nord, dans les régions où les vents du Nord peuvent être violents et froids en hiver, sont petites. En revanche, celles au Sud, sont grandes pour capter les apports solaires gratuits. Quant aux épaisseurs des murs, elles sont beaucoup plus importantes, ce qui permet, grâce à l'inertie thermique, de maintenir la fraîcheur dans les constructions en été.

« Depuis les temps anciens, le maintien de la chaleur ou de la fraîcheur fait partie de la quotidienneté des activités humaines et participe d'un plan culturel presque inconscient ». (HESCHONG, 1981), Les occupants vivaient avec leur environnement, en été ils préféraient une terrasse ombragée plutôt située au Nord alors qu'en hiver, ils utilisaient les espaces situés au Sud. L'occupant est acteur de son environnement thermique et vit avec son climat. Dans les années 1970, l'architecture solaire ou bioclimatique s'est développée à base de ces principes. Les architectes de cette époque ont modernisé les techniques existantes, grâce aux progrès de l'industrie, pour proposer des architectures confortables avec de faibles consommations d'énergies.

I.4. Consommation énergétique en Algérie :

I.4.1. Modèle national de consommation d'énergie :

L'Algérie amorce une dynamique d'énergie verte en lançant un programme ambitieux de développement des énergies renouvelables et d'efficacité énergétique.

Cette vision du gouvernement algérien s'appuie sur une stratégie axée sur la mise en valeur des ressources inépuisables comme le solaire et leur utilisation pour diversifier les sources d'énergie et préparer l'Algérie de demain. Grâce à la combinaison des initiatives et des intelligences.

Aujourd'hui, les besoins énergétiques de l'Algérie sont satisfaits, presque exclusivement, par les hydrocarbures, notamment le gaz naturel, énergie la plus disponible. Il n'est donc fait appel aux autres formes d'énergie que lorsque le gaz ne peut pas être utilisé.

A long terme, la reconduction du modèle national de consommation énergétique actuel peut rendre problématique l'équilibre offre-demande pour cette source d'énergie.

L'intégration massive du renouvellement dans le mix énergétique constitue, en ce sens, un enjeu majeur en vue de préserver les ressources fossiles, de diversifier les filières de production de l'électricité et de contribuer au développement durable.

Toutes ces considérations justifient la forte intégration, dès aujourd'hui, des énergies renouvelables dans la stratégie d'offre énergétique à long terme, tout en accordant un rôle important aux économies d'énergie et à l'efficacité énergétique. Ce dernier volet permet, à travers une bonne maîtrise du rythme de croissance de la demande, une meilleure planification des investissements nécessaire à la satisfaction des besoins énergétiques.⁴

Conclusion :

Lorsque nous aurons appris à utiliser l'énergie du soleil par des procédés thermiques, nous allons apprécier la subtilité du monde physique qui nous entoure, et on va pouvoir vivre en paix avec les éléments de notre planète, et non pas à les détruire en les exploitant, l'emploi de l'énergie solaire deviendra une seconde nature.

Lorsque nos politiciens, économistes, médecins, ingénieurs, architectes, enseignants et tous les autres auront acquis une compréhension solaire plus claire, notre monde changera, l'aménagement du territoire, la forme et les fonctions des constructions, l'environnement dans son ensemble évoluera.

4-ministère de l'énergie, modèle national de consommation énergétique

Chapitre 2 :

Architecture des établissements scolaires

« Comme règle générale, la conception de l'école devrait pouvoir fournir un environnement éducatif approprié pour apprendre. Ainsi le rapport des différents éléments de l'école devrait être clairement défini. La conception d'école est la conséquence de l'organisation de ces éléments sur un emplacement donné sur le type du rapport entre les différents éléments. Un bon environnement éducatif peut être obtenu par une bonne organisation organique de l'espace » (AÏCHE, 1987)

Introduction :

L'école « Cette institution dont la mission principale, fondatrice est la transmission aux générations montantes les moyens d'assurer tout à la fois, leur avenir et l'avenir du monde » (Meirieu, 2004)⁵

L'école a longtemps était définie comme un établissement consacré à l'enseignement, accueillant des enfants par catégorie d'âge sur des périodes définies. La situation est aujourd'hui différente. Si la fonction d'enseignement reste centrale, elle s'inscrit dans un vaste ensemble répondant à des besoins globaux, ceux des enfants et de leurs familles.

En complément de l'enseignement et en tant qu'équipement municipal, l'école doit offrir de services, des activités et des prises en charge autour du temps scolaire, elle doit répondre à une fonction globale d'accueil et d'éducation des enfants.

II.1. Notions liées au bâtiment scolaire :

II.1.1. L'éducation :

« L'éducation est définie comme l'action d'éduquer, de former, d'instruire quelqu'un (...) l'idée c'est de former l'esprit d'une personne et de ses aptitudes intellectuelles ou bien d'apprendre les bonnes manières selon la société dans laquelle on se trouve »⁶

II.1.2. L'établissement scolaire :

C'est un équipement consacré à l'éducation, il désigne l'ensemble des bâtiments collectifs destinés à la scolarisation des enfants : école maternelle, école primaire, collège et lycée. Qu'il soit privé ou public, il doit assurer aux élèves qui le fréquentent quotidiennement et aux pratiques éducatives les meilleures conditions de confort, d'hygiène et de sécurité.

La qualité de son architecture est déterminante pour la qualité de la vie scolaire qui s'y déroule. Son aménagement et son environnement ont un impact direct sur les progrès scolaires. Il est donc important que ces bâtiments soient exemplaires du point de vue de l'utilisation des ressources fossiles, des rejets polluants, de la qualité des matériaux, sans oublier la qualité de vie et le niveau de confort.

II.1.3. La qualité environnementale des établissements scolaires :

L'architecture scolaire environnementale consiste en l'intégration de l'ensemble des paramètres environnementaux techniques, qu'ils soient climatiques, sanitaires, énergétiques, ou qu'ils concernent les confort, l'entretien, les aspects architecturaux et socioéconomiques, durant les différentes phases du processus global de conception et de réalisation des bâtiments éducatifs. Le confort environnemental des écoles a un impact direct sur les performances

5-Meirieu, P. Faire l'école, faire la classe. P:33.

6- Le dictionnaire Larousse, édition 1998, Paris

intellectuelles et le comportement des élèves, c'est pour ça que la santé et le bien être des utilisateurs de ces équipements sont les principaux objectifs de la qualité environnementale, cette dernière ne dépend pas uniquement des conditions thermiques, visuelles et acoustiques, il y a d'autres paramètres qui entrent en ligne de compte tels que :

- Volume de l'espace, proportions spatiales, formes des limites ;
- Aménagement intérieur, mobilier ;
- Hygiène, gestion des déchets ;
- Densité d'occupation de l'espace ;
- Matériaux et techniques de constructions utilisées ;
- Disposition des espaces, fonctionnement ;

II.1.4.Le confort thermique des établissements scolaires :

L'école en générale est utilisée la journée, quatre à cinq jours par semaine seulement. Elle est fermée durant les périodes de vacances scolaires. Donc, l'occupation effective de l'école est partielle, pendant les deux périodes, hivernale et estivale. Malgré ça, le souci d'assurer un confort thermique optimal en hiver comme en été reste majeur, et il doit pousser la conception à ce que l'on puisse aussi bien utiliser les gains solaires passifs pour le chauffage en hiver et se protéger du rayonnement solaire en été.

II.1.5.La consommation énergétique des bâtiments scolaires :

Les établissements scolaires s'inscrivant dans une démarche de développement durable et de qualité environnementale considèrent la gestion de l'énergie comme paramètre très important de leur politique énergétique.

Il s'agit à la fois d'économie des consommations et de l'amélioration de la qualité énergétique, et aussi d'adoption des technologies énergétiques performantes dans les projets de construction et de réhabilitation d'écoles et d'encourager le recours aux énergies alternatives, renouvelables et favorables à l'environnement.

II.2.Evolution de l'architecture scolaire au fil du temps :

II.2.1.Aperçu sur l'évolution de l'architecture scolaire mondiale :

Cette histoire de la construction de l'école en tant que bâtiment est longue, l'émergence d'une architecture spécifiquement scolaire est tardive dans l'histoire de l'architecture, contrairement aux architectures militaires, religieuse ou de l'habitat. En effet, jusqu'au XIXe siècle l'enseignement se déroule simplement là où se trouve le maître. L'éducation fut alors une pratique qui n'avait pas d'espace réservé.

L'évolution des méthodes pédagogiques a contribué à faire avancer l'architecture des établissements d'enseignement dans le monde, cette évolution peut être classée en plusieurs périodes qui s'inscrivent dans le mouvement général de l'histoire de l'architecture, chaque période, en fonction de ses contraintes et de ses espoirs, a marqué de son empreinte les bâtiments scolaires.

- **Dans l'antiquité : Platon**

Jusqu'à l'avènement de la société industrielle du XIXe siècle, les savoirs se transmettaient à travers les multiples activités de la vie quotidienne, il n'y avait guère d'école.

Platon qui au début n'avait besoin que d'un jardin pour communiquer avec ses élèves, fonda par la suite une école de philosophie, qui s'appelait l'académie, ensuite son élève Aristote fonda sa propre école, qui s'appelait le Lycée.

La lecture attentive des documents se rapportant à l'éducation avant 1830, montre que les lieux d'enseignement, n'étaient pas autonomes tant que tels, ils faisaient souvent partie des lieux spirituels. C'est au niveau des ZAOUIAS (édifice d'enseignement attenante à la mosquée), que se pratiquait d'une manière informelle l'enseignement des enfants et des adultes dans les sociétés Musulmanes. En Europe, à la même époque l'enseignement était dispensé dans les monastères ou dans les couvents. Pratiquement chaque édifice religieux quel que soit son importance, disposait de salles de classes.

- **1807 : Le père Grégoire Girard**

Obtint des autorités de la ville de Fribourg la construction d'une école adaptée à sa pédagogie. Il en fit lui-même les plans. Le local est la première chose. Il doit être assez étendu pour que tous les élèves puissent être assis, avoir devant eux une tablette, derrière eux un intervalle pour la libre circulation et, tout autour, des allées assez larges pour établir des cercles qu'exige le mécanisme de l'enseignement gradué et mutuel (Girard, 1818). L'expérience ne dura guère (1818-1823) mais elle fut remarquable. Les plans du père Girard, une architecture qui permettait le travail de groupe et l'enseignement par des élèves moniteurs, préfigurent les plans modernes des écoles nordiques des années 1960-1970.

- **1832 : L'architecte Bouillon**

Présente ses projets pour maisons d'écoles primaires : c'est le premier modèle pour les constructions scolaires. Ce sont sur ces plans types que s'appuie la politique suscitée par **la loi Guizot du 28 juin 1833** avec « la charte de l'éducation de l'Instruction publique ».

Chaque commune a l'obligation de « construire une maison d'école » : mais les mairies ne construisent pas ou très peu de maisons d'école... Elles utilisent souvent des locaux déjà

existants et la salle de classe se résume en une pièce pas toujours très éclairée et peu salubre, qui reçoit parfois jusqu'à cinquante élèves.

C'est le grand mouvement des écoles nouvelles et du constructivisme. Aux Etats-Unis, John Dewey (1859-1952) philosophe, adepte de nouvelles pédagogies centrées sur l'enfant va influencer l'architecte Frank Lloyd Wright.

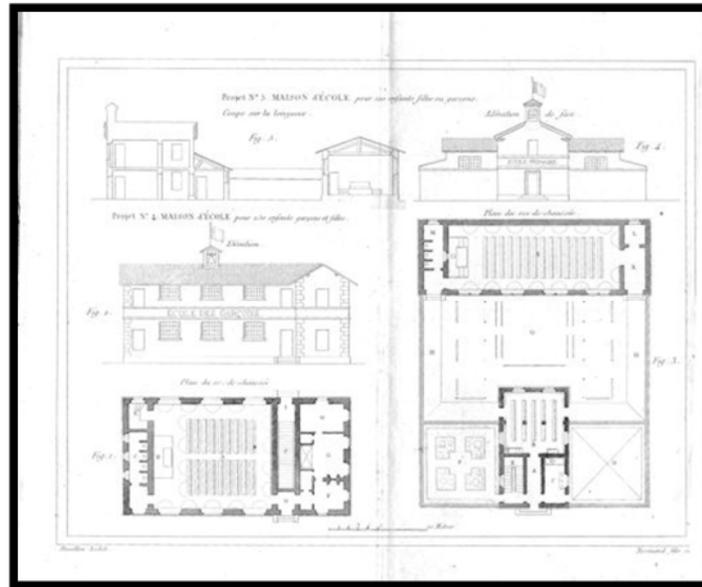


Figure II-1 : Modèle-type d'une maison d'école au début du 19e siècle d'après A. Bouillon, (Toulier, 1982, p. 11)

- **1902 : l'architecte Frank Lloyd Wright**

Construit l'école Hillside à Spring Green (Wisconsin) qui devint un modèle d'avant-garde mainte fois copié. Les classes sans estrades s'ouvrent sur la nature où se déroulaient la plupart des leçons de sciences naturelles. La qualité de l'architecture scolaire devint une des préoccupations majeures des concepteurs.

D'autres écoles de ce type s'ouvrirent en Angleterre, aux Etats-Unis et en Allemagne. A Hambourg, l'école Walddörferschule (1928-1929) dite école de cité jardin devint un modèle. Une cour carrée intérieure servait de théâtre de plein air pour l'école et la communauté, les terrasses devant les salles de classe permettaient l'enseignement en plein air.



Figure II-2: L'école Hillside à Spring Green (Wisconsin), Frank Lloyd Wright

- **Dans l'entre deux guerres : L'école moderne**

L'architecture scolaire devint sobre et fonctionnelle, des esprits nouveaux œuvrent pour changer l'école, tout ça donne naissance à de nouvelles architectures pour l'école :

- ✓ **L'école en barre :**

Implantées au centre des parcelles, ce type s'était répandu au lendemain du Congrès International de l'Architecture Moderne- CIAM, celui-ci prône la sobriété des constructions, la fonctionnalité, l'introduction des nouvelles techniques de construction et de nouveaux matériaux (l'industrialisation), il rejette catégoriquement l'académisme et les constructions monumentales.

L'école Meerweinstraße à Hambourg est l'œuvre de l'architecte Fritz Schumacher, construite entre 1927-1930, elle est illustrative de ce modèle, l'école comporte 36 classes et disposées de part et d'autre du couloir central, composante clé du modèle école-barre.



Figure II-3 : Ecole Meerweinstraße à Hambourg. 1927-1930, (Schneider, 2004)

En 1933, André Lurçat (1894-1970) réalisa, pour la municipalité communiste de Villejuif (Val-De-Marne), le groupe scolaire Karl Marx : un bâtiment de verre et de béton, aéré, lumineux, le bâtiment se présente sous forme d'une longue barre suspendue sur pilotis.

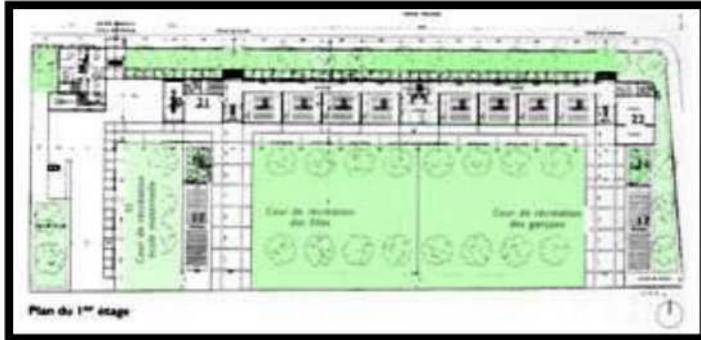


Figure II-4 : Ecole en barre Karl Marx à Villejuif, 1933, (Axel, Mai-juin 2007, p. 55)

✓ **L'École de Plein Air**

Le second modèle d'école durant l'entre-deux-guerres est l'école plein air, celui-ci est destiné aux enfants mal portants, pré-tuberculeux capables de suivre des études sous l'œil attentif de médecins. L'architecture de ces écoles participe à l'acte de guérison ; les bâtiments entretiennent un rapport fort avec l'extérieur, ils sont ouverts de larges baies assurant à la fois l'éclairage, l'enseulement et la ventilation naturelle.

Peu après la première guerre mondiale, l'école plein air est préconisée même pour les enfants en bonne santé. Ce modèle d'école plein air s'étend depuis, dans bon nombre de pays d'Europe et des états unis.

L'Openluchtschool à Amsterdam, conçue par Joannes Duiker et Bernard Bijvoet en 1930. le volume est un cube dont l'un des angles est libéré (en porte-à-faux) expressément pour dégager une entrée au rez-de-chaussée et permettre l'aménagement d'une classe plein air sur chacun des étages supérieurs.

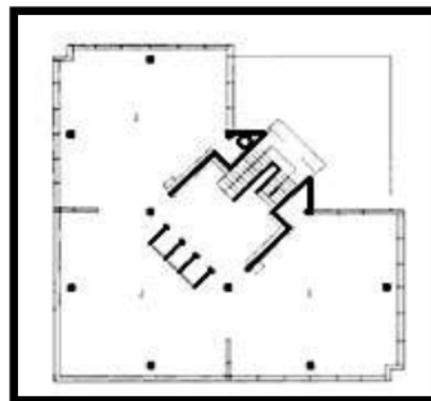


Figure II-5: Openluchtschool de Amsterdam, 1930, (www.bma.amsterdam.nl), (Weston, 2004, p. 52)

✓ **L'école pavillonnaire:**

Tony Garnier (1869-1948) architecte français, fut l'inventeur de l'école pavillonnaire, il imagina la cité industrielle de demain avec de petites écoles dispersées dans des espaces verts.

Les écoles pavillonnaires ou les écoles compartimentées avec ailes, portiques et cours ouvertes furent en vogue durant les années 1950.

Elle se distingue par l'implantation des salles de classe et autres bâtiments d'accompagnement au cœur d'un espace vert.

L'école de Suresnes en France par les architectes Eugène Beaudoin et Marcel Lods (1934-1935), illustre bien ce modèle.

Le long bâtiment de l'école est implanté au nord pour faire barrière aux vents froids, l'orientation nord correspond à la façade principale de l'école, celle-ci comporte huit classes plantées au cœur d'un grand espace vert et possible d'ouverture entière sur leurs 3 parois, elles sont dotées d'un vitrage en accordéon et peuvent se transformer pratiquement en classes de plein air. Ces huit pavillons de classe sont interconnectés à l'aide de galeries.

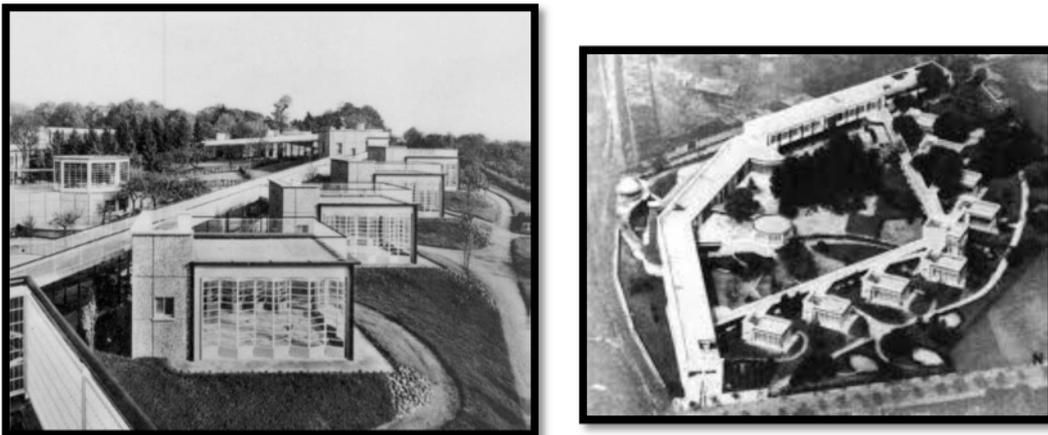


Figure II-6 : Ecole pavillonnaire de Suresnes, 1933, (Adam, 2006, p. 64), (Burke & Grosvenor, 2008, p. 81

• **Après 1960 : l'architecture scolaire face à l'explosion démographique**

La croissance démographique impose des constructions scolaires nombreuses, légères, rapides et économiques. Ce fut alors l'ère de l'architecture scolaire standardisée qui, quoi qu'elle réponde pleinement à l'ensemble de ces exigences, elle présentait l'inconvénient des limitations portant sur le choix de la forme et de l'aspect des bâtiments pour lesquels elle est employée. Les écoles sortent de terre avec des alignements de classes sur deux ou trois niveaux. C'est ainsi qu'il existe des écoles de 15 à 22 classes.

C'est ainsi que naquirent les écoles à plans variables dites aussi écoles ouvertes. L'Angleterre, les Etats-Unis, l'Australie et les pays du Nord de l'Europe furent les pionniers de ce nouveau

style. On recommanda d'abattre les cloisons non porteuses des anciennes écoles et de créer des zones pour la lecture, les arts, les mathématiques, les sciences, etc. la capacité des bâtiments s'en trouva accrue de quelques 25 à 30% . On produisit des cloisons pliables ou des structures de plastique gonflables destinées à moduler les espaces pour les divers travaux de groupes.

- **Aujourd'hui : l'école n'est plus uniquement un lieu d'enseignement mais aussi un lieu d'éducation.**

L'architecture scolaire est pour l'élève un référent qui le marque pour la vie d'où l'importance de la qualité architecturale des écoles. Il s'identifie à cet espace qui lui est familier : il faut donc lui offrir une architecture pertinente et adaptée au monde et aux techniques modernes.

Les nouvelles écoles contemporaines sont attentives à l'écologie et au développement durable. On pense de plus en plus à résoudre les problèmes d'ergonomie des lieux de travail, réfléchir aux questions de la lumière, de l'acoustique, de la chaleur, de la sécurité, de la répartition des périphériques. Il faut aussi garantir la possibilité de redistribuer les espaces au gré de l'évolution des besoins. Les écoles d'aujourd'hui deviennent à usage multiples et sont ouvertes toutes l'année. Ce sont des lieux de vie, de formation, de documentation et d'échange.

II.2.2. Aperçu sur l'évolution de l'architecture scolaire en Algérie :

L'histoire de l'école dans l'Algérie coloniale est celle d'une cohabitation complexe, difficile et souvent conflictuelle entre plusieurs systèmes d'enseignement. Or dans le même temps, l'Algérie a occupé, par le biais de l'école, une place considérable dans l'imaginaire métropolitain.

- **Période précoloniale :**

A cette époque, l'Algérie possède un système éducatif, basé sur la religion. Dans ce système, on distingue :

- ✓ Le primaire est instruit dans une école coranique appelée kuttab ou msid, institué pour des enfants de six à dix ans, installé dans les bâtiments d'une mosquée ou d'une zaouïa.
- ✓ Le secondaire, quand à lui, destiné à des adolescents de dix à quinze ans, il s'effectue soit dans : des mosquées, zaouïas ou medersas.

- **Période coloniale :**

Les français ne perdent pas le temps pour ouvrir les premières écoles pour enfants européens, deux écoles d'enseignement mutuel voient le jour, en 1833, à Alger et Oran, puis en 1834 à Bône.

En même temps la loi Guizot du 28 juin 1833 est venue, elle ordonne la construction d'une école primaire publique dans chaque commune, et fournir à chaque instituteur primaire un local aménagé, tant pour lui servir de logement que pour recevoir ses élèves pendant la durée des leçons.

L'année suivant la proclamation de loi Guizot, l'architecte français Auguste Bouillon publie son livre « la construction des maisons d'école primaire en 1834 », cet ouvrage se veut être une base référentielle pour l'évaluation et la critique des bâtiments scolaires français, car il dressait un recueil de modèles types des bâtiments scolaires.

L'école primaire publique gratuite, laïque et obligatoire est déterminée par les lois (1881-82) de Jules Ferry entendues en France et ses colonies. Un effort de construction et d'aménagement vient accompagner ce dispositif réglementaire et législatif. Durant cette période, ont été menées plusieurs enquêtes par rapport aux nécessités en mobilier scolaire et en bâtiments.

La loi du 18 janvier 1887 définit un ensemble d'instructions concernant la construction, le mobilier et le matériel d'enseignement.

On calcule la surface des classes à raison de $1.25\text{m}^2/\text{élève}$, elles sont d'une forme rectangulaire, et d'une hauteur sous plafond minimum de 4m, elles sont percées de grandes fenêtres, ainsi la lumière éclaire par la gauche les pupitres des élèves, des baies d'aération sont prévues sur le mur opposé de l'éclairage.

La situation du terrain d'assiette de l'école doit être centrale, sa superficie est calculée à raison de $10\text{m}^2/\text{élève}$, et ne doit pas être inférieure à 500m^2 minimum, et situé à l'écart de tout établissement à nuisance sonore ou malsain. Les bâtiments de l'école sont disposés en tenant compte des paramètres de l'assiette ; le climat, les conditions d'hygiène, l'ensoleillement et le voisinage.

Ces instructions décrivent un ensemble de données relatives au programme, mais ne comportent presque rien comme description de l'architecture elle-même

La composition volumétrique est simple ordonnancée, un accent prononcé sur l'écriture du détail des oppositions constructives (soubassement/couronnement, ossature/remplissage) ce qui rend l'édifice très lisible, ce caractère est accentué par les grandes fenêtres qui rythment la façade de l'édifice. Des bâtiments d'école alignés à la rue, une cour disposée à l'arrière, c'est

le code formel qui devient l'emblème des constructions scolaires propre au milieu urbain à cette époque. Dans les zones à faible densité de population, dans les hameaux des colonies de France, un autre modèle s'y était imposé, celui de l'école du hameau, inspiré du modèle de l'école-mairie de France.

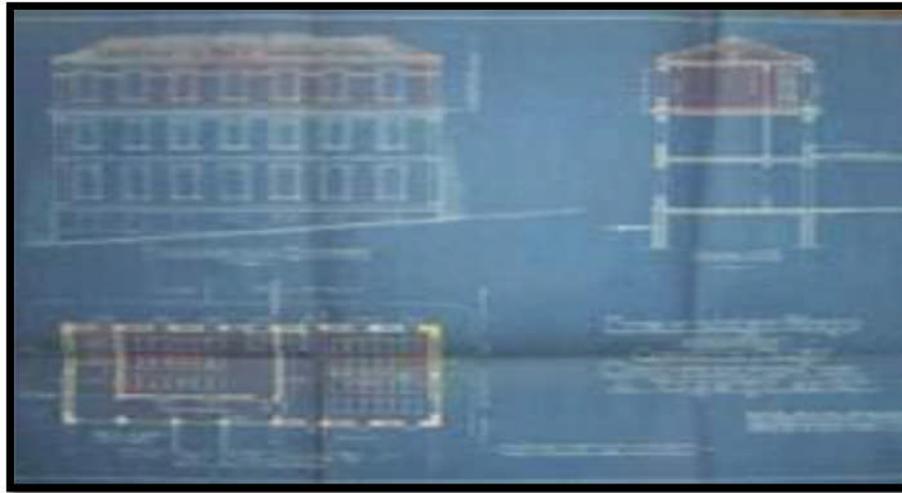


Figure II.7 : Ecole Jules Ferry à Oran, 1928, (Archives Nationales- IBA/INS 77)



Figure II.8 : Ecole du hameau (APC de Baba Hassen- Archives), (Abadi, L., 2004, p.56), (Leray, F., 1904)

- **Période entre les deux guerres :**

Les caractéristiques des bâtiments scolaires sont édictées par la loi du 18 janvier 1887 relative à l'enseignement public, le renouveau réside dans la recherche de meilleures conditions de salubrité, et l'introduction des concepts nouveaux du mouvement moderne d'architecture : la toiture plate pour remplacer la toiture inclinée, des impostes pour renforcer la ventilation, des bandes de fenêtres horizontales substituent aux hautes fenêtres avec

persiennes, des galeries ouvertes sur la cour au lieu des couloirs centraux. L'intérieur des salles de classe reste inchangé. Ces instructions deviennent le commun des constructions scolaires au moins pendant la période coloniale, parmi les exemples témoins de cette époque : l'école de Fort-de-l'Eau œuvre de Guerinaud et Bastelica (1934-1935), le groupe scolaire de Champs de manœuvre par Léon Claro (1935-1938), et l'école de Frenda à Tiaret ainsi que l'école Pascale Muselli à Mascara bâties durant les années 30.

Au niveau des centres urbains indigènes (à forte affluence algérienne), les bâtiments d'école sont construits dans le style néo mauresque, manière d'intégration au contexte culturel local. Dans les tissus urbains à forte densité, la configuration des bâtiments scolaires suit la forme de la parcelle disponible sans pour autant obéir à une configuration de plan typique.



Figure II.9 : Groupe scolaire du Champs de Manœuvre, Alger, 1935-1938, Chantiers, Octobre 1938



Figure II.10 : Ecole de Pascal Muselli à Mascara et l'école de Frenda à Tiaret pendant les années 30

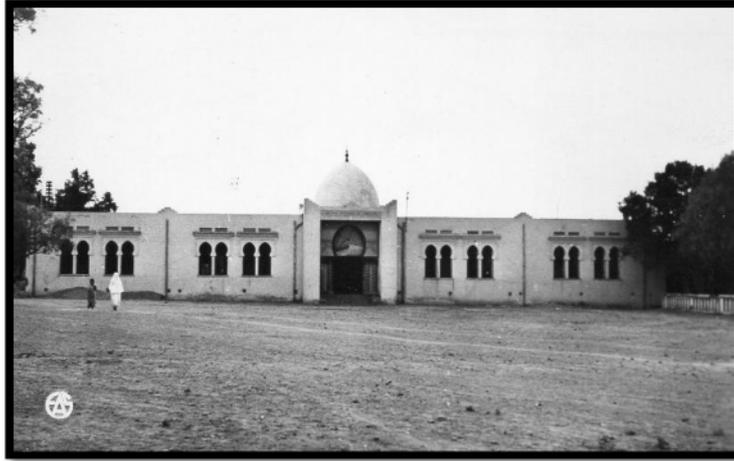


Figure II.11 : Ecole indigène des garçons à Colomb-Béchar



Figure II.12 : Ecole indigène de Miliana au style néo-mauresque

- **Période postcoloniale :**

A partir de l'indépendance, l'Algérie met de grands moyens dans le secteur de l'éducation et réussit à élever le taux de scolarisation, mais Au niveau de l'architecture scolaire, il n'y a pas eu d'évolution, le projet de construction d'une école se réduisait au simple agencement des classes de part et d'autre d'un couloir de distribution central, avec deux escaliers latéraux, (BEREG, 2009). Les fonctions sont séparées ; un bâtiment est dédié à chacune d'entre elles ; les classes, l'administration et les ateliers. Mais il faut dire que même en France durant les années 1963 jusqu'à 1975, on construisait ce genre d'école préfabriquées dites de type « Industrialisation ».

Aujourd'hui :

Les écoles sont encore conçues à l'image des prisons, elles se renferment sur elles-mêmes, leur typologie architecturale est d'un temps révolu ; les espaces sont pensés à leur simple fonction de base ; un agencement de classes le long d'une galerie rectiligne qui donne sur la cour de récréation. Les murs de séparation sont trop rigides et imposants excluant toute

possibilité de réaménagement, la conception des classes est traditionnelle. Les classes communiquent entre elles par le biais du couloir conçu pour la seule fonction de circulation, l'école dans son ensemble revêt un caractère de monotonie et propose un rapport invariable avec l'extérieur.



Figure II.13 : École primaire Ait El Kaid, Commune Agouni Gueghrane, Wilaya de Tizi Ouzou

II.2.3. Typologique des bâtiments scolaires selon leurs formes et configurations

spatiales :

Notre intérêt porte sur une classification des bâtiments scolaires en Algérie selon le critère de la configuration spatiale du plan :

La simple distribution (typologie de plan à coursive) : caractérisée par de longues circulations assurées par des coursives, galeries et préaux. Les salles de cours prennent généralement une forme rectangulaire et présentent une double orientation. Cette typologie est la plus répandue dans les constructions scolaires en Algérie, surtout dans les écoles primaires.

La double distribution (typologie de plan à corridor central) : la composition est dotée d'un couloir central linéaire distribuant de part et d'autre des salles de cours. Ces dernières ne disposent de fenêtres que d'un seul côté.

II.3. Tendances actuelles de l'architecture scolaire en Algérie :

II.3.1. La programmation :

Les principaux critères retenus pour déterminer la taille et les programmes techniques des établissements scolaires en Algérie selon les guides proposés sont :

- La population scolarisable dans l'aire considérée ;
- Le cursus scolaire ;
- L'organisation pédagogique de l'établissement ;
- Le taux d'occupation des locaux. (Ministère de l'éducation nationale, 1982).

Sur la base de ces critères, les programmes officiels décrivant le nombre et les surfaces des locaux destinés à la conception des établissements du 1er et 2ème cycle de l'école fondamentale et ceux des lycées ont été élaborés par le ministère. (Voir annexes)

II.3.2.La capacité d'accueil des établissements scolaires :

Face à la croissance démographique et devant l'ampleur du programme des infrastructures scolaires qu'il faut réaliser, le ministère de l'éducation nationale a décidé de s'engager dans la normalisation des constructions scolaires.

Pour les écoles fondamentales du troisième cycle (collèges), ces établissements sont classés en quatre catégories, quant à l'enseignement secondaire, il est dispensé dans trois types d'établissements qui sont classés en 03catégories selon leurs capacités d'accueil. (Voir annexes)

II.3.3.La conception du bâtiment scolaire :

- **Implantation :**

Le guide de constructions scolaires d'enseignement fondamental (GCSEF. 1982), exige que l'école soit construite dans la partie la plus peuplée de la zone en question. Le terrain d'implantation doit être constructible, libre de mitoyenneté et de servitude et éloigné des voies à grande circulation, des sources de pollution et de bruits afin de garantir les meilleures conditions de sécurité et d'hygiène.

- **Flexibilité :**

La flexibilité dans les écoles primaires concerne la possibilité d'agrandir les salles de cours, ainsi que de prévoir, lors de la conception l'extension future de l'école et de réserver le terrain nécessaire à cet effet⁷. D'autre part, permettre les transformations intérieures telles que la construction ou suppression de cloisons, sans compromettre la structure du bâtiment.

- **Densité du plan de masse :**

D'après le guide des constructions scolaires, il faut rechercher la concentration des locaux en vue d'obtention d'une structure ramassée sans nuire aux aspects fonctionnels, l'implantation dispersée des bâtiments n'est pas compatible ni avec l'intérêt pédagogique, ni avec le souci de l'économie.

7-GCSEF. « Guide de Constructions Scolaires Enseignement Fondamental (1er cycle et 2ème cycle) », Ministère de l'Education Nationale.1982.

- **Orientation :**

Les locaux d'enseignement sont souvent orienté Nord-Sud. Cette disposition permet de diminuer les effets d'ensoleillement en saison chaude. Une légère variation acceptable Sud-Est.

- **Hauteur des bâtiments :**

Le gabarit maximum autorisé pour des bâtiments scolaires ne doit pas dépasser 2 niveaux (R+1) et cela pour des raisons de sécurité, de facilité et de bon fonctionnement. Cette hauteur n'est pas limitative, elle peut dans les zones fortement urbanisées atteindre 3 niveaux (R+2).

II.3.4. Conception de la salle de cours :

- **Forme et dimensions :**

La salle de cours a une forme rectangulaire, d'une surface modulaire comprise entre 60 m² et 62 m² avec une surface utile qui ne doit pas être inférieure à 56m²

La hauteur sous plafond est en minimum 3m et ne dépassera en aucun cas 3.50m. La surface utile par élève est de : 1,40 m² à 1,50 m² (avec une capacité de 40 élèves/classe). La surface des espaces de récréation est 3 à 5 m² par élève. Les sanitaires : 1w.c.pour 20 filles et 1w.c. + 1 urinoir pour 40 garçons.

- **Ouvertures :**

Les portes : l'entrée de la salle de cours se situera de préférence du côté du tableau, la porte doit être pleine avec un seul vantail (2mx 0.9m), s'ouvrant vers l'extérieur.

Les fenêtres : La surface des baies vitrées est estimée de 10% à 15% de la surface du plancher selon les zones climatiques. Toutes les fenêtres et leurs impostes doivent être ouvrantes. Il est recommandé d'opter pour un éclairage bilatéral opposé pour garantir un meilleur éclairage de la salle, ainsi qu'une ventilation transversale efficace. Les systèmes de manœuvre des ouvrants doivent se situer à moins de 1.60m du sol. Les grandes baies vitrées sont à éviter ainsi que l'éclairage unilatéral sauf dans le cas des salles à moins de 7.20m de profondeur⁸.

- **Revêtements :**

Les murs et les cloisons doivent être d'une couleur claire et mate, et d'une matière lessivable, ne permettant pas de retenir la poussière. Le plafond sera plane et uni, sans corniches, et d'une peinture semblable à celle des murs. Alors que le sol doit être antidérapant, étanche et résistant aux variations de températures, aux chocs et aux agents chimiques. (Ministère de l'éducation nationale, 1982).

8-GCSEF. « Guide de Constructions Scolaires Enseignement Fondamental (1er cycle et 2ème cycle) », Ministère de l'Education Nationale. 1982.

II.3.5.Réglementation :

Il y'a deux documents de base, utilisés en tant que référence et guide de construction des établissements scolaires. Ces documents sont ; Constructions Scolaires Recueil de Normes⁹ (oct. 1971) et Guide de Constructions Scolaires Enseignement Fondamental (1er cycle et 2ème cycle). (Juin 1982). (D'après le ministère de l'éducation nationale). (Voir annexes).

II.4.Analyse d'exemples à l'échelle internationale :

Notre choix s'est porté sur des exemples d'écoles qui ont intégré les données environnementales dans leur conception et réalisation.

II.4.1.Green School de Bali- Indonésie :

Un projet ambitieux et séduisant, la première école 100 % écologique, plantée au milieu des rizières et de la forêt tropicale de la commune d'Ubud (Bali), sur un campus de 8 hectares. Cette école a été imaginé autour de la notion du développement durable tant dans sa construction que dans les programmes scolaires.



Figure II.14 : vue aérienne de la Green school de Bali

Matériaux et forme : Les bâtiments sont construits en bambou et inspirés par l'œuvre architecturale de Leonard de Vinci. Alliant des techniques de construction modernes avec des matériaux traditionnels, le corps de l'école est en parfaite harmonie avec la nature qui l'entoure, pour un résultat original et entièrement respectueux de l'environnement.

9- Nous tenons à signaler que ce document concerne essentiellement les collèges d'enseignement moyen (CEM)

Trois mois ont suffi pour construire le bâtiment principal, la flexibilité du matériau (bambou) a permis de réaliser une structure aux formes arrondies.



Figure II.15 : les formes arrondies de l'école



Figure II.16 : le bambou utilisé pour la construction de l'école

Les locaux : les salles de classes n'ont pas de murs, les instituteurs écrivent sur des tableaux noirs en Bambou. Grâce à des panneaux solaires, une centrale hydraulique installée sur la rivière voisine et une batterie de stockage d'électricité, l'école fonctionne en totale autonomie énergétique.

Chaque classe dispose d'un potager pour cultiver riz, fruits et légumes.



Figure II.17 : salles de classe de la Green School

Fondée par John et Cynthia Hardy (pionniers en matière de commerce équitable), subventionnée par l'association Sustainable Educational Trust, et faisant également appel aux dons privés, l'école est une organisation à but non lucratif qui se donne pour mission de former des éco-citoyens du monde, responsables et conscients du lien étroit qui unit l'homme à son écosystème, à même de relever les défis encore inconnus du futur. Concrètement, la Green School cherche à allier la rigueur d'un enseignement traditionnel avec une ouverture plus grande sur les enjeux environnementaux que présente notre monde. Cette volonté se manifeste à la fois dans l'enseignement (qui comporte par exemple des connaissances pratiques sur la culture du riz, le recyclage, la flore et la faune balinaise, etc.) et dans le cadre général de l'école.



Figure II.18 : cour de l'école et jardin potager

La Green School est une initiative encore inédite, mais elle prend place dans un contexte favorable à l'innovation et à une réforme de l'enseignement qui prenne en compte des préoccupations écologiques toujours plus pressantes. En effet, de plus en plus d'écoles font

place aux enjeux environnementaux dans leur établissement, que ce soit à travers l'enseignement, ou au sein même des structures d'accueil, en favorisant, la création d'espaces verts gérés par les enfants, et en intégrant un mode de penser plus écologique au fonctionnement même de l'école.

« Nous souhaitons former une génération de citoyens responsables, capables d'agir durablement pour la planète. Nous leur apprenons à consommer équitablement, à économiser l'énergie, à jardiner et à profiter des bénéfices de la terre sans polluer ni gaspiller » John et Cynthia Hardy

II.4.2.École intercommunale du pays cordais :

Les élus ont souhaité mener un projet respectant les cibles HQE, en privilégiant :

- la relation harmonieuse des bâtiments avec leur environnement immédiat,
- le choix intégré des procédés et produits de construction,
- la gestion des énergies, de l'eau, des déchets d'activités,
- le confort visuel, hygrothermique, acoustique, olfactif,
- la qualité sanitaire de l'air et de l'eau.

De plus, cette conception permet de diminuer les frais de fonctionnement.



Figure II.19 : Vue du bâtiment depuis la cité de Cordes

Fiche technique :

Maîtrise d'ouvrage : Communauté de communes du pays cordais

Assistance à la Maîtrise d'Ouvrage : Direction Départementale des Territoires du Tarn

Maîtrise d'œuvre : Max Faramond et Paul-Etienne Guillermin, architectes

Durée du chantier : 12 mois

Date de fin des travaux : février 2010

Surface du bâtiment : 1 535 m²

Coût des travaux HT : 2 639 000 euros

Démarche de la maîtrise d'ouvrage :

Ce projet est né d'une évidence : les anciennes écoles de Cordes et de Les Cabannes n'étaient plus adaptées aux besoins. Une enquête menée par l'association des parents d'élèves auprès des familles des enfants fréquentant ces écoles avait montré la nécessité d'une rénovation.

Cependant, à Cordes, les bâtiments étaient trop anciens pour être modernisés, trop exigus pour accueillir un nombre croissant d'élèves (plus de 200) et, à certains égards, non conformes aux diverses règles qui régissent les bâtiments scolaires. Une demande émanait également des enseignants. C'est ainsi que le projet de construire une nouvelle école a pris forme, après une large concertation.

L'école comporte 3 secteurs : secteur des maternelles, qui abrite aussi la garderie, secteur des élémentaires, secteur restauration, soit 9 classes (3 maternelles, 6 élémentaires), environ 240 élèves, une large concertation a permis de prendre en compte les suggestions des enseignants, des personnels et des parents d'élèves.

Implantation et conception :

L'implantation a été choisie à côté du collège (regroupement des élèves sur un même site, à proximité des activités sportives. Ce pôle éduco-sportif est situé en frange du village de Les Cabannes).

Le site se trouvait en zone ZPPAUP (zone de protection du patrimoine architectural, urbain et paysager), il est en relation visuelle directe avec la cité médiévale de Cordes.

La forme du bâtiment en ellipse, le toit végétal, tout a été conçu pour s'intégrer harmonieusement au site classé.

L'Architecte des Bâtiments de France a été consulté et a validé le projet à chaque phase de la conception. Le bâtiment offre un front bâti côté rue (au nord), la cour de l'école est située côté arrière (vue sur Cordes, au sud).

La façade Sud : les salles de classe sont orientées au sud (la façade constitue un capteur solaire passif, qui chauffe les salles de classe « gratuitement »), 100 m² de façade exposée au sud.

La conception du préau sert de protection solaire à la façade en période estivale (lorsque le soleil devient haut dans le ciel et qu'il est trop chaud).



Figure II.20 : Façade sud donnant sur la cour



La façade Nord (en béton avec isolation par l'extérieur) est réduite en surface et comprend peu d'ouvertures afin de limiter les déperditions de chaleur (les locaux à utilisation intermittente ont été disposés de ce côté, et servent d'espace tampon).

Figure II.21 : Façade Nord, avec la cité de Cordes en arrière-plan



Toiture végétalisée : en terre crue apportent un complément d'inertie.

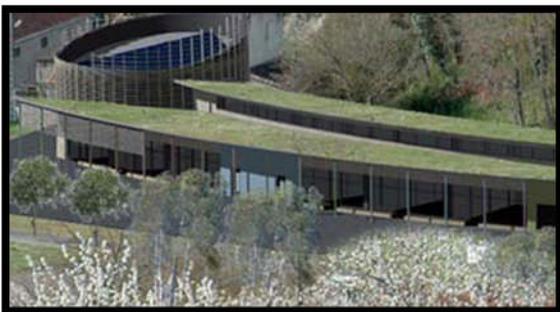


Figure II.22 : Toiture végétalisée de l'école

La rue intérieure : centre de vie, dessert tous les espaces. Ce grand axe reliant les différentes salles donne sur toutes les classes, qui communiquent aussi entre elles. Elle est un outil pédagogique permettant aux enfants de s'exprimer : expositions de leurs créations, spectacles, ... Des portes intérieures peuvent permettre de la transformer en deux zones distinctes, suivant les besoins. C'est un lieu privilégié de rencontres et d'échanges.



Figure II.23 : La rue intérieure et une salle de classe

Les salles de classe : sont spacieuses (environ 70 m²), et les différentes salles d'activités, salle de motricité, salle de repos permettent un apprentissage de la vie en collectivité.

Le restaurant : La salle de restaurant est de forme demi-circulaire, situé à l'extrémité ouest du bâtiment, orientée au Nord. Le plafond, le plus bas du bâtiment a été conçu pour une isolation acoustique maximum. En toiture, 100 m² de panneaux photovoltaïques. Un compteur de production photovoltaïque est placé dans le restaurant, visible par tous les enfants.

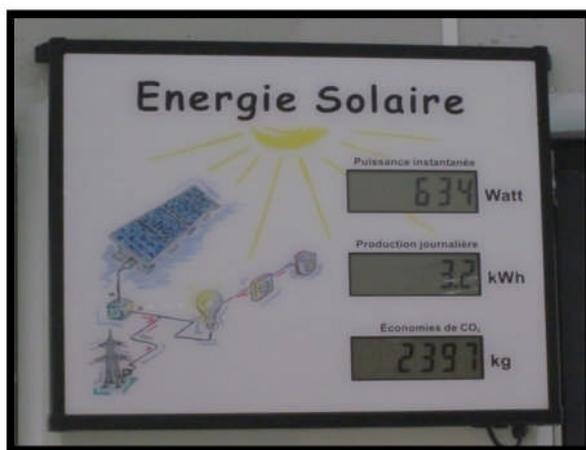


Figure II.24 : restaurant et Un compteur de production photovoltaïque



Choix énergétiques :

Ventilation par centrales de traitement d'air (CTA) à double flux avec détecteurs de présence.

Chauffage par pompe à chaleur, distribution de la chaleur par radiateurs basse température

Ampoules à économie d'énergie

Energies renouvelables : 100 m² de panneaux photovoltaïques monocristallins, installés sur le toit du restaurant (production estimée 11 500 kWh/an, production réelle 1ère année 15 251kWh).

Malgré toutes les précautions en phases études, quelques surchauffes à mi- saison (orientation sud des salles de classe associée à la forte inertie du bâtiment).

Manque de budget et problèmes d'assurances professionnelles pour mettre en œuvre davantage de matériaux « écologiques » et aller plus loin dans la démarche de développement durable.

Une simulation thermique dynamique a été réalisée en phase études à la demande de la maîtrise d'ouvrage. Elle relevait une très bonne performance énergétique, mais un risque de surchauffe du bâtiment (conception bioclimatique, couplée à une sur isolation et une forte inertie). Des améliorations ont pu être apportées au projet de départ : nécessité de mettre en place des brise-soleil et une surventilation très performante, en particulier dans les circulations et les salles de classes.

II.4.3.La fondation GoodPlanet :

On ne peut pas parler d'écoles bioclimatiques sans évoquer la fondation GoodPlanet. Elle a été créée en 2005 par le photographe Yann Arthus-Bertrand dans le prolongement de son travail artistique et de son engagement pour l'environnement. Elle est devenue fondation reconnue d'utilité publique en juin 2009, une reconnaissance et une preuve de confiance qui permettent d'inscrire ses activités dans la durée.

La Fondation souhaite « placer l'écologie et l'Humanisme au cœur des consciences » tout en suscitant l'envie d'agir concrètement.

Chaque année, la Fondation GoodPlanet sensibilise et éduque le public à la protection de l'environnement mais aussi à l'intégration naturelle de l'homme dans son écosystème. Ainsi, la fondation propose des solutions réalistes et optimistes pour tous : grand public, jeunes, entreprises et collectivités. Ces solutions sont mises en place sur le terrain par le biais de programmes fédérateurs conduits dans le monde entier.

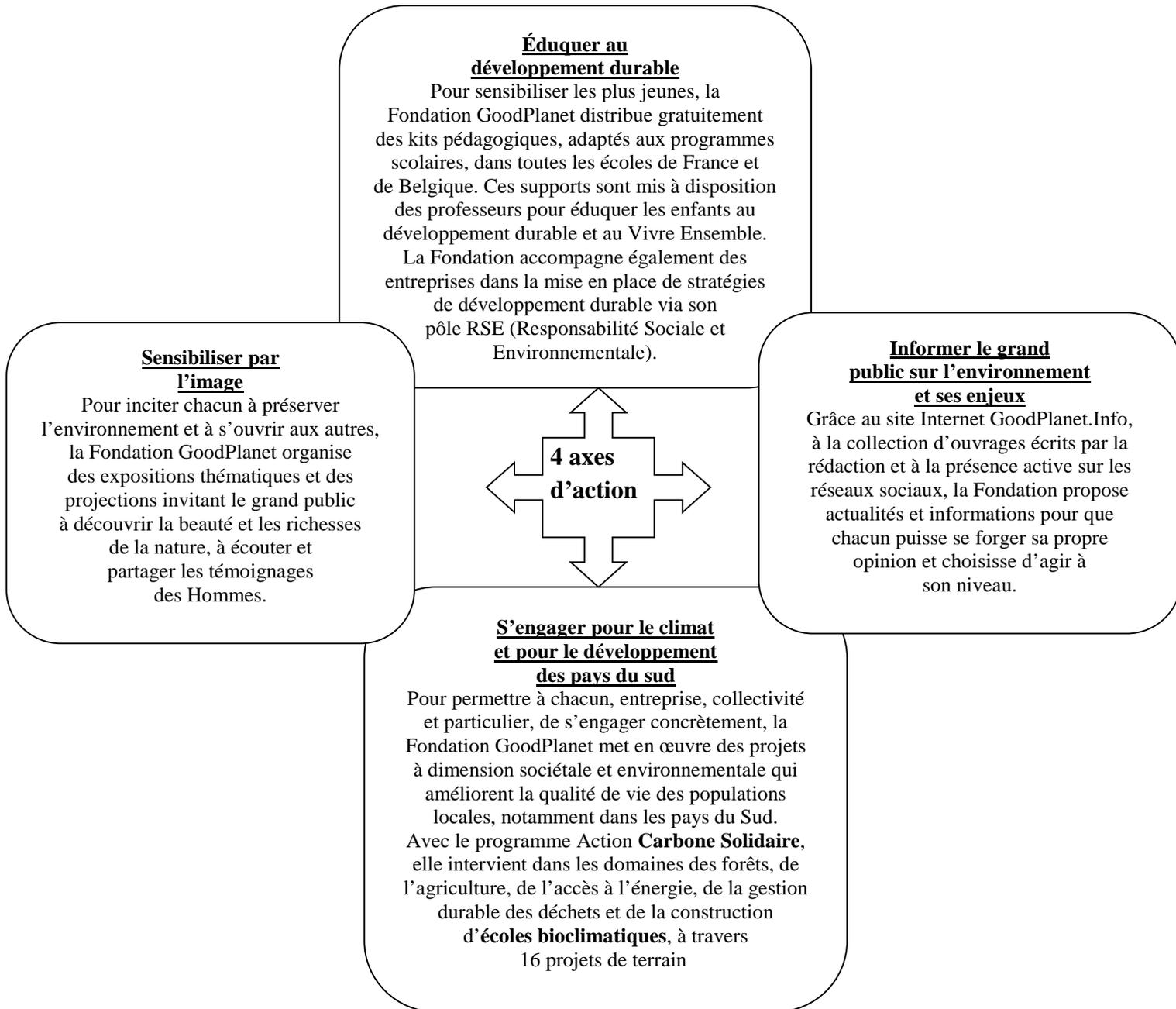


Schéma II.1 : les quatre axes d'action de la fondation GoodPlanet

Action carbone solidaire :

Le programme Action Carbone Solidaire a soutenu 19 projets répartis selon 5 thématiques :

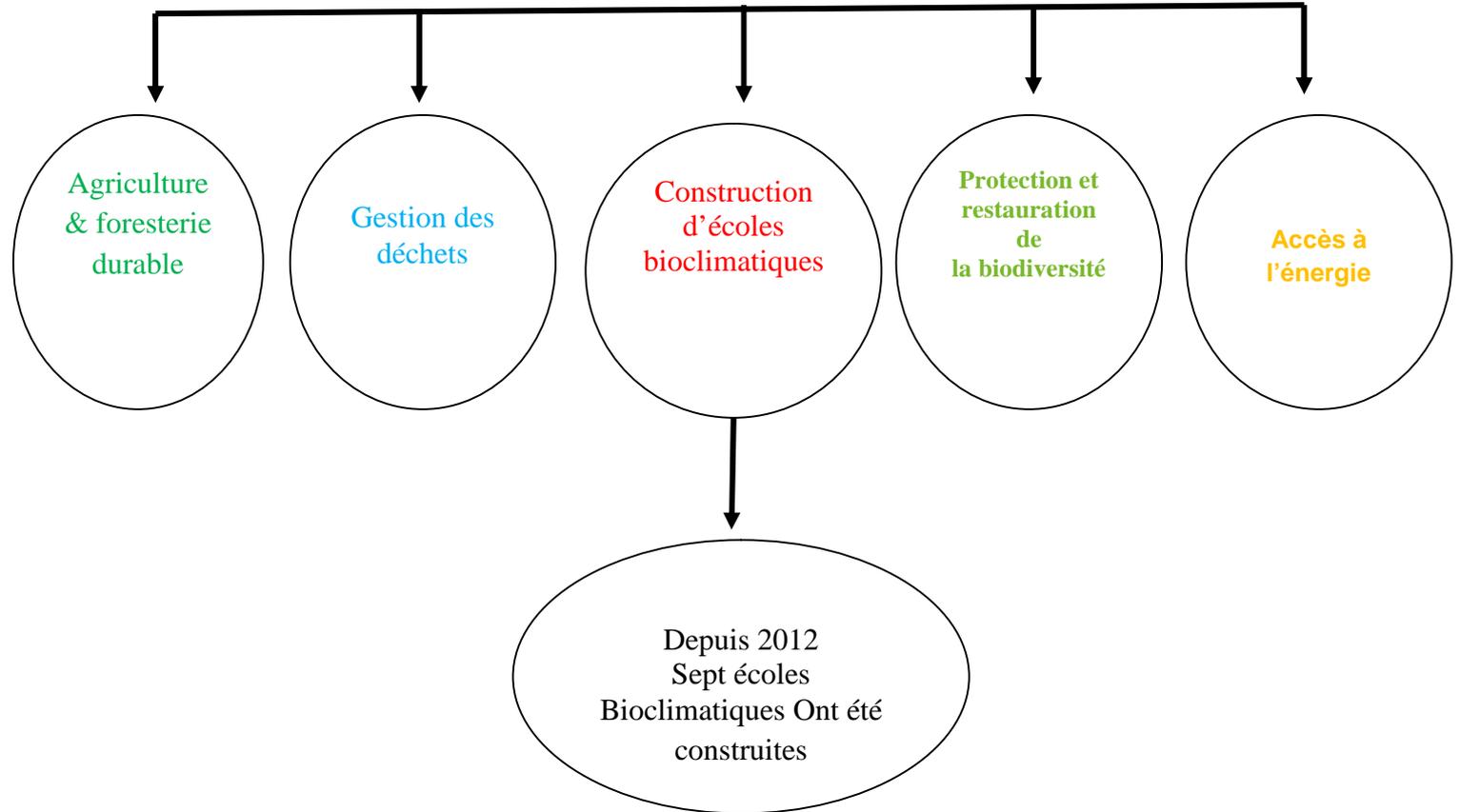


Schéma II.2 : Le programme Action Carbone Solidaire

Le projet Maroc, écoles bioclimatiques :

Au Maroc, la **scolarisation tardive** (plus de 6 ans) est particulièrement présente en milieu rural et génère un retard scolaire et des redoublements suivi d'un **abandon de scolarité** à l'entrée au collège. Les structures préscolaires, lorsqu'elles existent en milieu rural, sont le plus souvent informelles dans des conditions peu adaptées (garage sans fenêtre et sans eau potable ni toilette) avec du personnel ni formé, ni encadré.



Figure II.25 : Ecole maternelle informelle d'Ait Ahmed (2016)

Ce projet a pour objectif la construction des classes bioclimatiques dans les écoles existantes avec l'utilisation de matériaux naturels (terre crue, pierre, paille, bois, roseaux), selon les techniques ancestrales du pisé et de l'adobe et modernes d'efficacité énergétique (ventilation,

isolation, orientation des bâtiments). L'installation de potagers hors sol permettra d'éduquer les enfants aux enjeux de l'agriculture durable, afin d'améliorer les conditions scolaires d'enfants et lutter contre l'abandon scolaire dans le Haut-Atlas marocain.

« Nous souhaitons développer ces projets et prouver à tous que ce type d'éco-construction représente une solution alternative durable à l'extraction des ressources et à notre importante consommation énergétique. En effet, ces bâtiments sont sobres en carbone c'est-à-dire qu'ils requièrent peu d'énergie dans l'étape de fabrication, contrairement aux bâtiments en béton.

Une fois construits, ils ne nécessitent pas de chauffage ni de climatisation car ils refoulent la chaleur l'été et modèrent la température l'hiver. L'utilisation de la terre des murs fait aussi barrière à la chaleur en l'absorbant l'été pour mieux la restituer l'hiver. Le système d'orientation des bâtiments permet un apport solaire optimal l'hiver et minimal l'été. Ces salles de classe offrent donc un parfait confort thermique et acoustique et permettent à des centaines d'enfants de bénéficier de bonnes conditions de scolarisation. » **Cécile Cros**, Responsable du projet Eco-construction de 3 nouvelles classes dans un collège d'altitude existant, au Maroc

Bénéfices environnementaux attendus

- Bâtiments faibles en carbone
- Utilisation de matériaux disponibles localement
- Une construction durable, et éveil environnemental des élèves
- Peu d'énergie nécessaire à sa réalisation et faible consommation d'énergie durant l'exploitation.

Exemples d'écoles bioclimatiques du programme Action Carbone Solidaire au Maroc :

1. Ecole de Tazentoute :

Le projet vise à construire **une classe bioclimatique**, en matériaux naturels_locaux, et à aménager la cour avec **un jardin potager** et ornemental de démonstration en culture biologique, avec une irrigation en goutte-à-goutte.

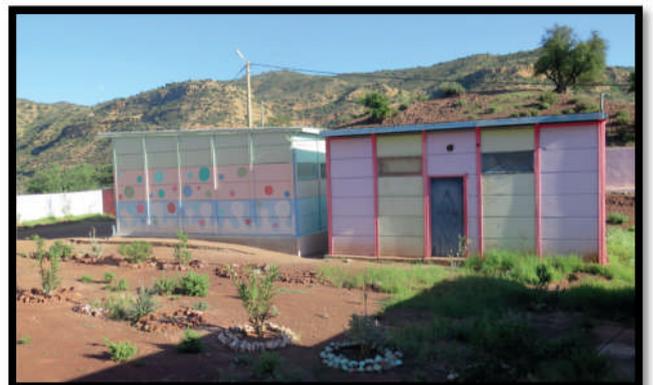


Figure II.26 : Ecole de Tazentoute

2. Ecole d'Ait Ahmed :

Cette construction alliera les techniques ancestrales de construction en pierre et en terre crue, et les techniques modernes de passivité thermique et d'efficacité énergétique (ventilation, isolation, orientation des bâtiments, disposition et dimensionnement des ouvertures)



Figure II.27 : école Ait Ahmed au Maroc

3. Ecole en pisé à Tiriguioute :

Le projet se situe à Skoura, au sud du Haut-Atlas. Il s'agit d'une zone essentiellement agricole en milieu aride.

Le projet vise une scolarisation de qualité et dans de bonnes conditions dans une région isolée. Il vise également à contribuer à l'augmentation du taux de scolarisation et à la réduction de l'abandon scolaire.



Figure II.28 : Ecole en pisé à Tiriguioute, Maroc

Conclusion :

A travers les différentes parties développées dans ce chapitre, on remarque que l'architecture des établissements scolaires a évolué dans le temps, et ne cesse de développer de nouvelles techniques afin de réaliser des bâtiments scolaires plus confortables.

Chapitre 3 :

Le confort thermique dans les milieux scolaire

« La localisation de l'équipement scolaire par rapport à la ville, ses accès, les proximités avec d'autres équipements peuvent être bénéfiques ou nuisibles, la topographie dont l'architecture doit tirer parti, la climatologie, en part le régime des vents, les réseaux (assainissement, électricité, gaz, eau). La végétation, l'orientation, la nature du sol..., une bonne architecture peut se fondre dans le site ou s'affirmer par rapport à lui, mais elle ne peut pas le nier » (BOZON, 1983)

Introduction :

L'architecture a une influence très forte sur la qualité d'un établissement scolaire et son efficacité pédagogique. Partant de ce principe que la qualité architecturale et environnementale de l'établissement scolaire est un élément essentiel à l'amélioration de la qualité de l'éducation plusieurs stratégies ont été mise en place de par le monde visant à placer les élèves et le personnel enseignant dans les meilleures conditions possibles de travail. C'est ainsi que l'évolution de la conception architecturale des infrastructures éducatives se caractérise aujourd'hui par l'insertion des bâtiments dans leurs contexte environnemental.

III.1.Le confort thermique dans les milieux scolaires :

Plusieurs études ont démontré l'incidence de la qualité de l'architecture scolaire sur le comportement et le rendement des élèves. Le confort est une condition essentielle à la qualité des espaces éducatifs vu son impact sur le processus d'apprentissage. Dans les salles de cours, le degré d'activité est faible donc les usagers deviennent très sensibles à l'ambiance thermique. D'après Harner la meilleure température pour la lecture et les mathématiques est de 20-23 °C et que l'habilité pour étudier ces sujets est réduite pour des températures au-dessus de 23 °C. Cependant, Fanger a conclu que le principal résultat pour la sensation de confort est en général satisfait pour une température résultante de 20°C.

III.2.Impact de l'ambiance thermique sur les élèves :

Vu l'influence du confort thermique sur la santé et la productivité des élèves, nombreux sont les travaux de recherche menés dans ce domaine. Pépeter et Warner ont démontré qu'il y a une diminution de la productivité chez les élèves lorsque la température ambiante se situait en dessous de 21°C et au-delà de 25 °C. De leurs côtés, Zeiler et Boxem estiment que les températures chaudes ont tendance réduisent la performance, tandis que les températures froides réduisent la ductilité manuelle et la vitesse d'exécution des tâches. Par ailleurs, l'ambiance thermique joue un rôle important sur l'absentéisme des élèves. Dans ce sens, une étude était réalisée sur des élèves occupant une nouvelle école au Natal en Afrique du Sud. Les résultats révèlent une diminution de 50% dans l'absentéisme hivernal grâce aux stratégies passives de chauffage qui étaient mises en œuvre dans le nouveau bâtiment pour obtenir une température de confort de 10 °C supérieure à la température extérieure d'hiver (Haw M. et al. 2008). Ces quelques conclusions ne représentent que peu parmi les nombreuses études qui ont démontré l'impact que peut avoir l'ambiance thermique sur les différents aspects de la scolarité des enfants (santé, bien être, rendement scolaires...etc.), d'où nécessité de concevoir des bâtiments plus efficaces, sains et durables.

III.3.Facteurs affectant les conditions thermiques des bâtiments :

III.3.1.Paramètres liés aux conditions climatiques :

- **Les modes de transfert de chaleur :**

L'équilibre thermique des bâtiments est défini par plusieurs facteurs. Pour mieux comprendre le mécanisme de fonctionnement de ces paramètres, il est important de présenter les différents modes de transfert de chaleur.

La conduction : c'est le moyen par lequel la chaleur circule de proche en proche dans un matériau ou passe d'un corps à un autre en contact physique direct par simple interaction moléculaire.

La convection : correspond au mode d'échange de chaleur entre une surface et un fluide mobile à son contact ; ou bien au déplacement de chaleur au sein d'un fluide par le mouvement de l'ensemble de ses molécules d'un point à un autre.

Le rayonnement : la chaleur se transmet d'un corps à un autre par émission et absorption de rayonnements électromagnétiques par les surfaces des corps.

- **La température de l'air :**

La température est un état instable dont les variations au voisinage de l'environnement humain dépendent du rayonnement solaire, du vent, de l'attitude et de la nature du sol. Cette grandeur physique est liée immédiatement à la notion du chaud et du froid. Le taux de réchauffement et de refroidissement de la surface de la terre est le principal facteur qui détermine la température de l'air qui est à son contact. La température extérieure affecte l'ambiance thermique d'un bâtiment en chauffant directement l'air intérieur à son contact quand la ventilation naturelle est assurée et en chauffant les parois externes de l'enveloppe. Cette chaleur est transmise à la surface interne de la paroi qui, à son tour, chauffe l'air intérieur par convection.

- **L'ensoleillement :**

Le rayonnement solaire est une source importante d'apports énergétiques notamment quand l'orientation est bien choisie. Le rayonnement solaire disponible en un lieu consiste en une composante directe et une composante diffuse. Le taux d'ensoleillement dépend du rayonnement solaire, de la durée d'exposition au soleil, de l'altitude et des conditions locales de nébulosité, la pureté de l'air, du vent et enfin de la saison et de l'heure de la journée.

Le rayonnement solaire incident élève la température d'un bâtiment de deux manières. Premièrement, lorsque le rayonnement solaire atteint l'enveloppe externe d'un bâtiment, cette énergie absorbée augmente la température des surfaces externes, ces dernières la transmettent à l'intérieur par le mur et le toit. Deuxièmement, lorsque le rayonnement solaire arrive sur une

fenêtre, la presque totalité de l'énergie passe directement à travers le verre à l'intérieur où elle est piégée par le processus d'effet de serre.

- **Le vent :**

Le vent est un déplacement d'air, essentiellement horizontal, d'une zone de haute pression vers une zone de basse pression. Le vent a une action déterminante dans les transferts de chaleur à la surface des parois des constructions ainsi que pour la ventilation des locaux. En effet, les échanges convectifs entre les surfaces externes des parois et l'air sont fonction de la vitesse de ce dernier. Le taux de renouvellement de l'air dans un local dépend lui aussi de la vitesse du vent, en particulier, quand la ventilation transversale est possible. Le vent est généralement bienvenu en été, particulièrement dans les climats chauds et humides car il a un effet de rafraîchissement. Tandis que les vents d'hiver sont des sources importantes de refroidissement par convection.

- **L'humidité :**

Le terme d'humidité est relatif à la teneur de l'atmosphère en vapeur d'eau. La capacité de l'air à contenir de la vapeur d'eau augmente progressivement avec sa température qui est donc parmi les principaux facteurs déterminants. L'humidité de l'air peut être exprimée de diverses manières : humidité absolue, humidité spécifique, humidité relative. Cette dernière correspond au rapport exprimé en pourcentage entre la quantité d'eau contenue dans l'air sous forme de vapeur à la température ambiante, et la quantité maximale qu'il peut contenir à cette même température. Dans un bâtiment, l'humidité de l'air a des effets de réduction des températures de surfaces et d'augmentation de la possibilité de condensation ; elle affecte aussi la capacité de l'évaporation de la sueur à la surface de la peau des occupants.

- **Les précipitations :**

Les précipitations recouvrent une réalité multiple ; pluie, grêle et neige qui sont les manifestations d'un même processus fondamental, le cycle de l'eau. Les météorologues définissent les précipitations comme un ensemble organisé de particules d'eau liquides ou solides tombant en chute libre au sein de l'atmosphère. Les précipitations peuvent affecter les bâtiments par le phénomène d'aspiration capillaire dans un mur, ou par leur pénétration par les ponts, les joints et les failles causant ainsi des variations dans les températures et les humidités des surfaces du bâtiment.

III.3.2. Paramètres liés au cadre bâti :

Dans un cadre conceptuel lié à l'architecture bioclimatique, les paramètres affectant le confort thermique liés au cadre bâti sont :

- **L'implantation :**

La décision d'implanter un établissement scolaire et le choix de son emplacement appartiennent souvent au maître d'ouvrage. Pour élaborer son projet, l'architecte doit prendre en compte tous les aspects physiques et sociaux du site, sachant qu'une meilleure insertion du bâtiment dans son milieu naturel ou urbain, le rend plus attractif, diminue son impact sur l'environnement extérieur et garantit une meilleure qualité de vie aux utilisateurs.

Le choix du site d'implantation d'un bâtiment influe principalement sur son rapport au soleil et aux vents dominants. Selon Pierre Fernandez, la localisation dans le site est un acte préalable de l'intégration de la composante énergétique dans la maîtrise des ambiances architecturales. Réussir une insertion du bâtiment revient à exploiter le potentiel du site et à analyser l'interaction du projet avec les éléments caractéristiques de son site, comme le relief, le contexte urbain, le type de terrain, la végétation et enfin le vent.

- **L'orientation. : Impact de l'orientation sur le confort dans les salles de cours des bâtiments scolaires :**

Dans les bâtiments scolaires, les effets de l'orientation sont conditionnés en plus de l'aspect thermique, par une forte demande en éclairage et de ventilation naturelle. Dans son étude sur l'impact de l'orientation des parois transparentes sur le confort thermique dans une salle de classe dans le contexte climatique Constantinois, Bouchahm G., (2008) a conclu que les orientations Sud et Nord sont les plus appropriées que les orientations Est et Ouest. Cependant, vu que les surfaces vitrées doivent avoir des dimensions importantes pour assurer le confort lumineux, les ouvertures doivent avoir des protections solaires.

- **La forme architecturale :**

La forme du bâtiment influe sur son bilan global de l'éclairement énergétique dû au soleil, sur le taux de déperditions thermiques et sur l'écoulement des flux d'air aux abords, en conséquence sur les conditions thermiques intérieures.

La forme optimale correspond à celle qui permet de perdre un minimum de chaleur en hiver et d'en gagner un minimum en été.

Une forme compacte est plus efficace qu'une forme éclatée puisque les déperditions sont proportionnelles à la surface d'échange entre l'intérieur et l'extérieur.

- **La configuration spatiale du bâtiment : Impact de la forme et de la configuration spatiale sur les conditions thermiques dans les bâtiments scolaires :**

Dans les bâtiments scolaires, les exigences d'ordre fonctionnel dictent pour la plupart des cas la configuration spatiale. Thomas Releau (1999) affirme que les écoles et les bâtiments à bureaux requièrent des niveaux élevés d'éclairage et de ventilation naturelle. Ils nécessitent donc des formes articulées avec de grandes surfaces de murs extérieurs et plus de surfaces vitrées.

- **Les surfaces vitrées :**

Les surfaces vitrées participent activement dans les échanges thermiques entre l'intérieur et l'extérieur. Le verre permet au rayonnement solaire de pénétrer à l'intérieur où il est absorbé par les surfaces et les objets que contient le bâtiment. Ces surfaces chauffées émettent à leur tour un rayonnement dont la longueur d'onde n'est pas transmise à l'extérieur par le verre ; le rayonnement se trouve donc piégé à l'intérieur. Par ce processus connu sous le nom de « l'effet de serre », une surface vitrée exposée au soleil provoque une élévation des températures intérieures supérieures à celles que pourra provoquer la pénétration du rayonnement solaire par une fenêtre ouverte.

Toutefois, en hiver ces vitrages fonctionnent en régime permanent comme des surfaces privilégiant les déperditions.

La dimension des baies vitrées fixe par proportionnalité directe la quantité totale d'énergie solaire susceptible de pénétrer dans le bâtiment.

- **Les surfaces vitrées dans les bâtiments scolaires :**

Le pourcentage des fenêtres est un aspect fondamental pour l'équilibre thermique et lumineux dans les salles de cours. Les bâtiments scolaires requièrent des niveaux élevés d'éclairage et de ventilation naturelle. A cet effet, les baies vitrées prennent des dimensions importantes. Cependant, cela peut affecter considérablement le confort thermique notamment en l'absence des protections solaires (Bouchahm G., 2008.). En été, les gains solaires directs transmis à travers le vitrage peuvent soumettre les occupants à des températures radiantes inconfortables. En hiver, bien qu'elles jouent le rôle des capteurs solaires, les déperditions calorifiques à travers ces surfaces peuvent être considérables. Une attention particulière quant à leur dimension, orientation et protection selon le type du climat est importante.

- **Les parois opaques :**

L'enveloppe d'un bâtiment est le siège d'un flux de chaleur entre le climat extérieur et l'ambiance intérieure. Les parois opaques transmettent la chaleur résultante de leur exposition au rayonnement solaire comme suit : l'air ambiant extérieur et le rayonnement solaire

chauffent les surfaces externes de l'enveloppe, la grandeur de la température de cette surface dépend de sa couleur et de son orientation. La chaleur résultante chauffe la masse du mur et se transmet vers la surface intérieure. Cette chaleur est transmise à son tour vers l'air ambiant intérieur par convection et rayonnement. Parler des parois opaques, nous mène à définir les principales caractéristiques thermiques des matériaux de construction.

- **Effets de l'inertie thermique :**

Dans les conditions courantes, un flux de chaleur s'établit dans les matériaux exposés à des conditions climatiques données. Le maximum de température atteint sur la face extérieure n'est pas immédiatement senti sur la face intérieure de la paroi. «L'inertie thermique est une notion qui recouvre à la fois l'accumulation de chaleur et sa restitution, avec un déphasage dépendant des caractéristiques physiques, dimensionnelles et d'environnement de la paroi de stockage». Les caractéristiques de l'inertie thermique peuvent être regroupées en deux grandeurs : la diffusivité et l'effusivité thermique. Pour réduire l'amplitude du flux, les parois doivent présenter une faible diffusivité et une forte effusivité.

L'épaisseur du matériau joue aussi un rôle primordial, plus les murs sont épais et les matériaux sont lourds, plus l'inertie thermique est importante.

- **Effets de l'isolation thermique :**

Une grande partie des déperditions thermiques se produit à travers l'enveloppe des constructions. Les grosses fuites s'effectuent notamment par les surfaces : toitures, murs et vitrages. Les joints entre les parois, appelés ponts thermiques, laissent également fuir la chaleur, d'où l'importance d'isoler. Le rôle de l'isolation est de préserver le confort en réduisant les échanges thermiques à travers l'enveloppe.

Il existe deux grandes techniques Pour isoler les murs périphériques d'un logement : l'isolation thermique par l'intérieur et l'isolation thermique par l'extérieur. Ces deux solutions permettent d'atteindre d'excellentes performances. On choisit l'une ou l'autre selon la configuration spécifique et les contraintes du chantier.

• **Effets de la couleur des surfaces :**

Les températures superficielles dues à l'action directe des rayons du soleil varient fortement en fonction de la couleur. En effet, les couleurs sombres se caractérisent par des facteurs d'absorption importants comparativement aux couleurs claires.

• **Effets de la ventilation naturelle :**

La ventilation naturelle est l'un des aspects les plus importants dans l'approche du confort thermique par ses effets sur la température et la qualité de l'air intérieur. Dans ce contexte, B. Givoni souligne que «les conditions de ventilation à l'intérieur d'un bâtiment sont parmi les

principaux facteurs déterminant de l'hygiène de l'homme, de son confort et de son bien-être». En été, la ventilation apporte de la fraîcheur et accroît les échanges thermiques entre le corps et l'air ambiant par convection et évaporation de la sueur. En hiver, la ventilation peut être une source d'inconfort dû aux déperditions thermiques, il suffit alors de fermer les fenêtres pour empêcher tout écoulement d'air. La ventilation naturelle est provoquée lorsqu'il y a des écoulements d'air reposant sur les effets du vent et les variations de la densité de l'air dues aux différences de températures. Par ailleurs, la capacité de ventiler naturellement dépend aussi du potentiel des parois extérieures et intérieures du bâtiment à laisser circuler les flux d'air. L'efficacité de la ventilation dépend donc des phénomènes physiques d'écoulement d'air et de la position et dimensions des ouvertures dans le bâtiment.

III.3.3. Les paramètres du confort thermique liés aux occupants :

- **Le métabolisme :**

Les conditions propres à l'individu, entre autre son métabolisme, jouent un rôle primordial sur la perception du confort thermique. Le corps humain est le siège de la production de la chaleur qu'on nomme métabolisme énergétique. En effet, à partir de la combustion des aliments, l'organisme humain produit l'énergie. Une grande partie de cette énergie est transformée en chaleur qui sera plus au moins importante selon l'activité. Le métabolisme est représenté par l'effort physique dépensé dans une activité, rapporté à l'unité de surface du corps de l'individu.

- **L'habillement :**

Les vêtements constituent une sorte de barrière aux échanges de chaleur convectifs et radiatifs entre le corps et son environnement et interviennent dans le processus de l'évaporation de la sueur. Ils réduisent aussi la sensibilité du corps aux variations de la température et de la vitesse de l'air. En effet, les vêtements ne modifient pas les principes physiques des échanges de chaleur mais influent ces échanges en modifiant les coefficients de convection, de rayonnement et d'évaporation. Pour pouvoir étudier l'impact du niveau d'habillement sur le confort thermique, une unité de mesure lui a été attribuée : le Clo₂. La nature du tissu et la coupe des vêtements influent aussi les échanges thermiques avec l'environnement.

- **Le niveau d'adaptation :**

À tout déséquilibre thermique, l'homme répond par un ensemble de réactions. La possibilité de porter des ajustements personnels, sur-moi même, ou à l'environnement est fondamentale pour permettre aux occupants de s'adapter à leurs environnements. Les comportements des occupants peuvent être regroupés en deux catégories :

Ajustements personnels : englobent l'ensemble des changements que porte l'homme sur son

activité ou bien sa vêtue. C'est le cas par exemple de porter une veste en cas de sensation de froid.

Ajustements portés à l'environnement : l'occupant réagit par le contrôle manuel des installations (ouvrir ou fermer une fenêtre ou une porte, mise en marche d'un ventilateur...etc.).

- **L'aspect physiologique du confort thermique :**

Les facteurs physiologiques ont un rôle important à jouer dans l'équilibre thermique du corps humain. «L'homme est un homéotherme, il assure le maintien de sa température centrale à un niveau relativement constant proche de 37 °C. Autour de cette valeur de référence, les systèmes de régulation utilisent des mécanismes physiologiques et comportementaux pour assurer l'équilibre du bilan thermique». L'adaptation physiologique se réfère aux réflexes thermorégulateurs du corps, c'est-à-dire aux mécanismes qui lui permettent de maintenir une température stable. On note les actions du corps envers une ambiance chaude par une dilatation des vaisseaux sanguins, une augmentation de la circulation sanguine et de la sudation (l'évaporation de la sueur absorbe de la chaleur). Quant à ses actions envers une ambiance froide, on note une contraction des vaisseaux et le frissonnement pour augmenter la production de la chaleur.

- **L'aspect psychologique du confort thermique :**

Il existe des facteurs intrinsèques à l'individu tel que l'âge, le poids, le régime alimentaire ou même la prise de médicaments qui influent sa perception du confort thermique. L'acclimatation et les expériences thermiques que l'occupant a vécues jouent aussi un rôle important ; sous l'effet d'expositions répétées, l'homme développe spontanément des ajustements adaptatifs qui lui permettent une meilleure tolérance à la chaleur ou au froid. Par ailleurs, la relation avec les autres types de confort (olfactif, sonore, visuel,...etc.), la couleur des surfaces, la possibilité d'exercer ou non un contrôle sur l'ambiance intérieure sont autant de facteurs qui peuvent influencer la perception du confort thermique.

Conclusion :

Les conditions thermiques des bâtiments sont influencées par plusieurs facteurs, qui se résument en deux principaux paramètres : ceux qui sont liés aux conditions climatiques et ceux liés au cadre bâti. Ajoutant à ça l'ensemble des réactions du corps humain qui lui permettent d'assurer un équilibre thermique.

Deuxième partie : cas d'étude

Chapitre 4 : classification et analyse des architectures scolaires en Algérie selon les zones climatiques

« on veut d'une école qu'elle soit en harmonie avec la communauté et la nature, qu'elle soit construite à l'échelle des étudiants, qu'elle sert et qu'elle face naître chez l'élève, l'enseignant et le visiteur un sentiment d'appartenance » (Kenneth Tanner, 2015)

Introduction :

L'Algérie est un pays de la zone subtropicale du Nord africain, son climat est varié, il est très différent entre les régions (Nord-Sud, Est-Ouest), suite à son étendu géographique.

Ce chapitre va porter sur une étude analytique et comparative des différentes architectures scolaires selon les différentes zones climatiques (Alger, Tizi Ouzou, Djelfa et Biskra). Et ce dans l'objectif de répondre à notre problématique d'étude.

IV.1. Différentes zones climatiques en Algérie :

L'Algérie, le plus grand pays de l'Afrique, se situe sous un climat de transition, entre la zone tempérée et la zone tropicale, cette position la met sous l'influence directe du climat méditerranéen au Nord et du climat désertique au Sud. Le rythme saisonnier est simple :

- En été, l'Algérie est soumise à l'influence des hautes pressions subtropicales qui, eu égard à sa latitude, donne des temps très chauds, très secs et tempérés, mais seulement, aux bords de mer

- En hiver, le retrait des hautes pressions vers des latitudes plus basses livre la région à la circulation zonale d'Ouest : le temps est plus frais et plus humide.¹⁰

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 et modérément pluvieux (zone 2), et enfin le climat désertique de la grande surface occupée par le Sahara (zone 3).

- 1) **Climat méditerranéen** : Dans la mince bande côtière, au nord, les précipitations diminuent du nord au sud et d'est en ouest. Sur la bande littorale, le climat est tempéré, avec des hivers pluvieux ou très pluvieux, avec des moyennes pluviométriques annuelles pouvant atteindre plus de 1500 mm dans la région de Jijel et Bejaia. Cette variation dans le nord dépend de la latitude, de l'altitude, de la continentalité et du relief. En outre, une dissymétrie très nette existe entre les versants, ceux qui sont exposés au nord sont les mieux arrosés et ceux qui le sont au sud sont les plus secs. La moyenne des températures varie entre 8°C et 15°C en hiver et, en moyenne, 25°C en juillet et août (26,5°C à Annaba, 26°C à Bejaia). En été, le sirocco, vent sec et chaud (baptisé le Chehili localement), souffle du Sahara en direction du nord durant la saison estivale, amenant des nuages de poussières et de sable vers les régions côtières.

10- BENYETTOU Mohamed Abdelkader, BOUKLIKHA Abdellah, mémoire de master en Hydraulique, option : eau, sol et aménagement, thème : « variation et tendance de températures et des précipitations journalières en Algérie »

- 2) **Climat des Hauts Plateaux** : est semi-aride. La température avoisine les 5°C voire -7°C en hiver et les chutes de neige y sont fréquentes. La température estivale varie de 30°C à 38°C (Constantine 36°C) avec des précipitations faibles et irrégulières, de 200 à 400 mm par an.
- 3) **Climat désertique** : Le Désert du Sahara est aride, avec des précipitations annuelles extrêmement faibles (moins de 100 mm par an). Les températures varient de 15 à 28°C en hiver, pour atteindre 40 à 45°C, voire plus en été.

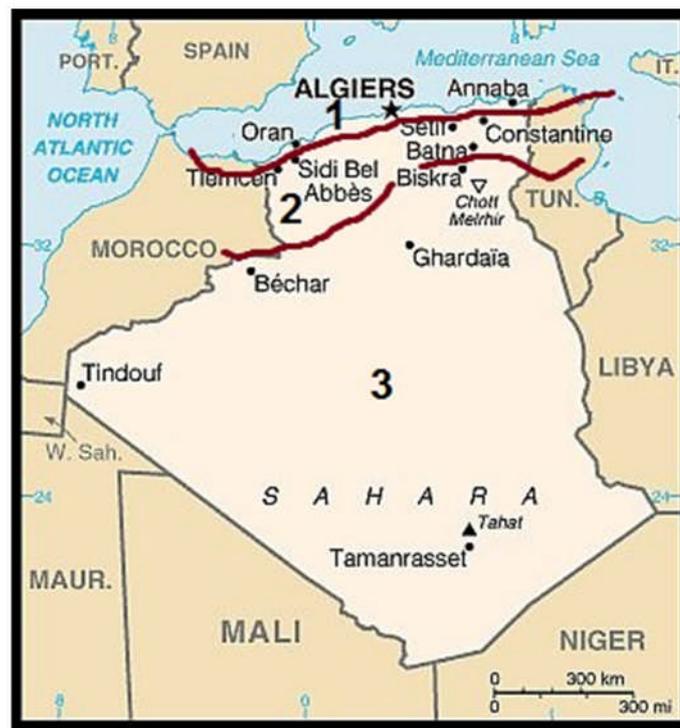


Figure IV.1 : les différentes zones climatiques en Algérie
www.climatsetvoyages.com

VI.2.Présentation des cas d'études dans des climats différents :

Notre choix s'est porté sur 4 écoles à l'échelle nationale, on a pris une wilaya pour chaque zone climatique.

Nous avons choisis des échantillons des écoles dans les différentes zones climatiques pour analyser les caractéristiques architecturales en tenant compte des différents aspects participant au confort climatiques à savoir composition architecturale (compacte – fragmenté, orientation, matériaux, le plein et vide, couleur).

VI.2.1. Présentation des écoles dans le climat méditerranéen :

1) 1^{er} cas :

Présentation d'une école à la wilaya d'Alger :

1. situation du projet :

L'établissement scolaire objet d'étude est une école primaire située dans la cité militaire à l'ACL de la commune de Réghaïa (Réghaïa est une commune de la banlieue Est d'Alger), elle est sise sur une parcelle de **2 870 m²**. Elle est délimitée par :

Au Nord : Une voie

Au Sud : cité résidentielle

A l'Est : Une voie

A l'Ouest : Une voie.

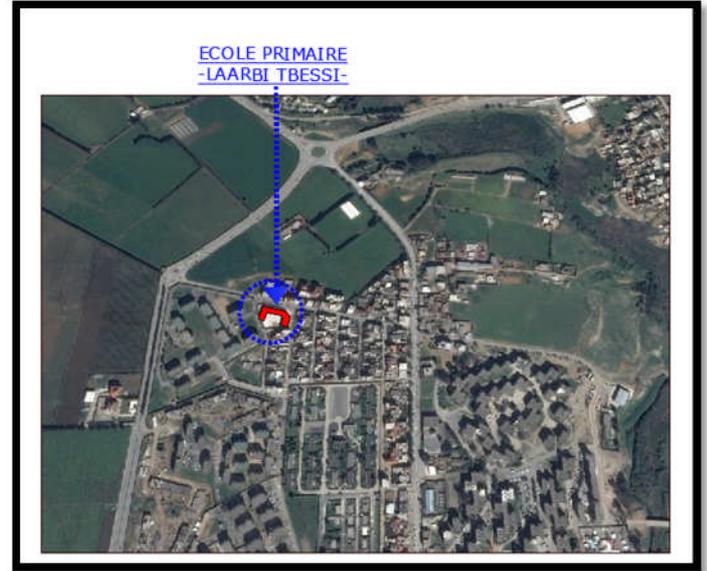


Figure IV.2 : Plan de situation de l'école LAARBI TBESSI

2. Description du projet :

Le projet est composé d'une bâtisse 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 Sanitaires.



Figure IV.3 : Entrée de l'école LAARBI TBESSI

3. Paramètres liés aux conditions climatiques :

La ville de Reghaïa bénéficie d'un climat tempéré chaud.

a. La température de l'air :

La région de Réghaïa est classée parmi l'étage bioclimatique subhumide à hiver doux et relativement pluvieux (Thibault, 2006) et été chaud et humide.

Elle affiche une température moyenne annuelle de 19 °C.

b. Le vent :

Une étude statistique de l'US Naval Weather service (station d'observation : 37°4'N ; 3°9'E) (Bouhamadouche, 1993 *in* Tireche, 2006) implanté au large d'Alger a mis en évidence des vents dominants Ouest, Nord-Ouest soufflant en prédominance de Novembre à Avril. Les vents Est et Nord-Est soufflent en été, les vents du Nord sont plus fréquents et soufflent durant toute l'année. Le sirocco, vent du Sud, chaud et sec de direction Sud-Est et Sud-Ouest, souffle avec une faible intensité avec une moyenne de 20 jours/an (D.P.A.T., 2004 *in* Tireche, 2006).¹¹

c. L'humidité :

La période humide englobe les trois saisons (automne, hiver et printemps) et la période sèche correspond à l'été.¹²

L'humidité relative de l'air est variable d'une saison à l'autre et peut même varier au cours d'une même journée. A l'aube, l'humidité peut être supérieure à 80%, elle diminue dès que le soleil se lève, descendant parfois, au-dessous de 30%.¹³

d. Les précipitations :

La zone de Réghaïa est caractérisée par une pluviométrie comprise entre 600 et 800 mm, répartis entre deux périodes, d'octobre à avril avec un maximum de 103 mm et une période relativement sèche allant de mai jusqu'à septembre.

Chaque année les précipitations sont en moyennes de 579.5 mm.

11-caractérisation de la zone marine de la réserve naturelle de Réghaïa en Algérie, Accord MedMPAnet n°02/214, Rapport II: Etude écologique complémentaire

12-DERGHAL Narimane Karima Eps BENMOUSSA, mémoire de Magistère en sciences agronomiques, option : Ecologie des communautés biologiques, thème « Etude de la végétation du lac Reghaïa »

13-YAHIACHERIF SAADAOUI Samia, thèse de doctorat en sciences agronomiques (zoologie), thème « Etude écologique, dynamique et biosystématique de l'avifaune du lac d'El Goléa et du marais de Reghaïa et comparaison faunistique entre les deux zones.

4. Paramètres liés au cadre bâti :

a. Implantation du projet :

Le plan de masse de l'école est composé principalement de deux entités, une en forme de L et l'autre est un rectangle lié entre elles par une cage d'escalier. Le bâti présente 33.5 % de la parcelle, le reste du terrain est occupé par une cour 66.5 %.

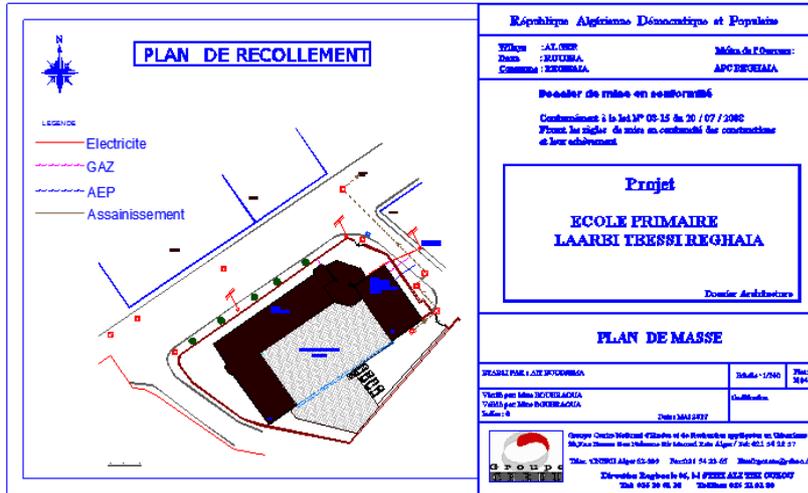


Figure IV.4 : plan de masse de l'école LAARBI TBESSI, le bureau d'étude CNERU

b. l'orientation et les surfaces vitrés :

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

La dimension moyenne d'une salle de classe est de 57.00m², contiennent pour la plupart une porte et six fenêtres dont quatre donnent sur l'extérieur et deux donnent sur la coursive. La surface totale des Six fenêtres représente 20% de la surface du plancher de la salle. Les fenêtres sont composées d'un simple vitrage de 3 mm d'épaisseur. Selon le guide des constructions scolaire il est recommandé de prévoir des ouvertures occupant de 10 à 15 % de la surface du plancher. À cet effet, la surface des ouvertures dépasse la limite recommandée.



Figure IV.5 : Détail des fenêtres

c. la forme :

Le projet est implanté en forme de « U », il bénéficie d'une double orientation.

d. la configuration spatiale :

Les deux entités de l'établissement ont la même conception architecturale, c'est la typologie de plan à coursive avec un gabarit de R+1.

e. Les matériaux :

- **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.
- **Menuiserie** : Les fenêtres et portes intérieures sont en bois.

f. couleur des surfaces :

Les façades extérieures sont en texture lisse peintes en rouge brique et du gris, rythmées par des ouvertures surmontées avec des arcs en plein cintre. Les façades intérieures lisses peintes en multicolores avec la dominance du beige et du gris.

Les murs intérieurs sont peints en rose ou en vert, tandis que les plafonds sont en blanc.



Figure IV.6 : Façades extérieure et intérieure de l'école LAARBI TBESSI

IV.7 : Vue intérieure des salles de classes



g. **Caractéristiques des salles de cours :**

A. Dimensions :

Le programme surfacique des salles de cours est comme suit ;

• **le rez de chaussée**

Salle 01.....	53.66 m ²
Salle 02.....	53.88 m ²
Salle 03.....	58.00 m ²
Salle 04.....	56.90 m ²
Salle 05.....	57.20 m ²
Salle 06.....	56.85 m ²

• **le premier étage :**

Salle 07.....	55.10 m ²
Salle 08.....	57.30 m ²
Salle 09.....	58.88 m ²
Salle 10.....	58.42 m ²
Salle 11.....	60.50 m ²
Salle 12.....	58.45 m ²
Salle 13.....	72.35 m ²

B. Equipements d'appoint :

Les salles de classes sont chauffées par des chauffages à gaz. Ils sont placés au fond de la salle.



Figure IV.8 : Emplacement des chauffages dans les salles de cours

2) 2^{ème} cas :

Présentation d'une école à la wilaya de Tizi Ouzou :

1. situation du projet :

Le projet est une école primaire située dans le village d'Ait Ergane (zone montagneuse) de la commune d'Agouni Gueghrane¹⁴, daïra Ouadhias, wilaya de Tizi Ouzou, elle est sise sur une parcelle de **3 143,50 m²**.

Elle est délimitée par :

- Au Nord : Une route goudronnée
- Au Sud : des propriétés privées
- A l'Est : des propriétés privées
- A l'Ouest : Une antenne de mairie et poste.

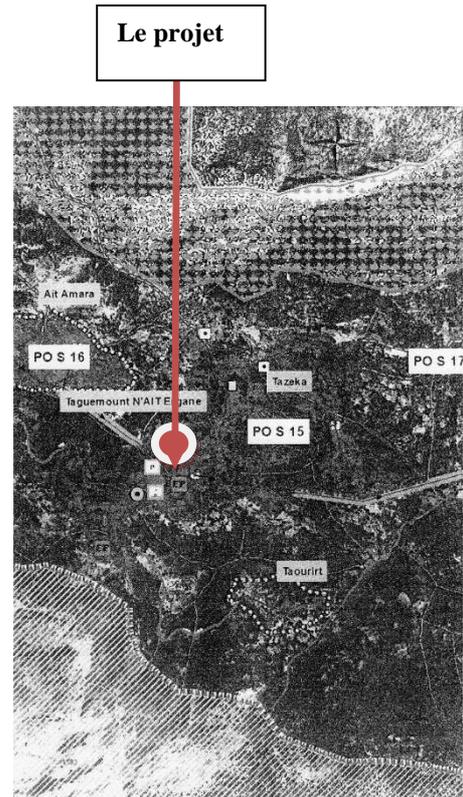


Figure IV.09 : Plan de situation de l'école extrait du PDAU de la commune d'Agouni Gueghrane

2. Description du projet :

Le projet est composé de quatre bâtisses dispersées de forme rectangulaire, de gabarit de RDC et R+1 constitué de :

08 salles de cours, une administration, une loge gardien, une cantine, un logement de fonction et les Sanitaires.

L'école est construite en 1982.



Figure IV.10 : Vue de l'entrée de l'école Thighoza1, Ait Ergane

14- la commune en question est l'une des communes Sud de la Wilaya de Tizi Ouzou, une commune de hautes montagnes dont l'altitude est comprise entre 400 et 1300 m.

3. Paramètres liés aux conditions climatiques :

Le climat dans la commune d'Agouni Gueghrane est typiquement méditerranéen à caractère montagneux, ce climat est chaud et sec en été, froid et pluvieux en hiver. (PDAU de la commune d'Agouni Gueghrane).

i. La température de l'air :

Elle affiche une température moyenne annuelle de 19 °C.

ii. Le vent :

Les vents dominants sont Ouest et Nord-Ouest. (PDAU de la commune d'Agouni Gueghrane).

iii. Les précipitations :

La zone d'étude bénéficie de précipitations abondantes, et une importante période d'étalement de la neige qui dépasse les six mois/an (PDAU de la commune d'Agouni Gueghrane).

iv. Humidité :

La région d'Agouni Gueghrane est caractérisée par un degré hygrométrique assez élevé tout au long de l'année (moyenne annuelle de 67%), avec six mois entre 70 % et 79 % et six mois entre 52 % et 69 % . Cette humidité relative élevée peut avoir comme source la présence du barrage Takssabt.

4. Paramètres liés au cadre bâti :

a. Implantation du projet :

Le plan de masse de l'école est composé de quatre blocs de forme parallélépipédique implanté aux extrémités de la cour. Le bâti présente 30 % de la parcelle, le reste du terrain est occupé par une cour 70 %.

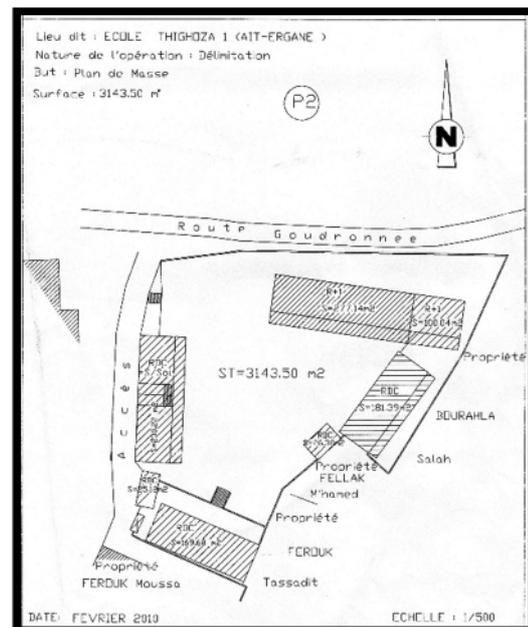


Figure IV.11 : plan de masse de l'école Thighozal

b. L'orientation et les surfaces vitrées :

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

La dimension moyenne d'une salle de classe est de 63.00m², contiennent pour la plupart une porte, neuf fenêtres dont cinq donnent sur l'extérieur et quatre donnent sur la coursive. La surface totale des

Neuf fenêtres représente **26%** de la surface du plancher de la salle. Les fenêtres sont composées d'un simple vitrage de 3 mm d'épaisseur. Selon le guide des constructions scolaire il est recommandé de prévoir des ouvertures occupant de 10 à 15 % de la surface du plancher. À cet effet, la surface des ouvertures dépasse la limite recommandée.

Figure IV.12 : Détail des ouvertures



c. La forme :

Le projet est implanté en forme quatre blocs rectangulaires dispersés, il bénéficie d'une double orientation.

d. La configuration spatiale :

Les entités de l'établissement ont la même conception architecturale, c'est la typologie de plan à coursive avec un gabarit de RDC et R+1.

e. Les matériaux :

- **Les maçonneries :** Tous les murs extérieurs sont réalisés en doubles cloisons de briques creuses de 15 cm d'épaisseur emprisonnant une lame d'air de 05 cm. Les cloisons intérieures sont réalisées en brique creuse de 10 cm d'épaisseur.
- **Les enduits :** Enduit intérieur en plâtre et extérieur au mortier de ciment.
- **Menuiserie :** Les fenêtres et portes intérieures sont en bois.

f. couleurs des surfaces :

Les façades extérieures et intérieures sont en texture lisse peintes en rose avec un soubassement gris.



Figure IV.13 : Façades intérieures de l'école Thighozal

g. **Caractéristiques des salles de cours :**

A. Dimensions :

La salle de classe est de forme rectangulaire, ayant une dimension de 7.00 x 9.00m, soit une surface de **63.00m²**. Avec une hauteur de **3.40m**.

B. Couleur :

Les plafonds sont en blanc, tandis que Les murs sont peints de rose et jaune avec un soubassement gris.

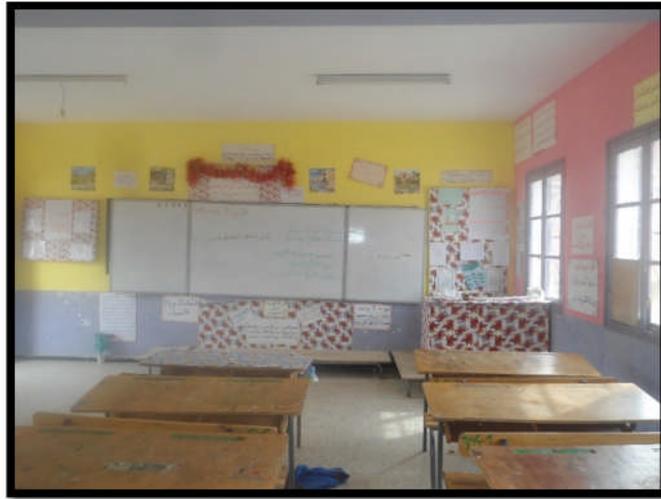


Figure IV.14 : Vue intérieure des salles de classes

C. Equipements d'appoint :

Les salles de classes sont chauffées par des poils à mazout. Ils sont placés au fond de la salle.

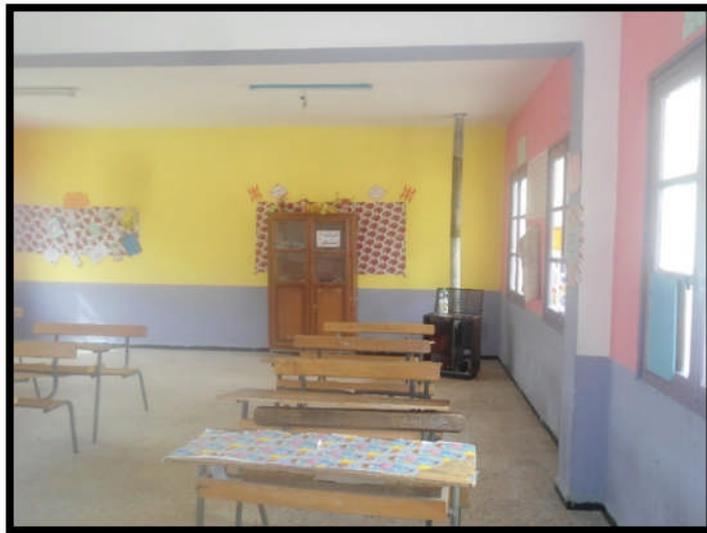


Figure IV.15 : Emplacement des chauffages dans les salles de cours

VI.2.2. Présentation d'une école dans le climat des hauts plateaux :

Présentation d'une école à la wilaya de Djelfa :

1. situation du projet :

L'établissement est un lycée, situé dans la commune de Had Essahari, wilaya de Djelfa.



Figure IV.16 : Plan de situation du lycée,
Google Earth

2. Description du projet :

Le projet est composé d'une bâtisse en forme de L, de gabarit de R+1



Figure IV.17 : Vue de du lycée Ben Tahar KADDOUR

3. Paramètres liés aux conditions climatiques :

Le climat de Djelfa est semi-aride. Il comporte deux saisons contrastées :

→la saison sèche et chaude d'avril à Octobres la plus longue. Elle tend à se prolonger assez fréquemment jusqu'à la mi-décembre.

→la saison pluvieuse et froide qui va de Novembre à Avril mai. (Thèse université de Biskra par A.BENGOUGA)

i. La température de l'air :

Les températures moyennes mensuelles marquent un minimum au mois de janvier de 1.35°C. La moyenne des maximale du mois le plus chaud est celle du mois de juillet, avec une valeur maximale de 36.97°C.

ii. Les précipitations :

La pluviométrie est marquée par une grande irrégularité d'une année à une autre. Les pluies sont souvent sous forme d'orages.

La précipitation moyenne annuelle est de 268.4 mm. Le mois de Mai est le mois le plus pluvieux, alors que le mois de juin constitue le mois le moins pluvieux pour la zone d'étude.

4. Paramètres liés au cadre bâti :

a. Implantation et forme du projet :

Le projet est implanté en forme de « L ».



Figure IV.18 : plan de masse du lycée Ben Tahar KADDOUR

b. L'orientation :

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

c. La configuration spatiale et les surfaces vitrées :

La configuration spatiale des typologies de plan à corridor central n'offre qu'une seule possibilité d'orientation. Chaque salle de cours contient une seule façade donnant sur l'extérieur et qui peut d'être ouverte. Cela réduit considérablement les surfaces vitrées par rapport à la typologie de plan à coursive.

La dimension moyenne d'une salle de classe est de 60.00m², contiennent pour la plupart quatre fenêtres qui donnent sur la cour et quatre impostes qui donnent sur le corridor central. La surface totale des quatre fenêtres extérieures représente 5% de la surface du plancher de la salle. Cela aura pour effet de réduire la quantité du rayonnement solaire nécessaire pour le chauffage passif en hiver.

d. Les matériaux :

- **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
- **Menuiserie** : Les fenêtres et portes intérieures sont en bois.

e. Couleurs des façades :

Les façades extérieures et intérieures sont en texture rigoureuse peintes en beige.



Figure IV.19 : Façades intérieures du lycée Ben Tahar KADDOUR

f. Caractéristiques des salles de cours :

A. Dimensions :

La salle de classe est de forme rectangulaire d'une surface moyenne de 60.00m². Avec une hauteur de 3.20m.

B. Couleur :

Les plafonds sont en blanc, tandis que Les murs sont peints de couleurs foncées de rose, violet ou orange.



Figure IV.20 : Vue intérieure des salles de classes

C. Equipements d'appoint :

Les salles de classes sont dotées de chauffage central. Les chauffages sont placés en dessous des fenêtres orientées vers l'extérieur.



Figure IV.21 : Emplacement des chauffages dans les salles de cours

VI.2.3. Présentation des écoles dans le climat désertique :

Présentation d'une école à la wilaya de Biskra :

1. situation du projet :

L'établissement est une école primaire situé dans la ville de Biskra.

Le bâtiment se développe en deux blocs sous forme de L contenant 12 classes.

Elle est délimitée :

Au Nord : des cités résidentielles

Au Sud : l'université Mohamed

KHIDER

A l'Est : l'université Mohamed

KHIDER

A l'Ouest : des cités résidentielles



Figure IV.22 : Plan de situation extrait de Google Earth

2. Description du projet :

Le bâtiment se développe en deux blocs sous forme de « L » contenant 12 classes.

L'école BAKHOUCHE Mohammed a été réalisée en 1990.

3. Paramètres liés aux conditions climatiques :

La ville de Biskra bénéficie d'un climat aride.

a. La température de l'air :

Le schéma climatique des zones arides se caractérise souvent par une saison sèche relativement fraîche, suivi d'une saison sèche relativement chaude, et finalement d'une saison des pluies modéré.

Durant la période (1984-2009), les températures moyennes mensuelles les plus basses sont enregistrées durant le mois de janvier (11,6°C). Les températures moyennes mensuelles maximales sont enregistrées durant les mois de juillet et d'août avec respectivement 34,3 °C et 33,9 °C. (Thèse université de Biskra par A.BENGOUGA)

b. Le vent :

La vitesse du vent est d'une moyenne annuelle de 4,55 m/s, la moyenne minimale est enregistrée durant les mois de juillet et août avec 4 m/s ; alors que la moyenne maximale est enregistrée durant le mois d'avril. (Thèse université de Biskra par A.BENGOUGA)

c. Les précipitations :

Durant la période (1984-2009) la période pluvieuse s'étale du mois de septembre jusqu'au mois de mai. Alors que durant l'année d'étude une irrégularité des pluies est remarquée avec un pic au mois de janvier avec 48,9mm, et des moyennes de 0mm et 0,3mm respectivement durant les mois octobre et novembre. (Thèse université de Biskra par A.BENGOUGA)

d. L'humidité relative :

Ce paramètre est relativement faible dans la zone d'étude ; la moyenne est de 42.14%. Cette faible valeur s'explique par l'aridité du climat et la concentration des masses d'air chaud du Sahara. (Abdelkader MEGUENNI, mémoire de master)

e. L'ensoleillement :

Pour la période (1984-2009) ; le nombre moyen annuel d'heures d'insolation est (277.5 heures) par an. Le minimum est enregistré en décembre (216 heures) et le maximum en juillet (361 heures). (Thèse université de Biskra par A.BENGOUGA)

4. Paramètres liés au cadre bâti :

a. Implantation et forme du projet :

Le projet est implanté en forme de « L ».



Figure IV.23 : plan de masse de L'école BAKHOUCHE Mohammed

b. L'orientation et les surfaces vitrées :

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

La dimension moyenne d'une salle de classe est de 59.04m², contiennent pour la plupart cinq fenêtres dont trois donnent sur l'extérieur et deux donnent sur la coursive. Chaque fenêtre est de 1.5m x 1.6m, soit une surface totale des cinq fenêtres de 2.4m². La surface totale des



Figure IV.24 : Détail des fenêtres

fenêtres représente 20% de la surface du plancher de la salle.

c. La configuration spatiale :

C'est la typologie de plan à coursive avec un gabarit de R+1.

d. Les matériaux :

- **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 intérieurs.
- **Les enduits :** Enduit intérieur et extérieur au mortier de ciment.
- **Menuiserie :** les portes pleines en bois (2,17 x 1.04), et les fenêtres en bois, avec verre simple 3mm.

e. Couleur des surfaces :

Les façades extérieures sont en texture rigoureuse peintes en vert claire et le beige, rythmées par des ouvertures surmontées avec des arcs en plein cintre. Les façades intérieures lisses peintes en multicolores avec la dominance du beige.



Figure IV.25 : Façade intérieure de L'école BAKHOUCHE Mohammed

f. Caractéristiques des salles de cours :

A. Dimensions :

La salle de classe est de forme rectangulaire, ayant une dimension de 7.20 x 8.20m, soit une surface de 59.04m², avec une hauteur de 3.20m.

B. Couleur :

Les murs sont peints en blanc sale, tandis que les plafonds sont en blanc.



Figure IV.23 : Vue intérieure des salles de classes

C. Equipements d'appoint :

Les salles de classes sont chauffées par des chauffages à gaz. Ils sont placés au fond de la salle loin des fenêtres.

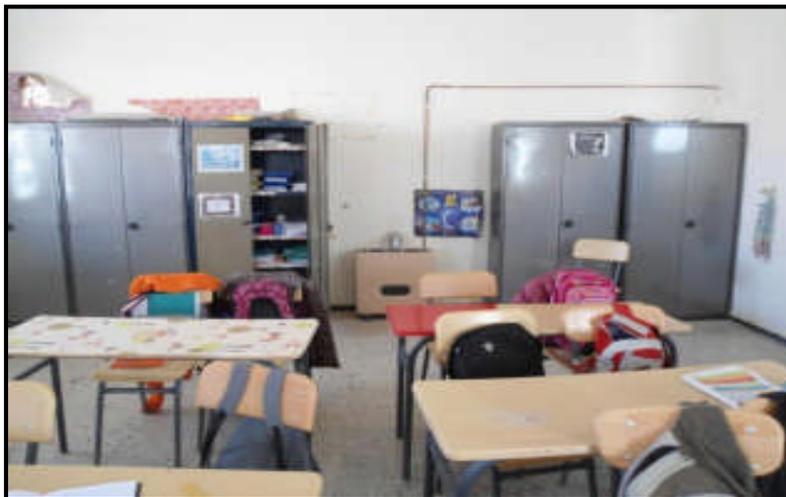


Figure IV.25 : Emplacement des chauffages dans les salles de cours

VI.3. Tableau comparatif :

Ecoles				
	LAARBI TBESSI	Thighozal	Ben Tahar KADDOUR	BAKHOUCHE Mohammed
Paramètres liés aux conditions climatiques				
climat	Méditerranéen (litoral)	Méditerranéen (montagne)	Hauts plateaux	désertique
Paramètres liés au cadre bâti				
Orientation	double orientation Nord-Ouest/ Sud-Est Nord-Est/ Sud- Ouest	double orientation Nord/Sud Est/Ouest	double orientation Nord/Sud Est/Ouest	double orientation Nord/Sud Est/Ouest
Forme	Le projet est implanté en forme de « U »	Quatre blocs rectangulaires dispersés	Le projet est implanté en forme de « L »	Le projet est implanté en forme de « L »
La configuratio n spatiale	Typologie du plan à coursive	Typologie du plan à coursive	Typologie du plan à corridor central	Typologie du plan à coursive
Matériaux de construction des parois opaques.	Brique creuse, à faible inertie thermique.	Brique creuse, à faible inertie thermique.	Brique creuse, à faible inertie thermique.	Brique creuse, à faible inertie thermique.
Matériaux de construction des parois vitrées	Simple vitrage	Simple vitrage	Simple vitrage	Simple vitrage
Couleurs 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.	Utilisation des couleurs clairs qui se caractérisent par des facteurs d'absorption faible.

VI.1. Tableau comparatif

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons essayé de définir la différence entre différentes écoles à l'échelle nationale dans différentes zones climatiques, à partir d'une étude comparative entre ces écoles locales.

Ces écoles ont le même plan type proposé par le ministère de l'éducation, sans prendre en considération les conditions climatiques de chaque région, on a déduit que nos cas d'étude n'offre pas les conditions du confort nécessaire pour les occupants (enseignants et enfants) ; Les matériaux utilisés sont similaires, il s'agit des matériaux conventionnellement utilisés dans la construction des bâtiments scolaires en Algérie qui sont principalement la brique rouge et le béton armé.

Nous avons retrouvé les mêmes caractéristiques de conception dans les différents cas d'études dans des zones climatiques différentes, ils se résument comme suit :

- La conception architecturale du bâtiment est celle du plan type proposé par le ministère de l'éducation.
- La typologie du plan ;
- L'utilisation du système constructif en portique (structure poteaux, poutres) en béton armé ;
- L'utilisation du simple vitrage pour les fenêtres ;
- L'absence des auvents ou protections solaires extérieures au niveau des baies vitrées ;
- L'absence des matériaux d'isolation ;
- La présence du chauffage dans les salles de cours.

Conclusion générale :

L'école a pour mission de préparer les enfants à la vie, elle les conduit à leurs futurs métiers dont elle assume l'apprentissage, de ce fait elle occupe une place importante, et nombreux sont les spécialistes qui considèrent l'école comme une préoccupation majeure.

À l'heure actuelle le confort thermique dans le bâtiment scolaire est un enjeu majeur, il occupe une place importante dans la vie moderne et demeure parmi les facteurs les plus déterminants de la performance des systèmes éducatifs.

Après l'étude des écoles dans des zones climatiques différentes en Algérie, il en ressort qu'elles ont le même plan type proposé par le ministère de l'éducation depuis l'indépendance. Un tel choix est conséquent d'un déficit financier durant les années 70, qui a été au détriment de la qualité de l'école algérienne en particulier le confort des élèves. Cette réalité vient répondre à notre problématique en ce qui concerne les caractéristiques architecturales des écoles en Algérie et les moyens utilisés pour s'adapter aux différentes zones climatiques du pays.

Bibliographie :

Ouvrages :

- Catherine Charlot-Valdieu, Philippe Outrequin, « Nouvelles architectures écologiques », 28 opérations exemplaires en matière de transition énergétique
Edition Le Moniteur
- Simon Rodriguez-Pagès, Architecture des collèges, Histoire- Chantier- Exemples, (2009), CAUE 92, 255p.
- Conseil d'architecture, d'urbanisme et de l'environnement des Hauts-de-Seine, Concevoir et construire une école primaire « du projet à la réalisation »
Sous la direction de François Dontenville, Alain Houchot et Setec Organisation.
Edition Le Moniteur
- Crèches, écoles et lycées, nouvelles tendances architecturales (2008), édition place des victoires, 255p.

Thèses et mémoires :

- ARABI Chanez et OUAMRANE Yasmine, Mémoire de Master II en Architecture, option : Architecture ville et patrimoine, thème : « Tizi Ouzou : premier pas vers une ville durable »
- Saddock Amel, mémoire de magister en Architecture, Option : Architecture et développement durable, Thème : « Étude du confort thermique des salles de cours des établissements scolaires à différentes typologies » Cas des établissements d'enseignements moyen et secondaire à Tizi-Ouzou
- TEBBOUCHE Hocine, mémoire de magister en Architecture, Thème : « l'impact de la qualité environnementale des établissements scolaires sur la performance du système éducatif en Algérie » cas des lycées de la ville de Jijel
- CHERGUI Lynda et DELIL Leila, Mémoire de Master II en Architecture, Thème : « centre de l'éducation à l'environnement pour une transition écologique à Bejaïa ».
- ALLOUCHE Souhila, BOUSSALAH Nawal, ZEMMOUR Chanez, Mémoire de Master II en Architecture, option : ville et territoire, Thème : « réflexion sur la conception d'une nouvelle école primaire dites "green school" en Algérie » cas d'étude : LAMRI Abdallah à M'chdallah-Bouira-
- Bailiche Oussama, Mémoire de Master II en Architecture, Thème : « Essai d'évaluation des confort thermique et lumineux dans les espaces à patio » Cas des ateliers d'Oscar Niemeyer à l'EPAU.

-BENYETTOU Mohamed Abdelkader, BOUKLIKHA Abdellah, mémoire de master en Hydraulique, option : eau, sol et aménagement, thème : « variation et tendance de températures et des précipitations journalières en Algérie

Webographie :

-Ministère de l'éducation nationale, www.education.gov.DZ

-Fondation GoodPlanet, www.GoodPlanet.org

-les 8 CAUE de Midi-Pyrénées - www.caue-mp.fr

-www.p-rubira.com, www.delcampe.net

-climat Algérie, www.climate-data.org

Annexes