

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLICUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Larbi Tébessi – Tébessa

جامعة العربي التبسي – تبسة

Faculté des Sciences et de la Technologie

كلية العلوم والتكنولوجيا

Département d'Architecture

قسم الهندسة المعمارية

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Présenté pour l'obtention du **diplôme** de Master **Académique**

En *Domaine* : *Architecture ,Urbanisme et Métiers de la ville*

Filière : *Architecture*

Spécialité : *Architecture*

Par : Aoulmi Douaa

Thème :

**Impact de l'enveloppe architecturale sur le micro-climat
intérieur**

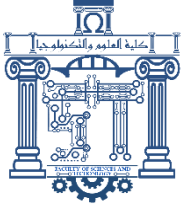
**Cas : centre régionale de recherche et de développement
agronomique à Tébessa**

Présenté et soutenu devant le jury composé de :

- 01- Dr. GHERZOULI lazhar
- 02- Dr. FEZZAI Soufiane
- 03- Mr. AMOKRANE Radhouane
- 04- Mr. BOUDERSSA Ghani
- 05- Mr. BRAHMI Sami

Président
Rapporteur
co-encadreur
Examineur
Examineur

Année universitaire : 2020/2021



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Larbi Tébessi – Tébessa

جامعة العربي التبسي – تبسة

Faculté des Sciences et de la Technologie

كلية العلوم والتكنولوجيا

Département d'Architecture

قسم الهندسة المعمارية

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Présenté pour l'obtention du **diplôme** de Master **Académique**
En *Domaine : Architecture ,Urbanisme et Métiers de la ville*

Filière : Architecture

Spécialité : Architecture

Par : Aoulmi Douaa

Thème :

**Impact de l'enveloppe architecturale sur le micro-climat
intérieur**

**Cas : centre régionale de recherche et de développement
agronomique à Tébessa**

Présenté et soutenu devant le jury composé de :

- 01- Dr. GHERZOULI lazhar
- 02- Dr. FEZZAI Soufiane
- 03- Mr. AMOKRANE Radhouane
- 04- Mr. BOUDERSSA Ghani
- 05- Mr. BRAHMI Sami

Président
Rapporteur
co-encadreur
Examineur
Examineur

Année universitaire : 2020/2021

Remerciements :

Un grand merci à Dieu pour m'avoir donné tant de patience pour pouvoir continuer malgré les obstacles et les embûches.

*Je tiens, tout particulièrement, à présenter mes plus vifs remerciements et ma profonde gratitude à **Dr. FEZZAI Sofiane** et **Mr AMOKRANE Radhwane**, qui m'ont fait l'honneur d'assurer mon encadrement avec une grande rigueur scientifique et qui ont su faire preuve de patience, d'indulgence et de compréhension tout au long de ce travail. Un grand merci pour leurs disponibilités, leurs conseils et la confiance qu'ils m'ont accordés.*

*J'exprime ma reconnaissance à **Dr. GHERZOULI lazhar** qui m'a fait l'honneur de présider ce jury et d'avoir eu l'amabilité de lire ce travail.*

*J'exprime également ma profonde gratitude à **Mr. BOUDERSSA Ghani** et **Mr. BRAHMI Sami** pour l'intérêt qu'ils ont porté à ma recherche en acceptant d'examiner et de juger mon travail.*

Vos suggestions et remarques sont un apport pour la suite de la carrière de chercheur avec cette présente étude.

Nous remercions également tous les membres du département d'architecture qui ont contribué à ma formation universitaire.

Je tiens à remercier aimablement toute personne ayant contribué de près ou de loin au bon déroulement de mon mémoire de fin d'étude et à l'élaboration de ce modeste travail.

AOULMI DOUAA

*Je dédie ce travail, en premier lieu, aux êtres les plus chers au monde : mes parents **Lamine** et **Hayette**.*

Quoi que je fasse je ne pourrai leur rendre ce qu'ils ont fait pour moi ; si je suis arrivée là c'est bien grâce à eux, que Dieu les bénisse, leur accorde longue vie et les protège.

*A mon grand frère **Mohamed***

A ma famille mes proches et à ceux qui m'ont aidé et m'ont supporté dans les moments difficiles et à toutes mes amies.

A tous ceux que j'aime et ce qui m'aime

Et je le dédie aussi à l'âme de ma chère grand-mère que dieu l'accueille en son vaste paradis.

AOULMI DOUAA.

Dédicace

Sommaire

Introduction.....01

Chapitre 01 : Le micro-climat et l'enveloppe architecturale

Introduction04

1. Le climat et le micro-climat.....	04
1.1. Le climat	04
1.2. Les éléments du climat	05
1.3. Les facteurs climatiques	05
1.3.1. Les facteurs énergétiques.....	06
1.3.2. Les facteurs hydrauliques.....	07
1.3.3. Les facteurs mécaniques	08
1.4. La classification des climats mondiaux	09
1.5. Les échelles du climat.....	11
1.6. Le micro-climat	11
1.7. Les facteurs influents sur le micro climat.....	12
1.7.1. L'influence de l'eau sur le micro climat.....	12
1.7.2. L'influence du relief sur le micro climats.....	12
1.7.3. L'influence de la végétation sur le micro climat	12
1.7.4. L'influence de construction sur le micro climat	13
1.8. Les paramètres de création d'un micro-climat.....	13
2. L'enveloppe architecturale	14
2.1. Définition de l'enveloppe architecturale	14
2.2. Les composantes de l'enveloppe architecturale.....	15
2.2.1. Les parois opaques.....	16
2.2.2. Les parois transparentes.....	17
2.3. Les paramètres de l'enveloppe architecturale	17
2.3.1. L'orientation du bâtiment.....	18
2.3.2. La forme du bâtiment	18
2.3.3. Disposition de l'ombrage	18
2.4. Les principales sollicitations de l'enveloppe extérieure.....	18

2.5. Les rôles et les fonctions de l'enveloppe architecturale	19
3. Le contrôle du micro-climat par l'enveloppe architecturale	19
3.1. Les échanges contrôlés par l'enveloppe architecturale	19
3.2. L'orientation	20
3.2.1. L'orientation et la chaleur	20
3.2.2. L'orientation et la lumière	22
3.2.3. L'orientation et les vents	23
3.3. La forme	24
3.3.1. La forme et la chaleur	24
3.3.2. La forme et les vents	25
3.3.3. La forme et la lumière	28
3.4. Les matériaux	29
3.4.1. Les matériaux et la chaleur	29
3.4.2. Les matériaux et l'humidité	33
3.5. Dispositif de l'ombrage	34
3.5.1. Dispositif horizontal	34
3.5.2. Dispositif vertical	34
Conclusion	35
Chapitre 02 : Centre régionale de recherche et de développement agronomique à Tébessa	
Introduction	36
1. La recherche scientifique.....	36
1.1. Définition de la recherche scientifique.....	36
1.2. Définition d'infrastructure de recherche.....	36
1.3. Les types d'infrastructures de recherche.....	37
2. Centre de recherche.....	37
2.1. Centre de recherche.....	37
2.2. Les types des centres de recherche	38
2.3. Les centres de recherches en Algérie.....	38
2.4. Centre de recherche et du développement agricole	39
2.5. L'objectif du centre de recherche et du développement agronomique.....	39
2.6. Les serres	40

2.6.1. Les types des serres	40
2.6.2. Les tailles des serres	40
3. Les exigences techniques d'un centre de recherche et de développement agricole...41	
4. Analyse des exemples	44
4.1. Institut de recherche en agronomie Wageningen Pays-Bas.....	44
4.2. Centre de recherche et développement agricole à ribah akkar, LIBAN.....	47
4.3. Institut national d'agriculture biologique (INAB) canada.....	51
4.4. Centre de recherche agricole El-Warraaq island Gizza	54
4.5. Institut agricole GRANGENEUVE, CANTON DE FRIBOURG, SUISSE	58
4.6. Centre de recherche d'agriculture et de climat (Dornbirn, Vorarlberg, Autriche) ...	62
4.7. Synthèse générale.....	64
4.7.1. Organigramme spatial.....	64
4.7.2. Organigramme spatiaux fonctionnelle	65
4.7.3. Programme de base.....	65
Conclusion.....	66
 Chapitre 03 : l'analyse de terrain	
Introduction.....	67
1. 1.situation et cathérétique de la commune de Tébessa.....	67
1.1. La situation géographique	67
1.2. L'étude générale du climat	68
1.2.1. Le climat	68
1.2.2. Les données climatiques	69
2. 2.analyse de terrain	70
2.1. Critère de choix	70
2.2. Situation	70
2.3. Environnement immédiat	71
2.4. Repérage	72
2.5. Accessibilités	73
2.6. Morphologie du terrain	73
2.7. Reliefs	74
2.8. Servitudes et contraintes	76
2.9. Analyse climatique du terrain	76

2.10. Les axes	77
3. Zoning	77
4. Analyse du programme	78
4.1. Détermination du programme	78
4.2. Détermination de la capacité d'accueil	78
5. 4.3.les activité possible	78
6. 4.4. Programme retenu	79
5. Genèse de la forme	80
5.1. Les objectif et les concepts	80
5.2. Le processus conceptuel	80
Conclusion	83

Chapitre 04 : Le modèle de simulation

Introduction	84
1. Travaux précédents	84
2. Les outils et techniques d'évaluation	87
2.1. L'expérimentation	87
2.2. La simulation	89
3. Les logiciels qui existe dans le domaine de la simulation	89
4. Objectif de simulation	93
5. Les paramètres de la simulation	93
5.1. Les paramètres variables	93
5.2. Les paramètres constants	93
6. Protocole de la simulation	93
6.1. Préparation du modèle à l'application expérimentale.....	93
6.2. Protocoles du volume de départ de la conception	95
6.3. Protocole de la simulation de la serre chaude	96
6.4. Protocole de la simulation de la serre froide	96
6.5. Protocole de la simulation de la serre tempéré	96
7. Les différents scenarios proposés	96
Conclusion	98

Chapitre 05 : Application de la simulation et amélioration du projet

Introduction	99
1. Analyse des résultats de la simulation	99
1.1. Volume de départ	99
1.1.1. Cube	99
1.1.2. Parallélépipède	100
1.1.3. Cylindre	102
1.1.4. Synthèse	102
1.2. Les serres	103
1.2.1. Serre chaude	103
1.2.1.1. Orientation du volume	103
1.2.1.2. Orientation et pourcentage des ouvertures	107
1.2.1.3. Synthèse.....	119
1.2.2. Serre froide	119
1.2.2.1. Orientation du volume	119
1.2.2.2. Orientation et pourcentage des ouvertures	120
1.2.2.3. Synthèse	120
1.2.3. Serre tempérer	121
1.2.3.1. Orientation et pourcentage des ouvertures	121
1.2.3.2. Synthèse	121
1.3. Synthèses générales	121
2. Les techniques et les solutions appliqué	122
Conclusion	124

Conclusion générale.....125

Liste des figures

Liste des tableaux

Bibliographie

Les annexes

المخلص

Résumé

Introduction générale :

L'homme a créé des abris et il les a développés à travers le temps, non pas seulement dans le but de se protéger et éviter les conditions climatiques extérieures mais aussi pour créer des ambiances intérieures satisfaisantes. Par un grand nombre de chercheurs et de spécialistes le climat est considéré comme l'un des éléments les plus importants de la conception du bâtiment. Il conditionne l'implantation, l'orientation, la forme et même les matériaux de construction, tout ça dans le but de contrôler les échanges entre l'intérieur et l'extérieur. Par conséquent, les besoins énergétiques d'un bâtiment vont être minimisés grâce aux paramètres de l'enveloppe architecturale (facteur forme, orientation et implantation) qui fournissent un micro-climat convenable à travers le contrôle de l'air, du vent et de la chaleur,...etc. (brièvement tous les éléments climatiques).

Selon THIERRY et DAVID (2010) les matériaux intérieurs aussi jouent un rôle considérable dans l'absorption, le stockage et la distribution de l'énergie apportée par l'ensoleillement (flux solaire transmis à travers des vitrages). A partir de cela, on peut déduire que l'enveloppe agit comme une barrière pour certains éléments et comme un filtre pour d'autres.

Les bénéfices de la création des micro-climats différents à travers l'enveloppe extérieure ne se limitent pas à la satisfaction des besoins humains, mais aussi à d'autres domaines : économique (qui diminue la consommation énergétique), environnementale (la préservation des ressources naturelles) et agricole (aide dans le domaine de la recherche agricole qui est l'avenir et la solution des problèmes futurs).

Problématique :

Pour le bon déroulement des activités à l'intérieur d'une construction, il faut que chaque fonction ait des ambiances spatiales différentes. Le climat extérieur influence l'ambiance intérieure, la relation entre l'intérieur et l'extérieur est représentée par l'enveloppe architecturale qui montre l'interface extérieure du bâtiment avec l'extérieur et une protection pour l'intérieur.

Si on néglige le rôle important de l'enveloppe architecturale, on va créer des bâtiments avec une grande consommation énergétique, ce qui va avoir des effets néfastes sur l'environnement et l'économie. Donc, il faut se concentrer dans notre recherche sur l'enveloppe extérieur et sa réaction avec son environnement.

A partir de ce principe, on se pose la question suivante :

Comment Peut-on contrôler le micro-climat à travers l'enveloppe architecturale ?

Afin de répondre à cette question, on peut la décomposer aux questions suivantes :

Quels sont les paramètres de l'enveloppe architecturale ?

Quels sont les paramètres de micro-climat ?

De quelle façon peut-on maîtriser les paramètres de l'enveloppe architectural pour avoir un meilleur rendement ?

Pour répondre à ses questions, nous avons proposé l'hypothèse principale suivante :

Les composantes et les paramètres de l'enveloppe architecturale, ont un impact sur les échanges entre l'intérieur et l'extérieur, permettant de créer un climat intérieur différent de l'extérieur.

L'objectif de cette recherche est de maîtriser les paramètres de l'enveloppe architecturale de telle manière qu'on peut contrôler le micro-climat intérieur.

Notre recherche a pour but de créer des différents micro-climats intérieur selon les besoins de chaque fonction à travers les paramètres de l'enveloppe architecturale et le micro-climat.

Pour pouvoir répondre aux différents objectifs de cette recherche, nous préconisons une démarche méthodologique basée sur deux parties :

Partie théorique :

Cette partie se divise en deux phases : une recherche bibliographique pour comprendre et maîtriser le thème de la recherche, à partir du traitement théorique de différents éléments du thème (le climat, le micro-climat et l'enveloppe architecturale). Puis en passera à la deuxième phase qui est l'analyse, pour mieux maîtriser et étudier l'équipement qui est un centre de recherche et de développement agronomique, suivi par une analyse du terrain choisi, des exemples et fini par l'élaboration du programme relatif à notre recherche.

Partie expérimentale :

On peut l'appeler aussi la partie pratique, dans laquelle on va appliquer l'outil de la simulation pour guider et améliorer la conception du projet qui est basé sur les résultats de la première partie.

Notre mémoire sera alors structurée en cinq (05) chapitres organisés comme suit :

Chapitre 01 : le micro-climat et l'enveloppe architecturale :

Dans ce chapitre, sera consacré à la recherche théorique sur les définitions, les paramètres et les influences du climat, micro-climat et l'enveloppe architecturale, et comment cette dernière peut-elle contrôler le micro-climat d'un bâtiment.

Chapitre 02 : Centre régionales de recherche et de développement agricole à Tébessa

Dans ce chapitre, on va découvrir la notion du centre de recherche agricole et son objectif.

Et on va aussi analyser quelques exemples des centres de recherche pour compléter le manque qu'on a à propos de l'organisation spatiale et les critères du choix du terrain. On a achevé ce chapitre par des organigrammes (spatial et spatio-fonctionnel) et un programme de base.

Chapitre 03 : analyse du terrain

On se basant sur l'analyse des exemples, on a choisi un terrain convenable à notre projet qui est un centre de recherche et de développement agricole. Dans ce chapitre, on va présenter la situation géographique de la commune de Tébessa et on va faire une analyse climatique de la ville. Puis, on passe à l'analyse du terrain en commençant par la situation, l'environnement immédiat, morphologie, relief, analyse climatique et les axes du terrain, on achève ce chapitre par l'analyse du programme et le passage à l'esquisse.

Chapitre 04 : Le modèle de simulation

On débute ce chapitre par l'étude des travaux précédents, après on choisit l'outil et le logiciel qui va nous permettre d'atteindre nos objectifs de recherche. Ensuite, on fixe les variables et les constantes de la simulation numérique, en aboutissant au protocole et aux scénarios de la simulation qui vont être traités dans le chapitre suivant.

Chapitre 05 : Application de la simulation et amélioration du projet

Dans ce dernier chapitre, on va faire la simulation à la base du protocole cité dans le chapitre précédent, en analysant les résultats et en les appliquant dans la conception. On clôture ce chapitre par la citation d'autres solutions et techniques pour améliorer notre projet.

Chapitre 01 : Le micro-climat et l'enveloppe architecturale

Introduction :

À l'intérieurs d'un bâtiment, le micro-climat idéal permettra le déroulement des fonctions dans des meilleures conditions, cette notion a été introduite pour satisfaire les exigences de chaque espace. Il y a plusieurs facteurs qui influencent le micro-climat tel que le climat extérieur et l'enveloppe architecturale.

L'enveloppe architecturale d'un édifice joue un rôle d'interface avec l'extérieur, car elle subit de nombreuses agressions climatiques à travers ses composantes, ces dernières sont responsables de tous les échanges entre l'intérieur et l'extérieur. Partant de ce concept on peut déduire que l'enveloppe extérieure contrôle le micro-climat intérieur.

Dans ce chapitre on va étudier les rapports entre le micro-climat et l'enveloppe architecturale, ainsi que l'influence de l'enveloppe architecturale sur le micro-climat intérieur.

1-Le climat et le micro-climat :

1.1. Le climat :

- Selon le dictionnaire Le grand Larousse (2019) le climat est : « Ensemble des phénomènes météorologiques (température, pression, vents, précipitation) qui caractérisent l'état moyen de l'atmosphère et son évolution en un lieu donné »

C'est aussi l'ensemble des circonstances dans lesquelles on vit ; (ambiance).

- D'après Givoni (1978) le climat et le résultat de la combinaison de plusieurs éléments climatiques sont le rayonnement solaire, le rayonnement de grande longueur d'onde du ciel, la température d'air, l'humidité, le vent et les précipitations (pluie, neige, etc.)
- D'après Sriti (2013) : le climat est un facteur physique tributaire des caractéristiques de l'environnement géographique

Le climat regroupe les statistiques météorologiques, généralement sur un intervalle de 30 ans. Il est mesuré en évaluant les modèles de variation de la température, de l'humidité, de la pression atmosphérique, du vent, de la précipitation, du compte de particule atmosphérique et d'autres variables météorologiques dans une région donnée pendant de longues périodes.

« aquaportail, 2021 »

1.2. Les éléments du climat :

Le climat est composé de plusieurs éléments variant d'un endroit à un autre, d'après l'organisation météorologique mondiale (2011), les éléments les plus utilisés en climatologie sont les suivants :

- La température de l'air ($^{\circ}\text{C}$ / $^{\circ}\text{F}$ / K)
- Les précipitations (pluie et neige) (mm)
- L'humidité (%)
- Les mouvements atmosphériques (vitesse et direction des vents) (m/s)
- L'insolation (MJ/m^2)
- La pression (Pa)

1.3. Les facteurs climatiques

D'après BOULFANI (2010) les facteurs climatiques sont : la combinaison de divers paramètres tels que : les radiations solaires, la température et l'humidité de l'air, les vents, les précipitations constituent le climat d'un lieu.

Ces éléments sont mesurables à l'aide des instruments de mesure, et l'analyse de leurs valeurs permet d'évaluer la nature et la qualité du climat.

L'importance de ces paramètres se révèle surtout dans la phase primaire de la conception et même pour des projets de réhabilitations. L'ensemble de ces facteurs climatiques à considérer peuvent être classés en trois différentes catégories

- **Les facteurs énergétiques : rayonnement solaire, lumière et température**
- **Les facteurs hydrologiques : précipitations et hygrométrie**
- **Les facteurs mécaniques : mouvement d'air soit les vents.**

D'après Khadraoui (2019) Il y'a une autre classification qui regroupe deux autres facteurs

- **Des facteurs cosmique (l'atmosphère, l'altitude et les mouvements de la terre)**
- **Des facteurs géographiques (l'altitude, les reliefs et la végétation)**

1.3.1. Les facteurs énergétiques :

1.3.1.1. Rayonnement solaire :

Selon Michel (1994) et BOULFANI (2010) le rayonnement solaire est une radiation électromagnétique émise par le soleil exprimé en Wh/m².

La quantité du rayonnement disponible sur le sol dans un lieu donné dépend de : (fig01)

- La position astronomique
- La saison et de l'heure de la journée.
- La qualité du ciel (ciel clair, semi couvert ou bien couvert). Mesuré par SQM exprimé en magnitudes par seconde d'arc au carré (mag/arcsec²)
- La pureté de l'air, le bioxyde de carbone et de la vapeur d'eau.
- Le vent

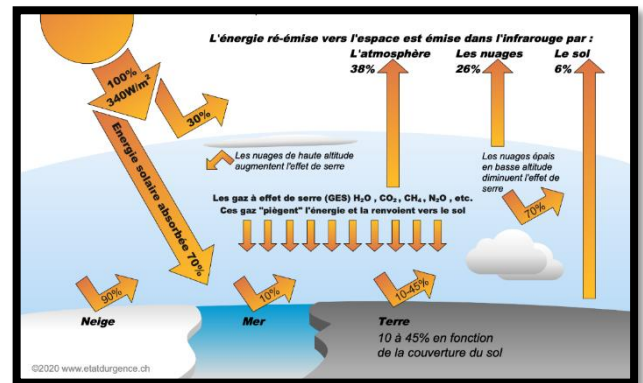


Fig1.01 : La quantité du rayonnement solaire disponible sur le sol
Source : état d'urgence.2021

Le rayonnement reçu au sol se décompose en : rayonnement direct, diffus et réfléchi. (fig02)

-Rayonnement direct : ce sont des rayons parallèles, qui viennent directement du soleil, plus au moins atténués (par absorption ou par diffusion).

-Rayonnement diffus : ce rayonnement provient de manière non isotrope, de toutes les directions de l'espace. Une partie du rayonnement diffusé est renvoyée vers l'espace, le reste est transmis jusqu'au sol.

-Rayonnement réfléchi : ou albédo qui provient de la réflexion du rayonnement (direct+ diffus) sur l'environnement

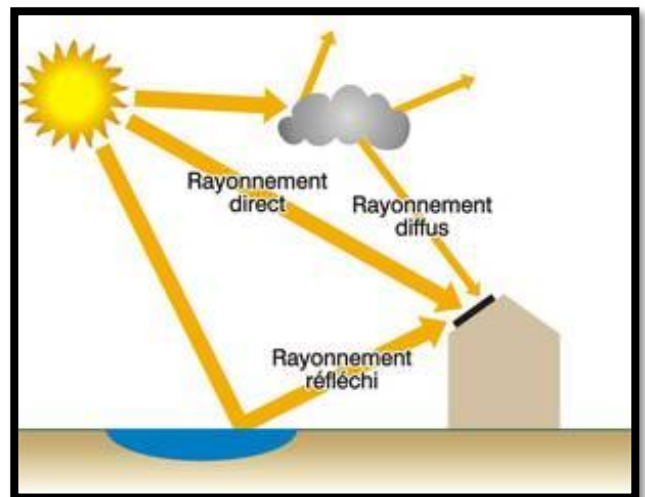


Fig1.02 : décomposition des rayonnements reçu sur le sol
Source : énergie28 ,2021

(énergie28 ,2021) « Hauglustaine et Francy ,2006 »

1.3.1.2. Lumière :

D'après Hauglustaine et Francy, (2006) Le soleil source de toute énergie lumineuse et thermique, nous approvisionne en éclairage naturel et en chaleur.

Le spectre électromagnétique solaire se compose de plusieurs ondes. Parmi les plus sensibles par l'homme sont le spectre lumineux et le spectre thermique. (Fig03)

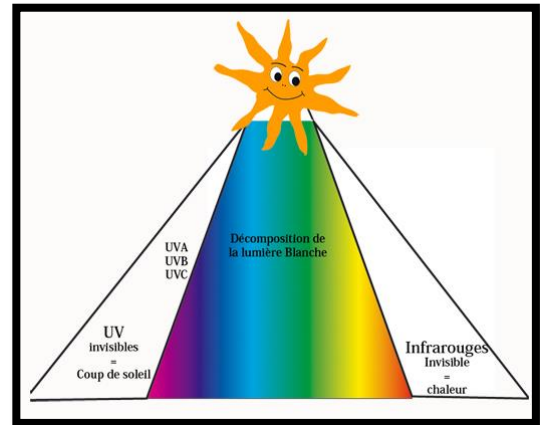


Fig1.03 : décomposition de la lumière

Source : Physique & Réussite,2021

1.3.1.3. Température de l'air :

D'après Khadraoui, (2019) la température est une grandeur physique mesurable à l'aide d'un thermomètre, et qui dépend de : l'ensoleillement, le vent, l'altitude et la nature de sol.

Les stations météorologiques fournissent des relevés horaires des températures de l'air, sous abri naturellement ventilé (à l'ombre) à 1,5 m du sol.

Elle est mesurée en degré Celsius ou en Kelvin. Pour tracer la courbe d'évolution annuelle des températures en un lieu, on aura besoin des températures moyennes mensuelles.

La température radiative moyenne est une température qui permet de globaliser les échanges thermiques par rayonnement avec l'environnement. Elle est utilisée dans l'étude du confort thermique, principalement dans l'ingénierie du bâtiment

« Aquaportail,2021 »

La température ambiante désigne généralement la valeur de la température dans l'air du milieu ambiant ; elle est incluse dans les températures que les gens préfèrent pour les endroits fermés. Elle représente la gamme dans laquelle l'air ne semble ni trop froid ni trop chaud

« Aquaportail,2021 »

1.3.2. Les facteurs hydrologiques

1.3.2.1. Les précipitations : D'après BOUMAUCHE, (2005) on appelle « précipitations » toutes les eaux qui se condensent dans l'atmosphère et tombent ou se déposent ensuite à la surface de la Terre : pluie, neige, grêle, rosée, etc (Fig04). Leur répartition à la surface du globe est très inégale : les zones les plus arrosées se situent dans la zone chaude, à proximité de l'équateur, et

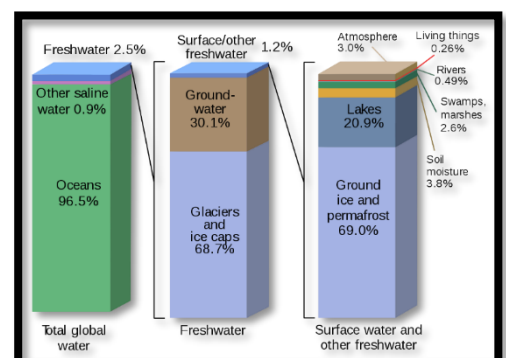


Fig1.04 : les quantités de l'eau de la terre /Source : USGS (2021)

dans la zone tempérée, à l'ouest des continents. Les régions sèches se trouvent près des tropiques ainsi que dans les zones polaires

Si la quantité des précipitations est inférieure à moins de 250 mm par an, la région devient désertique. Si au contraire la pluie est trop abondante, elle devient très dangereuse et dévastatrice.

1.3.2.2. L'humidité relative :

D'après BOUMAUCHE, (2005) L'humidité relative (HR) est le rapport entre la quantité d'eau contenue dans l'air à la quantité d'eau que l'air saturé peut contenir à une température donnée. (Fig05)

Les stations météorologiques effectuent des relevés de l'humidité relative moyenne et son évolution journalière, à l'aide de ces données on peut calculer l'humidité relative moyenne mensuelle pour tracer la courbe d'évolution annuelle de l'humidité relative d'une région.

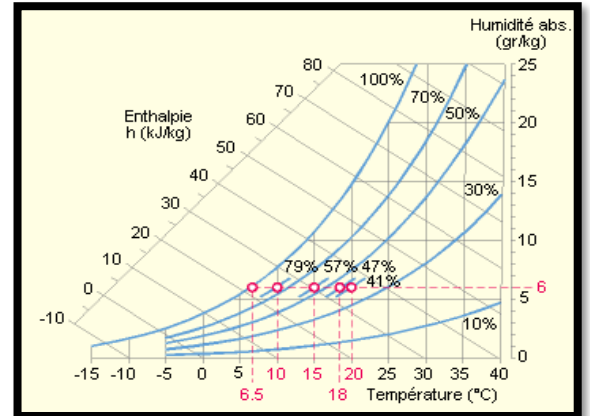


Figure1.05 : diagramme de l'air humide.

Source : énergie +, 2021

1.3.3. Les facteurs mécaniques (les vents) :

D'après BOULFANI, (2010) Le vent est un déplacement généralement horizontal d'air, d'une région de haute pression vers une autre de basse pression, il se caractérise par trois paramètres : sa vitesse, sa direction et sa fréquence.

Ces derniers sont représentés sur le même diagramme qui s'appelle "rose des vents"(Fig06). Pour le concepteur des bâtiments, il ne faut pas prendre en considération uniquement une rose des vents annuelle, mais on compte tenu des roses des vents saisonniers et même mensuelles car le régime des vents est très variable.

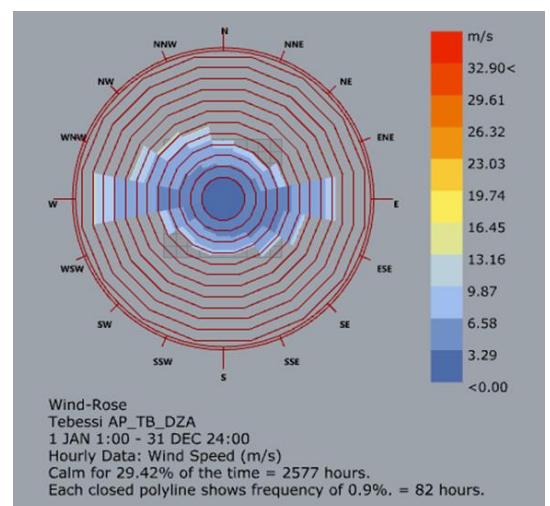


Fig1.06 : la rose des vents de la willaya de Tébessa

Source : logiciel Rhinocéros, Auteur

1.4. La classification du climat mondiale :

D'après Khadraoui, (2019) le climat mondial se compose de plusieurs zones climatiques, ces dernières se varient selon la proximité aux : océans, continents, chaînes de montagnes « Il existe plusieurs classifications des climats parmi la plus célèbre est celle du Köppen, Geiger, Trewartha. »

Sur la base des paramètres cités auparavant il existe plusieurs classifications du climat dans le monde sous forme de carte climatique.

L'une de ces cartes repartit le monde en cinq grandes zones climatiques : le climat tempéré, froid, continental, tropical et désertique.(Fig07)

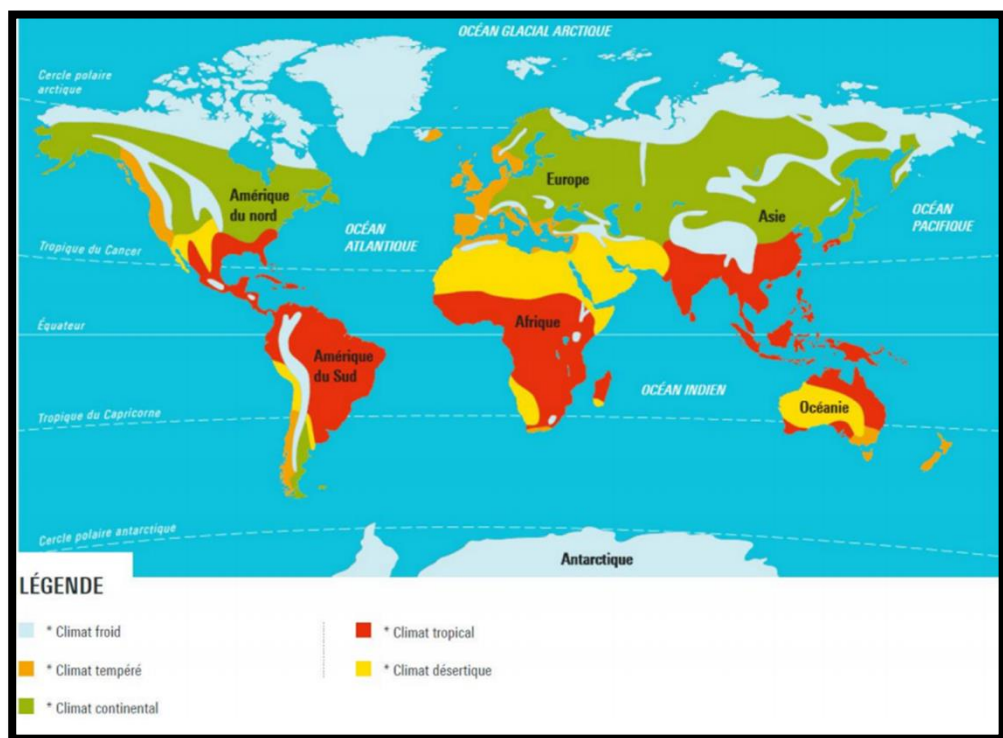


Fig1.07 : carte climatique mondiale /Source : carte-du-monde (2021)

Selon la carte climatique on distingue 5 climats :

- Le Climat froid** : se trouve dans les deux pôles et les montagnes où l'altitude est très élevée, il est caractérisé par des températures froides (très basses) pendant toute l'année
- Le Climat tempéré** : se localise près des océans il est caractérisé par des températures moyennes durant toute l'année
- Le Climat continental** : caractérisé par un hiver très froid

d) **Le Climat tropical** : se situe près de l'équateur il est caractérisé par des températures très chaudes

e) **Le climat désertique** : est caractérisé per la sécheresse

(Carte du monde, 2021)

Dans le domaine de la climatologie, la classification la plus utilisée dans le monde est la classification de Köppen-Geiger. C'est une classification basée sur la température et les précipitations, cette classification répartit la carte mondiale en cinq zones climatiques (tropical A, sec B, tempéré C, continental D et polaire E) avec un codage de deux à trois lettres afin de caractériser chaque type d'une manière précise en terme de température et précipitation (Veltz, 2015) ce qui donne plus de trente sous-zones climatiques dans le monde. (Fig08) (Tableau 01)

Classe	Types de climats
A	<ul style="list-style-type: none"> • Équatorial : Af • Mousson : Am • Savane : Aw, As
B	<ul style="list-style-type: none"> • Désertique : BWh, BWk, BWn • Semi-aride : BSh, BSk, BSn
C	<ul style="list-style-type: none"> • Subtropical humide : Cfa, Cwa • Océanique : Cfb, Cwb, Cfc, Cwc • Méditerranéen : Csa, Csb, Csc
D	<ul style="list-style-type: none"> • Continental humide : Dfa, Dwa, Dfb, Dwb • Subarctique : Dfc, Dwc, Dfd, Dwd • Continental méditerranéen : Dsa, Dsb, Dsc, Dsd
E	<ul style="list-style-type: none"> • Toundra : ET • Inlandsis ou calotte glaciaire : EF

Tableau 1.01 : type de climats selon KOPPEN

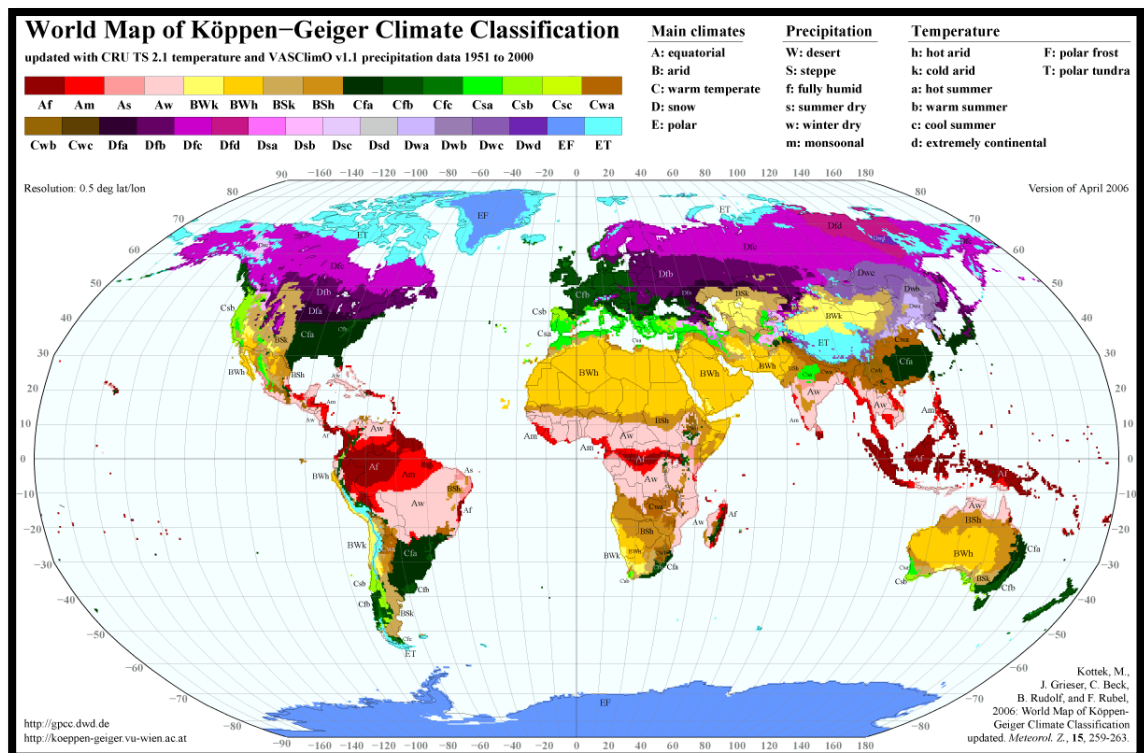


Fig1.08 : carte mondiale climatique selon KOPPEN /Source : eduterre.ens-lyon (2021)

1.5. Les échelles du climat :

Selon L.Chémery le climat est communément bordé de quatre échelles spatiales, emboîtées les uns dans les autres, les plus petites dépendent des plus grandes, qui sont :

- ◉ Macroclimat (global)
- ◉ Mésoclimat : climat régional
- ◉ Topoclimat : climat local
- ◉ Microclimat

Climats	Dimensions approximatives		
	Echelle Horizontale (Kms)	Echelle Verticale (Kms)	Echelle Temporelle
Global ou Macro climat	2000	3 à 10	1 à 6mois
Régional ou Méso climat	500 à 1000	1à10	1 à 6mois
Local (Topo) climat	1à10	0.01à0.1	1mois à 24hrs.
Microclimat	0.1	0.01	24hrs.

Tableau 1.02 : Différentes Catégories de climat et leurs caractéristiques spacio ± temporelles

Source : cours Climat et microclimat urbain, univ biskra

1.6. Le micro-climat :

- ◉ Un microclimat qualifie un climat d'un espace atmosphérique compris entre la surface de la terre et l'altitude où les effets liés au caractère immédiat de la surface sous-jacente ne peuvent plus être distingués du climat général local. Il est intégré dans un mésoclimat, plus petit encore que le macroclimat. (aquaportail,2021)
- ◉ Le microclimat désigne généralement des conditions climatiques limitées à une région géographique très petite, significativement distinctes du climat général de la zone où se situe cette région. (Dictionnaire sens agent le parisien, 2021)

1.7. Les influences du micro climat :

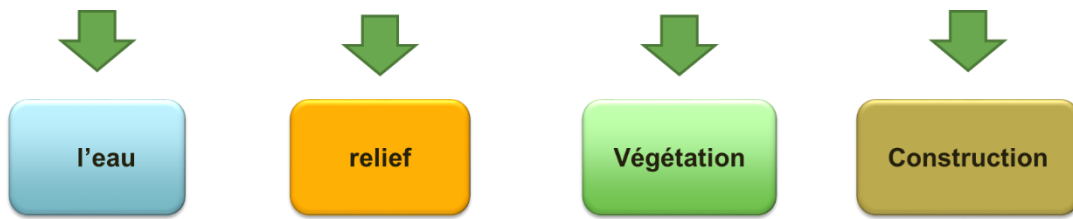


Fig1.09 : les influences du micro climat /Source : Source : Liébard & Herde, 2006

1.7.1. L'influence de l'eau sur le micro climat :

Que ce soit à petite ou à grande échelle, les masses d'eau influencent considérablement le climat.

A l'échelle du microclimat, les étendues d'eau tempèrent les fluctuations de température : bassins, étangs, etc. jouent le rôle de tampons thermiques. Il fait donc moins chaud en été, moins frais en hiver. « Liébard & Herde, (2006) »

Donc le relief influe : la répartition de la température, l'ensoleillement des projets et régime des vents

1.7.2. L'influence de relief sur le micro climat :

Le relief influence la répartition des températures, les possibilités d'ensoleillement ainsi que les phénomènes de nébulosité et de régime des vents(fig10). « Liébard & Herde, (2006) »

1.7.3. L'influence de la végétation sur le micro climat :

La végétation offre un ombrage saisonnier des édifices, fait écran contre les vents, rafraîchit l'air par évapo-transpiration et filtre les poussières en suspension. (Fig11)

« Liébard & Herde, (2006) »

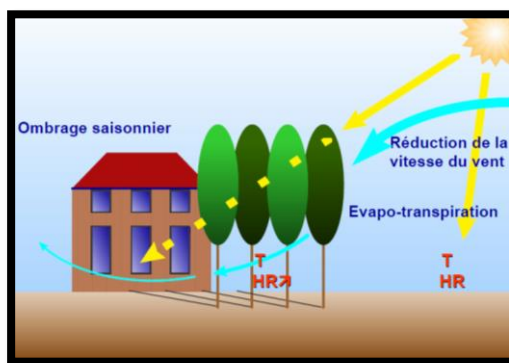


Fig1.11 : L'influence de la végétation sur le micro climat /Source : Liébard & Herde, (2006)

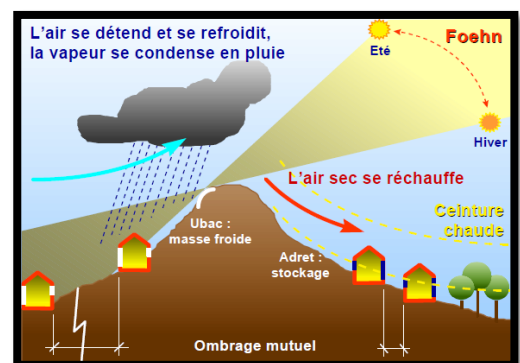


Fig1.10 : l'influence de relief sur le micro climat /Source : Liébard & Herde, (2006)

1.7.4. L'influence des constructions sur le micro climat :

Les constructions masquent le rayonnement solaire, protègent du vent, stockent la chaleur et élèvent la température extérieure.

Elles peuvent également créer des courants d'air ou réfléchir les rayons du soleil. (Fig12)

« Liébard & Herde, (2006) »

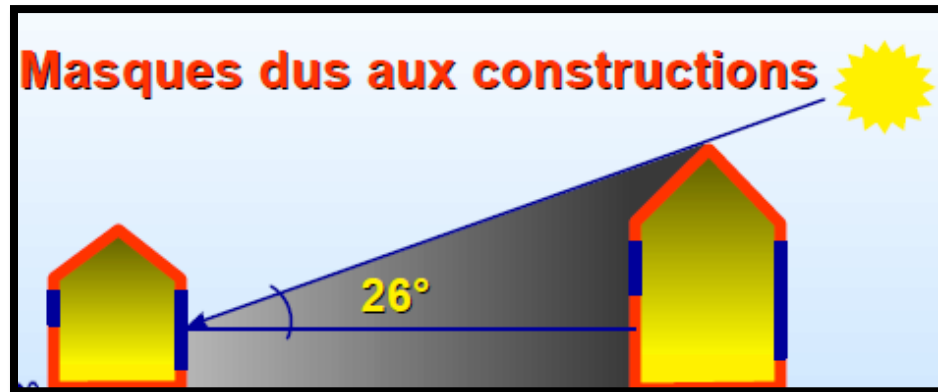


Fig1.12 : L'influence des constructions sur le micro climat
Source : (Alian Liébard , André De Herde 2018)

1.8. Les paramètres de création d'un micro-climat :

Selon Belakehal (2000) il y'a 8 éléments qui permettent la création d'un micro-climat dans un bâtiment :

- ◉ L'orientation du bâtiment.
- ◉ La forme du bâtiment.
- ◉ Les matériaux de construction des différentes composantes.
- ◉ Isolation thermique appliquée aux toits et des murs extérieurs.
- ◉ Absorption de la toiture et aux murs extérieurs.
- ◉ La superficie et l'ombrage des ouvertures.
- ◉ Ombrage de la toiture et des murs extérieurs.
- ◉ Les procédés de ventilation.

2. L'enveloppe architecturale :

2.1. Définitions de l'enveloppe architecturale :

- ◉ L'enveloppe en architecture désigne la partie visible de tout édifice, que l'on se situe à son intérieur ou son extérieur. En ce sens, l'enveloppe joue un rôle d'interface avec l'extérieur. Mais c'est avant tout une protection, une « matière » permettant de se protéger. (Etudier, 2021)
- ◉ « Enveloppe d'un volume architectural : ensemble des surfaces de séparation des espaces intérieurs du volume et l'espace extérieur (murs /toiture /coupole...). On dit également peau par analogie à la peau d'un corps qui enrobe le squelette et la chair comme l'enveloppe enrobe l'ossature et toute la construction d'un édifice » (Kouici 1999).
- ◉ BermeStein (1997) définit l'enveloppe architecturale comme : « une sorte de peau séparant l'extérieur de l'intérieure d'un bâtiment, l'enveloppe exprime l'apparence d'un ouvrage et communique avec son environnement »

Selon LATRECHE, (2019) L'enveloppe du bâtiment peut être considérée aussi sous différents aspects :

- ◉ Pour le thermicien : c'est une zone de transition entre une ambiance intérieure et un environnement extérieur ;
- ◉ Pour l'architecte : c'est une zone de contact entre le bâtiment et la ville.
- ◉ Pour l'ingénieur : c'est le point de liaison entre des composants passifs et des systèmes actifs.
- ◉ Pour le chef de projet : c'est l'objet sur lequel il va coordonner les interventions de différents corps de métier, depuis le concepteur jusqu'aux ouvriers.
- ◉ Pour le législateur : c'est un des éléments caractéristiques du bâtiment pour lequel il cherchera à rapprocher le plus possible les technologies performantes disponibles et des exigences réglementaires généralisables.
- ◉ Pour l'occupant enfin : ces parois qui l'entourent sont des éléments de confort thermique et visuel et constituent un facteur d'esthétique de son bâtiment.

2.2. Les composants de l'enveloppe architecturale :

L'enveloppe d'une construction est constituée des parties du bâtiment qui isolent contre les intempéries et gardent l'air frais à l'intérieur. Elle est composée de trois principaux systèmes : le toit, le mur (y compris les portes et les fenêtres) et les éléments imperméabilisants au-dessous du niveau du sol. (Fig 13,14)

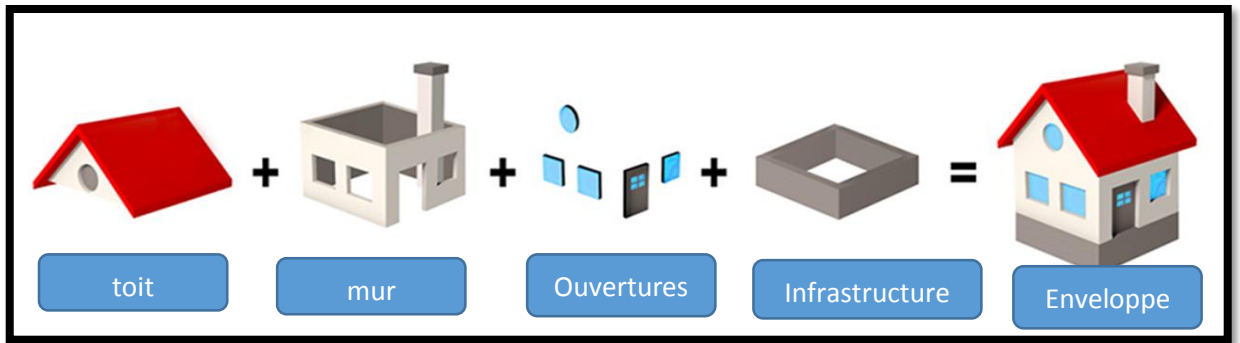


Fig1.13 : Enveloppe du bâtiment simple

Source : iko,2021

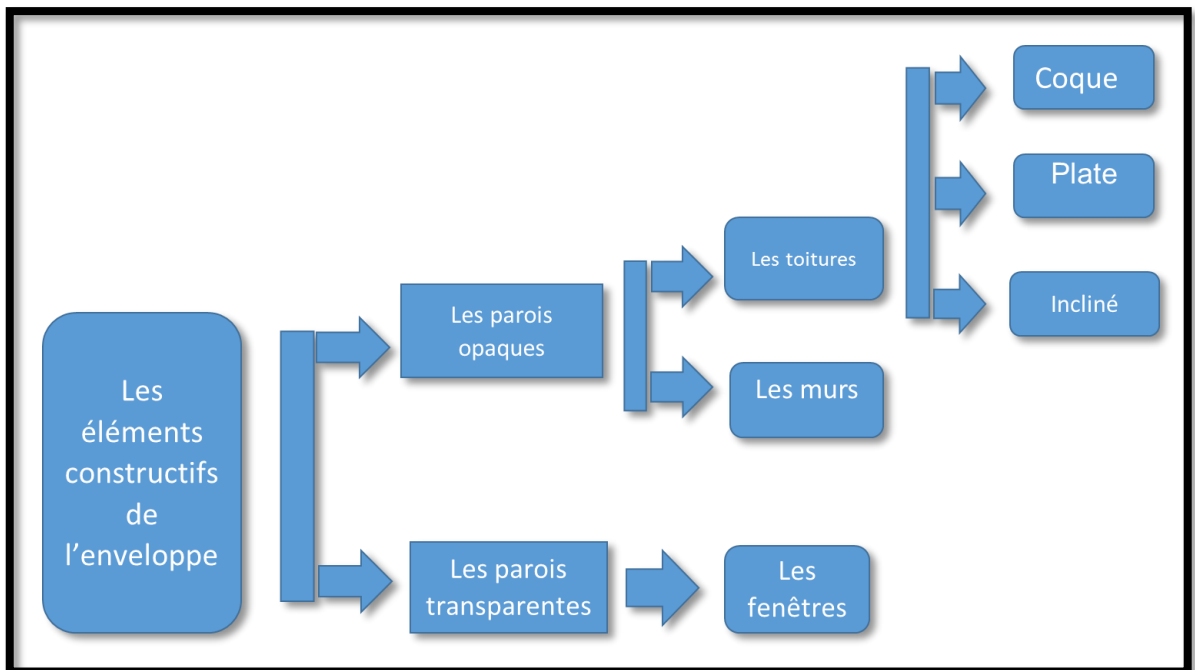


Fig1.14 : les composantes de l'enveloppe architecturale

Source : Latreche (2019), selon Auteur

2.2.1. Les parois opaques :

D'après l'équipe de rédaction du site Calculeo (2021), les parois opaques regroupent principalement les murs, le toit, les combles et le plancher, la zone par excellence de contact entre l'intérieur et l'extérieur, elles jouent un rôle majeur dans toute stratégie de réduction de la consommation énergétique

2.2.1.1. Les murs :

« Le mur est un archétype le plus simple et tous les espaces seront réalisés à partir des murs ils sont les éléments fondamentaux d'une construction il restent la car la raison pour laquelle sa forme et sa nature devraient être le sujet de l'expérimentation intense et diverses dans cette décennie moderne » (Flusser,1999)

2.2.1.2. Les toitures :

- Le toit est la surface ou la couverture couvrant la partie supérieure d'un édifice, permettant de protéger son intérieur contre les intempéries et de conserver. Latreche (2019)



Fig1.15 : les différents types de toiture

Source : mistral construction, 2021

2.2.1.3. Les coques :

On désigne sous ce nom tout système porteur déployant une surface à simple ou double courbure. Formé d'un matériau spécialement résistant aux force de traction et compression. Un des principales caractéristiques de ses structures est leur minceur par rapport à l'entendue de leur surface

Il y a plusieurs type de coque :

- 1) Coque cylindrique.
- 2) Coque sphérique.
- 3) Coque elliptique.
- 4) Coque de forme libre.



Fig1.16 : une coque /Source : Wikipédia, 2021

(calameo ,2021)

2.2.2. Les parois transparentes (les fenêtres) :

D'après (Foura, 2007), les fenêtres, portes-fenêtres et baies sont considérées comme des paramètres essentiels lors de la conception d'un bâtiment, leur rôle principal est d'assurer le confort visuel et thermique des occupants. Les vitrages sont responsables des pertes thermiques, mais ils peuvent aussi être le point de passage d'un important apport solaire en hiver, une bonne conception des ouvertures doit donc tenir compte de certains paramètres ; comme la taille de la fenêtre, type de vitrage, l'orientation, le type de protection solaire associée ...etc.

2.3. Les paramètres de l'enveloppe architecturale :

Selon Fezzai & al (2019) les paramètres de l'enveloppe architecturale sont :

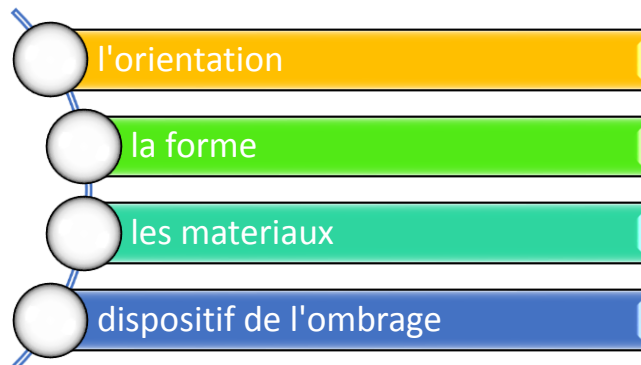


Fig1.17: les paramètres de l'enveloppe architecturale
/Source : Fezzai & al,2019

2.3.1. L'orientation d'un bâtiment :

« L'orientation d'un bâtiment est la direction vers laquelle sont tournées ses façades. C'est-à-dire la direction perpendiculaire à l'axe des blocs ». (GIVONI, 1978)

2.3.2. La forme de bâtiment :

« La forme du bâtiment détermine la taille et l'orientation de l'enveloppe extérieure exposée à l'environnement extérieur. Un bon choix de forme et d'orientation peut réduire la consommation d'énergie à 40% ». (Fezzai &al, 2019)

2.3.3. Les dispositifs d'ombrage :

Ils peuvent être orientables ou fixes. Ils permettent à la fois de moduler la lumière naturelle entrant dans les espaces, de limiter l'éblouissement et de contrôler le rayonnement solaire excessif. (Mendonça, 2015)

2.4. Les principales sollicitations de l'enveloppe extérieure :

L'enveloppe extérieure subit de nombreuses agressions du tous éléments climatique cité auparavant et de l'environnement. (Fig18)

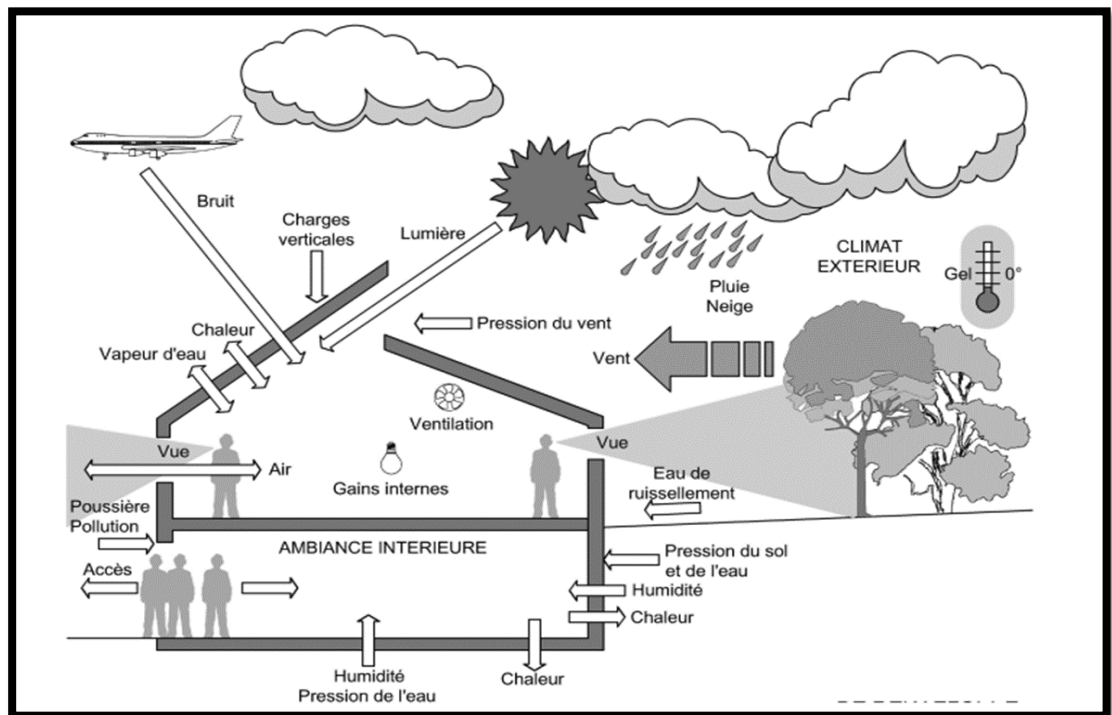


Fig1.18 : Les principales sollicitations de l'enveloppe extérieure/ Source : Hauglustaine et Francy (2006)

2.5. Les rôles et les fonctions de l'enveloppe architecturale :

D'après Hauglustaine et Franczy (2006) l'enveloppe extérieure doit pouvoir répondre aux sollicitations climatiques et environnementales précédemment énoncées. Pour ce faire, l'enveloppe, son architecture et tous ses constituants ont les rôles de :

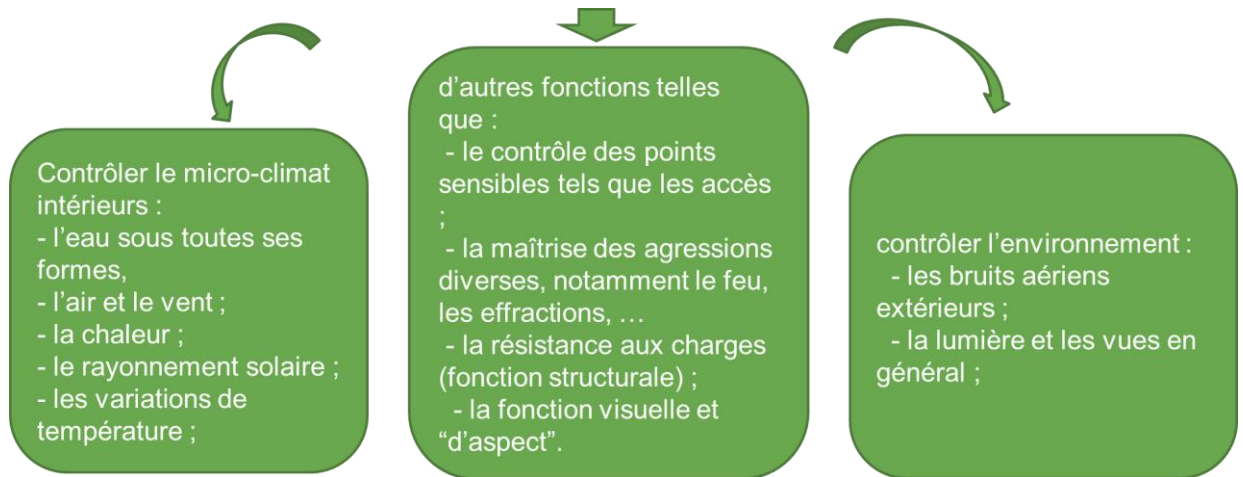


Fig1.19 : les rôles de l'enveloppe extérieure

Source : Hauglustaine et Franczy, 2006

3. le contrôle de micro-climat par l'enveloppe architecturale :

3.1. Les échanges contrôlés par l'enveloppe architecturale :

Selon Hauglustaine et Franczy (2006) les échanges contrôlés par l'enveloppe architecturale sont :

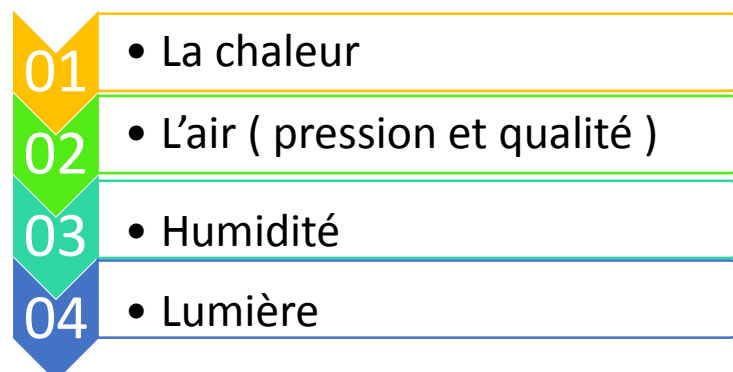


Fig1.20 : Les échanges contrôlés par l'enveloppe architecturale

Source : Hauglustaine et Franczy, 2006

3.2. L'orientation :

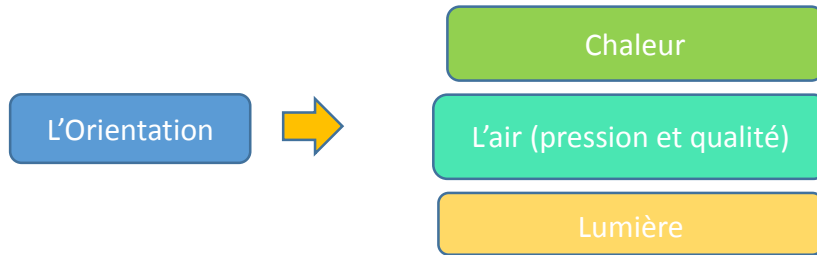


Fig1.21 : les échanges contrôlés à travers l'orientation

Source : Liébard , Herde 2006

3.2.1. L'Orientatation et la chaleur :

D'après Liébard , Herde (2006) l'orientation d'un édifice répond à sa destination : l'intérêt d'utiliser le rayonnement solaire pour chauffer le bâtiment ou, au contraire et la nécessité de s'en protéger pour éviter la surchauffe, sont autant des paramètres importants dans le choix de l'orientation.

Dans l'hémisphère nord, en hiver, le soleil se lève au Sud Est et se couche au Sud-Ouest, restant très bas (22° au solstice d'hiver). Seule la façade Sud reçoit un rayonnement non négligeable durant la période d'hiver. Ainsi, en maximisant la surface vitrée au sud, la lumière du soleil est convertie en chaleur (effet de serre), ce qui chauffe le bâtiment de manière passive et gratuite. (eRT2012, 2021)

Dans l'hémisphère nord, en été, le soleil se lève au Nord-Est et se couche au Sud-Ouest, montant très haut (78° au solstice d'été). Cette fois ci, ce sont la toiture, les façades Est (le matin) et Ouest (le soir) qui sont le plus irradiées. Quant à la façade Sud, elle reste fortement irradiée mais l'angle d'incidence des rayons lumineux est élevé. (eRT2012, 2021)

Daprés le site guide de bâtiments durable (2021), en règle générale, dans l'hémisphère nord, on propose :

- Une maximisation des surfaces vitrées orientées au Sud, protégées du soleil estival par des casquettes horizontales,
- Une minimisation des surfaces vitrées orientées au Nord. En effet, les apports solaires sont très faibles et un vitrage sera forcément plus déprédatif qu'une paroi isolée,

- Des surfaces vitrées raisonnées et réfléchies pour les orientations Est et Ouest afin de se protéger des surchauffes estivales. Par exemple, les chambres orientées à l'ouest devront impérativement être protégées du soleil du soir.

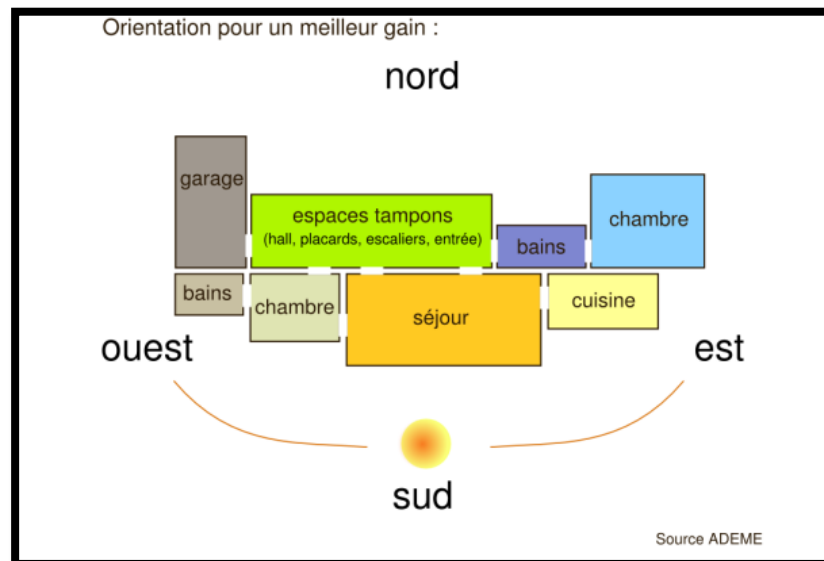


Fig1.22 : orientation pour un meilleur gain

Source : : guide de bâtiments durable,2021

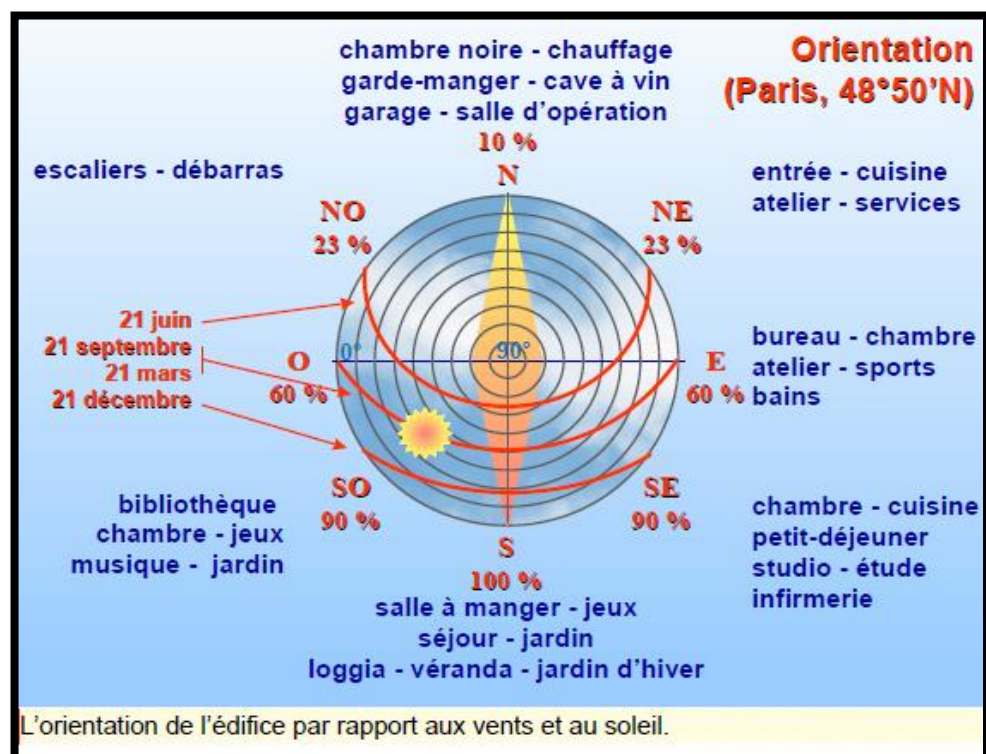


Fig1.23 : orientation de l'édifice par rapport au soleil

Source : Liébard et Herde, 2006

3.2.2. L'Orientation et la lumière :

D'après (BENHARRA,2016) l'orientation du bâtiment en général et des locaux en particulier est généralement choisie en fonction de nombreux critères : accès et fonctionnalité, vue, bruit, efficacité énergétique. Elle est déterminante pour le confort visuel.

En effet, toutes les orientations apportent de l'éclairage naturel mais il est cependant préférable de placer les ouvertures de telle façon que le soleil puisse pénétrer à l'intérieur d'un local au moment où il est le plus utilisé. De plus, la lumière naturelle n'est ni fixe ni toujours égale dans sa qualité et son intensité, en fonction de l'orientation : (dans l'hémisphère du Nord) (fig24).

- L'orientation nord assure la meilleure qualité lumineuse car elle bénéficie toute l'année d'une lumière égale et du rayonnement solaire diffus, suscitant peu d'éblouissement, mais qui peut être insuffisante dans de nombreux cas. C'est une orientation à privilégier pour éclairer les locaux où il est important d'avoir un éclairage constant, sans source d'éblouissement, tel que les bureaux et les ateliers.
- L'orientation sud apporte un éclairage important, une lumière plus facile à contrôler et un ensoleillement maximal en hiver et minimal en été. C'est l'orientation à favoriser pour les séjours des logements.
- Les orientations Est ou ouest présentent des caractéristiques identiques : possibilité d'inconfort visuel par éblouissement et surexposition en été. Ces deux orientations sont à éviter, dans la mesure du possible, car elles sont source d'apports solaires à des moments de l'année où ceux-ci risquent de générer de la surchauffe dans le bâtiment.

(énergie+, 2021)

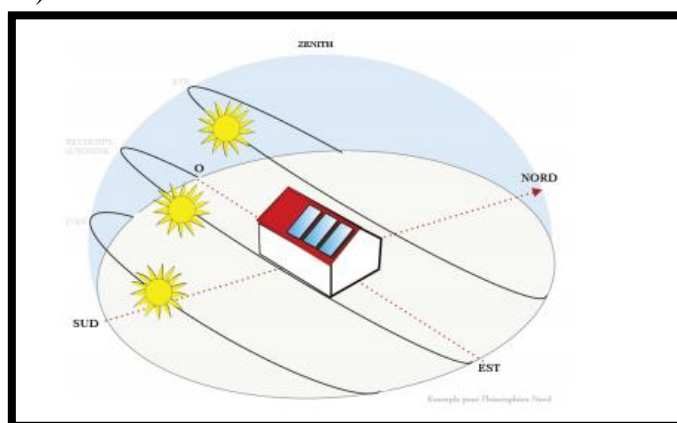


Fig1.24 : Schéma explicatif de la trajectoire solaire durant toute l'année pour l'hémisphère du Nord.

Source : guide d'installation solaire, 2021

3.2.3. L'orientation et les vents :

Le vent permet de rafraîchir le bâtiment naturellement, il faut examiner la direction du vent et la circulation de l'air sur le terrain. Et il faut essayer de placer là où le vent a le plus de potentiel à circuler librement.

Il faut correctement orienter le bâtiment vers les vents dominants. C'est par la façade principale de la maison que va rentrer l'air extérieur utile à la ventilation naturelle.

Le plus favorable est de vous orienter entre -45° et $+45^\circ$ de la direction des vents dominants, généralement ENE. Toutefois, étudiez bien la direction du vent, chaque site est différent, de plus, le vent change de direction en cours d'année, notamment en saison sèche.

Ainsi, il peut être intéressant de ne pas être orienté totalement face au vent en saison des pluies, surtout en bord de mer. Ou alors, être orienté de façon à bien prendre le vent en saison sèche afin de favoriser la ventilation naturelle lors de cette saison plus chaude.

(AQUAA, 2021)

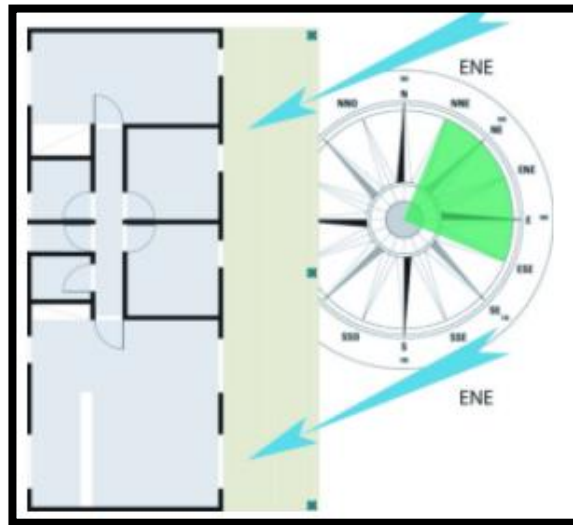


Fig1.25 : orientation de bâtiments par rapport aux vents
Source : AQUAA, 2021

Selon (HAMDANI, 2011) l'orientation joue un rôle très important en matière de confort par :

- L'utilisation du rayonnement solaire pour le chauffage en hiver ;
- La protection du rayonnement solaire pour éviter les fortes chaleurs en été ;
- La protection contre les vents froids d'hiver ou l'utilisation du vent rafraîchissant d'été.

3.3. La forme de bâtiment :

Selon (Goulding et al. 1992) le principe essentiel dans le choix de la forme du bâtiment est la capacité de maximiser la collecte solaire et de minimiser les pertes de chaleur par l'enveloppe, où la condition la plus importante est le chauffage, cela peut être réalisé en augmentant la surface disponible pour la collecte solaire et en diminuant les surfaces restantes.

En outre, la réduction du rapport entre la surface et le volume peut améliorer les performances thermiques

La forme du bâtiment influe sur la circulation du vent et sur les profils d'écoulement d'air, ainsi que sur les possibilités d'améliorer l'utilisation de la lumière naturelle

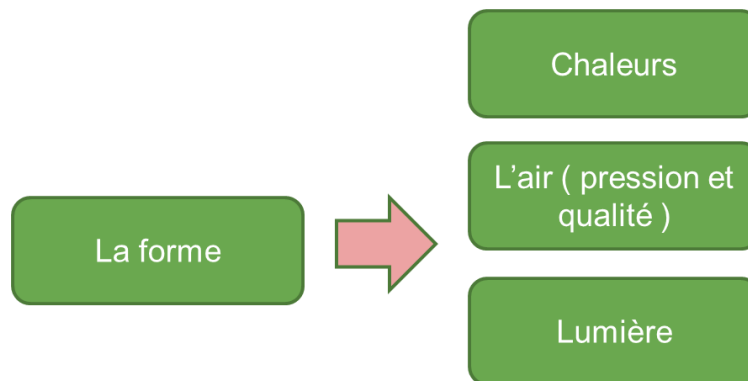


Fig1.26 : les échanges contrôlés à travers la forme

Source : Liébard , Herde 2006

3.3.1. La forme et la chaleur :

3.3.1.1. La hauteur du bâtiment :

L'ambiance intérieure d'un bâtiment change en fonction de sa hauteur qui agit sur la chaleur absorbée par les murs. Si on prend en considération les rayons du soleil, il est important de savoir que la hauteur du bâtiment au nord doit être inférieure à celle des bâtisses du sud.

(Nayak and Prajapati, (2006)

3.3.1.2. La géométrie de l'enveloppe :

La géométrie et la taille des bâtiments ont un effet important sur les besoins en chauffage car les bâtiments mitoyens bénéficient plus de chaleur que les bâtiments isolés.

(Nayak and Prajapati, (2006)

3.3.1.3. Rapport surface volume (RSV) et (RSSP) :

L'évaluation thermique d'un immeuble peut être obtenue avec un coefficient de forme représentant le rapport entre la surface du bâtiment et le volume habité. Ce coefficient permet d'évaluer l'exposition du bâtiment aux paramètres climatiques.

Ce rapport est critiqué par Roger Camous car il trouve qu'il n'exprime pas la performance d'usage habitable. C'est pour cela on fait recours toutefois à un deuxième rapport qui est le (RSSP) : surface de l'enveloppe/surface du plancher, plus le (RSSP) est faible plus il fournit une meilleure performance. (Camue. R, Watson Donald, 1979)

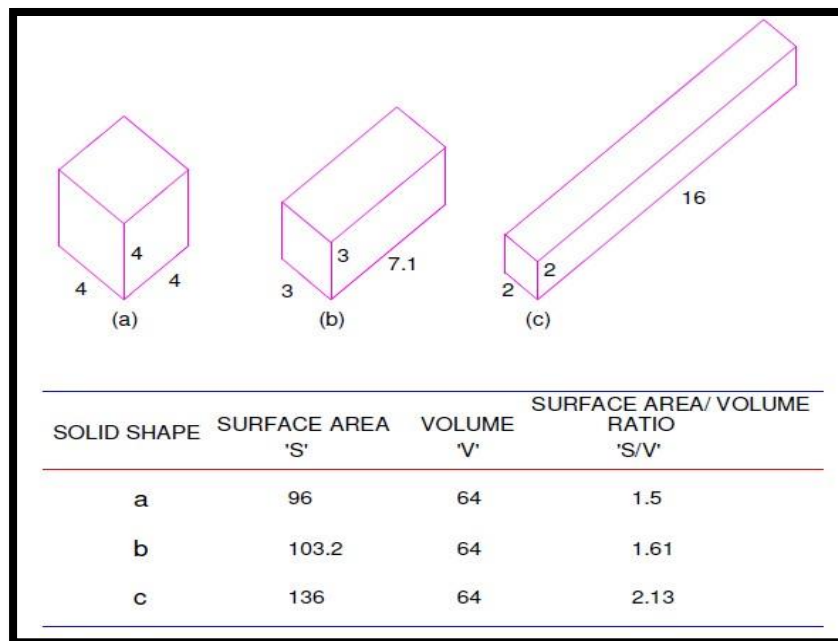


Fig1.27: Le rapport surface / volume (rapport S / V) pour quelques formes de construction

Source : Nayak and Prajapati, (2006)

3.3.2. La forme et les vents :

D'après (BENHARRA, 2016) la face d'un projet exposé au vent c'est une face en surpression et celle opposée est en dépression. Ces phénomènes sont un résultat obtenu d'effet des obstacles du vent. Ils ont des formes variées. Les constructions forment des écrans permanents sont classés en quatre types comme indique le tableau ci-dessus. La végétation présente des nombreuses variations soit en taille ou en opacité.

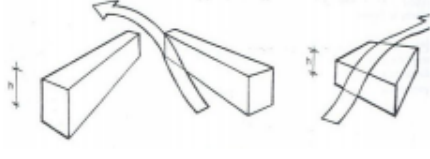

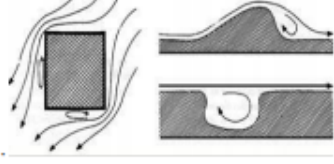
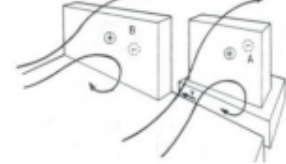
	
<p>Les obstacles sont en bas dont la hauteur maximale est 15 m, le vent passe par-dessus.</p>	<p>Les obstacles sont en haut : Deux bâtiments créent un effet Venturi et un bâtiment crée un effet de coin .</p>
	
<p>Le profil de l'obstacle varie trop rapidement, il existe un écoulement principal, l'air de la zone de décollement en un tourbillon dont le sens de rotation est évident aussi on remarque un décollement de vent de l'obstacle.</p>	<p>La combinaison des obstacles : le vent crée des zones de surpression et dépression son installation de la première zone vers le deuxième gêne le confort extérieur de l'espace.</p>

Fig1.28 : Tableau récapitulatif des obstacles des vents réadaptés
/Source : BENHARRA, 2016

La forme des bâtiments Impact sur l'accessibilité au vent, les bâtiments hauts augmentent l'efficacité du free-cooling¹. Aussi, les bâtiments fins sont plus avantageux que les bâtiments épais. En effet, les bâtiments épais rendent difficile la mise en œuvre d'un free-cooling naturel efficace jusqu'au centre du bâtiment. (Guide de bâtiments durable, 2021)

Illustration en plan d'implantations favorables au free-cooling naturel :

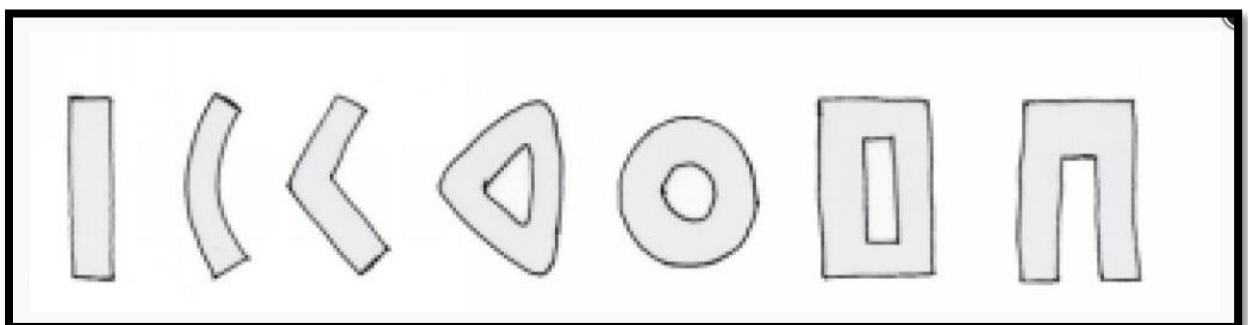


Fig1.29 : Illustration en plan d'implantations favorables au free-cooling naturel
Source : guide de bâtiments durable, 2021

1 : Free-cooling : Technique de refroidissement passif où l'air frais ventile un local ou un bâtiment, en supplément de la ventilation hygiénique (avec ou sans support mécanique). L'air frais supplémentaire est introduit dans le bâtiment et le sentiment de rafraîchissement dû à la circulation de l'air est augmenté.

L'objectif est avant tout d'assurer une conception qui permette un passage facile de l'air en limitant les pertes de charge. Il est important de prévoir les trajets de free-cooling le plus tôt possible dans la conception. (Julien Azirian, 2017)

Les figures ci-dessous (Fig 30) orientent le concepteur sur le rapport optimal entre largeur et profondeur des espaces en fonction du type de free-cooling naturel envisagé.



Applicable pour des bâtiments avec des gains internes moyen à élevés (type affectation de bureaux)	
Ventilation unilatérale	 <p>Règle de dimensionnement pour une ventilation unilatérale (Source : Environmental design guide, BRE)</p> <p>Par exemple pour une hauteur sous plafond de 3m, la profondeur maximale conseillée est de 7,5 m.</p>
Ventilation traversante	 <p>Règle de dimensionnement pour une ventilation traversante (Source : Environmental design guide, BRE)</p> <p>Par exemple pour une hauteur sous plafond de 3m, la profondeur maximale conseillée est de 15 m (sans obstacle !).</p>

Fig1.30 : sur le rapport optimal entre largeur et profondeur des espaces en fonction du type de free-cooling naturel envisagé. /Source : guide de bâtiments durable, 2021

Selon (Julien Azirian, 2017) les ouvertures seront implantées en prenant aussi en considération les vents dominants. La figure ci-dessous (Fig 31) illustre en plan l'impact de différentes conceptions d'ouverture des fenêtres sur le déplacement de l'air dans une pièce (uniquement l'effet du vent est pris en compte) en fonction des vents dominants. (Fig32)

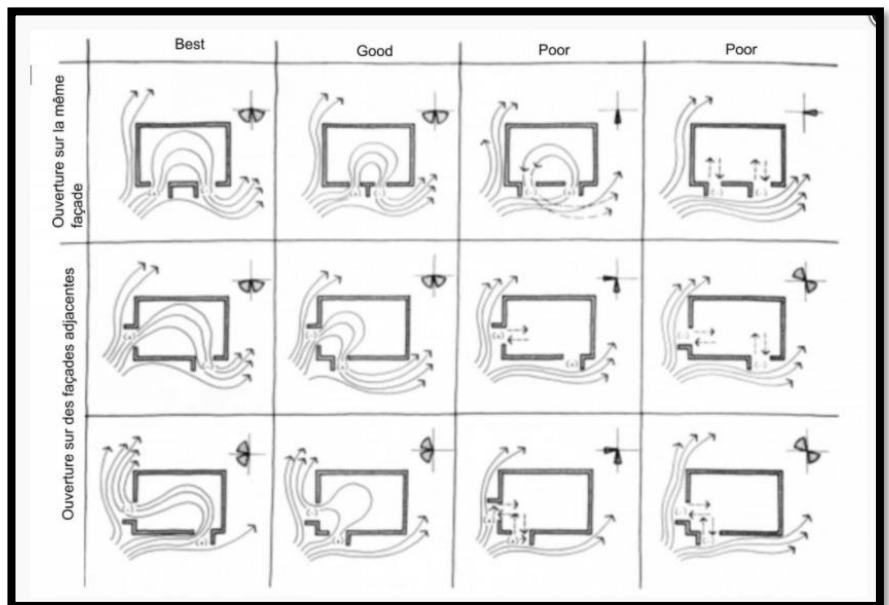


Fig1.31 : l'impact de différentes conceptions d'ouverture des fenêtres sur le déplacement de l'air dans une pièce / Source : (Julien Azirian, 2017)

3.3.3. La forme et la lumière :

Un volume compact permet de diminuer l'enveloppe de déperdition et donc de diminuer les pertes thermiques et les coûts de construction associés. Or pour éclairer naturellement toute la surface d'un local, sans avoir recours à des systèmes complexes de distribution lumineuse, il est préférable d'adopter une faible profondeur de local et donc de diminuer la *compacité* du bâtiment.

En effet, la lumière ne pénètre significativement que jusqu'à une distance d'une fois et demie la hauteur du linteau de la fenêtre par rapport au sol. Dès lors, au-delà d'une certaine profondeur, les niveaux d'éclairage chutent au fond de la pièce. Il convient donc de localiser de façon privilégiée les activités humaines dans cette zone éclairée naturellement.

Pour une pièce recevant de la lumière par une façade verticale, on peut considérer que la profondeur maximale possible $a_{D,max}$ d'une zone qui reçoit la lumière du jour par les façades est calculée de la manière suivante (source NBN EN 15193) :

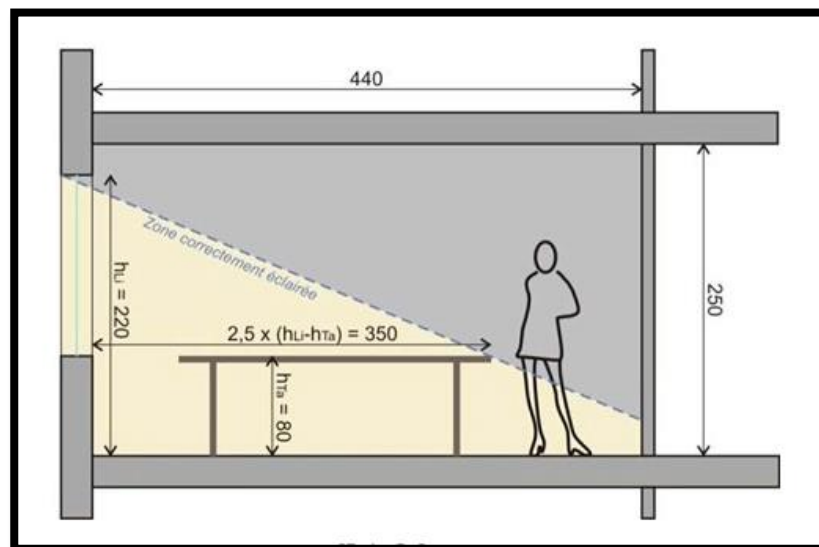


Fig1.32 : profondeur d'éclairiment

Source : over-view, 2021

$a_{D,max} = 2,5 \times (h_{Li} - h_{Ta})$ [m] où

- $a_{D,max}$ est la profondeur maximale de la zone recevant la lumière du jour [m] ;
- h_{Li} est la hauteur du linteau par rapport au sol [m] ;
- h_{Ta} est la hauteur de la zone de travail (plan de référence) par rapport au sol [m].

3.4. Les matériaux :

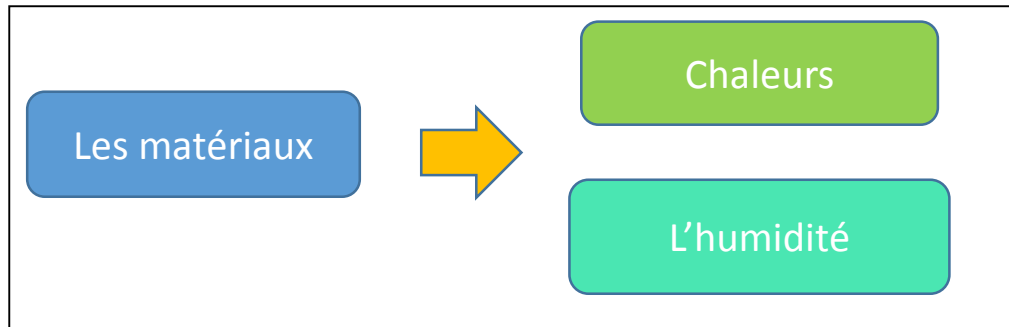


Fig1.33 : les échanges contrôlés à travers la forme

Source : Liébard , Herde 2006

3.4.1. Les matériaux et la chaleur :

3.4.1.1. Les modes de propagation de la chaleur :

La chaleur se propage dans la nature ou dans un bâtiment de trois manières : la conduction, la convection et le rayonnement. (Fig 34,35)

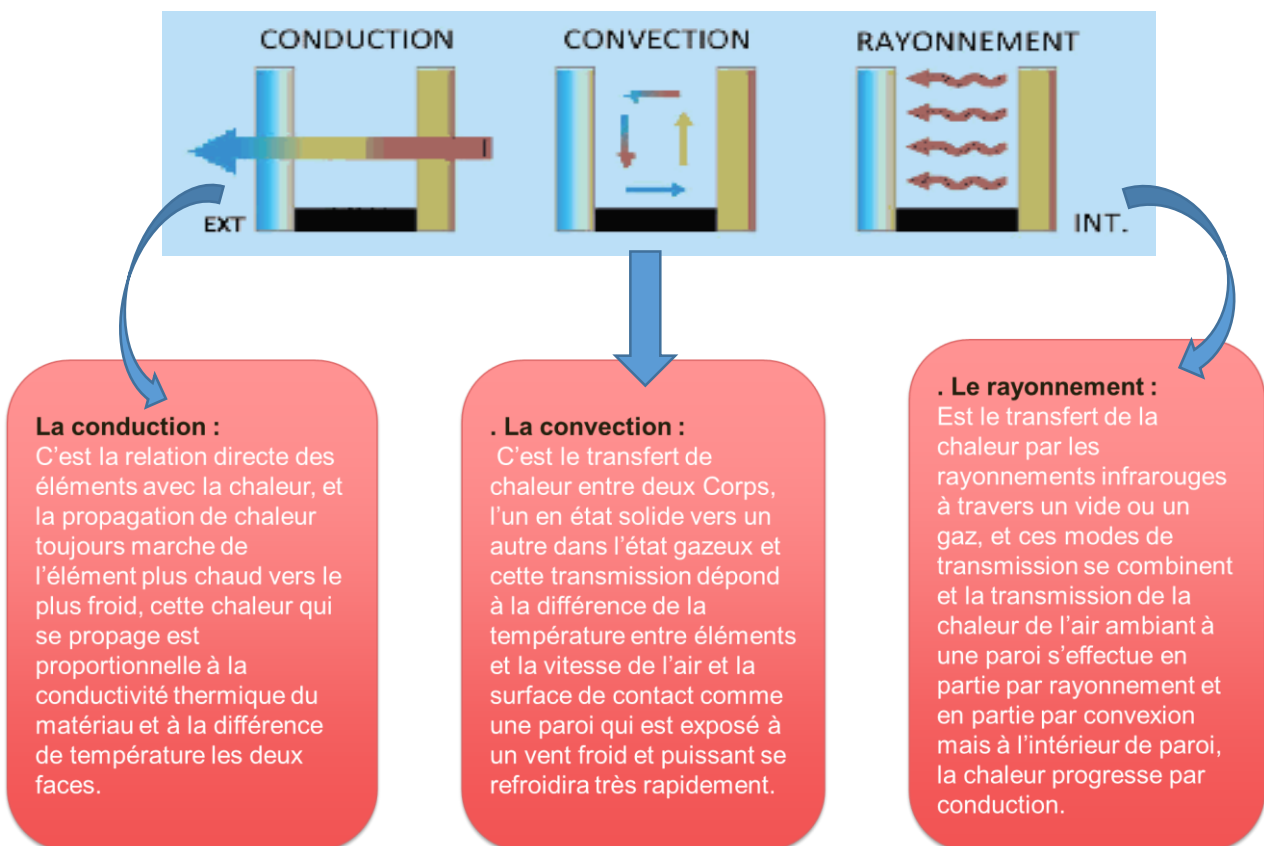


Fig1.34 : Les modes de propagation de la chaleur

Source : Thierry & David, 2009.

3.4.1.2. Les échanges thermiques dans un bâtiment :

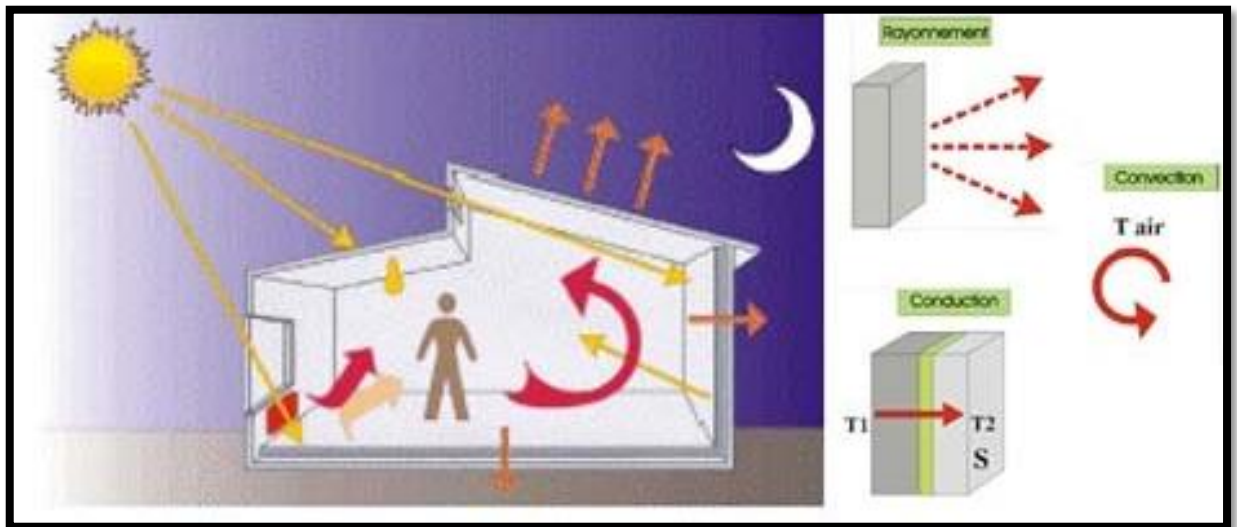


Fig1.35: les échanges thermiques d'un bâtiment

Source : pinterest , 2021

Les propriétés des matériaux utilisés dans la conception du bâtiment ont un rôle très important dans la création d'une ambiance intérieure considérable ; ils conditionnent la chaleur provenant de l'extérieur.

(THIERRY&DAVID,2009)

Les matériaux se caractérisent par des performances thermiques particulières tenant à leur structure et à leur masse qui leur permettent de gérer différemment les apports calorifiques.

Les caractéristiques thermiques des matériaux de construction seront prises en compte dans la conception des enveloppes des bâtiments.

3.4.1.3. Les propriétés thermo-physiques des matériaux de construction :

3.4.1.3.1. L'inertie thermique (I en $w/m^2 \cdot k$):

La capacité d'un corps à stocker de la chaleur pour une durée. L'objectif de l'inertie thermique d'une paroi opaque est de restituer la chaleur ou la fraîcheur stockée en décalage avec les variations thermiques en dehors et dans le bâtiment.

(BENHALILOU. K, 2008).

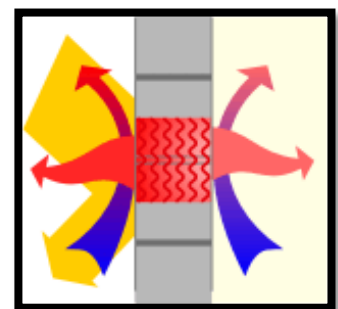


Fig1.36 : L'inertie thermique

Source : livres-forums-construction 2021

3.4.1.3.2. Le coefficient de transmission surfacique ($U = 1/R_{tot}$ en $w/m^2 \cdot k$):

Il exprime la quantité de chaleur qui traverse un mètre carré de paroi pour une différence d'un degré Kelvin de part et d'autre de sa surface. Il est simplement l'inverse de la résistance thermique. (THIERRY et DAVID, 2010)

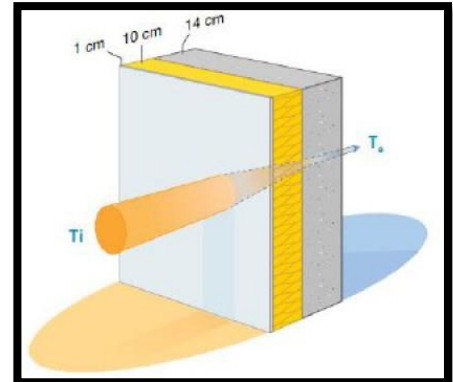


Fig1.37 : Le coefficient de transmission surfacique
Source : ecoenergiotech, 2021

3.4.1.3.3. La résistance thermique ($R = e/\lambda$ en $m^2 \cdot K/w$):

La résistance thermique d'un matériau représente sa capacité à empêcher le flux de chaleur qui le traverse. Plus la résistance thermique est élevée plus le matériau est isolant. (THIERRY et DAVID, 2010)

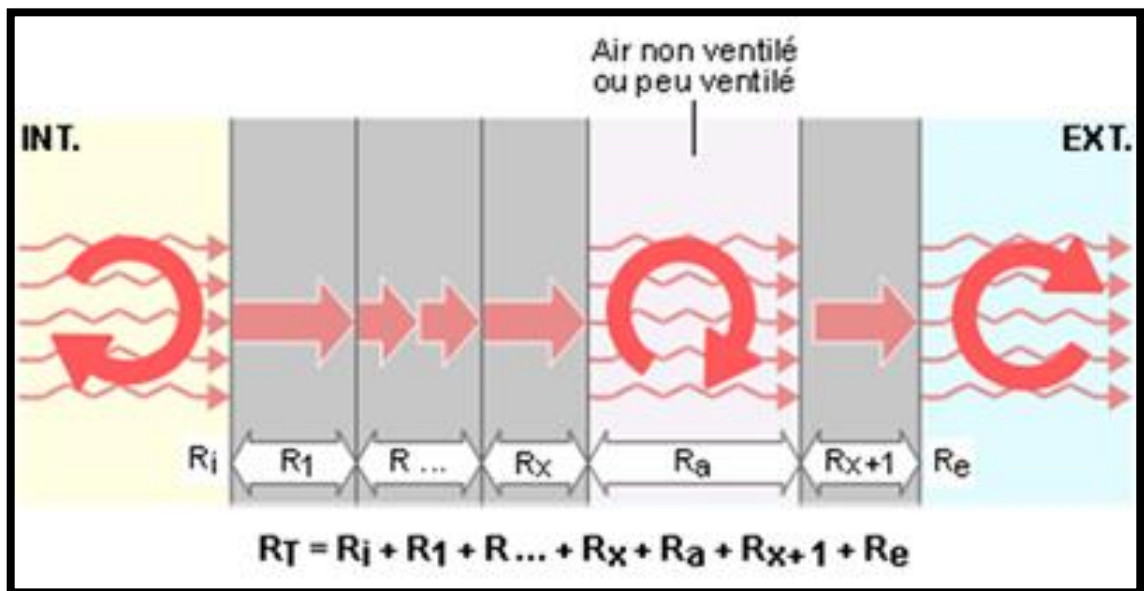


Fig1.38: La résistance thermique
Source : energieplus-lesite.be 2021

3.4.1.3.4. La capacité thermique (P_c en $w/m^3 \cdot k$):

La quantité de la chaleur que peut emmagasiner un matériau par rapport à son volume ou sa masse. Plus la capacité thermique est faible, la quantité de la chaleur stockée par le matériau est élevée. (BENHALILOU. K, 2008).

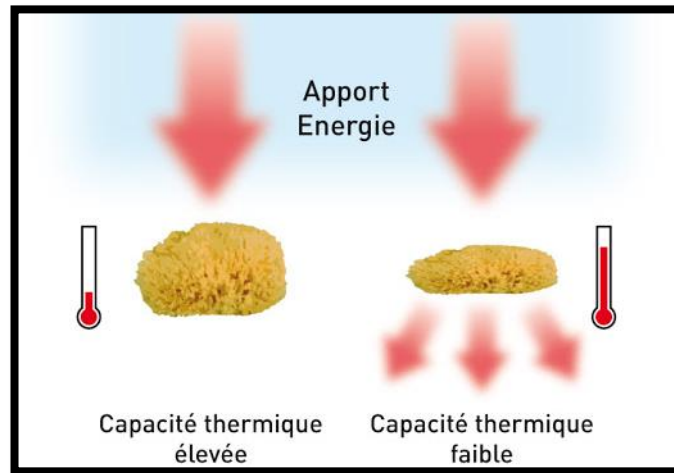


Fig1.39 : La capacité thermique

Source : maxicours 2021

3.4.1.3.5. L'effusivité thermique (EF en $W/m^2 \cdot ^\circ C$) :

Elle indique la capacité des matériaux à absorber (ou restituer) plus ou moins rapidement un apport de chaleur. Plus cette valeur est grande, la paroi se réchauffe ou se refroidit rapidement. (BENHALILOU. K, 2008).

3.4.1.3.6. La diffusivité thermique (a en m^2/h) :

Elle indique la vitesse de diffusion de la chaleur à l'intérieur du matériau. C'est la distance parcourue en un temps par le rayonnement solaire pour traverser une paroi opaque. Plus elle est élevée, la diffusivité est faible, plus la vitesse de l'onde de chaleur est faible. (BENHALILOU. K, 2008).

3.4.1.3.7. Le déphasage thermique :

Le déphasage thermique définit le délai que met un front de chaleur pour traverser une épaisseur donnée de matériau. Il dépend également principalement de la masse volumique et de la capacité thermique massique du matériau. (passivact, 2021)

3.4.1.4. L'isolation thermique :

D'après L'enveloppe extérieure doit limiter les pertes de chaleur en hiver et protéger de la radiation solaire en été. Cette propriété d'atténuation dépend des caractéristiques de transmission thermique des parois par conduction, convection et radiation.

Isoler thermiquement est nécessaire dans les parois verticales, horizontales ou inclinées, qui sont soumises aux conditions climatiques extérieures ou qui sont en contact avec une ambiance "froide" (vide ventilé, espaces "froids" comme un garage, etc.).(eRT2012)

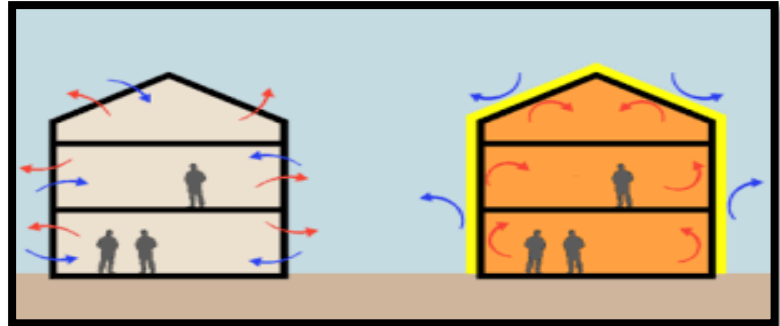


Fig1.40 : bâtiment avec et sans isolation
/Source : Shashua-Bar et al. (2004).

3.4.1.4.1. La position de l'isolation thermique dans la paroi :

Selon LATRECHE (2019), du point de vue des strictes performances de résistance thermique, la position de la couche isolante dans la paroi n'a pas d'importance, pour autant que cette couche soit au sec.

Mais si l'on veut tenir compte des performances souhaitées en termes d'inertie thermique, d'effusivité thermique des surfaces intérieures des parois extérieures et de la problématique des ponts thermiques, la position de cette couche isolante n'est plus anodine.

Pour un bâtiment, les quatre solutions possibles sont : isolation par l'extérieur, isolation répartie ou entre deux parois, isolation par l'intérieur et isolation mixte suivant les parois.

3.4.2. Les matériaux et l'humidité :

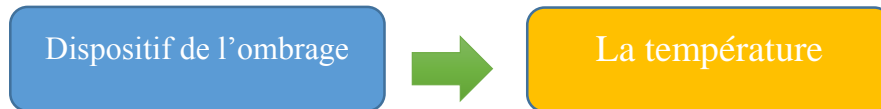
3.4.2.1. L'étanchéité à l'eau du bâtiment : est garantie par son enveloppe. Dans les anciennes constructions se sont les murs épais, le revêtement de toiture et le béton au sol qui permettent d'empêcher cette humidité d'atteindre l'ambiance intérieure. Néanmoins, les solutions constructives actuelles recourent aux éléments suivants :

- Sous toiture derrière la couverture ou le bardage ;
- Enduit ou coulisse ventilé permettant d'évacuer ce qui apparaît éventuellement dans les murs ;

- Film étanche (film polyéthylène, visqueen, etc.) ou élément hydrophobe (verre cellulaire, etc.) pour protéger des remontées capillaires / humidité ascensionnelle, les éléments de maçonnerie enterrée ou au niveau du sol / pied de mur.
- Drainage éventuel au niveau des pieds de murs ;

(Guide de bâtiments durable, 2021).

3.5. Dispositif de l'ombrage :

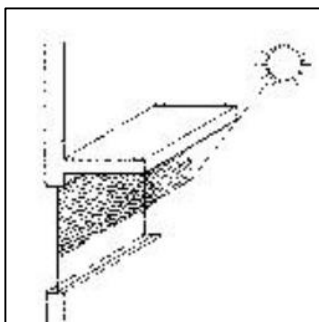


Selon Fezzai & al, les dispositifs d'ombrage ; ils ont un impact utile dans les climats méditerranéens et semi-arides. La période de l'année, le ton de la transparence relative des matériaux peuvent affecter l'ombrage.

Selon Fransic D.K (2016) les dispositifs d'ombrage protègent les fenêtres et les autres aires vitrées contre la lumière solaire directe et diminuent l'éblouissement et l'apport excessif de chaleur solaire par temps chaud. Leur efficacité dépend de leur forme et de leur orientation par rapport à la hauteur et à l'azimut du soleil, selon le moment de la journée et la saison. Les dispositifs extérieurs sont plus efficaces que les dispositifs intérieurs parce qu'ils interceptent les rayons solaires avant qu'ils n'atteignent une fenêtre ou un mur extérieur.

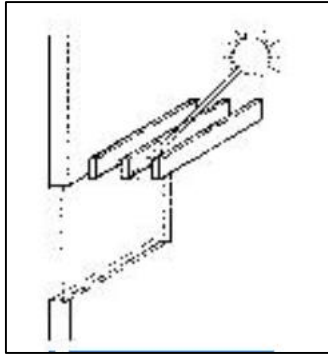
3.5.1. Dispositif horizontal :

Idéale sur les orientations sud, elle agit comme un brise-soleil. En effet, elle permet de bloquer les rayons du soleil qui sont haut dans le ciel en été. Au contraire, lorsque le soleil est bas dans l'horizon en hiver, les rayons peuvent rentrer dans le projet. (Fig42,43,44) (Ecopassivehouses,2021)



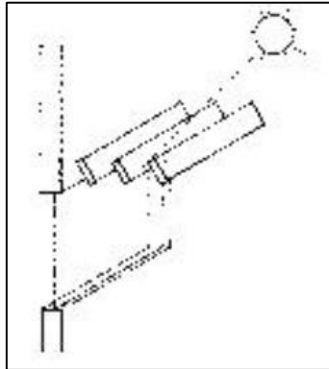
Les surplombs horizontaux offrent une efficacité maximale quand ils sont orientés vers le sud.

Fig1.41 : dispositif horizontal
Source : Fransic D.K (2016)



Les lames horizontales parallèles au mur favorisent la circulation d'air près du mur et diminuent l'apport de chaleur par conduction. Elles sont actionnées soit manuellement, soit automatiquement par des minuteries ou des cellules photoélectriques selon l'angle solaire.

Fig1.42 : dispositif lame horizontale /Source : Fransic D.K (2016)

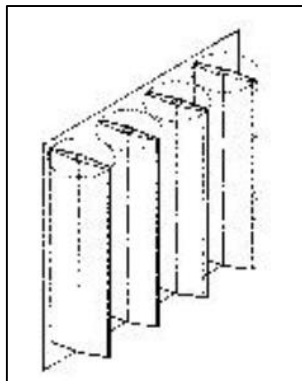


Les lames inclinées protègent davantage que les lames parallèles au mur. L'angle d'ouverture varie selon la gamme d'angles solaires.

Fig1.43: dispositif lame inclinée horizontale
Source : Fransic D.K (2016)

Dispositif vertical :

Idéale pour les orientations est et ouest car elle stoppe les rayons du soleil bas dans l'horizon. Elle peut être orientable pour bénéficier au maximum des apports solaires en hiver. (ecopassivehouses, 2021)



Les lames verticales sont particulièrement efficaces lorsqu'elles sont exposées vers l'est ou l'ouest. Elles sont actionnées soit manuellement, soit automatiquement par des minuteries ou des cellules photoélectriques selon l'angle solaire. Leur éloignement du mur diminue l'apport de chaleur par conduction.

Fig1.44: dispositif vertical /Source : Fransic D.K (2016)

Conclusion :

L'enveloppe architecturale à travers ses différentes composantes joue un rôle très important, consiste à protéger et à isoler le bâtiment des agressions climatiques, d'où intérêt de l'étudier dans ce chapitre

Le micro-climat issu de cette couche protectrice permet d'assurer les différentes fonctions du bâtiment. Les composantes de l'enveloppe architecturale se diffèrent d'un climat à un autre, puisque ce sont eux qui contrôlent les échanges climatiques entre l'intérieur et l'extérieur dans le but de créer un micro-climat différent du climat local.

Dans le chapitre qui suit, on va se focaliser sur l'étude du projet choisi et sur l'analyse des différents exemples.

Chapitre 2 :
**Centre régionales de recherche et de
développement agronomique à Tébessa**

Introduction :

La non satisfaction dans le domaine d'agriculture en Algérie par rapport à ses potentialités et ses besoins, malgré les efforts fournis par l'état récemment, on constate un manque considérable dans les infrastructures relatives à la recherche scientifique dans le domaine de l'agriculture, cette situation nécessite une prise en charge sérieuse des responsables en créant des centres de recherche sur des normes internationales.

Dans ce chapitre, on va aborder dans un premier lieu la présentation et la définition des différentes notions relatives à notre projet, et on va analyser les exemples.

1.La recherche scientifique :

1.1. Définition de la recherche scientifique :

D'après le Centre national de la recherche scientifique français : la recherche scientifique est un processus dynamique ou une démarche rationnelle qui permet d'examiner des phénomènes, des problèmes à résoudre, et d'obtenir des réponses précises à partir d'investigations. Ce processus se caractérise par le fait qu'il est systématique et rigoureux et conduit à l'acquisition de nouvelles connaissances. Les fonctions de la recherche sont de décrire, d'expliquer, de comprendre, de contrôler, de prédire des faits, des phénomènes et des conduites. La rigueur scientifique est guidée par la notion d'objectivité, c'est-à-dire que le chercheur ne traite que des faits, à l'intérieur d'un canevas défini par la communauté scientifique.

Selon le journal officiel : L'article 3 de la loi n° 98-11 du 29 Rabie Ethani 1419 correspondant au 22 août 1998 « La recherche scientifique et le développement technologique visent le développement économique, social, culturel, scientifique et technologique du pays. Les principaux objectifs de la recherche scientifique et du développement technologique projets pour la décennie à venir »

1.2. Définition d'infrastructure de recherche :

D'après Gael Brosseaud (2018) il y a plusieurs critères permettent de définir les infrastructures de recherche : celles-ci doivent représenter un outil de recherche mutualisé mis au service d'une communauté scientifique large avec une gouvernance identifiée, dont l'accès doit être basé sur l'excellence des projets scientifiques. Elles peuvent conduire une recherche

propre, et/ou fournir des services à une (ou plusieurs) communauté(s) d'utilisateurs intégrant les acteurs du secteur économique, à partir d'une programmation budgétaire pluriannuelle. Les infrastructures de recherche peuvent être de plusieurs types : monosites, distribuées sur plusieurs sites, ou virtuelles.

1.3. Les types d'infrastructures de recherche :

Selon Brosseau & al, 2018 il y a plusieurs infrastructures de recherche qui sont les suivantes :

- Les technopoles.
- Les pôles scientifiques d'excellence au sein des Etablissements d'enseignement supérieur.
- Les centres de recherche.
- Les installations scientifiques interuniversitaires.
- Unités de recherche.
- Les blocs laboratoires.

2. Le Centre de recherche :

2.1. Le Centre de recherche :

Selon l'Université d'ingénieur, polytechnique Montréal, Un centre de recherche est un établissement, laboratoire ou organisme de recherche et d'enseignement spécialisé dans les domaines de la recherche scientifique, de la recherche historique ou dans le domaine de la sociologie et des sciences sociales. Les instituts ou les centres de recherche peuvent se spécialiser dans la recherche fondamentale ou peuvent être orientés vers la recherche appliquée. Ces derniers peuvent être liés en partenariat à des universités, des musées, des entreprises et des ministères.

D'après l'Université du Sussex, Les centres de recherche sont des groupes de professeurs travaillant ensemble de manière intensive sur la recherche collaborative, dont le travail collaboratif apporte une valeur ajoutée au-delà de leur recherche individuelle. Ils sont souvent de nature interdisciplinaire, menant des recherches internationalement excellentes en termes d'originalité, d'importance et de rigueur et qui ont des impacts considérables.

Selon DJEBLI (2018) Un centre de recherche est une structure sociale constituée donnant un cadre de travail aux chercheurs. Il peut être affilié à une université ou à un organisme

de recherche scientifique, Ce terme est employé sans impliquer nécessairement que des travaux de laboratoire y soient menés (il existe par exemple des centres de recherche en mathématiques, en linguistique ou en sciences sociales).

2.2. Les types des centres de recherche :

Dans le monde, il existe plusieurs centres de recherche classés et divisés selon la spécialité ciblée, on prend les résumés dans la figure ci-dessous : (fig2)

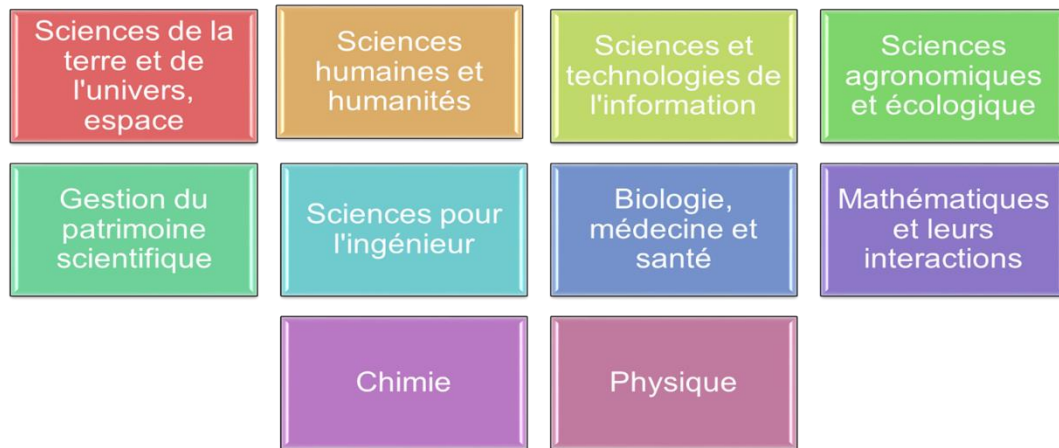


Fig2.01 : Les types des centres de recherche

Source : CNRS ,2021

2.3. Les centres de recherches en Algérie :

Selon les données du MESRS², en Algérie, on note la présence de 17 centres de recherche, divisés comme suit :

- Centre de Développement des énergies renouvelables (CDER)-Alger
- Centre de Recherche sur l'Information Scientifique et Technique (CERIST)-Alger
- Centre de Développement des Technologies Avancées (CDTA)- Alger
- Centre de Recherche en Technologie Industriel (CRTI) - Alger
- Centre de Recherche Scientifique et Technique sur le Développement de la Langue Arabe (CRSTDLA)-Alger
- Centre de Recherche en Economie Appliquée pour le développement (CREAD)-Alger
- Centre de Recherche en Technologie des Semi-conducteurs pour l'Energétique (CRTSE)-Alger
- Centre de Recherche en Anthropologie Sociale et Culturelle (CRASC) -Oran

- Centre de Recherche Scientifique et Technique sur les Régions Arides (CRSTRA) - Biskra
- Centre de Recherche en Biotechnologie (CRBt)-Constantine
- Centre de Recherche Scientifique et Technique en Analyses Physico – Chimiques (CRAPC) - Tipaza
- Centre National de Recherche dans les Sciences Islamiques et de Civilisation - Laghouat
- Centre de recherche en langue et culture Amazighes (CRLCA)
- Centre de recherche en technologies agroalimentaires
- Centre de recherche en agropastoralisme
- Centre de recherche en environnement
- Centre de la recherche en mécanique

2.4. Centre de recherche et du développment agricole :

Selon DJEBLI (2018), le centre de recherche et du développment agricole est un établissement de recherche scientifique en Agronomie qui produit et diffuse la connaissance scientifique et des innovations dans le domaine d'agriculture, de l'alimentation et de l'environnement et contribue à l'expertise scientifique et technique.

2.5. L'objectif de centre de recherche et du développment agricole :

Comme son nom l'indique, ce centre vise à développer la recherche dans le secteur agricole à travers :

- Ouvrir le champ de la recherche scientifique et des études aux nouvelles technologies pour une agriculture respectueuse de l'environnement.
- Encourager la diversification de l'agriculture.
- Contribuer au développement de l'économie.
- Renforcer la sécurité alimentaire.
- Offrir aux producteurs des possibilités d'exploiter des nouveaux types et technique.
- Renforcer le savoir de l'agriculture dans la région à travers l'exposition.
- Participer au rehaussement de l'agriculture en Algérie.
- Contribuer à l'amélioration de la qualité de l'agriculture algérienne.

(agriculture.gouv, 2021)

2.6. Les serres :

Une serre est une structure qui peut être parfaitement close destinée en général à la production agricole. Elle vise une meilleure gestion des besoins des plantes et pour en accélérer la croissance ou les produire indépendamment des saisons. (techno-science, 2021)

Selon Touati (2012) Une serre est destinée à protéger les plantes et à favoriser leur croissance en créant des conditions climatiques plus favorables que le climat local ou pour permettre les cultures dites.

Selon Nacmiac (2013) Initialement, la serre avait pour but de tempérer un volume par captation de rayons lumineux en vue d'y favoriser la vie. Il s'agit donc de maîtriser le climat au sein du volume. Malgré la simplicité du concept de serre, il semble que la maîtrise de l'ambiance exige certaines conditions.

2.6.1. Types des serres :

Dans ces recherche, Souahi (2021) a classé les différentes serres qu'on voit aujourd'hui en trois (03) types , dont :

- La serre froide : dont la température peut descendre jusqu'à 10°, à réserver aux plantes non gélives.
- La serre tempérée dont la température est modérée avec le climat local
- La serre chaude ou serre tropicale dont la température se situera entre 18 et 30° qui vous permettra de cultiver nombres d'espèces tropicales et autres plantes rarissimes.

2.6.2. Les tailles des serres :

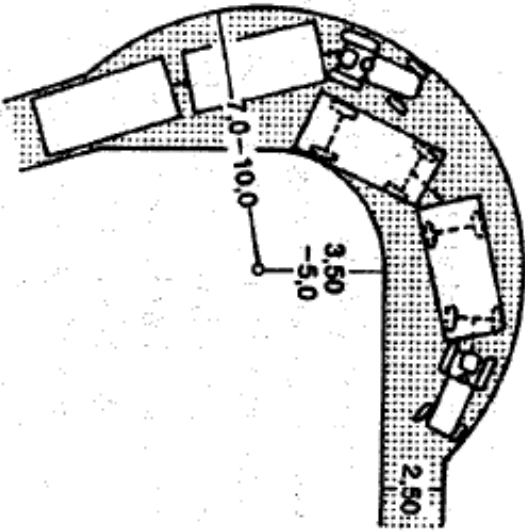
La taille des serres peut varier fortement et doit être adaptée à l'utilisation, on trouve :

- Mini serres : utilisation localisée, pour les semis ou pour des espèces végétales dont la taille reste faible
- Serres individuelles : serres de petite taille, dans lesquelles, néanmoins, on peut rentrer
- Serres collectives : serres de moyennes à grande tailles
- Serres commerciales : serres de très grande tailles

(guidebatimentdurable, 2021)

3. Les exigences techniques d'un centre de recherche et de développement agronomique :

L'espace	L'exigence
Les laboratoires de recherche	<p>Diagram illustrating the layout of research laboratories. It shows two laboratory units (Laboratoire) separated by a central corridor (Coulir). The layout includes functional and annex rooms (Pièces de fonction et annexes). Dimensions are indicated: a height of 6,00 and a width of 1,80 + 1,60 + 1,80.</p>
Les laboratoire des travaux pratique	<p>Diagram illustrating the layout of a practical work laboratory. It features a storage area (Rangement) and 24 laboratory seats (24 places assises de laboratoire). Dimensions include a height of 8,40 and a width of 3,60 + 1,80 + 1,60 + 1,80.</p>
Laboratoires avec locaux de mesurage et passage intercalés	<p>Diagram illustrating the layout of laboratories with measurement and passage rooms. It shows three measurement and weighing units (Mesur. et pesage) and laboratory units (Labo). Dimensions include a height of 3,75 and 6,25, and widths of 3,75 (4,00), 3,75 (4,00), 7,50 (3,00), and 7,50 (8,00).</p>

<p>Surface nécessaire pour circulation des engins agricoles</p>																																																																																																																																																																	
<p>Dimensionnement des machines agricoles</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Machine</th> <th>Caractérist.</th> <th>Longueur (m)</th> <th>Largeur (m)</th> <th>Hauteur (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="5">Tracteurs (avec arceau de sécurité)</td> </tr> <tr> <td>Tracteur standard</td> <td>jusqu'à 60 CV</td> <td>3,30-3,70</td> <td>1,50-2,00</td> <td>2,20-2,60</td> </tr> <tr> <td>Tracteur 4 x 4</td> <td>60-120 CV</td> <td>4,00-5,00</td> <td>1,80-2,40</td> <td>2,50-2,80</td> </tr> <tr> <td>Tracteur pour binage</td> <td>120-200 CV</td> <td>5,50-6,00</td> <td>2,40-2,50</td> <td>2,50-2,90</td> </tr> <tr> <td>Tracteur porteur avec plate-forme</td> <td>jusqu'à 45 CV</td> <td>4,50</td> <td>1,70</td> <td>2,50</td> </tr> <tr> <td colspan="5">Engins de transport avec remorque à deux essieux</td> </tr> <tr> <td>Chariot électrique</td> <td>jusqu'à 3 t</td> <td>env. 6,00</td> <td>1,80-1,90</td> <td>env. 1,50</td> </tr> <tr> <td>Chariot électrique et verseur</td> <td>3-5 t</td> <td>env. 6,50</td> <td>1,90-2,10</td> <td>env. 1,60</td> </tr> <tr> <td>Remorque à 1 essieu (plateau à racloirs)</td> <td>3-8 t</td> <td>env. 7,00</td> <td>2,10-2,20</td> <td>env. 1,80</td> </tr> <tr> <td>Remorque à 1 essieu (plateau à racloirs) ou verseur</td> <td>jusqu'à 3 t</td> <td>env. 5,00 ¹⁾</td> <td>1,90-2,10</td> <td>env. 1,60</td> </tr> <tr> <td>Transporteur à lisier</td> <td>3-5 t</td> <td>5,00-5,50 ¹⁾</td> <td>2,10</td> <td>env. 1,60</td> </tr> <tr> <td></td> <td>5-8 t</td> <td>5,50-6,00</td> <td>2,20-2,25</td> <td>env. 2,00</td> </tr> <tr> <td></td> <td>3-6 m³</td> <td>5,50-6,50</td> <td>1,80-2,00</td> <td>1,80- 2,20</td> </tr> <tr> <td colspan="5">Matériel aratoire (en position de transport)</td> </tr> <tr> <td>Charrue pour labour en planches (portée)</td> <td>à 2 socs</td> <td>env. 2,00</td> <td>env. 1,20</td> <td>env. 1,20</td> </tr> <tr> <td></td> <td>à 3 socs</td> <td>2,70-3,30</td> <td>1,30-1,50</td> <td>env. 1,20</td> </tr> <tr> <td></td> <td>à 5 socs</td> <td>4,50-5,50</td> <td>2,00-2,50</td> <td>env. 1,20</td> </tr> <tr> <td>Charrue réversible (portée)</td> <td>à 2 socs</td> <td>env. 2,30</td> <td>env. 1,10</td> <td>1,30-1,70</td> </tr> <tr> <td></td> <td>à 3 socs</td> <td>2,90-3,30</td> <td>1,40-1,60</td> <td>1,30-1,70</td> </tr> <tr> <td></td> <td>à 5 socs</td> <td>4,50-5,50</td> <td>2,00-2,50</td> <td>1,30-1,70</td> </tr> <tr> <td>Extirpateur</td> <td></td> <td>1,50-3,00</td> <td>2,30-3,00</td> <td>0,60-1,10</td> </tr> <tr> <td>Pulvérisateur à disques</td> <td></td> <td>3,20-3,50</td> <td>1,70-3,50</td> <td>0,70-1,10</td> </tr> <tr> <td>Outillage combiné</td> <td></td> <td>2,70-3,00</td> <td>1,10-1,30</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Fraiseuse de labour</td> <td></td> <td>1,10-1,40</td> <td>2,00-3,00</td> <td>1,10-1,20</td> </tr> <tr> <td>Herse vibrante</td> <td></td> <td>0,80</td> <td>jusqu'à 3 m</td> <td>1,00</td> </tr> <tr> <td>Herse à bèches rotatives</td> <td></td> <td>2,00-3,00</td> <td>jusqu'à 3 m</td> <td>1,00</td> </tr> <tr> <td>Rouleaux</td> <td>en 3 parties</td> <td>2,50</td> <td>jusqu'à 3 m</td> <td>0,80</td> </tr> <tr> <td colspan="5">Épandeur d'engrais minéral</td> </tr> <tr> <td>Épandeur à caisse</td> <td></td> <td>0,70-1,20</td> <td>2,70-3,00</td> <td>0,70-1,20</td> </tr> <tr> <td>Épandeur à projection</td> <td>porté</td> <td>1,00-1,50</td> <td>1,40-1,50</td> <td>0,90-1,40</td> </tr> <tr> <td>Épandeur à gde capacité</td> <td>attelé</td> <td>4,30-5,50</td> <td>1,80-2,80</td> <td>1,70-2,00</td> </tr> </tbody> </table>	Machine	Caractérist.	Longueur (m)	Largeur (m)	Hauteur (m)	Tracteurs (avec arceau de sécurité)					Tracteur standard	jusqu'à 60 CV	3,30-3,70	1,50-2,00	2,20-2,60	Tracteur 4 x 4	60-120 CV	4,00-5,00	1,80-2,40	2,50-2,80	Tracteur pour binage	120-200 CV	5,50-6,00	2,40-2,50	2,50-2,90	Tracteur porteur avec plate-forme	jusqu'à 45 CV	4,50	1,70	2,50	Engins de transport avec remorque à deux essieux					Chariot électrique	jusqu'à 3 t	env. 6,00	1,80-1,90	env. 1,50	Chariot électrique et verseur	3-5 t	env. 6,50	1,90-2,10	env. 1,60	Remorque à 1 essieu (plateau à racloirs)	3-8 t	env. 7,00	2,10-2,20	env. 1,80	Remorque à 1 essieu (plateau à racloirs) ou verseur	jusqu'à 3 t	env. 5,00 ¹⁾	1,90-2,10	env. 1,60	Transporteur à lisier	3-5 t	5,00-5,50 ¹⁾	2,10	env. 1,60		5-8 t	5,50-6,00	2,20-2,25	env. 2,00		3-6 m ³	5,50-6,50	1,80-2,00	1,80- 2,20	Matériel aratoire (en position de transport)					Charrue pour labour en planches (portée)	à 2 socs	env. 2,00	env. 1,20	env. 1,20		à 3 socs	2,70-3,30	1,30-1,50	env. 1,20		à 5 socs	4,50-5,50	2,00-2,50	env. 1,20	Charrue réversible (portée)	à 2 socs	env. 2,30	env. 1,10	1,30-1,70		à 3 socs	2,90-3,30	1,40-1,60	1,30-1,70		à 5 socs	4,50-5,50	2,00-2,50	1,30-1,70	Extirpateur		1,50-3,00	2,30-3,00	0,60-1,10	Pulvérisateur à disques		3,20-3,50	1,70-3,50	0,70-1,10	Outillage combiné		2,70-3,00	1,10-1,30		Fraiseuse de labour		1,10-1,40	2,00-3,00	1,10-1,20	Herse vibrante		0,80	jusqu'à 3 m	1,00	Herse à bèches rotatives		2,00-3,00	jusqu'à 3 m	1,00	Rouleaux	en 3 parties	2,50	jusqu'à 3 m	0,80	Épandeur d'engrais minéral					Épandeur à caisse		0,70-1,20	2,70-3,00	0,70-1,20	Épandeur à projection	porté	1,00-1,50	1,40-1,50	0,90-1,40	Épandeur à gde capacité	attelé	4,30-5,50	1,80-2,80	1,70-2,00
Machine	Caractérist.	Longueur (m)	Largeur (m)	Hauteur (m)																																																																																																																																																													
Tracteurs (avec arceau de sécurité)																																																																																																																																																																	
Tracteur standard	jusqu'à 60 CV	3,30-3,70	1,50-2,00	2,20-2,60																																																																																																																																																													
Tracteur 4 x 4	60-120 CV	4,00-5,00	1,80-2,40	2,50-2,80																																																																																																																																																													
Tracteur pour binage	120-200 CV	5,50-6,00	2,40-2,50	2,50-2,90																																																																																																																																																													
Tracteur porteur avec plate-forme	jusqu'à 45 CV	4,50	1,70	2,50																																																																																																																																																													
Engins de transport avec remorque à deux essieux																																																																																																																																																																	
Chariot électrique	jusqu'à 3 t	env. 6,00	1,80-1,90	env. 1,50																																																																																																																																																													
Chariot électrique et verseur	3-5 t	env. 6,50	1,90-2,10	env. 1,60																																																																																																																																																													
Remorque à 1 essieu (plateau à racloirs)	3-8 t	env. 7,00	2,10-2,20	env. 1,80																																																																																																																																																													
Remorque à 1 essieu (plateau à racloirs) ou verseur	jusqu'à 3 t	env. 5,00 ¹⁾	1,90-2,10	env. 1,60																																																																																																																																																													
Transporteur à lisier	3-5 t	5,00-5,50 ¹⁾	2,10	env. 1,60																																																																																																																																																													
	5-8 t	5,50-6,00	2,20-2,25	env. 2,00																																																																																																																																																													
	3-6 m ³	5,50-6,50	1,80-2,00	1,80- 2,20																																																																																																																																																													
Matériel aratoire (en position de transport)																																																																																																																																																																	
Charrue pour labour en planches (portée)	à 2 socs	env. 2,00	env. 1,20	env. 1,20																																																																																																																																																													
	à 3 socs	2,70-3,30	1,30-1,50	env. 1,20																																																																																																																																																													
	à 5 socs	4,50-5,50	2,00-2,50	env. 1,20																																																																																																																																																													
Charrue réversible (portée)	à 2 socs	env. 2,30	env. 1,10	1,30-1,70																																																																																																																																																													
	à 3 socs	2,90-3,30	1,40-1,60	1,30-1,70																																																																																																																																																													
	à 5 socs	4,50-5,50	2,00-2,50	1,30-1,70																																																																																																																																																													
Extirpateur		1,50-3,00	2,30-3,00	0,60-1,10																																																																																																																																																													
Pulvérisateur à disques		3,20-3,50	1,70-3,50	0,70-1,10																																																																																																																																																													
Outillage combiné		2,70-3,00	1,10-1,30																																																																																																																																																														
Fraiseuse de labour		1,10-1,40	2,00-3,00	1,10-1,20																																																																																																																																																													
Herse vibrante		0,80	jusqu'à 3 m	1,00																																																																																																																																																													
Herse à bèches rotatives		2,00-3,00	jusqu'à 3 m	1,00																																																																																																																																																													
Rouleaux	en 3 parties	2,50	jusqu'à 3 m	0,80																																																																																																																																																													
Épandeur d'engrais minéral																																																																																																																																																																	
Épandeur à caisse		0,70-1,20	2,70-3,00	0,70-1,20																																																																																																																																																													
Épandeur à projection	porté	1,00-1,50	1,40-1,50	0,90-1,40																																																																																																																																																													
Épandeur à gde capacité	attelé	4,30-5,50	1,80-2,80	1,70-2,00																																																																																																																																																													

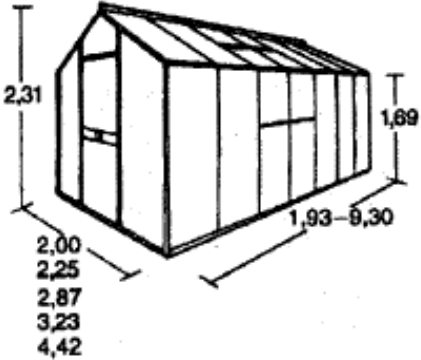
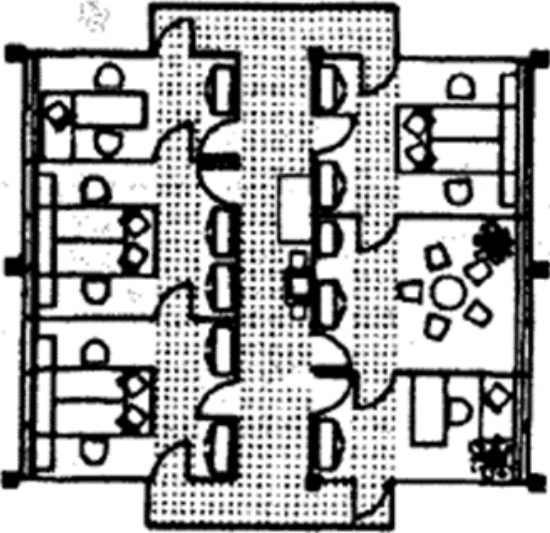
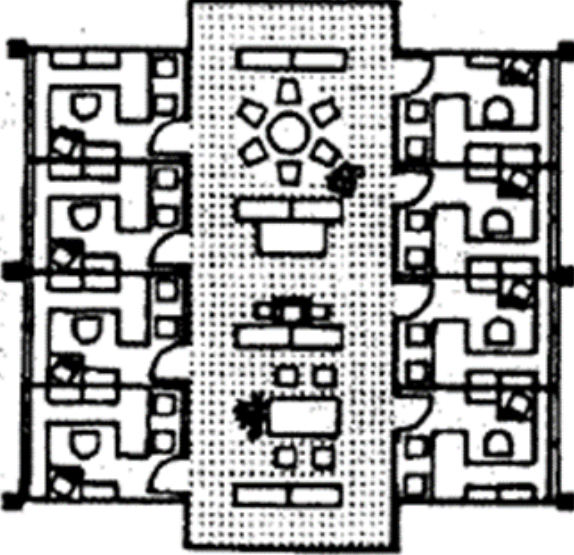
<p>serre</p>	
<p>Cellule des bureaux</p>	
<p>Cellule des bureaux mixte</p>	

Tableau2.01 : les exigences d'un centre de recherche agronomique

Source : NEUFERT 8eme édition

4. Analyse des exemples :

4.1. Institut de recherche en agronomie Wageningen Pays-Bas :

Critère de choix :

- Implantation
- Organisation spatiale
- solutions techniques et technologiques utilisées

Fiche technique :
Institut de recherche en
agronomie Wageningen
Pays-Bas
Architecte : Stefan
Behnisch
Réalisation : 1998.
Lieu : Pays-Bas
Surface : 11795 m



Fig2.02 : Institut de recherche en agronomie Wageningen
source :

➤ Description :

C'est un des projets majeurs de Stefan Behnisch, conçu en 1998, pour lequel il a gagné de nombreux prix.

Implanté sur un site constitué de champs, il applique le principe du "Kiss". Bureaux, jardins et plans d'eau cohabitent en parfaite harmonie, avec une toiture en serre traditionnelle hollandaise.

La nuit, les tissus métalliques placés dessus se ferment pour garder la chaleur. En été, ouverts, ils créent des courants d'air. Le puits canadien parfait l'ensemble.

(batiactu, 2021)

➤ **Situation :**

Le projet est situé dans la ville de Wageningen Pays-Bas sur une grande surface à côté des terrains agricoles, il est implanté au centre d'université des sciences de la vie Wageningen dans un site constitué de champs plein de verdure et des étangs



Fig2.03 : Institut de recherche en agronomie Wageningen
Source : Google earth 2021, Auteur

Remarques :

- Le projet est à proximité des établissements réservés aux études supérieures et à la recherche scientifique
- Le projet est implanté dans un terrain agricole.
- Le projet est situé dans un tissu périurbain.
- Le projet est riche en verdure et situé dans un endroit très calme.

● **L'orientation :**

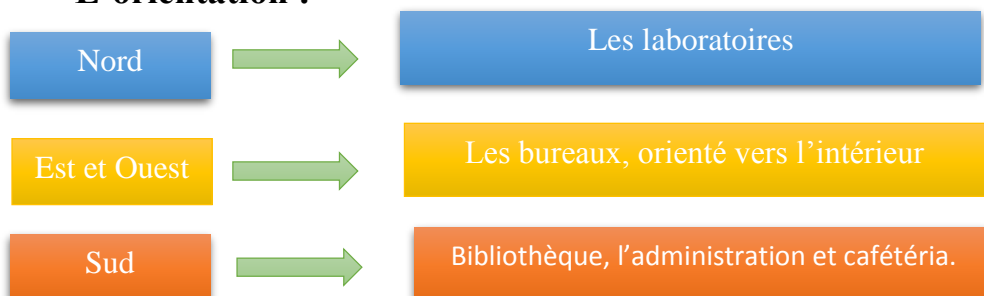


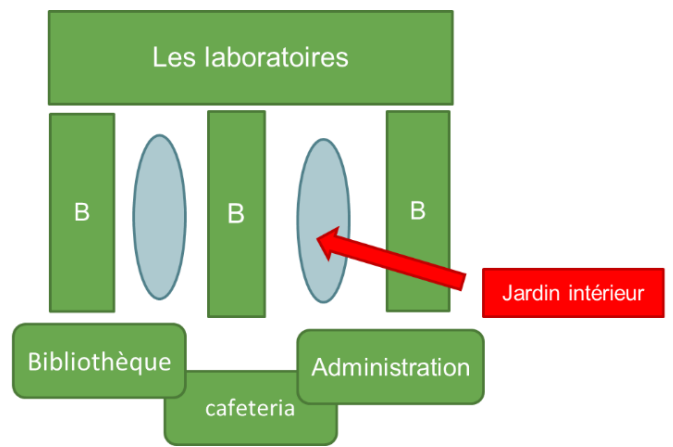
Fig2.04 : L'orientation des espaces de l'institut
Source : Auteur, 2021

Remarques :

- Les laboratoires sont orientés vers le nord pour bénéficier toute l'année d'une lumière égale et du rayonnement solaire diffus.
- Les bureaux orientés vers l'intérieur pour éviter le risque d'éblouissement dans la façade Ouest et éviter les rayons du l'Est parce qu'ils sont difficiles à maîtriser car les rayons sont bas sur l'horizon.
- La bibliothèque, l'administration et cafétéria sont orienté vers le sud pour bénéficier d'une lumière plus facile à contrôler.

➤ **La Composition spatiale :**

Le projet est composé des espaces suivants : des laboratoires, des bureaux situés dans les 3 parties parallèles et il y'a aussi une bibliothèque, atrium, cafétéria et l'administration.



Entre chaque deux partie, on trouve une cour (jardin intérieur) / patio.

Fig2.05 : composition spatiale de l'institut
Source : Auteur ,2021



Fig2.06 : l'intérieur de l'institut
Source : Auteur, 2021

Remarques :

- L'utilisation du vitrage pour assurer la continuité visuelle avec le site de recherche
- L'intégration du projet en intériorisant l'extérieur et extériorisant l'intérieur (jardin intérieur couvert)

Synthèses :

Ce qui concerne le terrain :

- Implanté dans un terrain agricole.
- Proximité des établissements universitaires.
- Implantation dans un tissu périurbain.
- Site riche en verdure et dans un endroit très calme.

Ce qui concerne l'organisation spatiale :

- Les laboratoires orientés vers le nord.
- L'utilisation de la transparence en assurant la continuité visuelle avec le site de recherche.

4.2. Centre de recherche et développement agricole à ribah akkar, LIBAN :

Critère de choix :
-Organisation spatiale
-Implantation
-innovation technologiques utilisées

Fiche technique :
Centre de recherche et développement agricole à ribah akkar, LIBAN
Architecte : Johnny Koussa
Lieu : rahbe liban
Date de réalisation : 2016
Surface : 13000 m²
Capacité d'accueil : 600 Étudiant



Fig2.07: Centre de recherche et développement agricole à ribah akkar, LIBAN

Source : linkedin ,2021

➤ **Situation :**

Le projet est situé à Rahbe (arabe : رحبة) est une ville du Akkar, Nord du Liban, c'est une région agricole

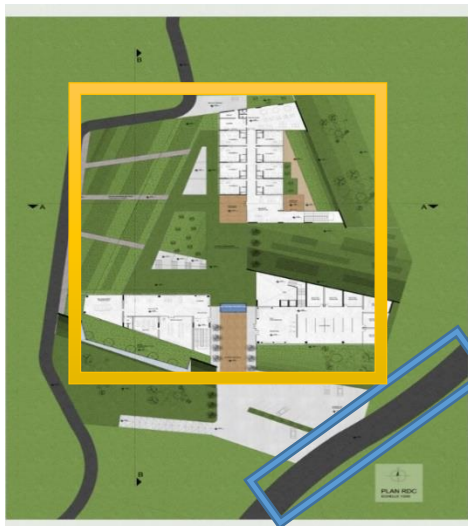


Figure2.08 : la carte de Liban, la ville Akkar

Source : Wikipédia, 2021

➤ **Implantation :**

Le terrain du projet a une superficie de 14000 m², il est en contact direct avec la route primaire qui relie toute la région. (linkedin, 2021)





-  Route primaire
-  Centre de recherche

Fig2.09 : Centre de recherche et développement agronomique à ribah akkar, LIBAN , Plan RDC

Source : .linkedin ,2021

➤ **Concepts :**

L'approche suit la logique du lotissement de l'entourage, en habitant tous les dalles suivant deux matrices, minérale (dalles habitables) et végétale (toit et aménagements agricoles). (linkedin, 2021)




-  Toiture jardin
-  Accès principale
-  Voix mécanique

Fig2.10 : plan de toiture

Source : linkedin,2021



➤ **Composition spatiale :**

Les parties principales de la composition spatiale de ce projet sont :

- Information - orientation
- Recherche
- Formation

a. Analyse des plans :

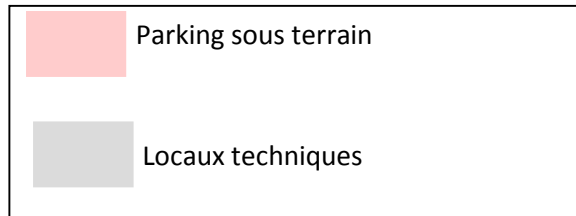
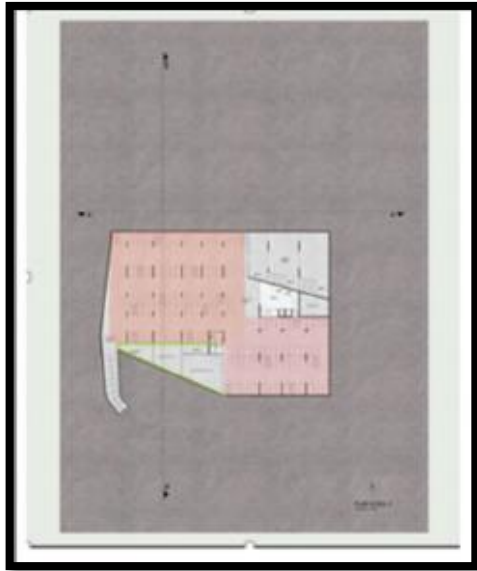


Fig2.11 : plan sous-sol -2

Source : Djebli (2018)



Figure2.12: plan sous-sol -1 /Source : Djebli (2018)








	Un hall d'entrée une réception et un lieu pour les expositions
	Salles de séminaires, une salle de projection et deux salles pour les nouvelles techniques et outils agricoles
	Une réception, une salle d'attente et un espace de rencontre des chercheurs
	Les laboratoires
	Zone logement

Figure2.13 : plan RDC /Source : Djebli (2018)

➤ **Le programme :**

Tableau2. 02 : programme de centre ribah akkar, LIBAN / source : linkedin ,2021

Information - orientation	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Un hall d'entrée, ➤ Une réception, ➤ Un lieu pour les expositions, ➤ Plusieurs salles de séminaires, ➤ Une salle de projection, ➤ Deux salles pour les nouvelles techniques et outils agricoles, ➤ Une salle de conférence, ➤ Un petit snack-bar, ➤ Une zone de service et l'administration.
Recherche	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Une réception, ➤ Une salle d'attente, ➤ Un espace de rencontre des chercheurs, ➤ Une bibliothèque, ➤ Des archives, ➤ Une salle de débat scientifique, ➤ Un laboratoire d'engrais organiques, ➤ Un laboratoire de composition, un laboratoire d'analyse génétique, ➤ Une serre d'expérimentation agricoles ➤ un espace d'expérimentation agricole extérieur

Formation	<ul style="list-style-type: none">➤ Deux salles de séminaires,➤ Une classe de greffage,➤ Une classe d'irrigation,➤ Une classe de la récolte,➤ Une salle de pratique agricole intérieure,➤ Un laboratoire d'expérimentation,➤ Une salle des profs,➤ Un espace d'expérimentation agricole extérieure,➤ zone de logements
-----------	--

⊙ **Synthèse :**

Ce qui concerne le terrain, on note que :

- Site agricole
- Site calme
- Bien accessible par une voie primaire qui relie tout la région

Ce qui concerne le projet, on note que :

- L'utilisation des toiture jardin.
- Hiérarchisation et organisation spatiale claire.
- Un seul accès.

4.3. Institut national d'agriculture biologique (INAB) Québec Canada :

Critère de choix :
-Implantation
-Organisation spatiale

Fiche technique : Institut national d'agriculture biologique
Projet mené par : Cégep de Victoriaville
Lieu : Québec Canada
Surface : 5508 m²



Fig2.14: Institut national d'agriculture biologique (INAB) Québec Canada
Source : cegepvicto,2021

◉ **Description :**

L'Institut national d'agriculture biologique (INAB) du Cégep de Victoriaville regroupe les activités d'enseignement, de recherche, de transfert technologique et d'incubation en agriculture. Il constitue le plus grand centre de formation et de recherche en agriculture biologique au Canada

◉ **Situation :**

Le projet est situé au Canada Québec, il est implanté sur un terrain agricole de 9 ha.

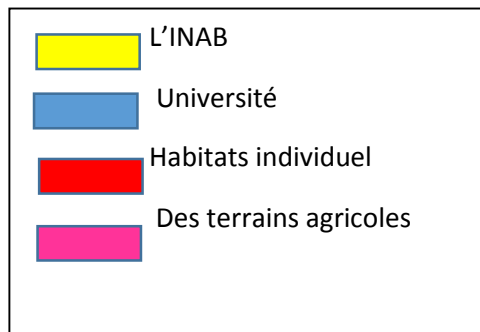
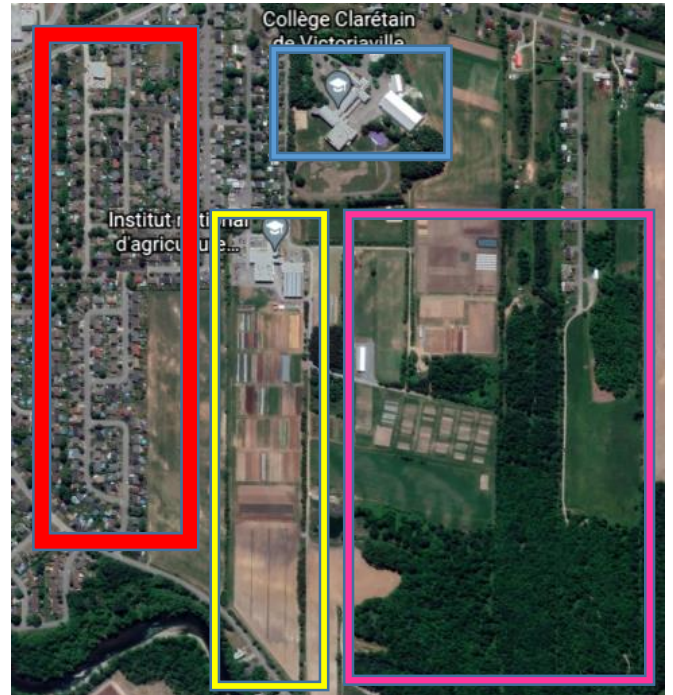


Fig2.15 : situation de l'institut
Source : Google earth / Auteur



Remarques :

- Le projet est situé dans un terrain agricole
- L'institut représente 5.5% de la surface totale du terrain.
- Site riche en verdure, situé dans un endroit très calme.
- Proximité des établissements universitaires.

• **Analyse des plans :**



Fig2. 16 : PLAN de masse de INAB /Source : Google earth / Auteur,2021

Remarque :

L'INAB se compose en trois (03) parties qui sont :

- L'institut.
- Les serres.
- Espace d'expérimentation extérieur.

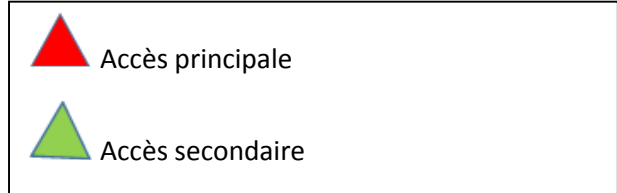


Fig2.17 : PLAN de masse de INAB
Source : Google earth / Auteur

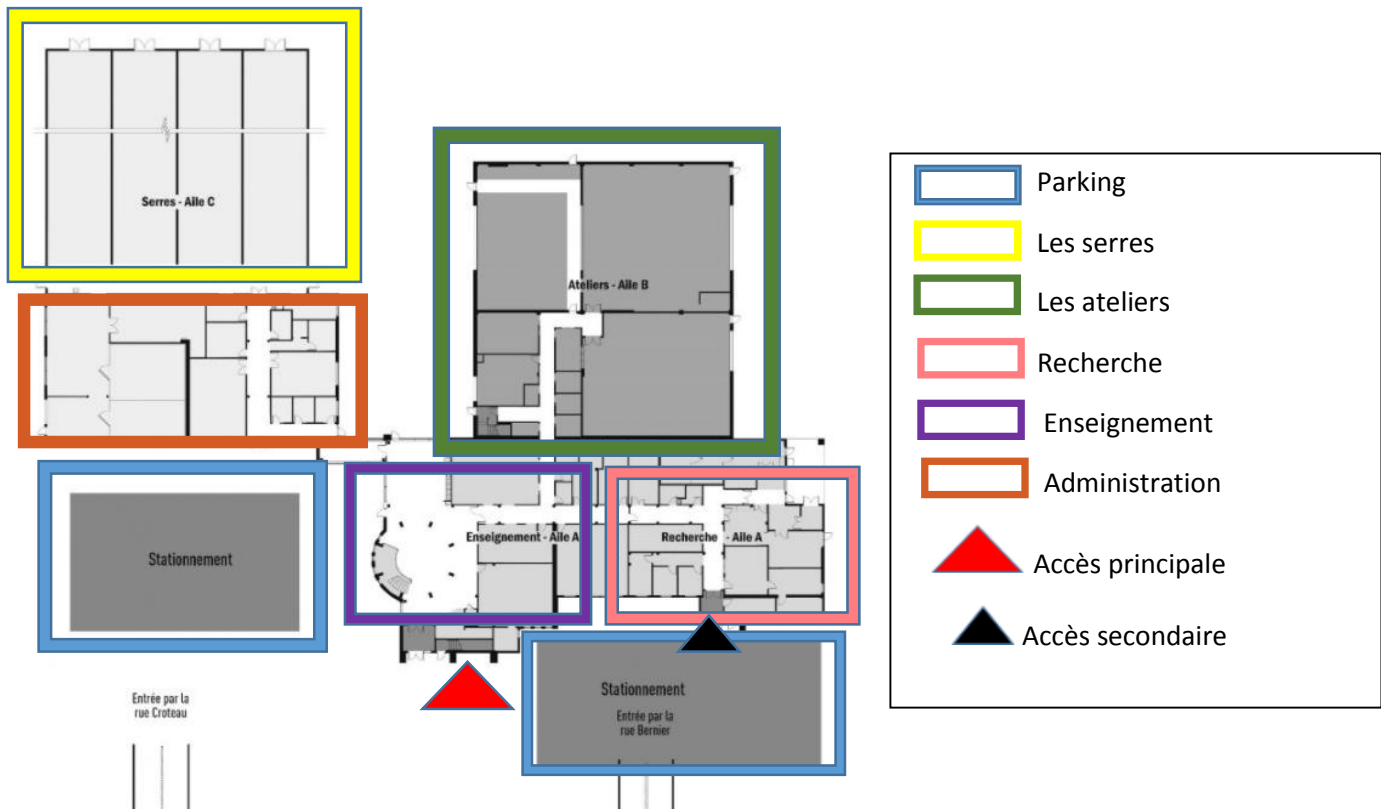


Fig2. 18 : PLAN RDC de INAB
Source : cegepvicto , 2021 / Auteur

Synthèse :

Ce qui concerne le terrain, on constate que :

- Une grande superficie réservée pour l'expérimentation extérieure.
- Site riche en verdure, situé dans un endroit très calme.
- Proximité des établissements universitaires.
- Terrain agricole.
- Plusieurs accès mécaniques.

Ce qui concerne le projet :

- Il y a deux accès.
- Les ateliers ont une relation directe avec l'expérimentation extérieur.

4.4. Centre de recherche agronomique El-Warraq island | Gizza :

Fiche technique : Centre de
recherche agronomique
Architect: Hassan Zain
Lieu: El-Warraq island | Gizza
Surface : 5690 m²

Critère de choix :
-Organisation spatiale
-Implantation



Fig2.19 : Centre de recherche agronomique

Source : behance, 2021

◉ **Situation et implantation :**

Le projet est situé à El-Warraq island | Gizza dans un terrain agricole plein de verdure.

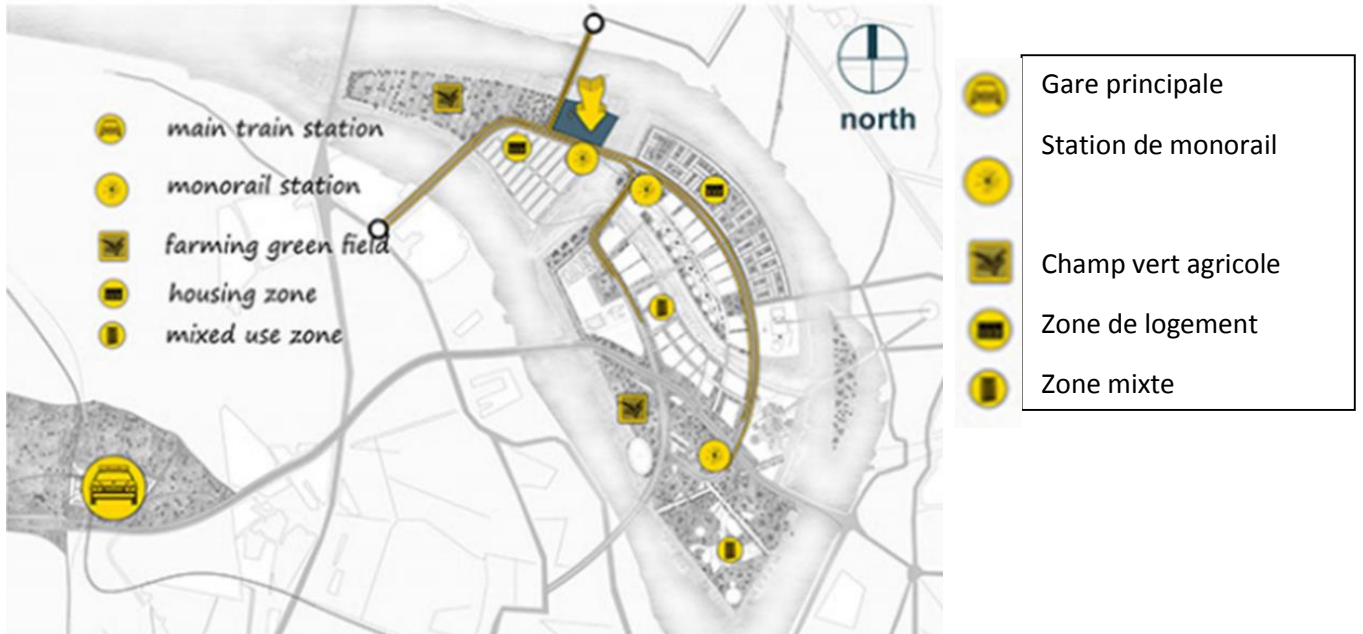


Fig2. 20 : plan de situation du centre de recherche agricole

Source : behance.net 2021

Remarque :

Le projet couvre une surface du 20 % du terrain, le reste est réservé à l'expérimentation extérieure.



Fig2.21: l'occupation du projet /Source : behance 2021

● **La composition spatiale du projet :**

Les composantes principales de la composition spatiale de ce projet sont :

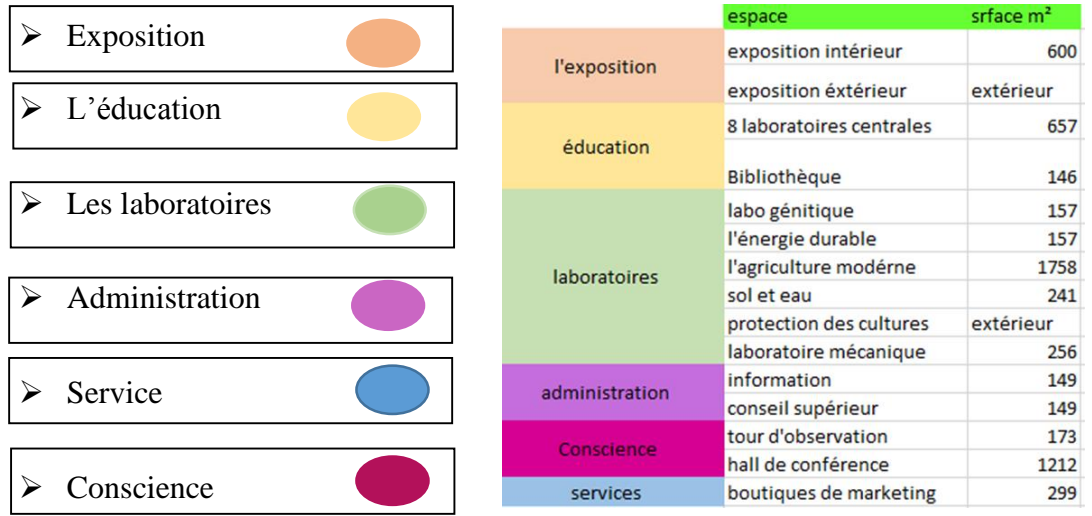


Tableau2.03 : le programme du centre de recherche El-Warraq island | Gizza /Source : Auteur

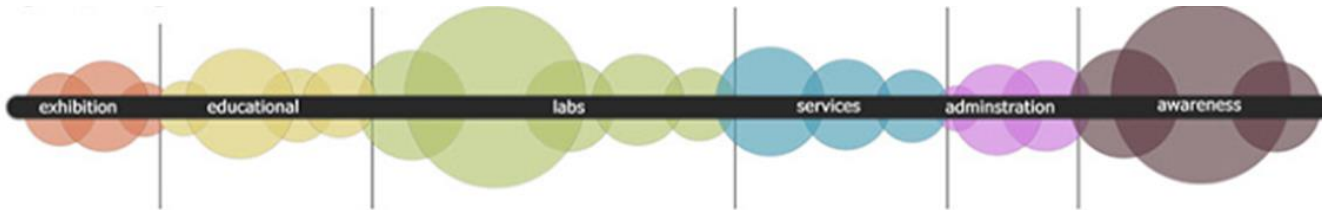


Fig2.22: la division du programme par rapport aux surfaces.
Source : behance, 2021

➤ **Les usagers :**

Les usagers de ce centre sont : les chercheurs, les administrateurs, les agriculteurs et les visiteurs.

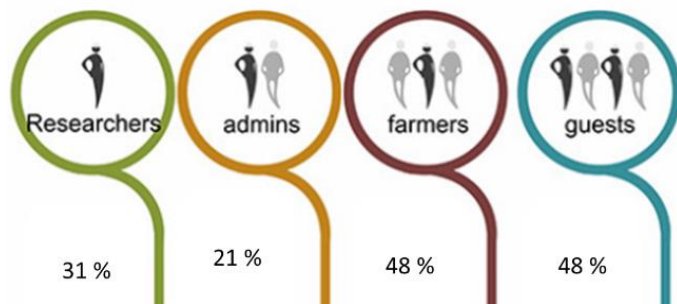


Fig2.23: les usagers du centre /Source : behance 2021

➤ Analyse des plans :



- theatre zone**
- 1 theatre hall
- 2 theatre foyer
- 3 backstage spaces
- exhibition zone**
- 4 indoor exhibition
- 5 outdoor exhibition
- marketing zone**
- 6 crop markets
- site services**
- 7 green field
- 8 lab fire exits
- 9 parking plots

Fig2.24: plan RDC /Source : behance, 2021



- 1 library
- 2 central labs
- departments**
- 3 water & soil depart
- 4 genetic depart
- 5 mechanical department
- 6 administration
- 7 vertical farming central labs

Fig2.25: plan R+1 /Source : behance, 2021



- 1 central labs
- 2 water & soil department
- 3 sustainable energy product
- 4 mechanical department
- 5 administration
- 6 modern agriculture

Fig2.26 : plan R+1 /Source : Behance, 2021

➤ **Synthèses :**

Ce qui concerne le terrain, on constate que :

- Une grande superficie réservée pour l'expérimentation extérieure.
- Site riche en verdure, situé dans un endroit très calme.
- Terrain agricole.

Ce qui concerne le projet, on constate que :

- L'éducation et les laboratoires de chercheur sont situées dans des blocs séparés.
- La présence de la séparation verticale.
- L'exposition intérieur se localise au Rez-de-chaussée.

4.5. INSTITUT AGRICOLE DE GRANGENEUVE, CANTON DE FRIBOURG, SUISSE :

Fiche technique :
INSTITUT AGRICOLE
DE GRANGENEUVE

Lieu : CANTON DE
FRIBOURG, SUISSE

Surface : 23000 m²

Critère de choix :

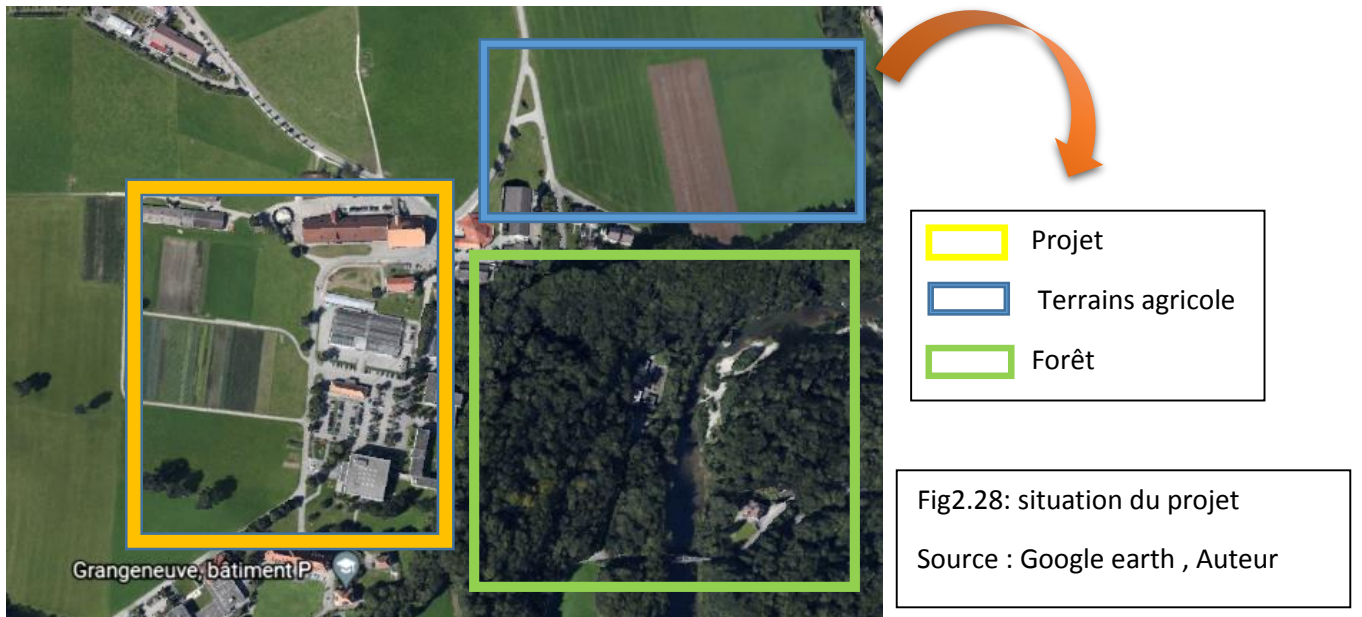
- Organisation spatial
- Implantation



Fig2.27: INSTITUT AGRICOLE DE GRANGENEUVE
/Source : Google earth 2021

➤ **Situation :**

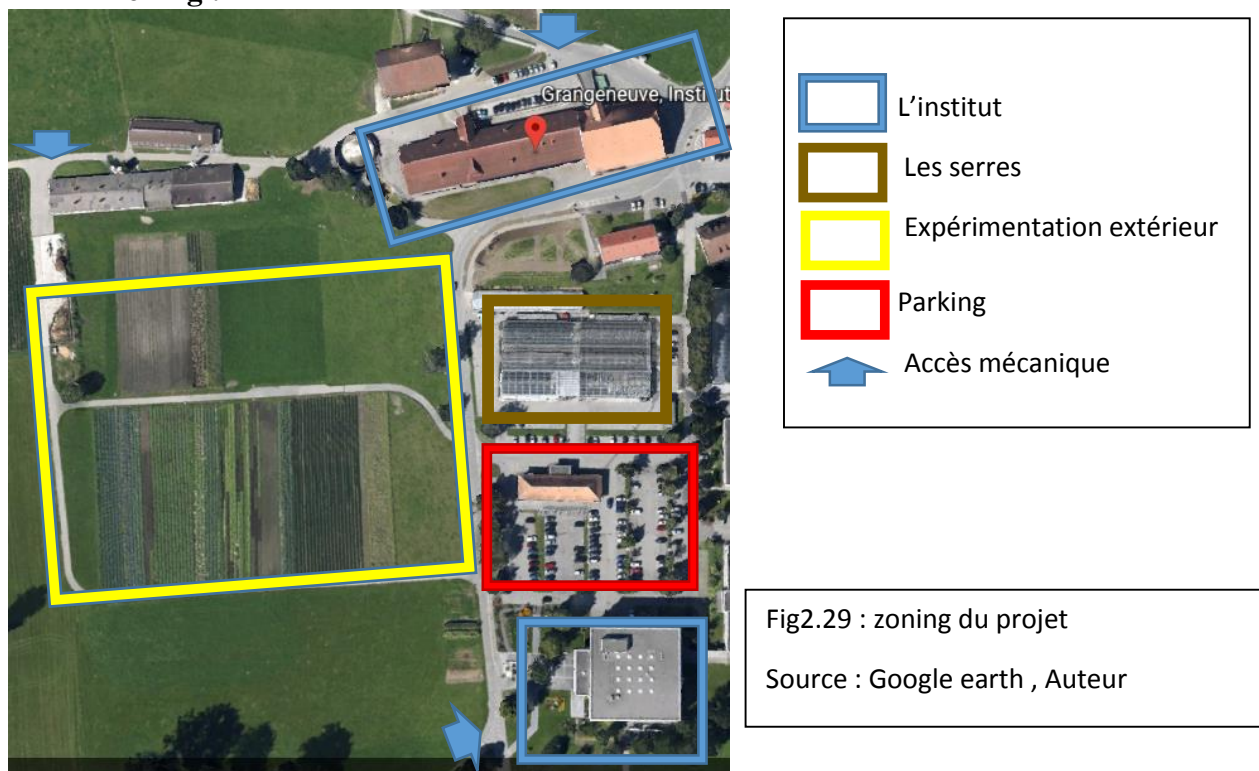
Ce site se trouve entre deux entités paysagères remarquables du canton de Fribourg : l'agriculture et la forêt. Le parti pris dans ce projet est de créer une interaction entre ces deux éléments remarquables en leur donnant un attrait pédagogique.(Fig 29) (benjamindurandap.overblog,2021)



Remarques :

Les remarques constatées lors de l'analyse de cet exemple sont :

- Terrain agricole.
- Plein de verdure.
- Absence des nuisances sonores dans le site.
- Grande surface pour l'expérimentation extérieurs.
- **Zoning :**



➤ **Analyse des plans :**

Le projet analysé se constitue des espaces présentés dans les figures ci-dessous : (Fig30,31)



- A : Hall d'exposition
- B : Magasin
- C : restaurant
- D : salle de conférence
- E : ateliers
- F : salle de classe
- G : service de la foresterie
- H : parking
- I : serres
- J : station agricole
- K : La foresterie
- L : foyer

Fig2. 30 : plan de masse

Source : benjamindurandap.overblog ,2021



- La foresterie
- Salle de classes
- Salle de conférence
- Ateliers
- Magasin
- Hall d'exposition
- Restaurant
- Ateliers

Fig2. 31: plan RDC /Source : benjamindurandap.overblog 2021



Fig2.32: 3D de l'institut /Source : benjamindurandap.overblog , 2021

➤ **Programme :**

espace	surface
Salle de conférence	380 m ²
Magasin	700 m ²
Restaurant	400 m ²
Hall d'exposition	640 m ²
Serres d'expérimentation	1500 m ²
Station agricole	680 m ²
foyer	185 m ²
Salle de classes	390 m ²
ateliers	680 m ²
Service de foresterie	220 m ²
Bâtiment technique	280 m ²

Tableau2.04: programme de l'institut AGRICOLE DE GRANGENEUVE

Source : Auteur,2021

➤ **Synthèses :**

On peut résumer les différents points qui caractérisent le terrain dans :

- Une grande superficie réservée pour l'expérimentation extérieure.
- Site riche des verdure et dans un endroit très calme.
- Terrain agricole.
- Forme écarté.

Ce qui concerne le projet, on constate que :

- Les ateliers et les salles de classe sont séparés .
- Le projet a plusieurs accès mécaniques.

4.6. Centre de recherche d'agriculture et de climat (Dornbirn, Vorarlberg, Autriche) :

Critère de choix :

- Organisation spatiale
- Implantation

Fiche technique : Centre de recherche d'agriculture et de climat

Maîtrise d'ouvrage : Union Européenne, Etat Autrichien, Coopératives agricoles et Laboratoires agronomiques type INRA/CNRS en France

Lieu : Dornbirn, Vorarlberg, Autriche

Surface : 15 000 m²



Fig2.33 : Centre de recherche d'agriculture et de climat /Source : www.asa-lyon.fr 2021

● **Situation et implantation :**

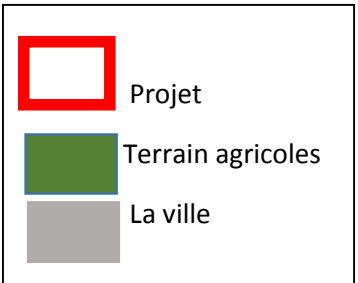
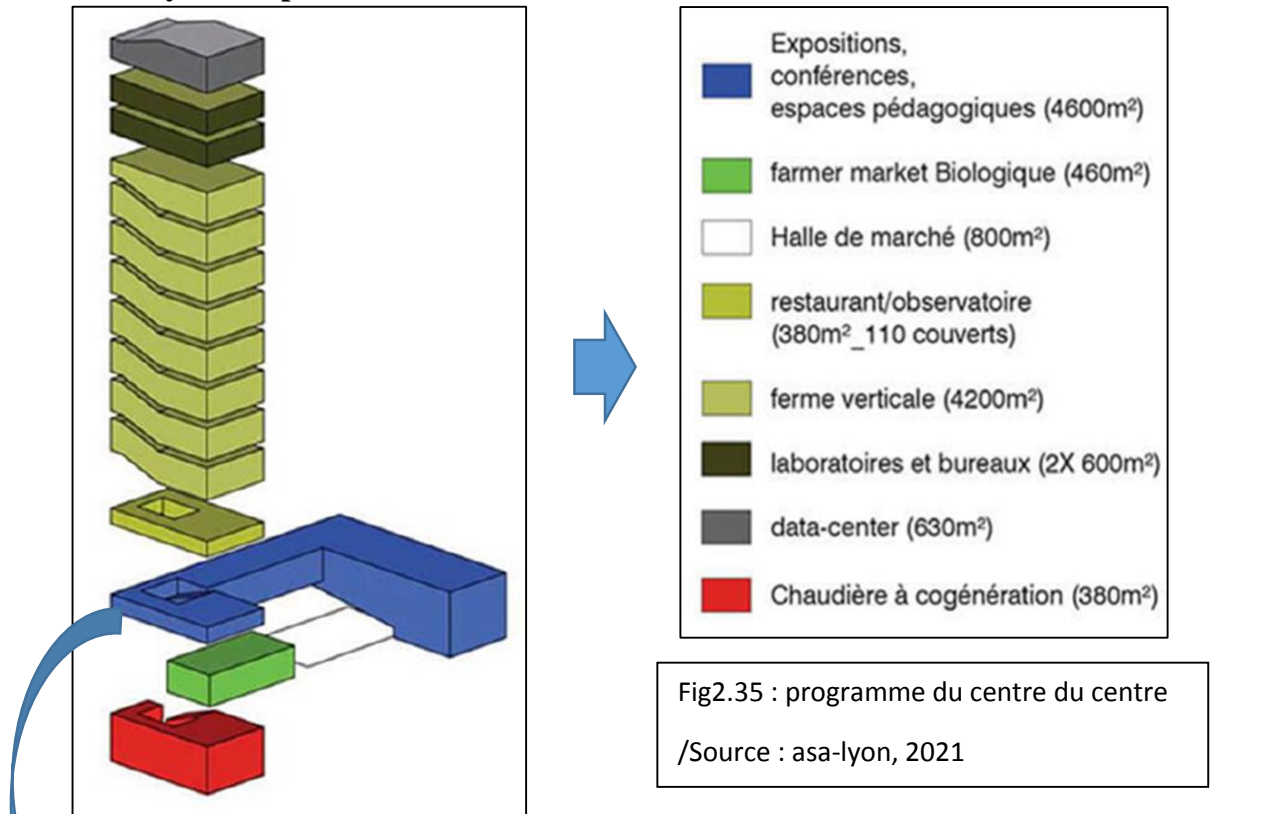
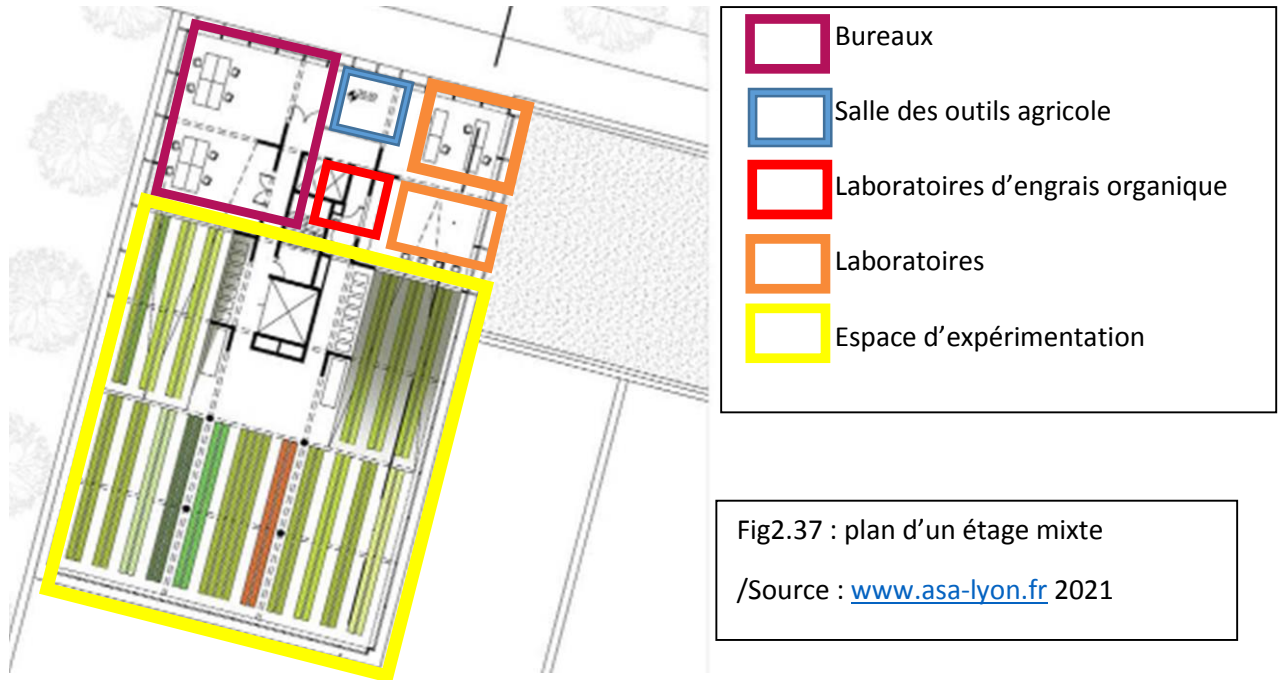


Fig2.34: plan de situation du centre /Source : asa-lyon, 2021

● **Analyses des plans :**





● **Synthèse :**

Ce qui concerne le terrain de cette analyse, on constate que :

- Le projet est à proximité des terrains agricole

Ce qui concerne le projet analysé, on peut dire que :

- Projet en verticalité.
- Les serres sont intégrées dans le bâtiment et non pas à l'extérieur.
- Les étages sont mixtes conçus de plusieurs fonctions à la fois.

4.7. Synthèse générale :

4.7.1. Organigramme spatial :

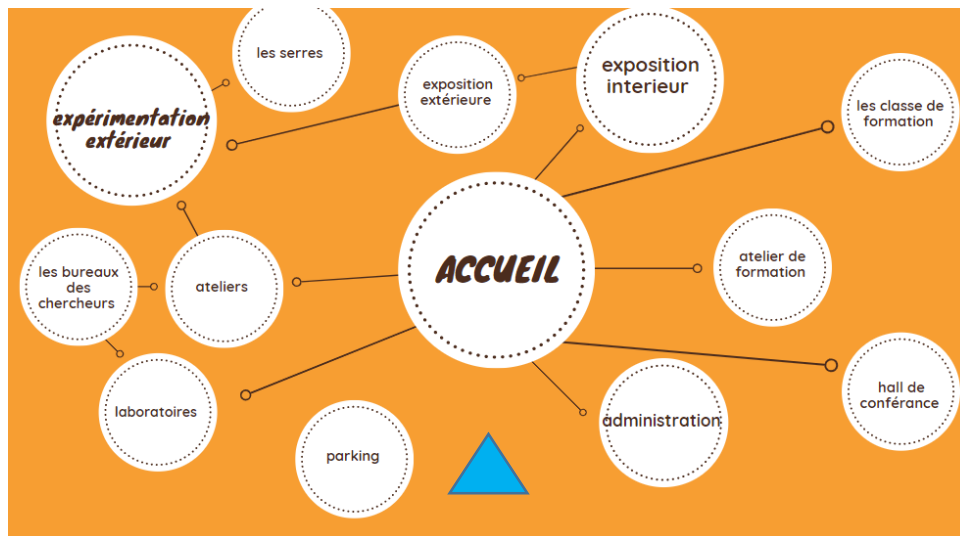


Fig2.38 : organigramme spatial / Source : Auteur

4.7.2. Organigramme spatiaux fonctionnelle :

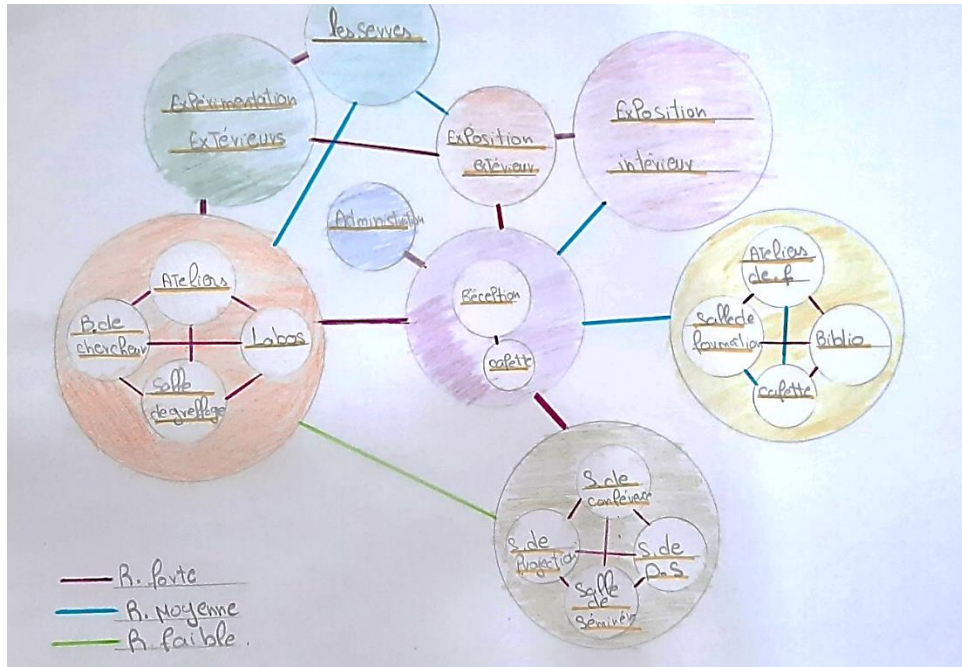


Fig2. 39 : organigramme spatiaux fonctionnelle /Source : Auteur

4.7.3. programme de base :

On se basant sur les différents éléments étudiés au paravent (étude sur l'équipement, exigences techniques et l'analyse des exemples), on a pu élaborer un programme de base pour notre futur projet. (Voir le tableau ci-dessous).

Tableau2.05 : programme de base /Source : Auteur

espace	exemple 01	exemple 02	exemple 03	exemple 04	exemple 05	exemple 06
reception	x	x	x	x	x	x
café	x	x	x	x	x	x
dépôt	x	x	x	x	x	x
zone de service			x			x
laboratoire génétique		x	x			
laboratoire mécanique			x			
laboratoire	x	x	x	x	x	x
laboratoire d'engrais organiques		x				x
un laboratoire de composition		x				
laboratoire d'analyse génétique		x	x			x
laboratoire d'expérimentation		x				x
ateliers	x	x	x	x	x	x
Salles de conférence	x	x	x	x	x	x
salles de séminaires	x	x	x	x	x	x
salles d'informatique		x				

salle de greffage		x				
les serres d'expérimentation agricoles	x	x	x		x	x
espace d'expérimentation agricole extérieur	x	x	x	x	x	
un espace de rencontre des chercheurs	x	x	x	x	x	x
les bureaux des chercheurs	x	x	x	x	x	x
Salle d'exposition temporaire		x	x	x		x
Salle d'exposition permanente		x	x	x		x
salles pour les nouvelles techniques et outils agricoles		x		x		x
salles pour les nouvelles techniques et outils d'irrigation		x				
Salles de conférence	x	x	x	x	x	x
salles de séminaires	x	x	x	x	x	x
salles de débat scientifique		x				
salle de projection		x				
espace de pratique agricole intérieure		x	x			x
bureau de directeur	x	x	x	x	x	x
Secrétariat	x	x	x	x	x	x
Bureau de comptable	x	x	x	x	x	x
bureau de gestionnaire	x	x	x	x	x	x
Salle de réunion	x	x	x	x	x	x
amphi de formation	x	x	x	x	x	
salle de greffage		x				
salle d'irrigation		x				
salle de la récolte		x				
atelier de formation	x	x	x	x	x	
bibliothèque	x	x	x			
salle d'informatique		x				
espace de rencontre	x	x				

Conclusion :

La recherche scientifique a joué et joue encore un rôle très important dans le développement des pays, à travers plusieurs moyens, dont le centre de recherche scientifique ; dans ce chapitre on a fait connaître ce dernier (définition du centre de recherche et de développement agronomique, rôle, types, ...etc)

Pour combler le manque d'informations et de documentations sur notre sujet de recherche, on a opté pour l'analyse détaillée de plusieurs exemples, cette action nous a permis de créer un organigramme spatial et fonctionnel, ainsi d'élaborer le programme de base de notre futur projet.

Chapitre 03 :

Analyse de terrain

Introduction :

La wilaya de Tébessa, située au Sud-Est de l'Algérie à 700 Km de la capitale, c'est une région à vocation agricole, elle présente un potentiel très important dans l'agriculture de la pomme de terre, des olives et du blé en générale. La direction des services agricoles de la wilaya estime que la wilaya connaîtra dans un prochain avenir une production très élevée dans ce domaine, notamment grâce à l'extension des terres cultivables et à la disponibilité de l'eau pour l'irrigation.

La mise en place d'un centre de recherche et de développement agricole dans cette région va contribuer sans doute au développement du domaine agricole.

Dans ce chapitre, on va présenter la wilaya de Tébessa à travers une étude géographique et climatique, suivi par une étude détaillée du terrain choisi pour l'implantation de notre projet et on va finir ce chapitre par une analyse du programme et élaboration de l'idée conceptuel.

1. Situation et caractéristiques de la Commune de Tébessa :

1.1. La situation géographique :

La ville de Tébessa située au cœur de la wilaya de Tébessa délimitée à l'Ouest par la commune de l'Hammamet (Daira de Bir Mokadam) au Nord par la commune de Boulhaf Dir (Daira d'El Kouif), au Sud par la commune d'El Ma Labiodh (Daira d'El Ma Labiodh) et à l'Est par la commune de Bekkaria (Daira d'El Kouif).

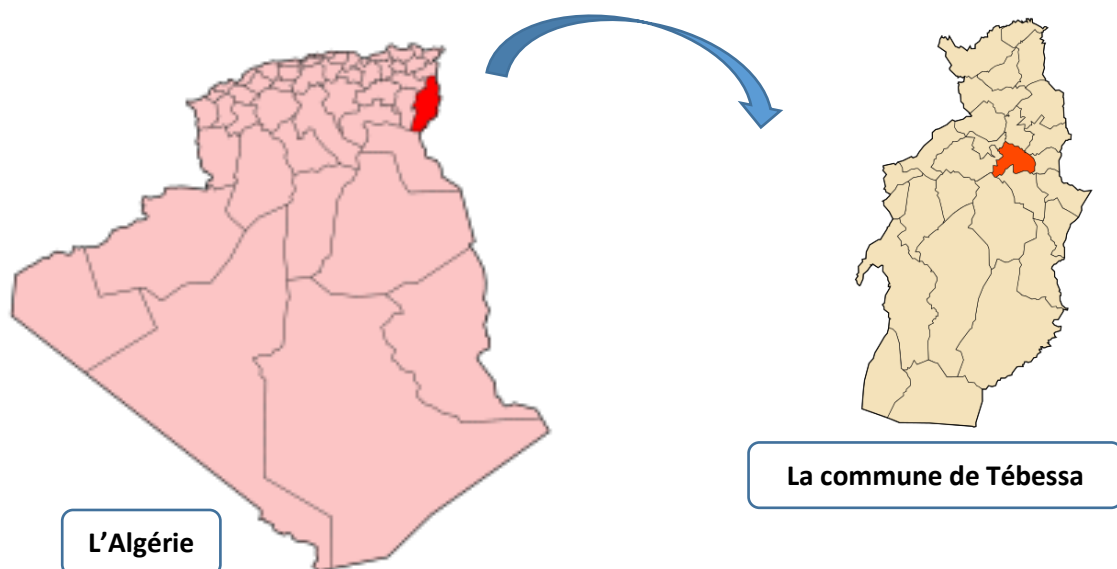


Fig3.01 : situation de la ville de Tébessa en Algérie

Source : Wikipédia 2021

1.2. Etude générale du climat :

1.2.1. Le climat :

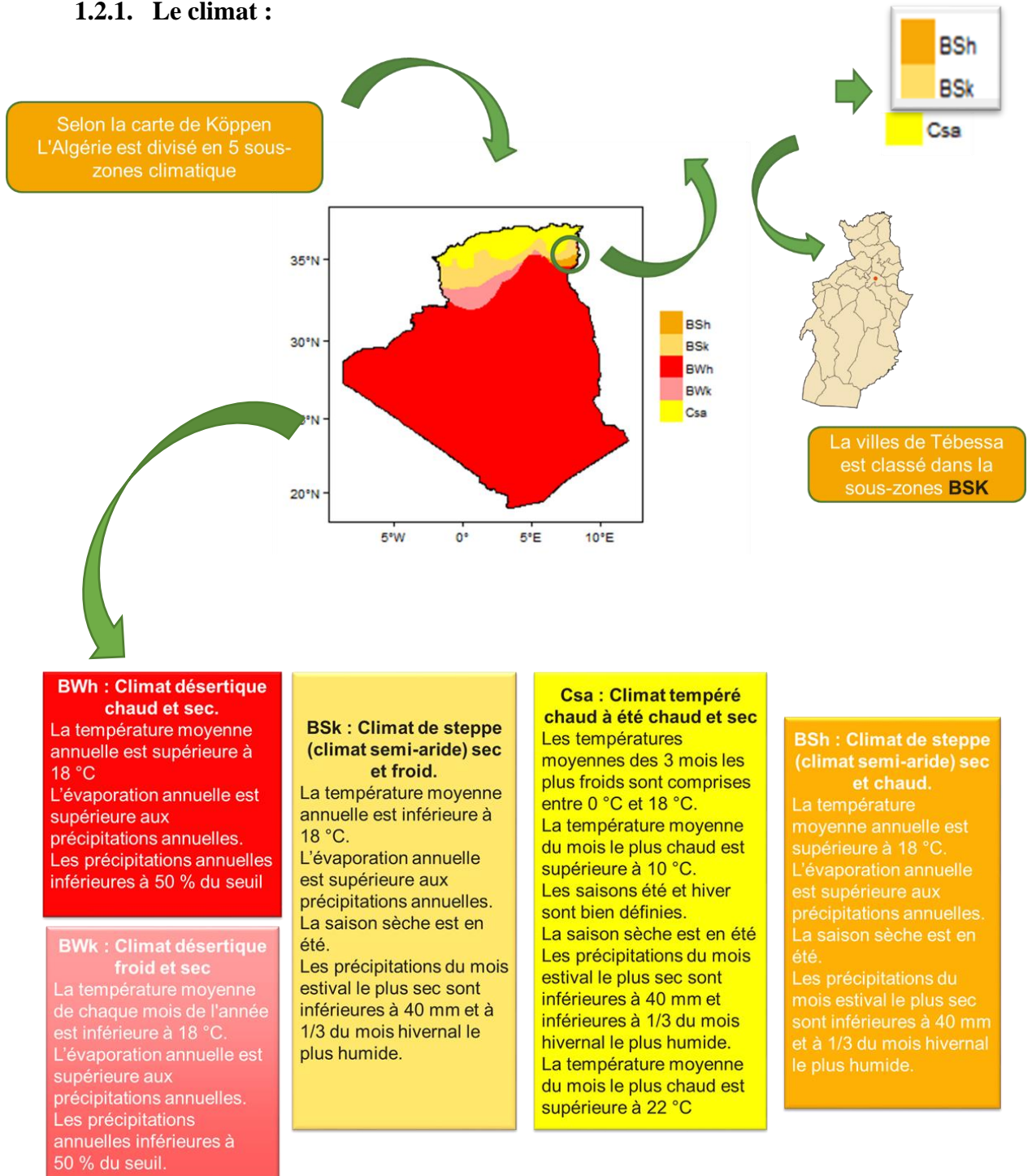
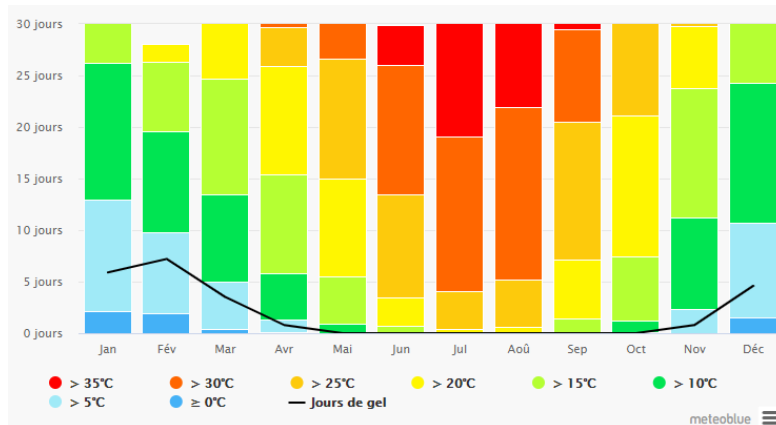


Fig3.02 : classification du climat de l'Algérie et Tébessa selon Köppen

Source : carte climatique de Köppen, selon l'Auteur

1.2.2. Les données climatiques :

1.2.2.1. La température :



Ce diagramme est basé sur 30 ans de simulations de chaque heure des modèles météorologiques.

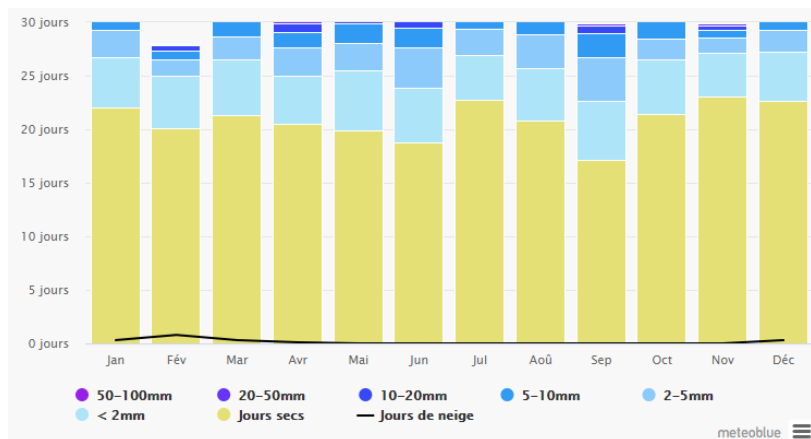
Il représente les températures de Tébessa en fonction des mois et des jours.

T.max : 43 C°

T.min : -2 C°

Fig3.03 : diagramme de la température de Tébessa /Source : meteoblue,2021

1.2.2.2. Quantité de précipitations :

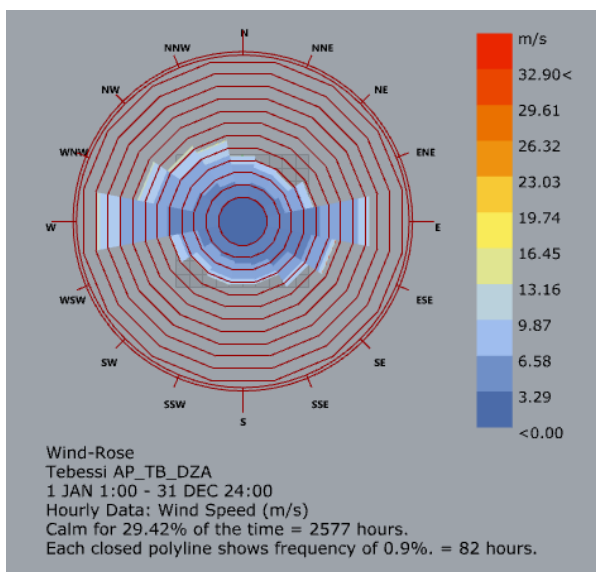


Ce diagramme est basé sur 30 ans de simulations de chaque heure des modèles météorologiques.

Il représente les quantités de précipitations de Tébessa en fonction des mois et des jours.

Fig3.04 : diagramme de la quantité de précipitations de Tébessa /Source : meteoblue,2021

1.2.2.3. La rose du vent :



Cette rose est basée sur les données climatiques de Tébessa.

Il représente l'orientation et la vitesse du vent.

On observe que les vents dominants viennent de l'Est, l'Ouest et le Nord-ouest

Fig3.05 : la rose de vent du Tébessa

Source : Rhinocéros, Auteur,2021

2. Analyse de terrain :

2.1. Critère de choix :

Selon l'analyse des exemples et la recherche sur le projet le terrain devrait être :

- ◉ Dans un tissu périurbain et entouré par des terrains agricoles.
- ◉ Situé dans un endroit stratégique en raison de son importance.
- ◉ À proximité des établissements réservés aux études supérieures et à la recherche scientifique
- ◉ D'une grande superficie pour profiter de la surface d'expérimentation extérieure et avoir la possibilité de l'extension future.

2.2. Situation :

Le terrain est situé en Algérie, à la willaya de Tébessa, commune de Tébessa plus exactement à la périphérie de la ville au pos36, c'est un terrain agricole en face de la SNTV Hocine Ait Ahmed Tébessa et la route nationale N10.

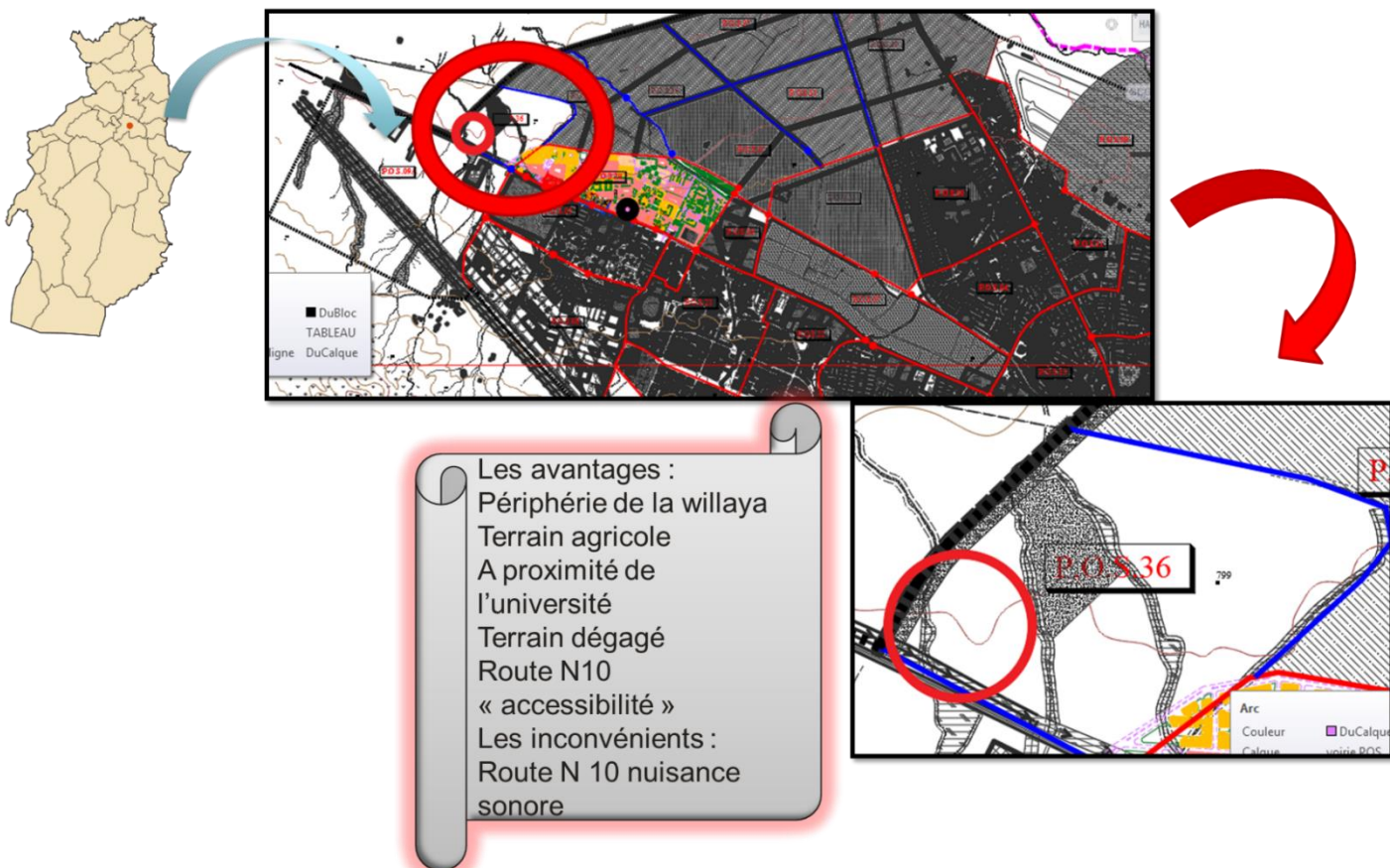


Fig3.06 : situation du terrain / Source : P.D.A.U 2020

2.3. Environnement immédiat :

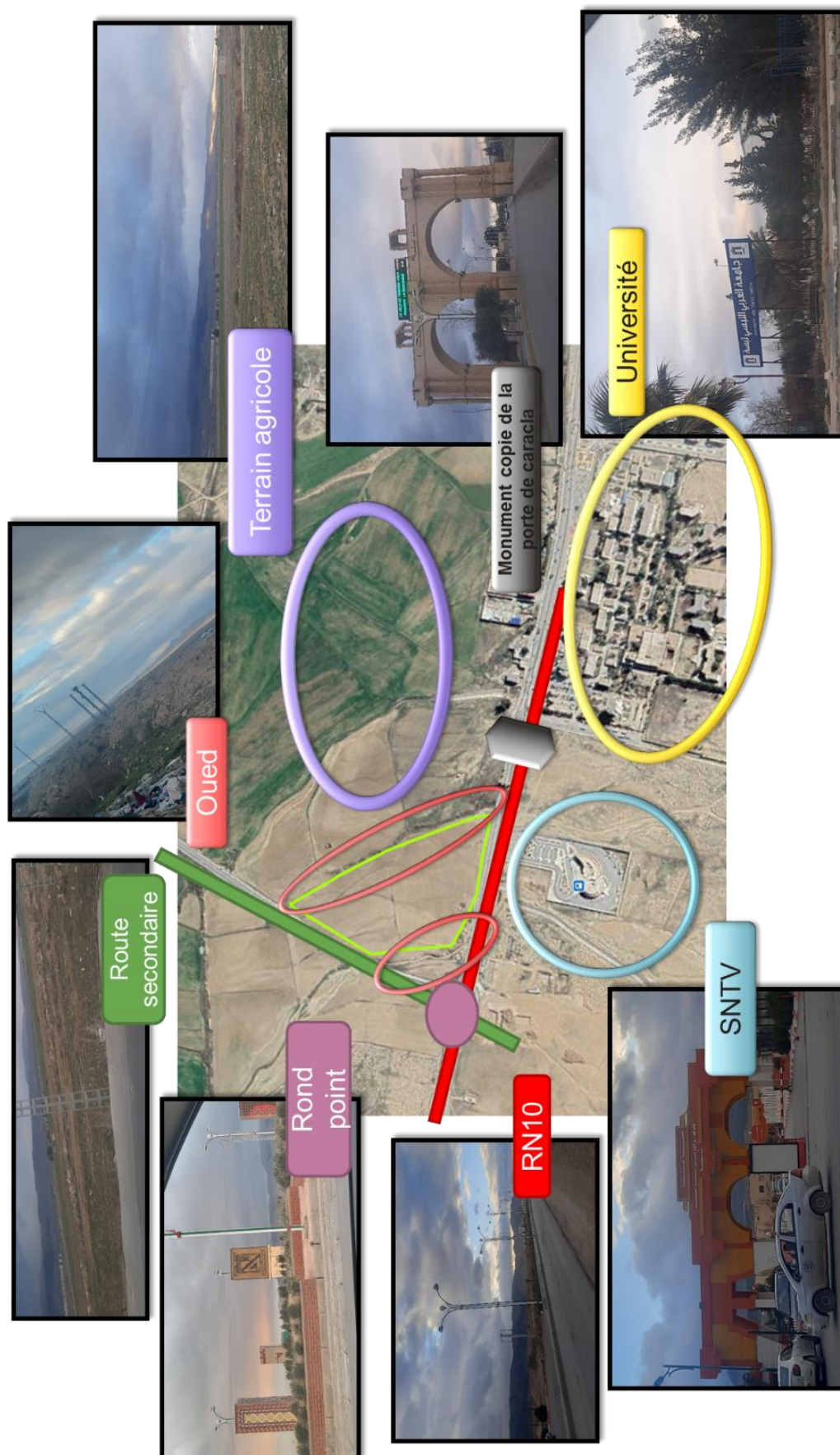


Fig3.07 : environnement immédiat du terrain /Source : Auteur,2021

2.4. Repérage :

2.4.1. La SNTV Hocine Ait Ahmed Tébessa :

- C'est un équipement de transport (gare routière)
- Il est en face du terrain choisi séparé par la RN10

• Tant que le centre de recherche est régionale la SNTV est considéré comme un avantage

• mais son seul inconvénient c'est la nuisance sonore

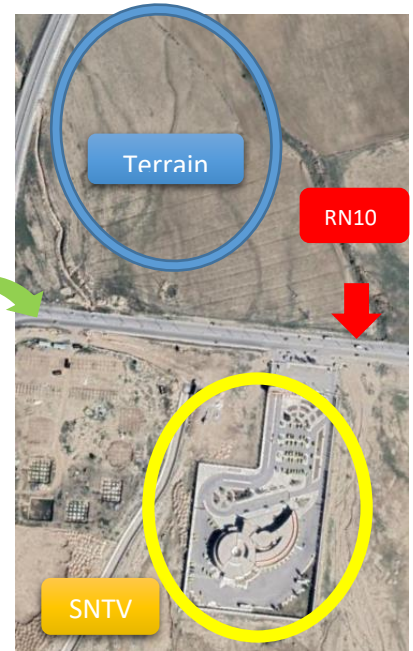
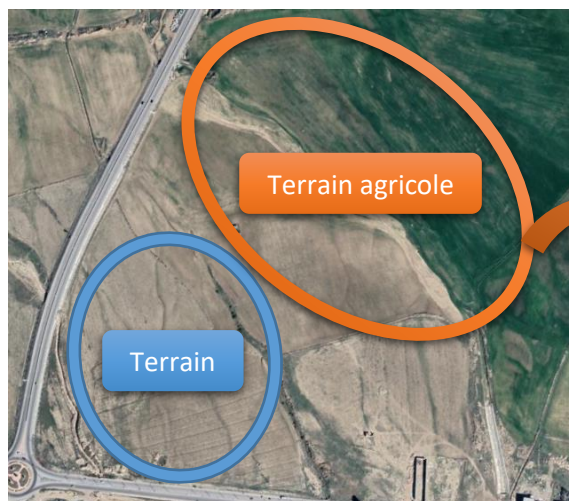


Fig3.08 : la SNTV de la wilaya de Tébessa

Source : Auteur

2.4.2. Les terrains agricoles :

- Le terrain est de type agricole
- Il est entouré par des terrains destinés pour l'agriculture



Les terrains agricoles qui entourent notre projet présentent un grand avantage dans la mesure où ils seront utilisés dans l'expérimentation extérieure.



Fig3.09 : les terrains agricoles

Source : Auteur

2.5. Accessibilité :

Le terrain est accessible à partir de deux accès mécaniques principaux (route nationale N10) et l'autre secondaire

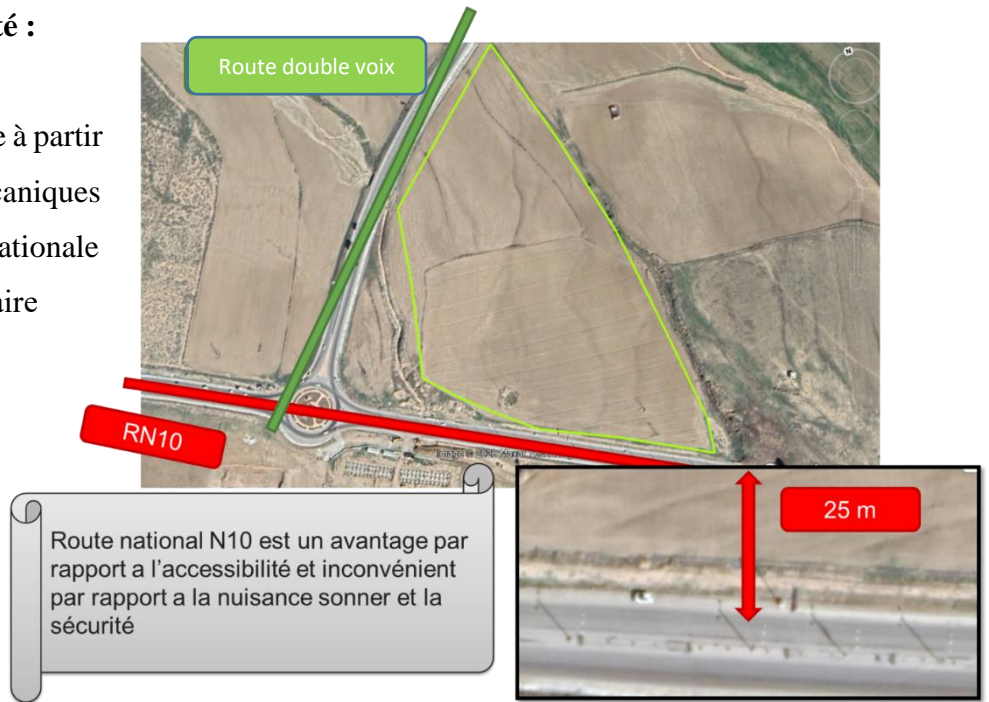


Fig3.10 : l'accessibilité du terrain /Source : Google earth, Auteur

2.6. Morphologie de terrain :

Le terrain a une forme irrégulière avec une superficie de 8,26 Ha, Il est limité à :

- Est et ouest : oued
- Nord-ouest par une accès mécanique secondaire (Route Ain Zargou)
- Sud par une accès mécaniques principale (RN10)

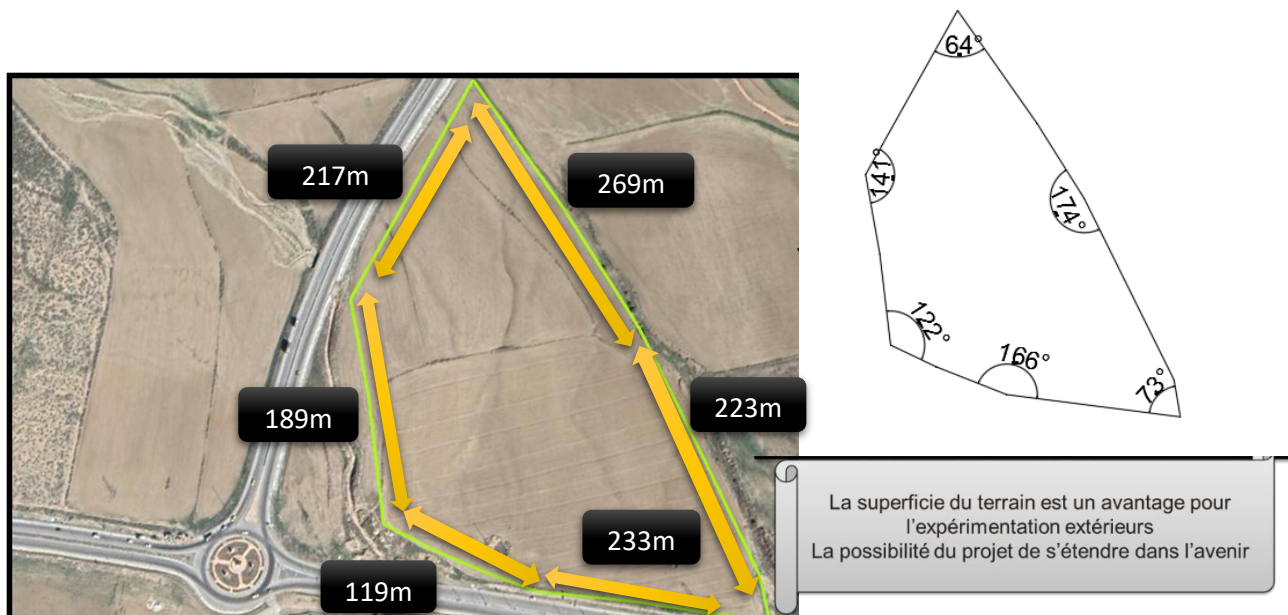


Fig3.11 : morphologie de terrain / Source : Google earth

2.7. Relief :

Tableau3.01 : les coupes transversales du terrain /source : Google EARTH

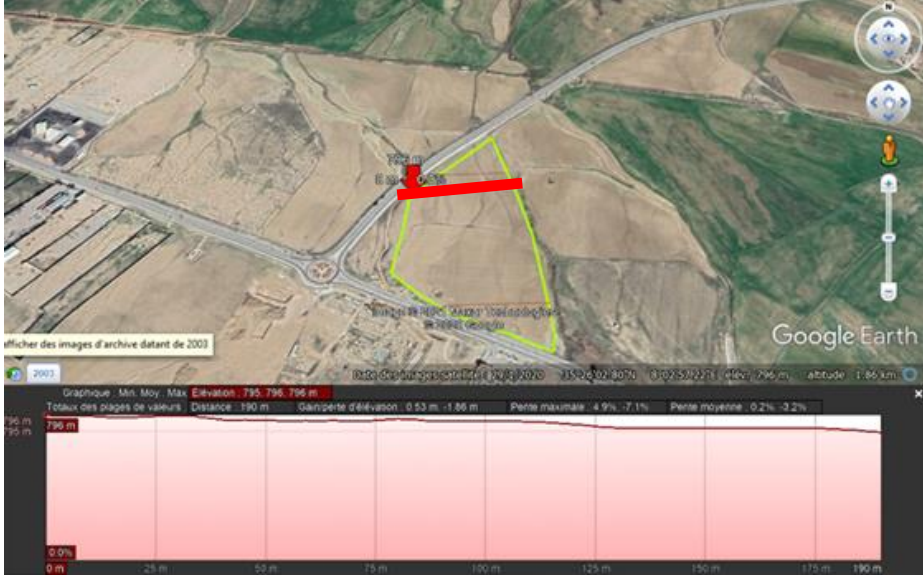
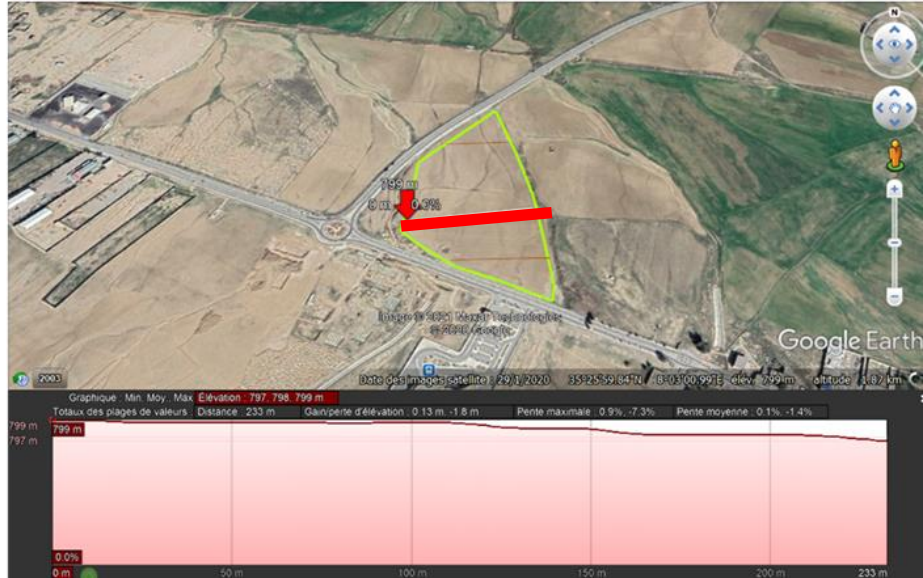

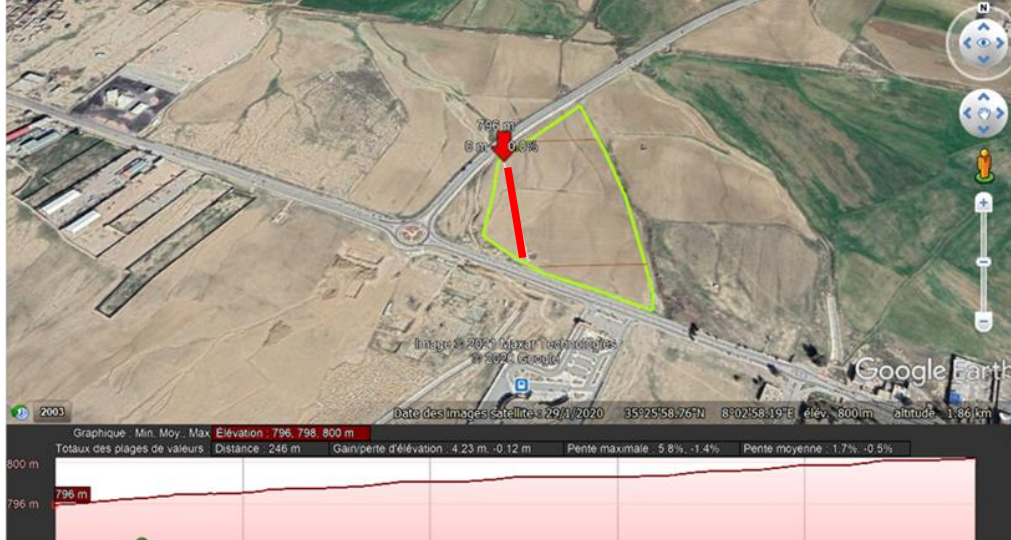


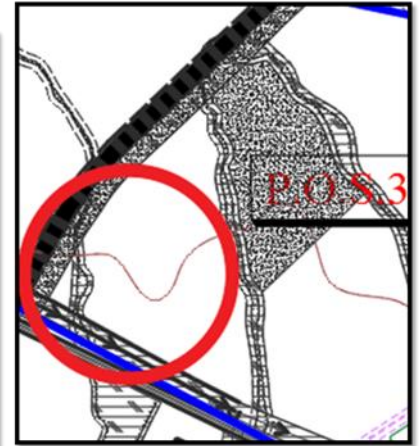
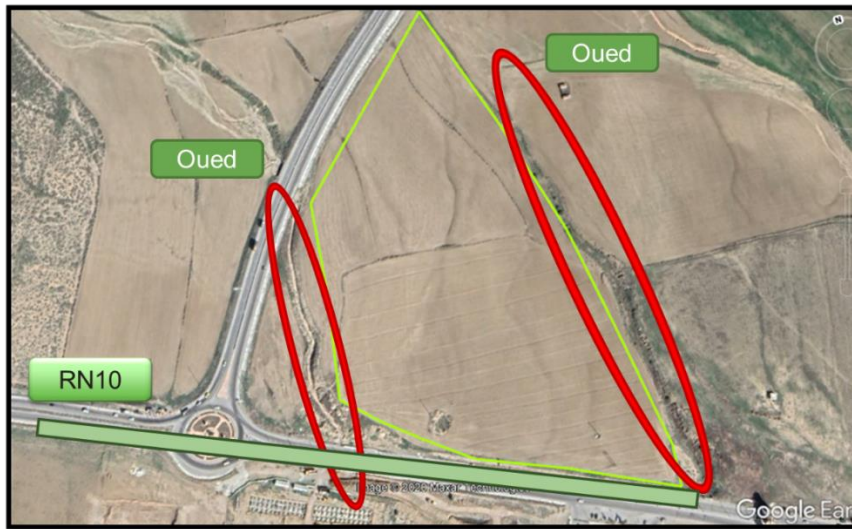
	<p>Une pente de 1.9%</p>
	<p>Une pente de 4%</p>
	<p>Une pente de 3%</p>

Tableau3.02 : les coupes longitudinales du terrain /source : Google EARTH

 <p>A Google Earth screenshot showing a longitudinal profile of a road. A red arrow points to a specific location on the road. The profile graph below shows a slight downward slope. The data bar at the bottom indicates: Graphique: Min. Moy. Max. Élévation : 796, 798, 800 m; Totaux des plages de valeurs: Distance : 246 m; Gain/perte d'élévation : -4.23 m, -0.12 m; Pente maximale : 5.8%, -1.4%; Pente moyenne : 1.7%, -0.5%.</p>	<p>Une ponte de 9.8%</p>
 <p>A Google Earth screenshot showing a longitudinal profile of a road. A red arrow points to a specific location on the road. The profile graph below shows a steeper downward slope. The data bar at the bottom indicates: Graphique: Min. Moy. Max. Élévation : 795, 798, 801 m; Totaux des plages de valeurs: Distance : 379 m; Gain/perte d'élévation : -6.29 m, -0.56 m; Pente maximale : 7.5%, -1.9%; Pente moyenne : 1.7%, -0.6%.</p>	<p>Ponte de 22%</p>
 <p>A Google Earth screenshot showing a longitudinal profile of a road. A red arrow points to a specific location on the road. The profile graph below shows a steep downward slope. The data bar at the bottom indicates: Graphique: Min. Moy. Max. Élévation : 794, 797, 801 m; Totaux des plages de valeurs: Distance : 450 m; Gain/perte d'élévation : -7.5 m, -0.25 m; Pente maximale : 6.3%, -1.6%; Pente moyenne : 1.7%, -0.3%.</p>	<p>Ponte de 30%</p>

2.8. Servitude et contrainte :



On prend la servitude de l'oued selon la profondeur
On prend la servitude de la route nationale 25 m

Fig3.12 : les servitudes et les contraintes de terrain
Source: Google EARTH + P.D.A. U2019

2.9. Analyse climatique de terrain :

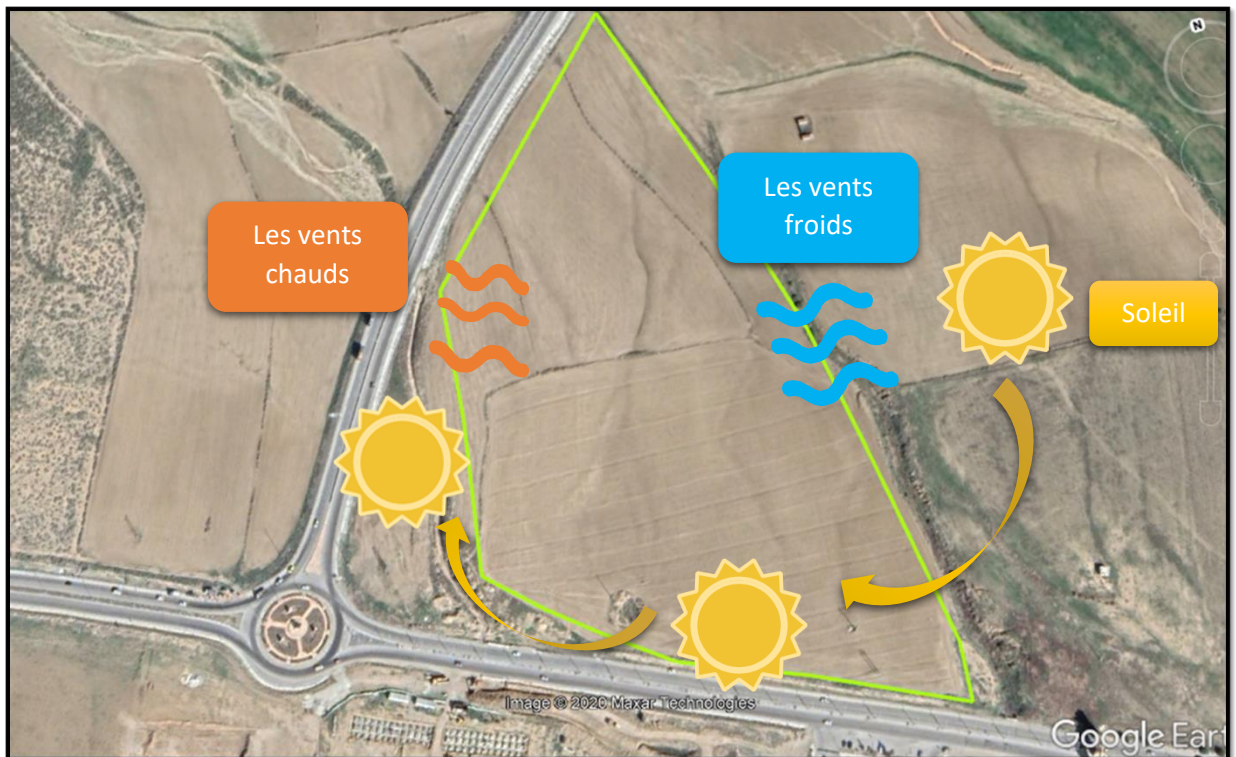


Fig3.13 : courbe di soleil et les vents dominant/Source : Auteur

2.10. Les axes :

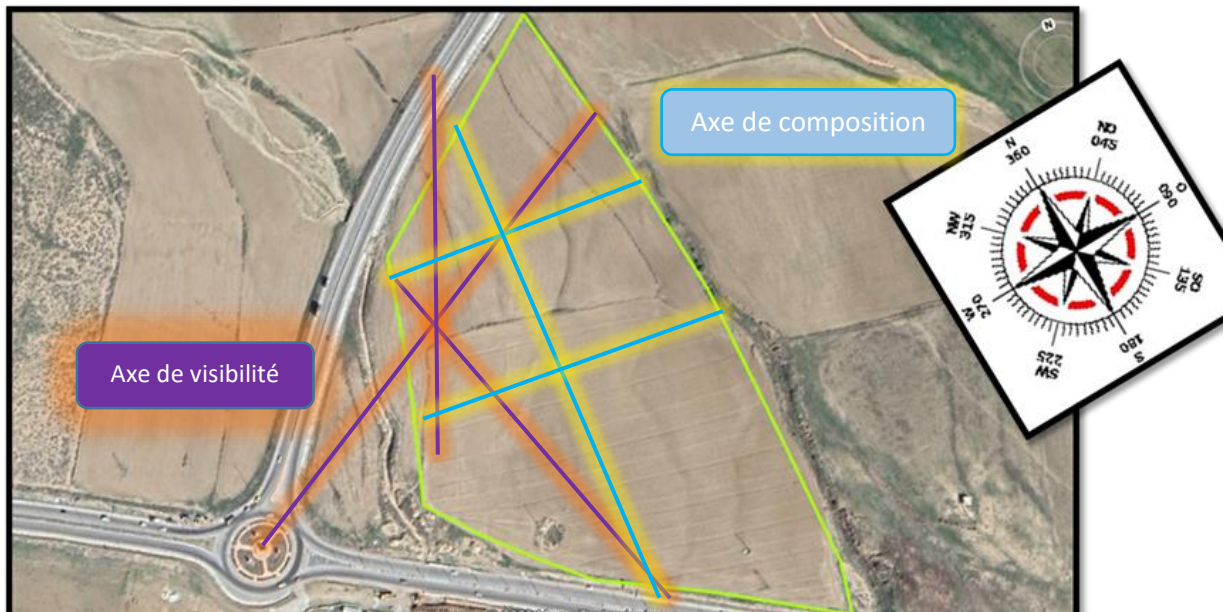


Fig3.14 : les axes du terrain /Source : Auteur

3. Zoning :

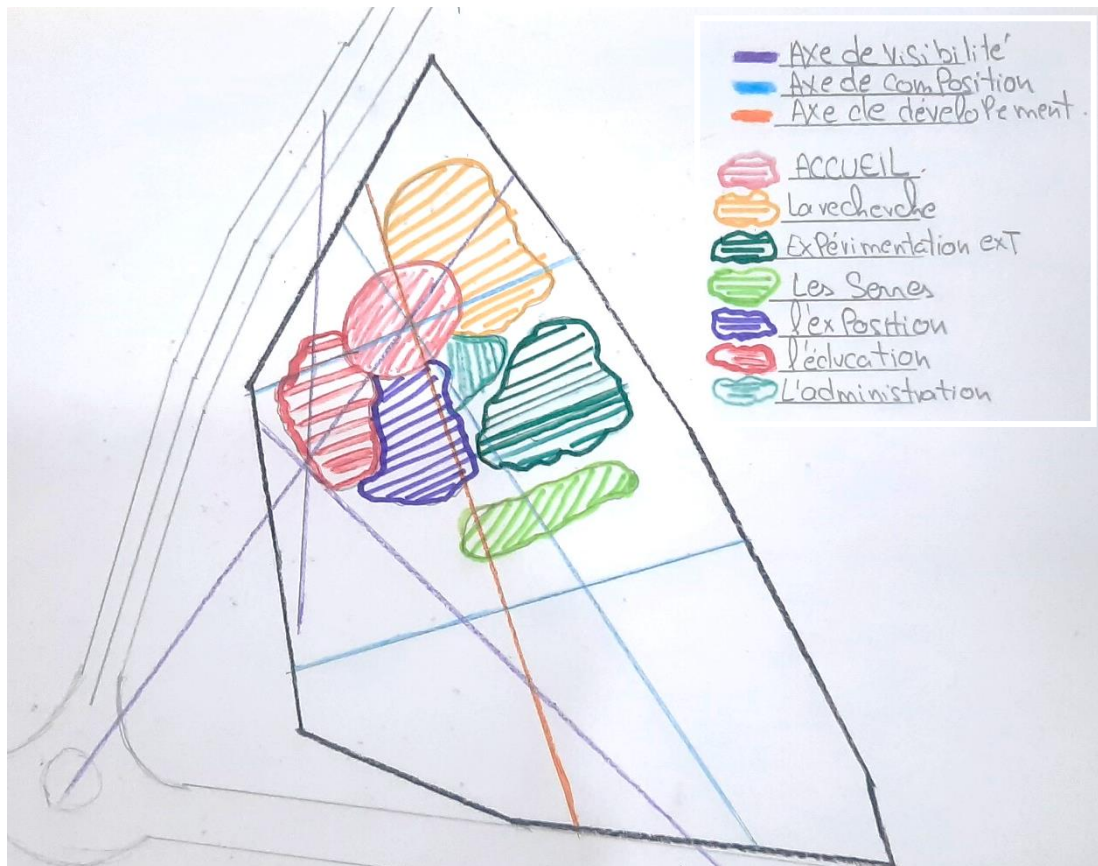


Fig3.15 : zoning du projet /Source : Auteur

4. Analyse de programme :

4.1. Détermination du programme :

On se basant sur les différents éléments étudiés au paravent (étude sur l'équipement, exigences techniques, l'analyse des exemples, programme de base et l'analyse de terrain), on a pu élaborer un programme pour notre futur projet. (Voir le tableau02).

4.2. Détermination de la capacité d'accueil :

Selon l'analyse des exemples et la recherche théorique on constate que le centre de recherche et de développement agronomie est à l'échelle régionale, d'une capacité de 400 étudiants et 45 chercheurs et 100 visiteurs.

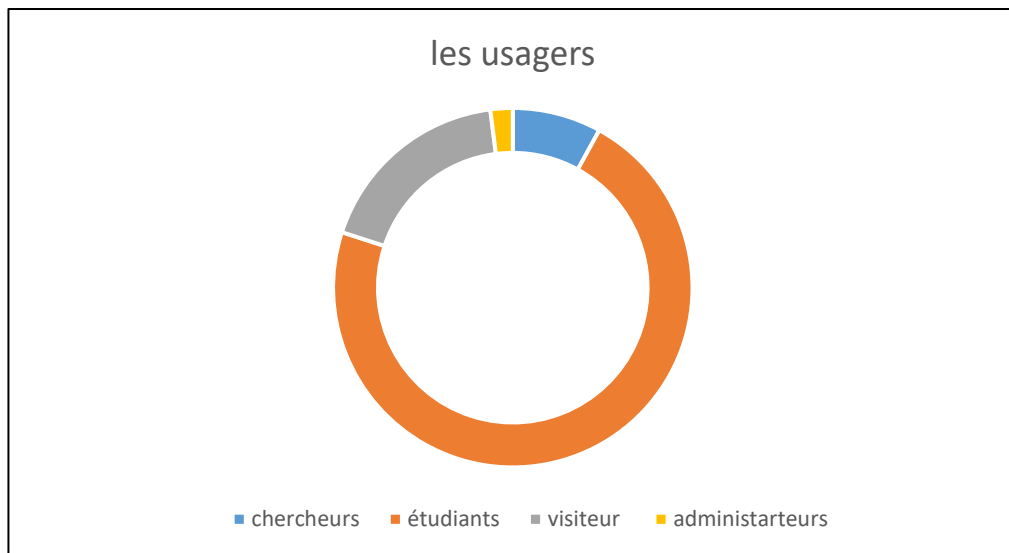


Fig3.16: les usagers d'un centre de recherche agricole /Source : Auteur

4.3. Les activités possibles :

Selon l'objectif, l'analyse des exemples et les usagers de centre de recherche agricole, on propose les fonctions suivantes :

- La recherche et l'expérimentation agricole.
- La formation.
- L'exposition.
- L'administration.

4.4. Programme retenue :

Selon l'analyse des espaces dans les différents exemples et les normes des espaces dictées par les exigences techniques, on a élaboré le programme présenté dans le tableau ci-dessous :

Tableau3.02 : programme d'un centre de recherche

Source : Auteur ,2021

accueil	cafette	1	200
	dépôt	1	40
	zone de service	1	40
	wc H/F	12	1,5
	espace de circulation	20%	259
recherche et expérimentation	laboratoire d'engrais organiques	1	70
	un laboratoire de composition	1	70
	laboratoire d'analyse génétique	1	70
	laboratoire d'expérimentation	1	100
	ateliers	4	70
	Salles de conférence	1	100
	salles de séminaires	1	70
	salles d'informatique	2	70
	salle de greffage	1	100
	dépôt	1	40
	les serres d'expérimentation agricoles	3	600
	espace d'expérimentation agricole extérieure	1	10000
	un espace de rencontre des chercheurs	1	100
	les bureaux des chercheurs	15	20
	les bureaux open space	7	35
	wc H/F	12	1,5
espace de circulation	15%	1700	
exposition	Salle d'exposition temporaire	1	500
	Salle d'exposition permanente	1	1000
	salles pour les nouvelles techniques et outils agricoles	1	150
	salles pour les nouvelles techniques et outils d'irrigation	1	100
	Salles de conférence	2	100
	salles de séminaires	1	70
	salles de débat scientifique	2	40
	salle de projection	1	70

	cafette	1	200
	espace de pratique agricole intérieure	1	120
	wc	12	1,5
	espace de circulation	20%	500
administration	bureau de directeur	1	35
	Secrétariat	1	16
	Bureau de comptable	1	20
	bureau de gestionnaire	1	20
	Salle de réunion	1	40
	espace de circulation	15%	19
formation	amphi de formation	3	200
	salle de gréffage	1	50
	salle d'irrigation	1	50
	salle de la récolte	1	50
	atelier de formation	2	70
	bibliothèque	1	300
	salle d'informatique	1	70
	espace de rencontre	1	100
	wc	12	1,5

5. Genèse de la forme :

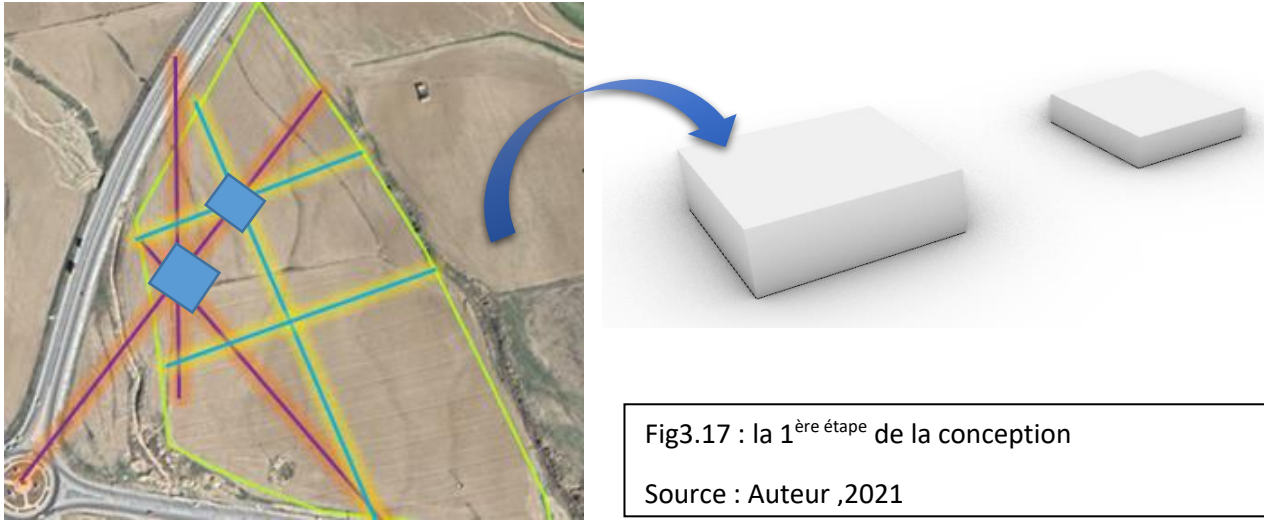
5.1. Les objectifs et les concepts :

- Créer des différents micro-climat dans les trois (03) serres à travers la minimisation des échanges entre l'intérieur et l'extérieur avec l'aide de la forme et l'orientation.
- Créer un micro-climat convenable dans le reste du projet à travers la forme pour assurer une température modérée. Et une composition éclatée orientée vers les vents dominants pour assurer le free cooling des vents et la ventilation naturelle.
- Créer des espaces structurés pour séparer la fonction de la recherche des autres fonctions.
- Une conception extensible.
- Créer un centre vide pour l'expérimentation extérieure.

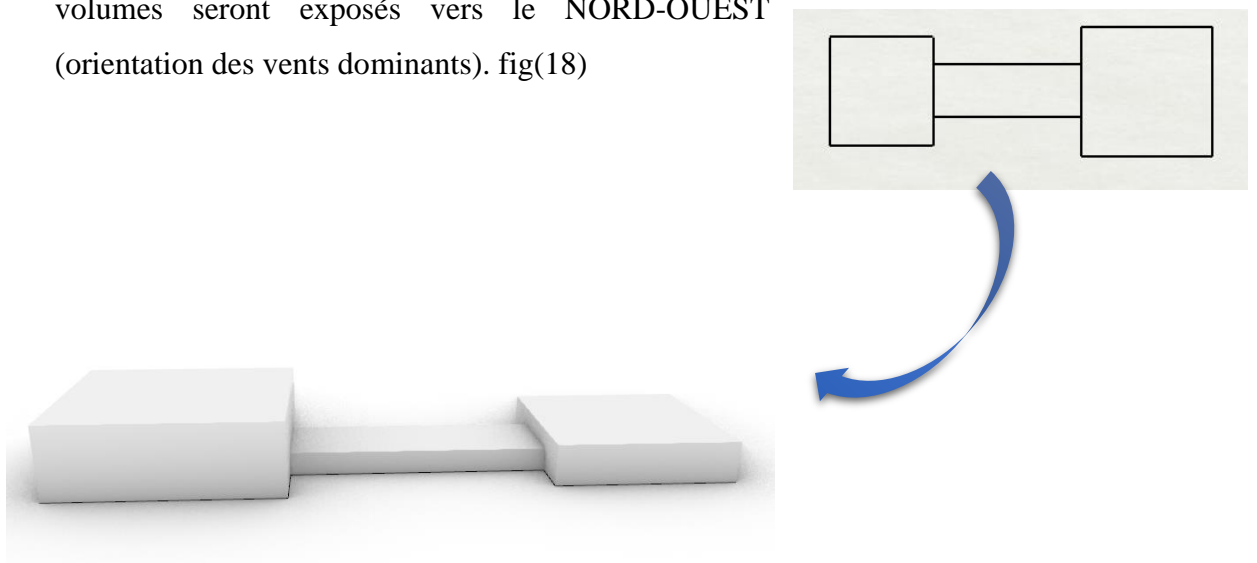
5.2. Le processus conceptuel :

Le canal utilisé dans le processus conceptuel du centre de recherche et de développement agronomique est : l'analogie du terrain. En se basant sur les intersections des axes de ce dernier, on a implanté deux volumes, le premier dans l'intersection des trois axes de visibilité pour qu'il soit un repérage pour le projet (on lui donne la plus grande hauteur), le

deuxième volume est implanté dans l'intersection des deux axes de développement et l'axe de visibilité qui aura une proportion de $\frac{1}{2}$ du premier volume. (Fig17)



Puit, on rajoute un volume pour créer une liaison entre ces deux volumes. L'ensemble des volumes seront exposés vers le NORD-OUEST (orientation des vents dominants). fig(18)



Le but de la création d'un centre vide au niveau de cette composition, et pour des raisons fonctionnelles on rajoute 2 autres parallélépipèdes horizontaux par rapport à l'axe NORD-SUD. (Fig19)

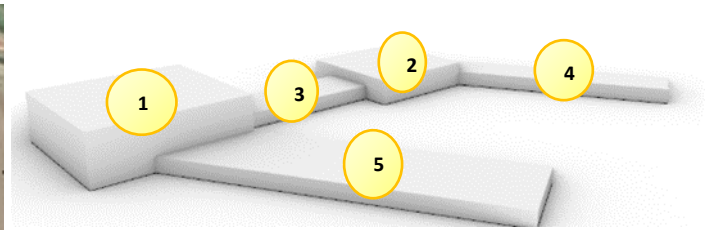


Fig3. 19 : la 3eme étape de conception

Source : Auteur , 2021

Pour assurer la fluidité dans le mouvement des vents on fera quelques modifications dans les volumes 3 et 5

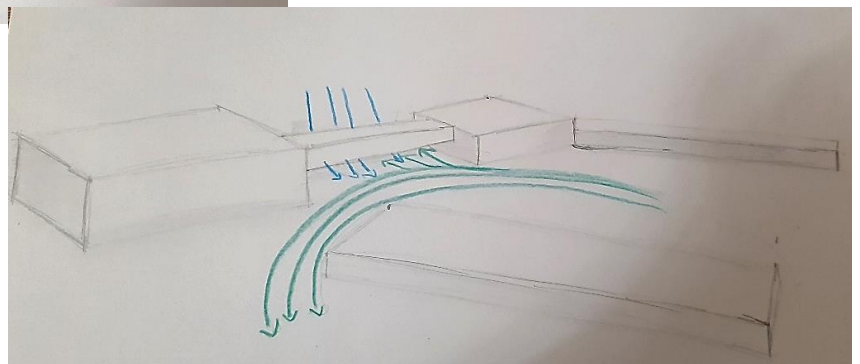
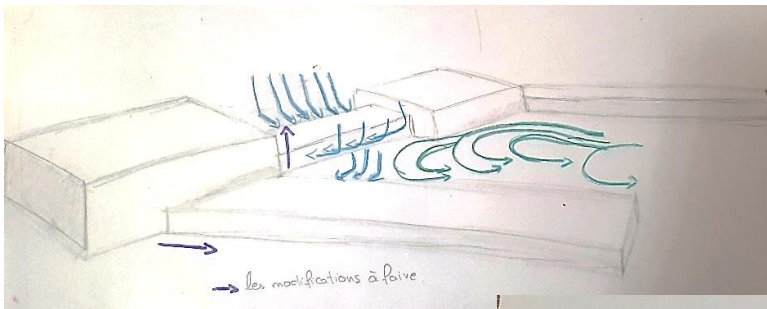


Fig3. 20 : mouvement des vents avant et après la modification

Source : Auteur,2021

Ensuite on rajoute un dernier volume pour des raisons de fonctionnement, ce volume a une proportion de $\frac{1}{2}$ du deuxième volume.

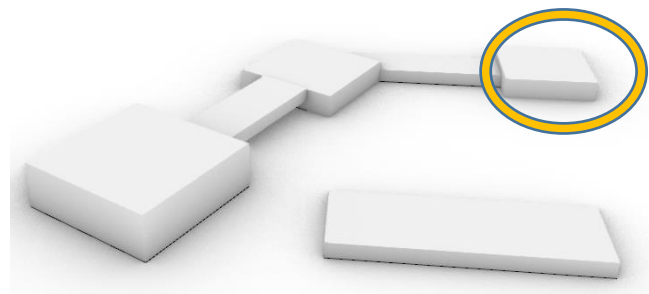


Fig3. 21 : la 4eme étape de la conception

/Source : Auteur,2021

Enfin, on va diminuer cette conception pour qu'elle convienne au programme retenu.

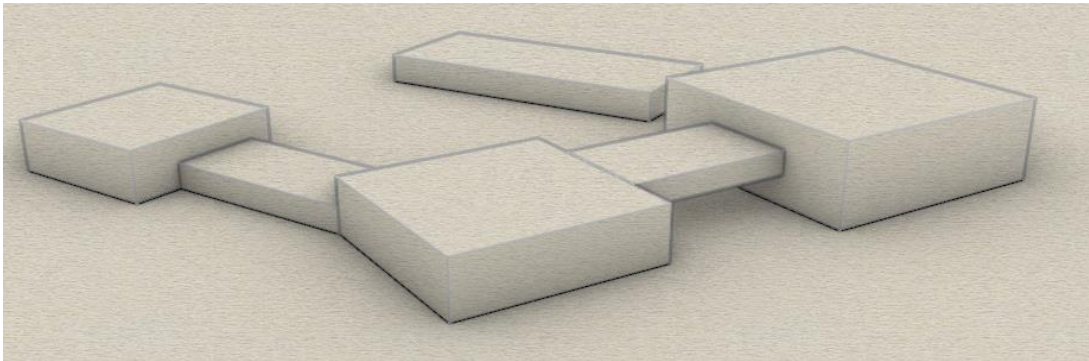


Fig3.22 : dernière étape de la conception / source : Auteur, 2021

Conclusion :

Etude géographique et surtout climatique présentée au début de ce chapitre a une grande importance pour la suite de notre recherche.

L'analyse du terrain a permis de détecter les potentialités et les avantages qu'offre notre terrain, ces données et avec les informations tirées des autres analyses nous ont permis d'élaborer un programme détaillé de notre futur projet.

A la fin de ce chapitre, on a passé à la conception primaire de notre projet, qui sera modifiée et améliorée en se basant sur les résultats de la simulation numérique.

Chapitre 04 :

Le modèle de simulation

Introduction :

Plusieurs études ont été effectuées par les chercheurs à propos de l'enveloppe architecturale, dans le but de créer des micro-climats intérieurs différents de l'extérieur en se basant sur les paramètres de l'enveloppe architecturale sans faire intervenir la climatisation, le chauffage et la ventilation mécanique au maximum. Pour l'amélioration de notre conception architecturale afin d'assurer les micro-climats dont on a besoin, on va explorer dans ce chapitre les outils et les techniques d'évaluation de l'apport de l'enveloppe architecturale sur le micro-climats intérieur, et aussi on va élaborer le protocole de la simulation.

1. Travaux précédents :

Dans le cadre des travaux précédents on va présenter des travaux qui sont dans le même contexte de notre recherche qui est abordée dans des livres, des articles scientifiques, des mémoires de magister et des thèses de doctorat

1.1. Le livre (Architecture climatique - une contribution au développement durable) par Pierre Lavigne.

Il a été publié en 1994 sous le titre Architecture climatique - une contribution au développement durable par l'auteur Pierre Lavigne.

Ce livre est un ouvrage didactique selon une approche scientifique suffisamment globale pour qu'il soit le plus complet possible et utile aux concepteurs de toutes les latitudes et tous les climats.

L'auteur s'est concentré sur trois points importants : le climat et ses paramètres, l'enveloppe architecturale et ses composantes et aussi au comportement d'une enveloppe aux évolutions extérieures et intérieures.

Il a focalisé ses recherches sur la température intérieure d'un édifice et le renouvellement de l'air intérieur.

1.2. Le livre (Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques) par Alain Liébard et Adré de Herde, publié en 2006 :

Les auteurs de ce livre ont abordé deux thèmes : l'architecture et l'urbanisme bioclimatique. Parmi les questions les plus importantes soulevées dans ce livre et qui ont une relation avec notre recherche sont : comment adapter une construction avec le climat en tenant compte de :

l'implantation l'orientation et les ouvertures etc.... Cet ouvrage cite aussi comment assurer tous types de confort tel que le confort thermique hygrothermique et visuel etc...

Les auteurs ont soulevé aussi le point de l'implantation des constructions par rapport à la direction du vent et l'exposition aux rayons solaires.

Ce livre répond à toutes les questions concernant le contrôle de climat intérieur, l'enveloppe architecturale n'a pas été prise d'une manière approfondit.

1.3. Le livre (L'ISOLATION THERMIQUE DES FAÇADES VERTICALES) par Jean-Marie HAUGLUSTAINE et Francy SIMON, publier en 2006

Le sujet principal de ce livre est les façades verticales qui est l'une des composantes de l'enveloppe architecturale et son rôle dans le contrôle des échanges entre l'intérieur et l'extérieur.

Parmi les choses les plus importantes mentionnées dans ce livre est la manière de contrôler le climat extérieur à travers l'enveloppe, ses fonctions et les propriétés des matériaux et leur rôle principal dans la création d'un micro climat intérieur.

Ce livre a pour but de montrer le rôle et la participation des murs dans le bilan thermique d'un bâtiment. Selon le livre « L'impact des murs dans la superficie extérieure totale est de l'ordre de 60 % du total [Murs + Toiture]. Investir pour l'isolation thermique des façades permet ainsi une réduction du budget de chauffage de l'ordre de 30 % ... ».

L'auteur répond dans ce livre à toutes les questions concernant l'isolation thermiques son emplacement et toutes les technologies concernent ce sujet.

1.4. Thèse présentée en vue de l'obtention du diplôme doctorat LMD en architecture, (étude et amélioration des performances climatiques de l'enveloppe architecturale en milieux chauds et arides, cas de l'architecture domestique autoproduite à Biskra.) par : Latreche Sihem

Ce travail est une thèse de doctorat en 2019, la problématique principale de cette recherche est : comment améliorer la performance climatique d'un habitat et quelles sont les stratégies à appliquer au niveau de l'enveloppe architecturale du bâtiment pour améliorer ses performances climatiques ?

Cette thèse est divisée en deux parties : la première, dédié au développement théorique, dans cette partie l'auteur parle de la performance et l'adaptation des bâtiments aux condition climatiques chaudes et arides et de l'enveloppe architecturale et son fonctionnement thermique.

La deuxième partie, c'est l'analyse et l'amélioration des performances climatiques de l'habitat dans cette partie l'auteur parle de la caractérisation morphologique et matérielle de l'enveloppe architecturale de l'habitation autoproduite à Biskra et l'évaluation empirique quantitative de l'adaptabilité climatique de l'enveloppe

Le chercheur termine son mémoire par une simulation paramétrique dans le but d'évaluer et d'optimiser le fonctionnement thermique de l'enveloppe des bâtiments relevant de l'habitat individuel autoproduit à Biskra tout en préservant l'essentiel de ses spécificités. Elle a utilisé dans cette étude le logiciel TRNSYS 17

Les résultats de la simulation nous montrent l'effet de l'orientation sur les variations de la température intérieure du local, laquelle dépend de la puissance des radiations solaires incidentes sur l'enveloppe (éléments opaques et transparents). Ainsi, les orientations Sud et Nord donnent des valeurs de températures intérieures plus favorables que celles enregistrées à l'Est et l'Ouest.

1.5.un article scientifique (Quantifying the effectiveness of mass proportions and the orientation for buildings on thermal performance in Tebessa, Algeria) par Fezzai & al.

Ce travail est un article scientifique publié en 2019, qui parle sur l'efficacité des proportions massiques et l'effet de l'orientation des bâtiments sur les performances thermiques à Tébéssa, Algérie.

Premièrement les auteurs dans cette recherche parlent de l'efficacité énergétique, la performance thermique du bâtiment, les facteurs influençant la performance thermique des bâtiments et la stratégie de la forme et l'orientation pour une conception adaptée au climat.

Après ils ont cité le protocole de la simulation suivi et les variables de cette étude sont : l'orientation et le volume. Les chercheurs utilisent le logiciel ECOTECH. Le but de cette simulation est d'étudier l'effet de la forme et l'orientation sur les performances thermiques et la consommation d'énergie.

2. Les outils et techniques d'évaluation :

Il y'a plusieurs outils et techniques pour l'évaluation du micro-climat (température de l'air et l'humidité relative) selon le cas d'étude et l'objectif de la recherche, parmi ces méthode on peut citer :

2.1. L'expérimentation :

Expérimentation est l'action d'expérimenter, c'est-à-dire d'éprouver, apprendre ou découvrir à partir de l'expérience scientifique. Dans le champ de l'architecture la notion d'expérimentation peut prendre tout son sens à condition de définir les conditions et les limites du cadrage, les enjeux de l'expérience et le type de résultats recueillis.

(Grégoire ,2018) (.linternaute.fr, 2021)

- **Outils de l'expérimentations :**

2.1.1 L'hydrographe : appareil utilisé pour enregistrer l'humidité relative intérieure de la pièce testée, a été étalonné pendant 24 heures puis placé au centre de la pièce sur une table à 90 cm de hauteur afin de vérifier les relevés effectués par le thermocouple digital.

(Benhalilou , 2008)



Fig4.01 : L'hydrographe

Source : Benhalilou , 2008

2.1.2. La centrale Météo sans fil TERMOTECH-OTIO : pour mesurer les paramètres météorologiques. Elle est constituée de baromètre, un indicateur d'orage, un hygromètre et un thermomètre intérieur et extérieur dont le degré de fiabilité du thermomètre est de ± 2 °C et celui de l'hygromètre est de $\pm 5\%$. Elle se compose de plusieurs émetteurs qui reçoivent les informations transmises par ondes radio par le thermomètre émetteur. (docplayer, 2021)



Fig4.02 : La centrale Météo sans fil TERMOTECH-OTIO

Source : [docplayer](#), 2021

2.2.3. Le thermo-hygromètre : un appareil digital du model TSE-1360 avec un degré de fiabilité de $\pm 3\%$ et $\pm 0.8^{\circ}\text{C}$ et dont les capacités sont représentées sur la photo V-8. Il permet à la fois de mesurer la température de l'air et l'humidité relative.

(Benhalilou, 2008)



Fig4.03 : Le thermo-hygromètre

Source : Wikipédia 2021

2.2.4. Bestseller testo 925 : un appareil de mesure de la température de l'air au moyen d'un large choix de sonde en fonction des besoins, Finitions particulièrement robustes et commande intuitive

(testo , 2021)



Fig4.04: Bestseller testo 925

Source: testo , 2021

2.2.5. Hygromètre PCE-HT 422 : L'hygromètre sert à mesurer et à enregistrer les valeurs environnementales comme la température, l'humidité relative, la luminosité et la concentration en CO2 et TVOC. L'hygrometre calcule aussi le point de rosée, l'humidité absolue de l'air et la teneur en vapeur de l'air. (www.pce-instruments.com , 2021)



Fig4.05: Hygromètre PCE-HT 422

Source: pce-instruments, 2021

2.2. La simulation numérique :

D'après Chatelet A et al (1998) «, Pour l'architecte la simulation doit permettre de valider rapidement des options fondamentales (implantation, structure, ouverture...), d'explorer et de commencer à optimiser certains choix »

Selon le site (emse.fr) La simulation est l'un des outils d'aide à la décision les plus efficaces à la disposition des concepteurs et des gestionnaires des systèmes complexes. Elle consiste à construire un modèle d'un système réel et à conduire des expériences sur ce modèle afin de comprendre le comportement de ce système et d'en améliorer les performances.

Remarque : on utilise l'expérimentation seulement pour un bâtiment existant, mais la simulation est utilisée dans les deux cas existant et no existant, donc pour bien évaluer et améliorer notre conception, on a choisi de travailler avec l'outil le plus adapté à notre cas et aux objectifs de recherche, qui est la simulation numérique.

3. les logiciels qui existe dans le domaine de simulation :

Il existe de nombreux logiciels de simulation architecturale utilisés principalement dans le domaine d'évaluation de micro climat intérieur d'une enveloppe architecturale, parmi ceux-ci, nous mentionnons les principaux logiciels :

- Dynamo BIM / Revit
- ECOTECH
- Eco-Bat
- CoDyBa

- Rhinosséros / honeybee.

3.1. Dynamo BIM / Revit :

Selon le site web (accasoftware,2021) Le logiciel Dynamo BIM est un outil de production de dessins basés sur des paramètres prédéfinis. Produit par le groupe Autodesk, il est particulièrement utile en complément et extension de Revit.

Les utilisateurs peuvent directement créer des maquettes de leurs constructions grâce à l'entrée de simples paramètres, et ce sans une ligne de code. Le tout est représenté par des nœuds au sein même d'une interface graphique.

Intuitif et simple à prendre en main, ce procédé permet de créer des projets complexes en un temps record. Disponible en version gratuite et payante, les algorithmes de Dynamo BIM permettent de trouver les solutions adaptées à chaque projet.

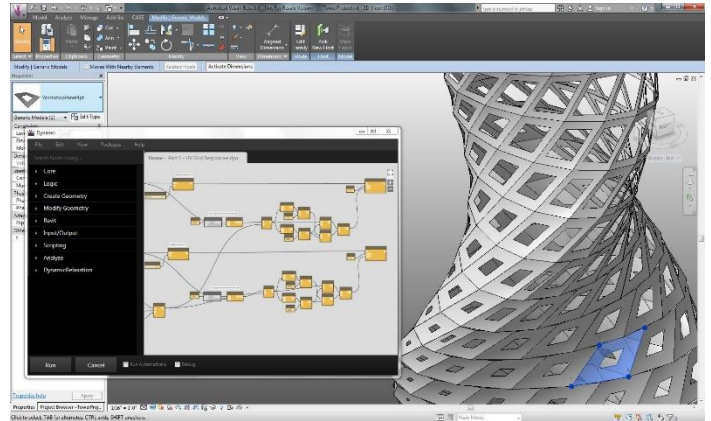


Fig4. 06: Dynamo BIM / Source: dynamobim.org, 2021

3.2. ECOTECT :

Selon (knowledge.autodesk. ,2021) L'ECOTECT est un outil d'analyse simple et qui donne des résultats très visuels comme le montre la figure, est un logiciel de simulation complet qui associe un modelleur 3D avec des analyses acoustique, solaire, thermique et de coût, ECOTECT a été conçu avec comme principe que la conception environnementale la plus efficace est à valider pendant les étapes conceptuelles du design.

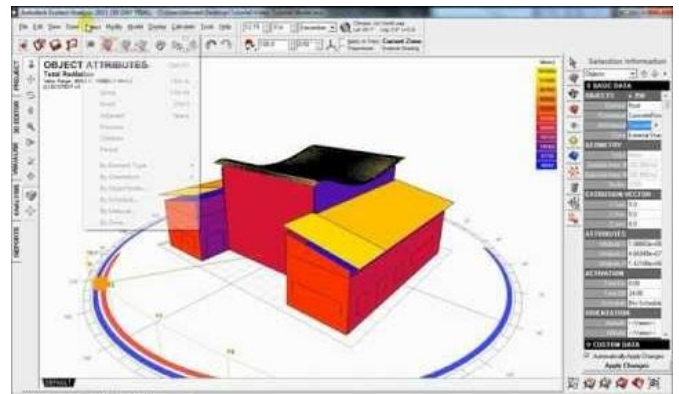


Fig4. 07: ECOTECT / Source: pinterest.com2021

3.3. Eco-Bat :

Selon le site web (aprue.org.dz), Eco-Bat est un logiciel indépendant permettant de modéliser très rapide et d'améliorer du confort thermique dans les logements cet outil est spécialement adapté lors de la phase de conception d'un bâtiment, il peut être utilisé aussi bien par des architectes que des ingénieurs

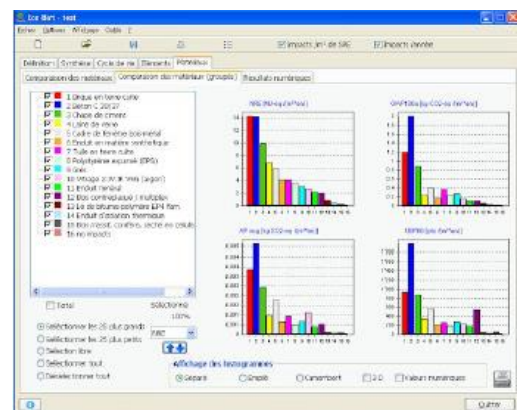


Fig4.08 : Eco-Bat /Source : aprue.org.dz, 2021

3.4. CoDyBa :

D'après le site web (jnlog.com, 2021) CoDyBa est un logiciel utilisé pour analyser en dynamique les performances thermiques et hydriques d'un bâtiment lorsque celui-ci est soumis à des conditions climatiques variées. Cet outil est destiné à mener des études de chauffage et de refroidissement, de conditionnement d'air et de ventilation, de choix de matériaux d'isolation. L'objectif principal de CoDyBa est la prédiction de la consommation d'énergie, et de l'amplitude de variation de la température et de l'humidité.

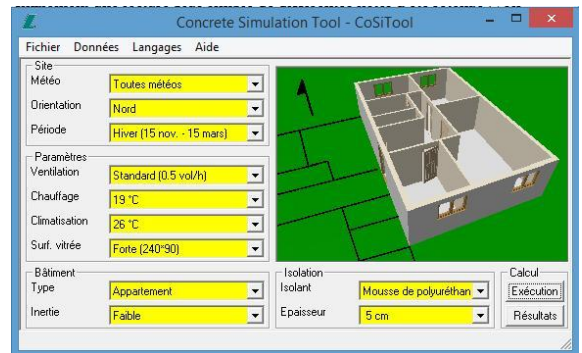


Fig4. 09: CoDyBa/Source : jnlog.com, 2021

3.5. Rhino :

Selon le site web (rhino3d,2021) Rhino est un logiciel de conception assistée par ordinateur développé par Robert McNeel , ce logiciel peut créer, éditer, analyser, documenter, rendre, animer et traduire des courbes, surfaces et solides NURBS ainsi que des géométries de subdivision (SubD), des nuages de points et des maillages. Il n'a aucune limite en termes de complexité, de degré ou de taille.

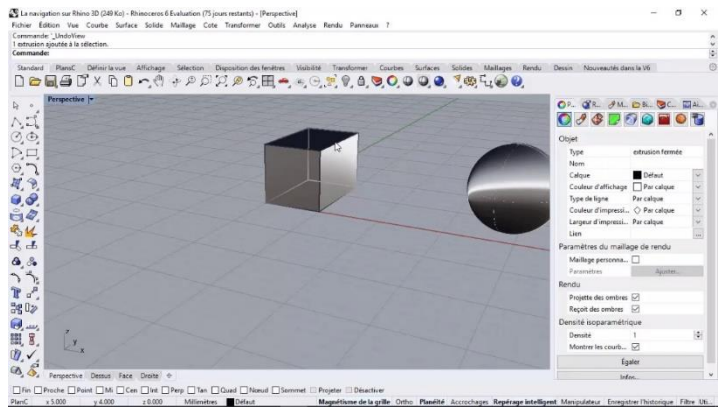


Fig4. 10 : Rhino6 /Source : logiciel Rhino6, 2021

3.5.1. Grasshopper :

Selon le site web(rhino3d.com,2021) Grasshopper est un éditeur graphique d'algorithmes intégré dans Rhino. Contrairement à RhinoScript, Rhino. Python ou tout autre langage de programmation, Grasshopper ne demande aucune connaissance en programmation ou écriture de scripts, mais il permet tout de même aux développeurs et



Fig4. 11 : Grasshopper /Source: logiciel Grasshopper, 2021

dessinateurs de mettre au point des algorithmes de génération de forme.

3.5.1.1. Ludybug :

Selon le site web(food4rhino) Ladybug vous permet d'importer et d'analyser des données météorologiques standard dans Grasshopper; dessinez des diagrammes comme le chemin du soleil, la rose des vents, la rose des radiations, etc. personnaliser les diagrammes de plusieurs manières; exécuter une analyse de rayonnement, des études d'ombre et une analyse de vue.

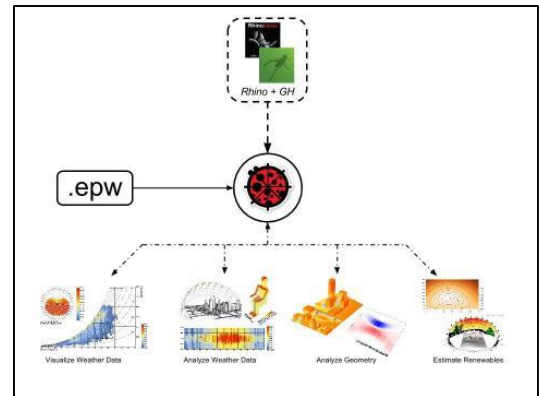


Fig4. 12: ludybug tools / Source: food4Rhino , 2021

3.5.1.2. Honeybee :

Selon le site web(food4rhino) Honeybee connecte Grasshopper3D à des moteurs de simulation validés tels qu'EnergyPlus / OpenStudio et Radiance pour l'énergie du bâtiment, le confort, l'éclairage naturel et la simulation d'éclairage

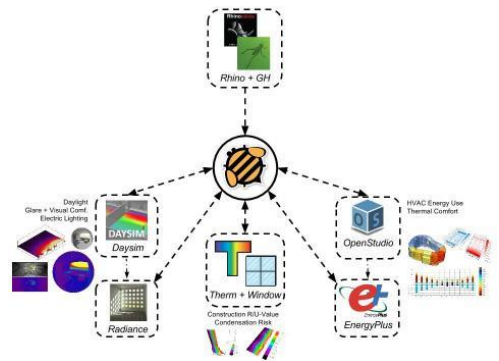


Fig4. 13: moteurs de simulation du Honeybee / Source: food4Rhino , 2021

Remarque : Pour atteindre notre objectif (évaluer et améliorer le micro climat intérieur), on a choisi de travailler avec le logiciel de simulation Rhino+ Grasshopper (honeybee+ludybug) en raison de ses nombreux avantages tel que :

- Facile à apprendre : la présence des documentations, des formation en ligne, des tutoriauxetc
- La présence d'une licence dédiée aux étudiants.
- Le logiciel qui reprend à la plupart de nos objectifs.
- Aide fourni par nos deux enseignants.
- Le nombre important des études précédentes qu'ont travaillé avec ce logiciel.

4. Objectif de la simulation :

L'objectif principale de l'utilisation de la simulation dans notre recherche est d'évaluer et d'améliorer le micro-climat intérieur de notre conception. Les objectifs à atteindre à partir de cette simulation sont : créer trois intervalles de température différentes dans les trois serres : serre chaude (18°-35°) serre froide (18°-10°) et une serre tempérée. Et un taux d'humidité entre 40% et 75% dans les trois serres, et aussi assurer un micro-climat convenable dans le reste du projet.

5. les paramètres de simulation :

A l'issue de toute simulation les paramètres de ce protocole seront divisés en deux (02) types :

5.1. Les paramètres variables qui regroupent :

- ✓ Orientation du volume.
- ✓ Forme et orientation des ouvertures.

5.2. Les paramètres constants qui regroupent :

- ✓ Composition volumétrique.
- ✓ **Période de l'étude** : tout l'année.
- ✓ **Le temps** : Tous les jours :
- ✓ **Les données climatiques** : On prend les données climatiques de la wilaya de Tébessa.

6. Protocole de la simulation :

Pour atteindre l'ensemble des objectifs fixés au début de cette recherche, cette simulation sera organisée en deux étapes : volume de départ de la conception et les serres.

Ce qui concerne le volume de départ, on fixe le meilleur volume qui assure nos objectifs.

Ce qui concerne les serres, cette étape de la simulation est divisée en 3 phases commençant par la fixation de la meilleure orientation pour chaque volume, suivi par le choix de la meilleure orientation et pourcentage par rapport à la température et on va finir par le choix de la meilleure orientation et pourcentage par rapport à l'humidité, en se basant sur les résultats de la température et l'humidité issues de la simulation.

6.1. Préparation du modèle à l'application expérimentale :

Le logiciel utilisé pour élaborer la simulation numérique est Rhinocéros06. La simulation sur ce logiciel commence par l'intégration des données climatiques de la ville étudiée (la ville de Tébessa) et déterminer le nord (Fig14). (RunEnergieSimulation)

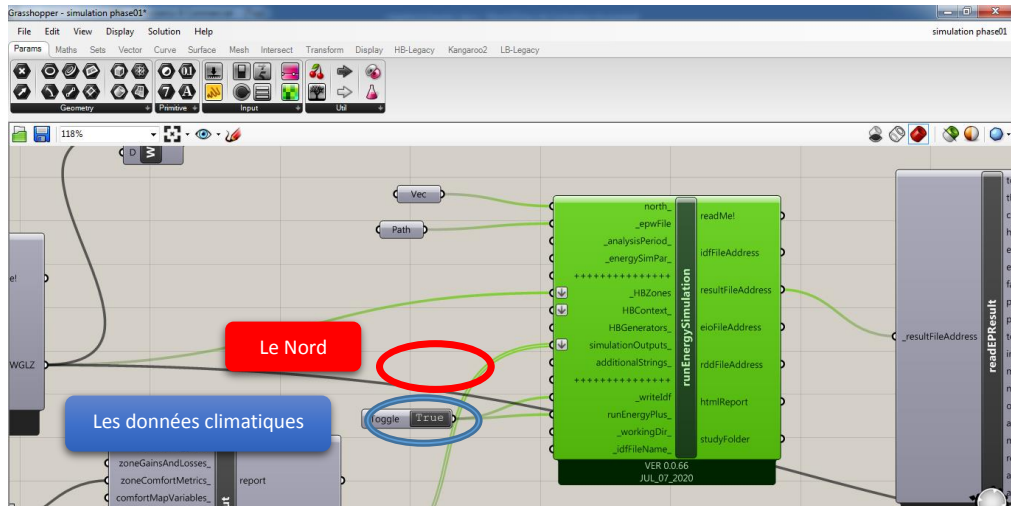


Fig4. 14 : la formule de la simulation (RunEnergySimulation)

Source : Rhinocéros+ladybug+honeybee , traité par l'auteur

Après on sélectionne les zones d'étude de la simulation. (Mass2Zone)

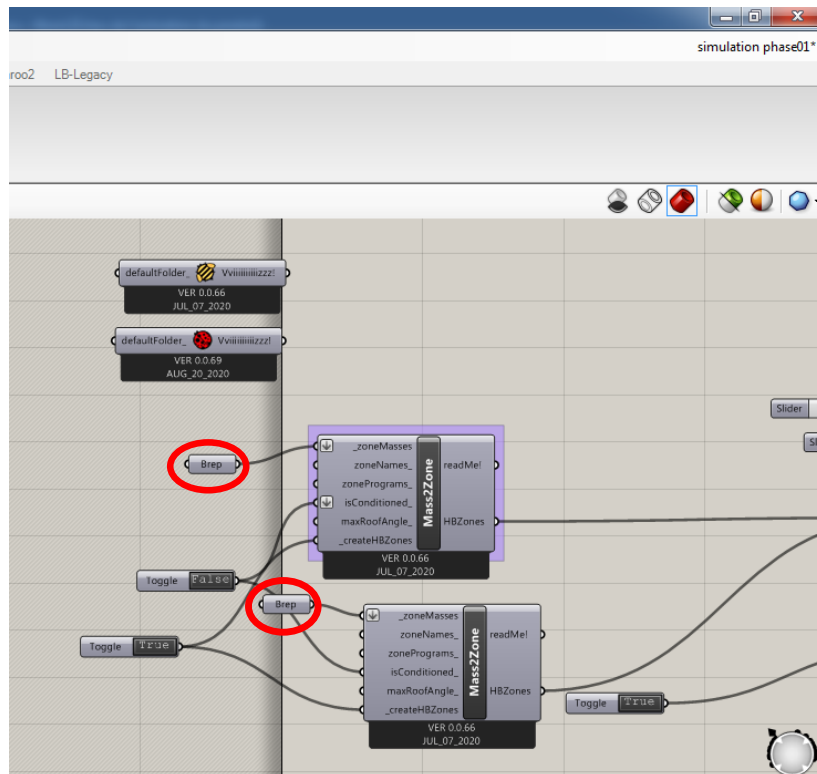


Fig4. 15 : la formule de la simulation (Mass2Zone)

Source : Rhinocéros+ladybug+honeybee , traité par l'auteur

Enfin, on choisit les orientations et les pourcentages des ouvertures. (glazingcrartor)

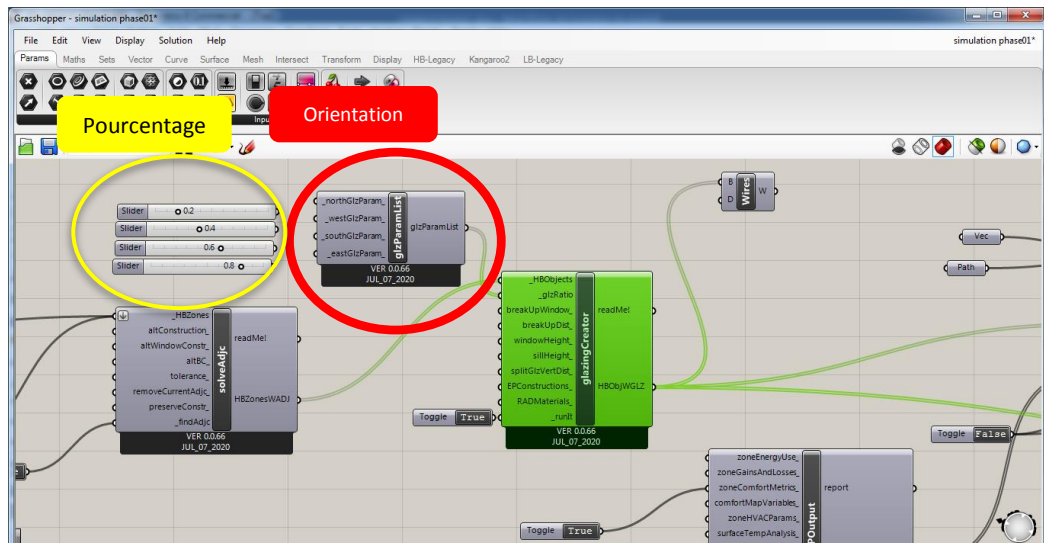


Fig4. 16: la formule de la simulation (glazingcrartor)

Source : Rhinocéros+ladybug+honeybee, traité par l'auteur

6.2. Protocole du volume de départ de la conception :

On va faire une simulation pour les 4 volumes avec les mêmes proportions

- Un cube.
- Un parallélépipède orienté vers le sud et le nord.
- Un parallélépipède orienté vers l'Ouest et l'Est.
- Un cylindre.

6.3. Protocole de la simulation de la serre chaude :

Premièrement, on choisit l'orientation du volume de la serre chaude. On a quatre orientations (SUD, SUD-EST, OUEST et NORD-OUEST). D'après les résultats de la simulation qu'on va obtenir, on fixe une orientation qui atteindra nos objectifs. Après on passe au choix des orientations des ouvertures et leur pourcentage. D'après la volumétrie de la serre, on a trois façades (Sud, Ouest et Nord), pour chacune on a essayé quatre différents pourcentages des ouvertures (20%, 40%, 60%, 80%), chaque proposition nous donne deux résultats : la température en C° et l'humidité en %. (Fig18)

6.4. Protocole de la simulation de la serre froide :

Premièrement, on choisit l'orientation du volume de la serre chaude. On a quatre orientations (SUD, SUD-EST, EST et NORD-EST). D'après les résultats de la simulation qu'on va obtenir, on fixera une orientation qui atteindra nos objectifs. Après on passe au choix des orientations des ouvertures et leur pourcentage. D'après la volumétrie de la serre, on a trois façades (Sud, Est et Nord), pour chacune on a essayé quatre différents pourcentages des ouvertures (20%, 40%, 60%, 80%), chaque proposition nous donne deux résultats : la température en C° et l'humidité en %. (Fig19)

6.5. Protocole de la simulation de la serre tempéré :

D'après la volumétrie de la serre, on a trois façades (Sud, Ouest et Nord), pour chacune on a essayé quatre différents pourcentages des ouvertures (20%, 40%, 60%, 80%), chaque proposition nous donne deux résultats : la température en C° et l'humidité en %. On choisit la meilleure orientation et pourcentage pour atteindre nos objectifs. (Fig20)

7. les scenarios :

D'après les paramètres et le protocole suivi, on va avoir :

- Le volume de départ (4 scenarios)
- La serre chaude (4+(3*4) scenarios)
- La serre froide (4+(3*4) scenarios)
- La serres tempéré (2*4 scenarios)

Le totale est : 44 scenarios.

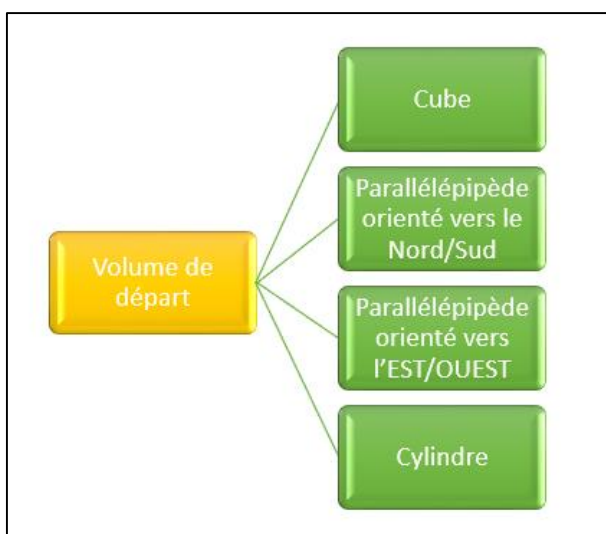


Fig4.17 : scenarios du volume de départ

Source : Auteur,2021

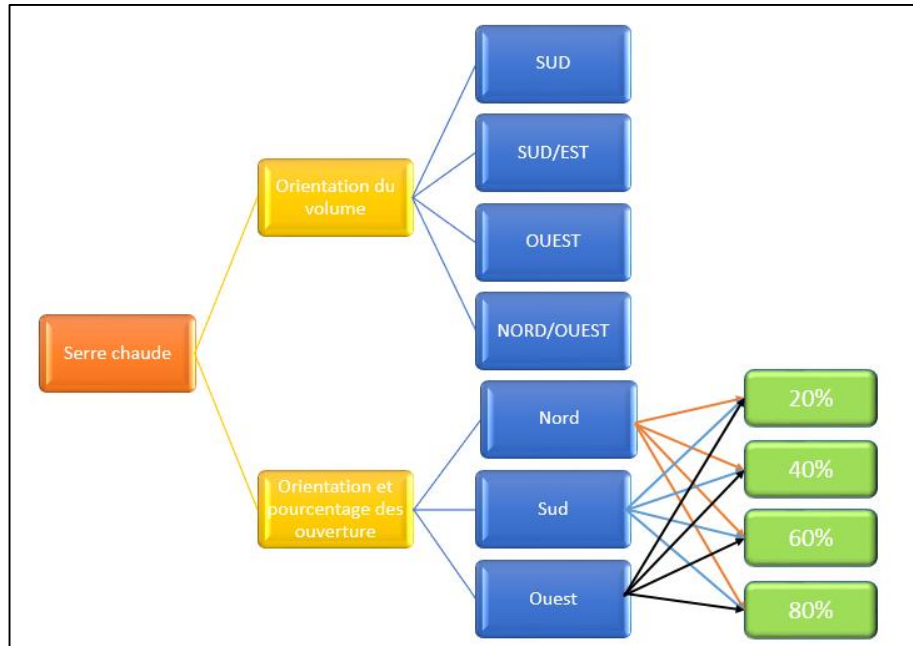


Fig4.18 : scenarios de la serre chaude /source : Auteur,2021

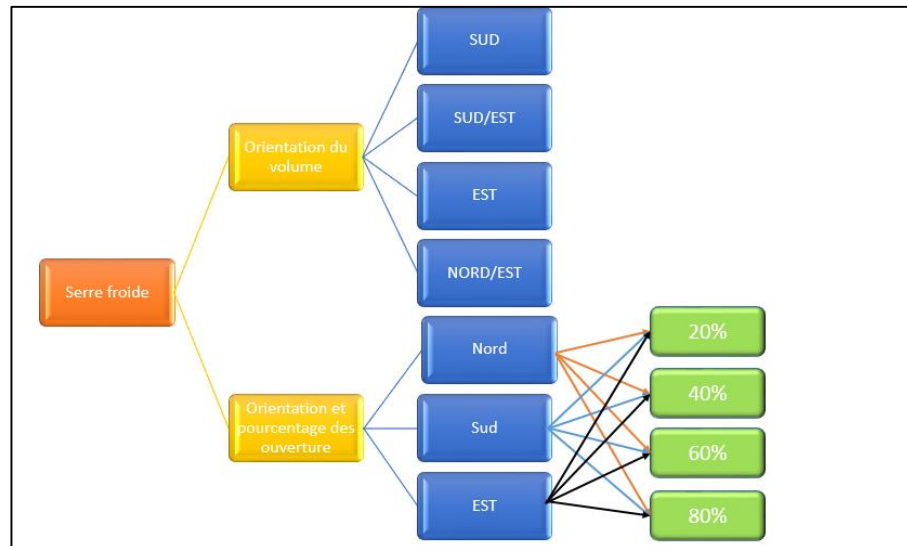


Fig4.19 : scenarios de la serre froide /Source : Auteur,2021

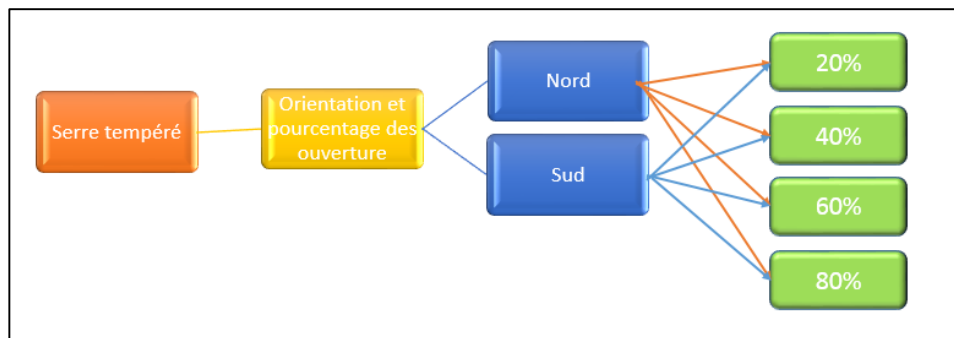


Fig4.20 : scenarios de la serre tempérée / Source : Auteur,2021

Conclusion :

Analyse des études précédentes est une phase essentielle et très importante pour chaque recherche scientifique, car elle nous a guidé à bien choisir la méthode et l'outil de l'analyse qui convient à notre travail, en plus elle nous a aidé à éviter les erreurs et les obstacles possibles durant cette phase d'étude.

Actuellement, la simulation numérique est devenue nécessaire pour l'amélioration, l'évolution et la bonne exécution du projet lors de la phase conceptuelle ou même pour des projets existants (opération de rénovation par exemple).

Nous avons fixé dans la dernière phase de ce chapitre le protocole de la simulation, les résultats de la simulation seront exposés, commentés et analysés lors du dernier chapitre de cette recherche.

Chapitre 05 :
**Application de la simulation et
amélioration du projet**

Introduction :

Dans ce chapitre on va interpréter et analyser les résultats de la simulation obtenus en suivant protocole du chapitre précédant, pour améliorer la conception initiale. Après avoir proposé 44 scénarios on passe à la présentation et l'interprétation de ces derniers. Nous suggérons aussi à la fin de ce chapitre des techniques et des solutions qui seront utilisées dans la conception, pour atteindre nos objectifs qui consistent à créer des différents micro-climats.

1. Analyse des résultats de simulation :

Notre projet d'étude, qui est un centre de recherche et de développement agronomique, est composé et structuré en (02) deux espace : l'espace de travail et les serres.

On a basé l'étude de la simulation sur les serres pour améliorer leurs micro-climats à travers l'enveloppe architecturale. Mais aussi on a utilisé la simulation dans les premiers pas la conception du centre de recherche.

Cette simulation est organisée en plusieurs étapes :

La première étape : nous choisissons le volume optimal pour le départ de notre conception du centre de recherche.

La deuxième étape : on va choisir la meilleure orientation de chacune des serres

La troisième étape : on va adopter la meilleure orientation et on va vérifier l'impact du pourcentage des ouvertures par rapport à la température et l'humidité relative.

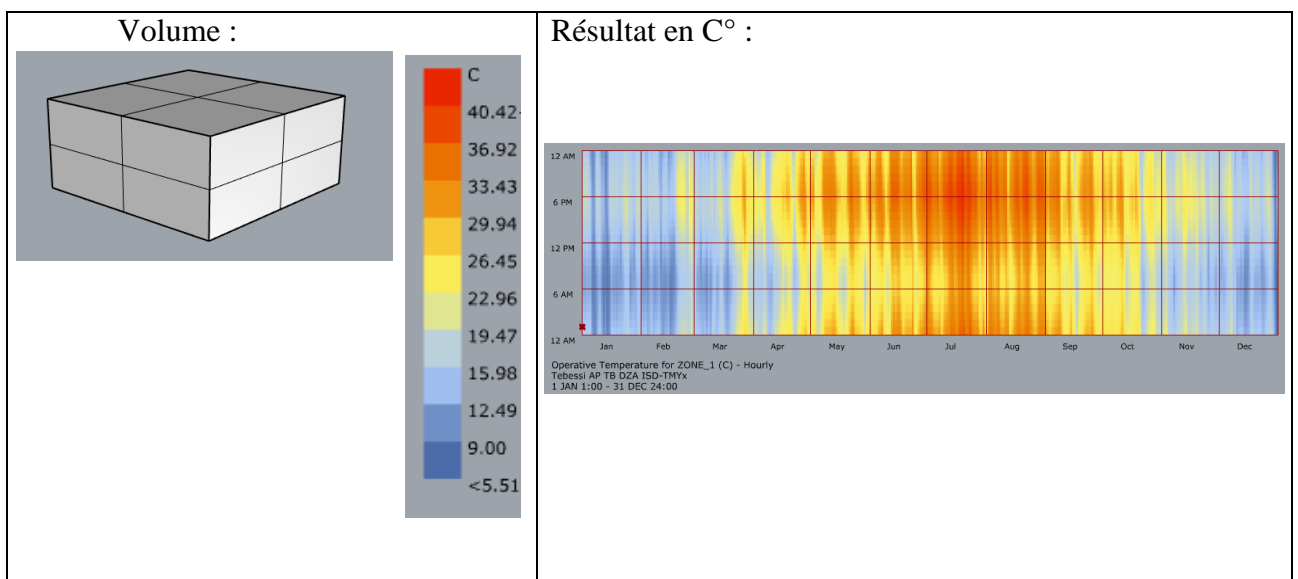
1.1. Le volume de départ :

On a fait une comparaison entre les trois (03) différents volumes : cube(42000m³), Parallélépipède(38940m³) et cylindre(42000m³), pour qu'on puisse choisir le meilleur volume qui aidera à créer un micro-climat satisfaisant.

Le paramètre variable : volume du projet

Les donner climatiques : On prend les données climatiques de la wilaya de Tébessa,

1.1.1. Cube :



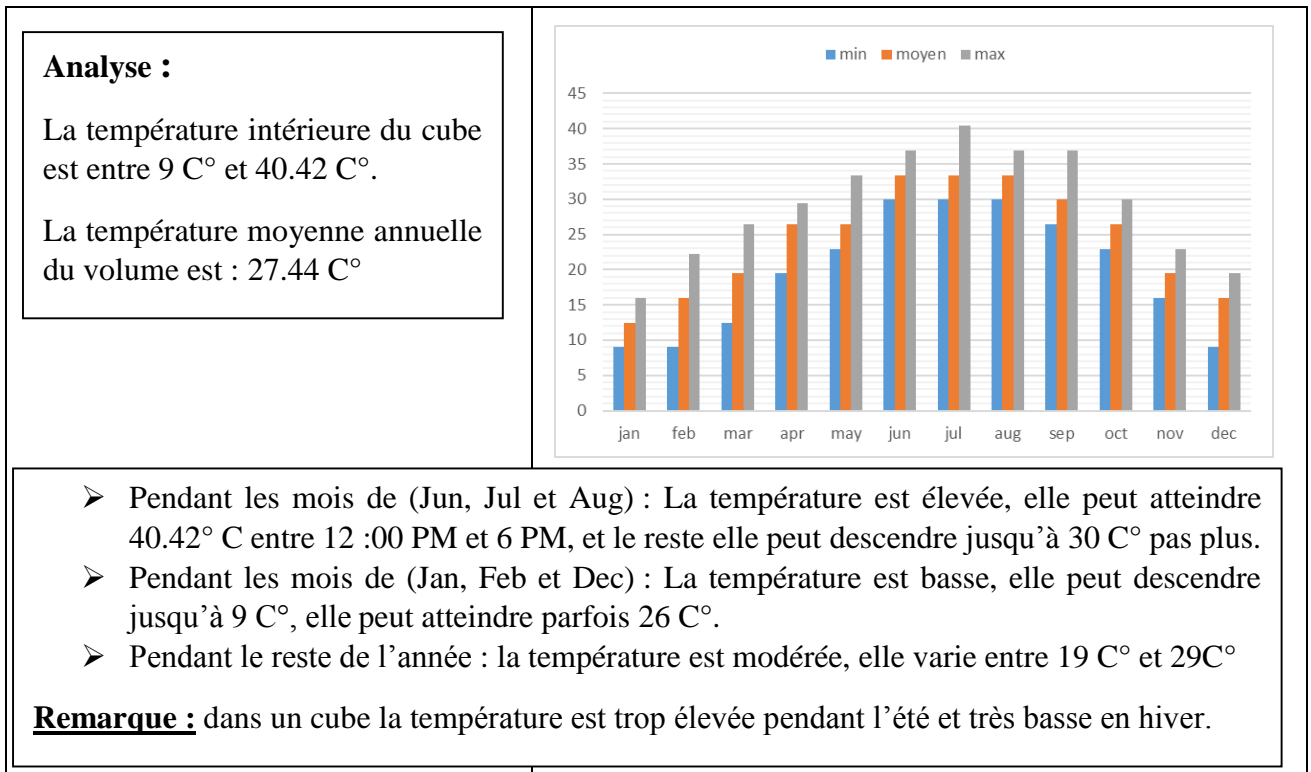
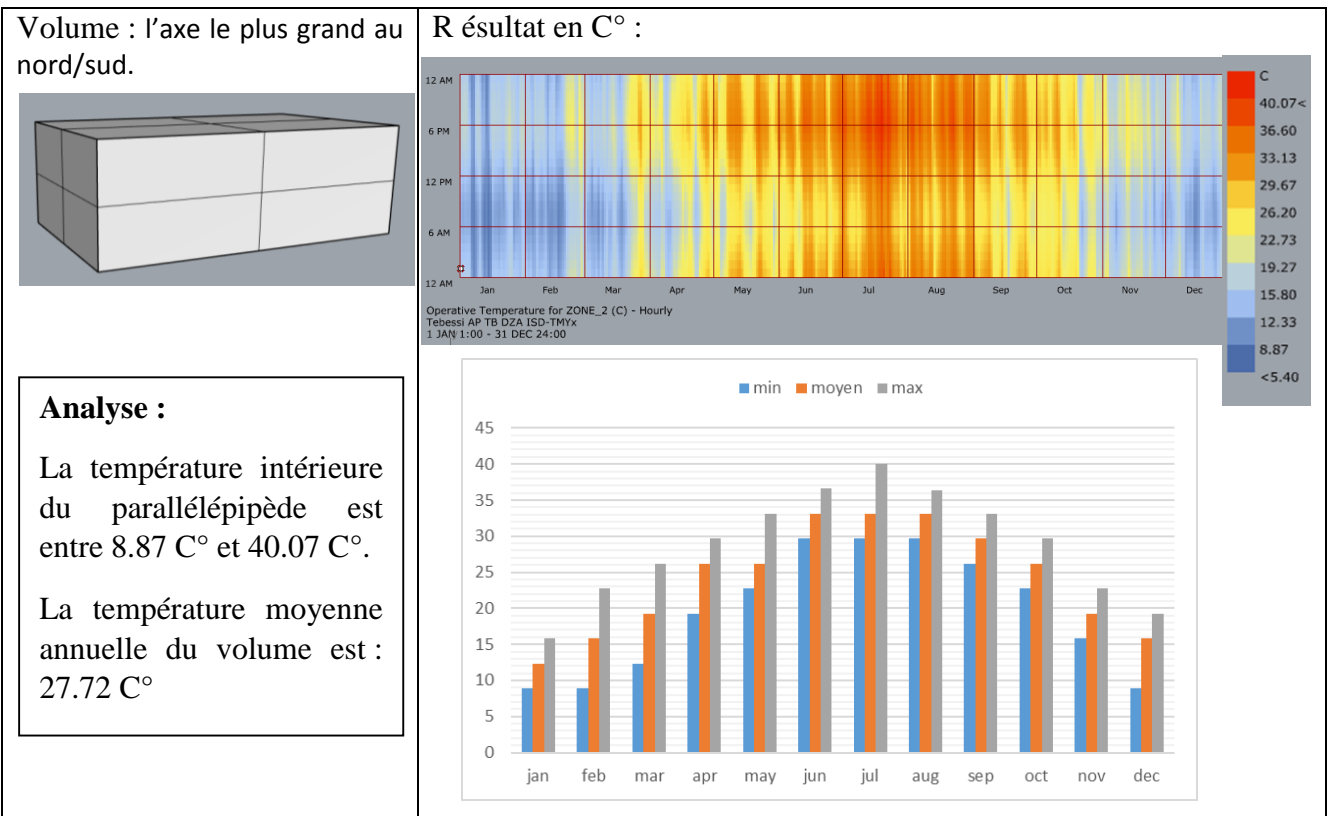


Tableau 5.01 : résultat de simulation de la température dans Cube /Source : Auteur ,2021

1.1.2. Parallélépipède :

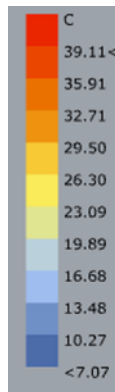
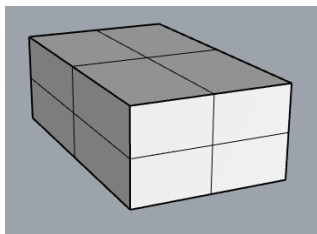


- Pendant les mois de (Jun, Jul et Aug) : La température est élevée, elle peut atteindre 40.07° C entre 12 :00 PM et 12 AM, et le reste elle peut descendre jusqu'à 26 C°.
- Pendant les mois de (Jan, Feb et Dec) : La température est basse, elle peut descendre jusqu'à 8.87 C°, elle peut atteindre parfois 26 C°.
- Pendant le reste de l'année : la température est modérée varie entre 19 C° et 29 C°.

Remarque : dans un parallélépipède la température dans cette orientation est trop élevée en été et très basse en hiver.

Tableau5. 02 : résultat de simulation de la température dans Parallélépipède (l'axe le plus grand au nord/sud). /Source : Auteur,2021

Volume : l'axe le plus grand au EST/OUEST :

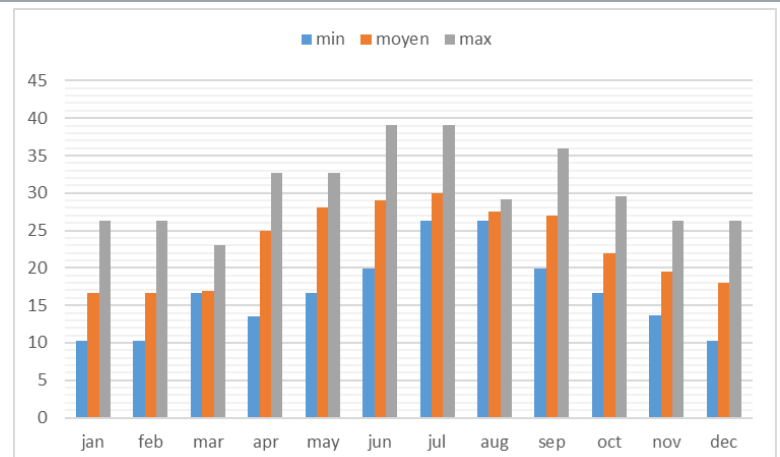
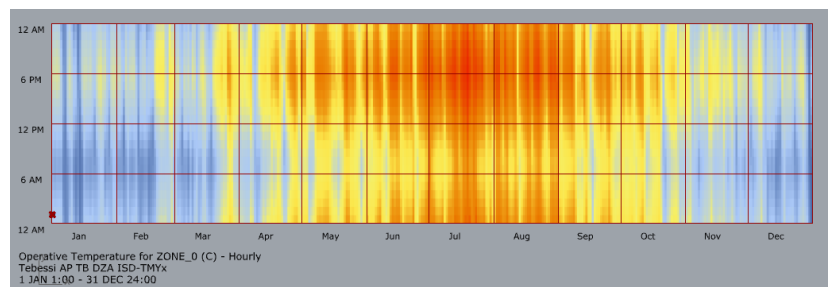


Analyse :

La température intérieure du parallélépipède est entre 10.27 C° et 39.11 C°.

La température moyenne annuelle du volume est : 27.45 C°

Résultat en C° :



- Pendant les mois de (Jun, Jul et Aug) : La température au cours de ces mois est élevée, elle peut atteindre 39.11° C entre 12 :00 PM et 12 AM, et le reste elle peut descendre jusqu'à 26.30C°.
- Pendant les mois de (Jan, Feb et Dec) : La température est basse, elle peut descendre jusqu'à 10.27 C°, elle peut atteindre parfois 26 C°.
- Pendant le reste de l'année : la température est modérée varie entre 19 C° et 29 C°.

Remarque : dans un parallélépipède la température dans cette orientation est élevée en été et très basse en hiver.

Tableau 5.03 : résultat de simulation de la température dans un Parallélépipède l'axe le plus grand vers le EST-OUEST) /Source : Auteur,2021

1.1.3. Cylindre :

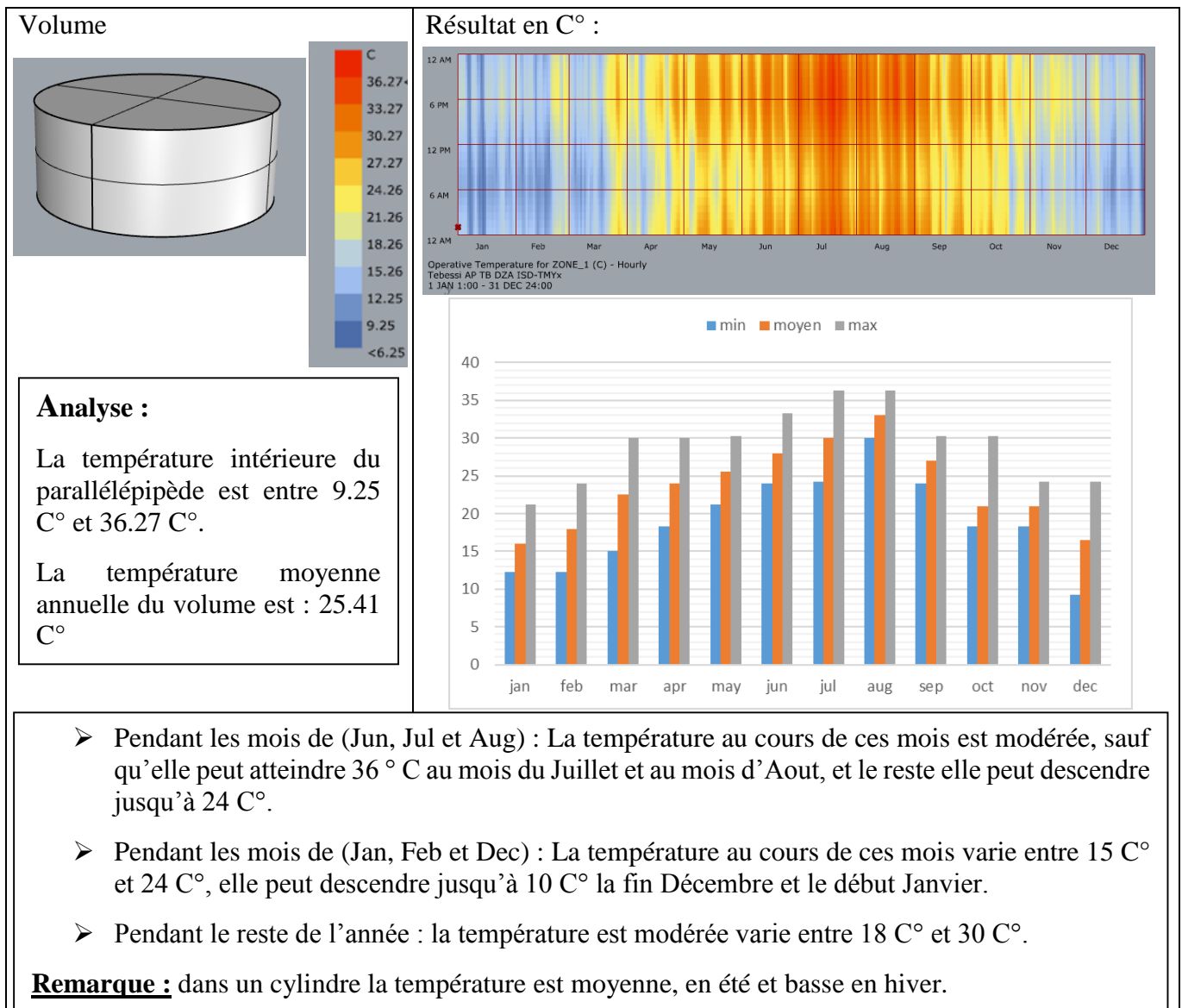


Tableau 5.04 : résultat de simulation de la température dans cylindre /Source : Auteur,2021

1.1.4. Synthèse :

Par une simple comparaison des trois résultats précédents, on voit clairement que le cylindre est le meilleur volume pour atteindre notre objectif qui est de créer un micro-climats satisfaisant dans le projet d'étude qui est un centre de recherche et de développement agronomique, puisque la température de ce volume est moyenne, elle ne dépasse pas 36 C° en été, bien que la température soit très élevée à l'extérieur. Et en hiver la température baisse mais elle ne dépasse pas 9.25C°.

Le choix du volume va nous guider dans notre conception, qui sera basé sur des cylindres et des courbes.

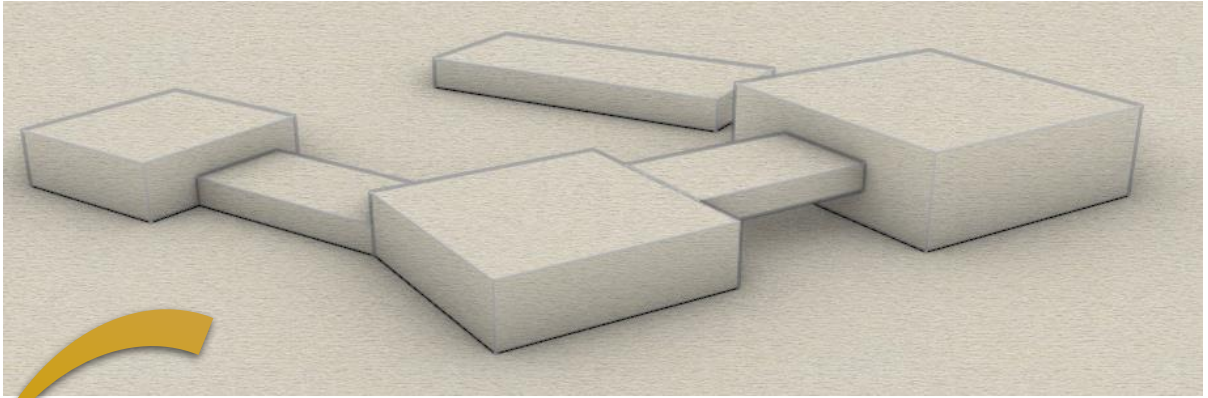


Fig5.01: la volumétrie avant les résultats de la simulation /Source : Auteur,2021

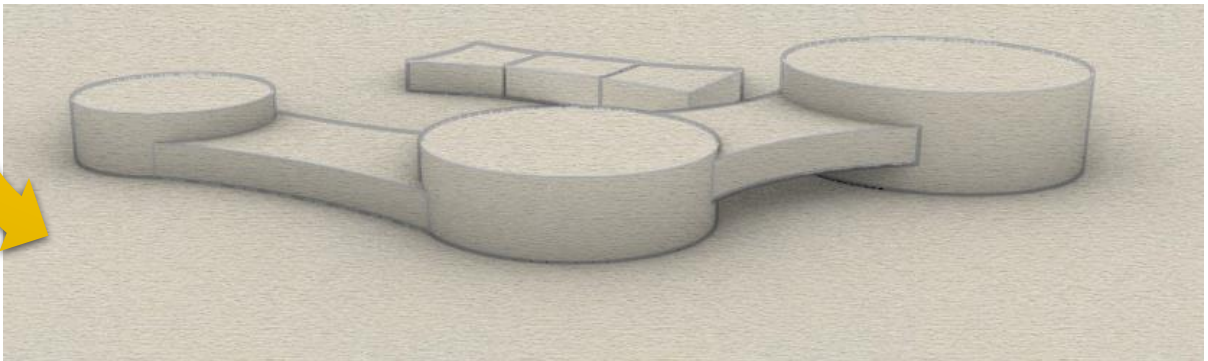


Fig5.02 : la volumétrie après les résultats de la simulation /Source : Auteur,2021

1.2. Les serres :

La simulation des serres passera par plusieurs étapes successives, Le début est de choisir la meilleure orientation du volume. Après avoir fixé l'orientation, nous passons à l'étape suivante, qui a le but de choisir la meilleur orientation et pourcentage des ouvertures par rapport à la température et á l'humidité relative. Chacune des trois serres doit passer par toutes ces étapes, car chaque serre a des conditions et des objectifs à atteindre différent des autres.

1.2.2. Serres chaude :

- La température d'une serre chaude doit être entre 18 C° et 30 C°
- L'humidité d'une serre chaude doit être entre 45% et 75%

1.2.2.1. L'orientation du volume :

Le paramètre variable : l'orientation (SUD, SUD-EST, OUEST et NORD-OUEST)

Les paramètres constants :

Les donner climatiques : On prend les données climatiques de la wilaya de Tébessa,

La volumétrie.

a. Sud :

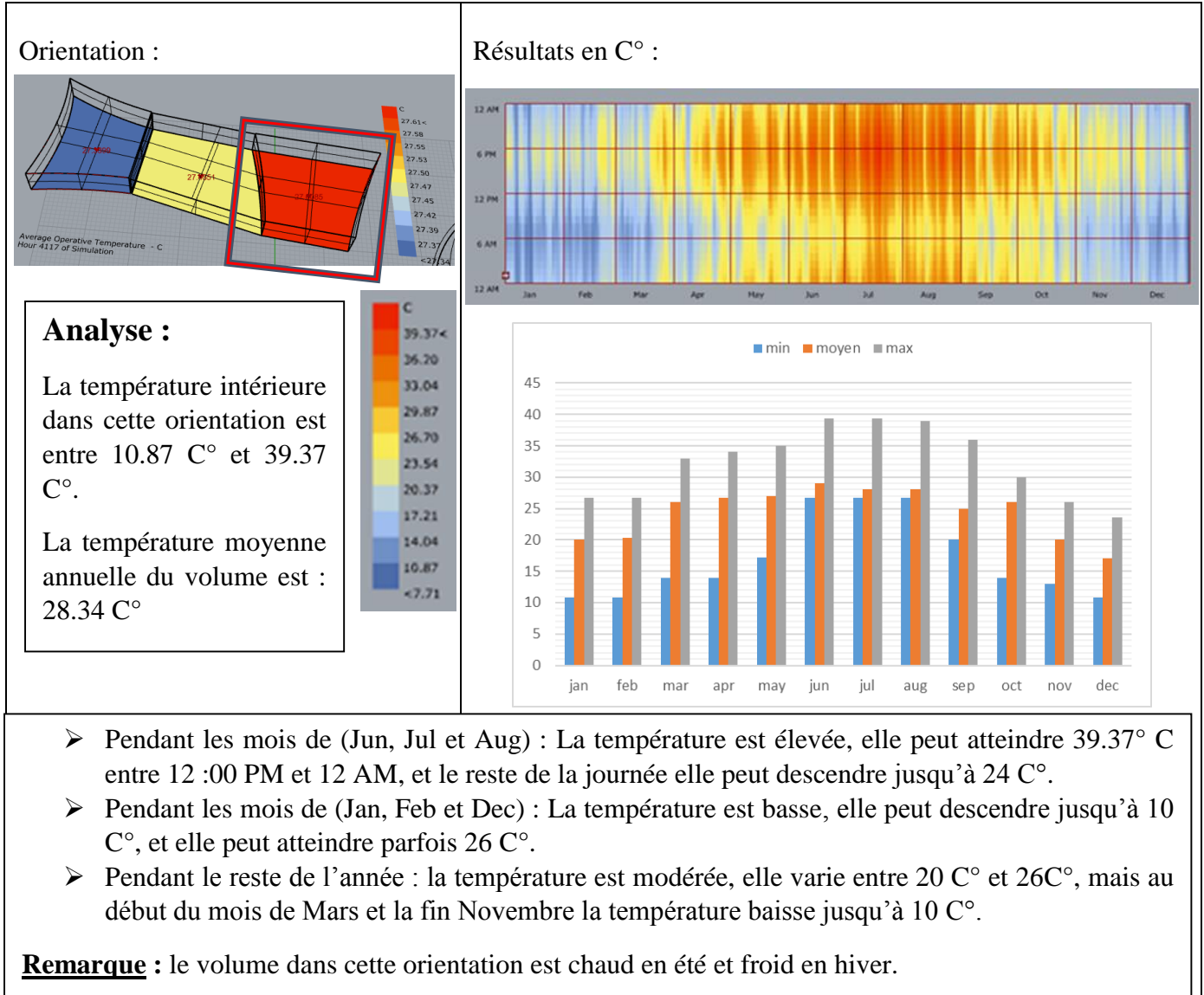
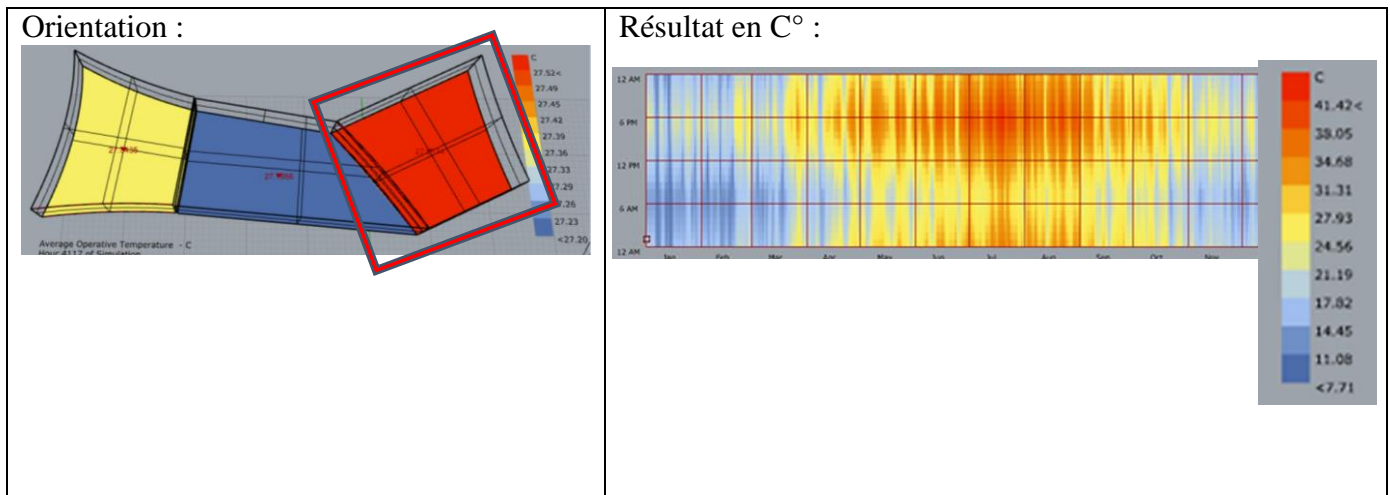


Tableau5. 05 : la serre chaude orienté vers le sud et leur résultat en C° /Source : Auteur,2021

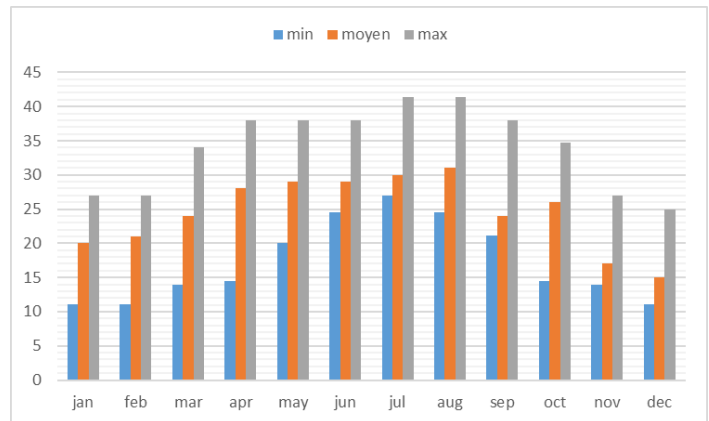
b. Sud-Est :



Analyse :

La température intérieure dans cette orientation est entre 11.08 C° et 41.42 C°.

La température moyenne annuelle du volume est : 28.59 C°



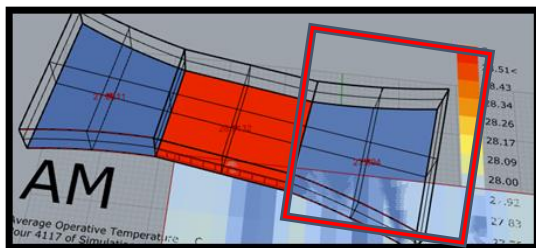
- Pendant les mois de (Jun, Jul et Aug) : La température est très élevée, elle peut atteindre 41.42°C entre 12 :00 PM et 12 AM, et le reste de la journée elle peut descendre jusqu'à 25 C°.
- Pendant les mois de (Jan, Feb et Dec) : La température est basse, elle peut descendre jusqu'à 11 C°, et elle peut atteindre parfois 27 C°.
- Pendant le reste de l'année : la température est modérée, elle varie entre 17 C° et 27C°.

Remarque : le volume dans cette orientation est très chaud en été et modéré en hiver.

Tableau 5.06 : la serre chaude orienté vers le sud-Est et leur résultat en C° /Source : Auteur,2021

c. Ouest :

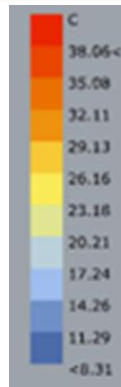
Orientation :



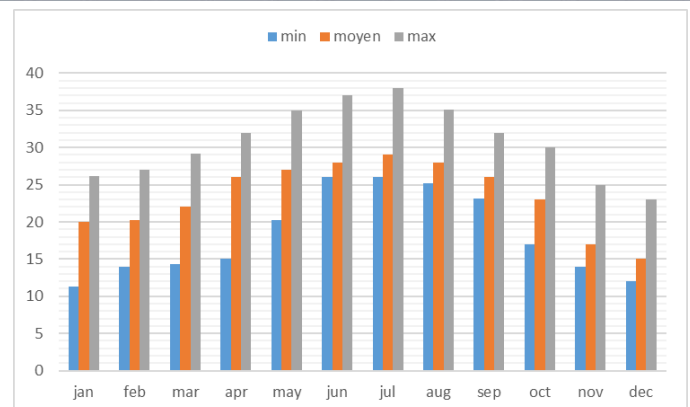
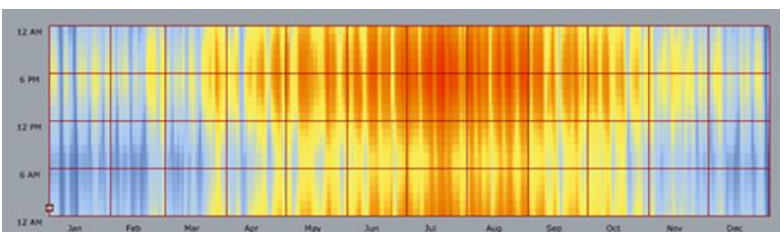
Analyse :

La température intérieure dans cette orientation est entre 11.29 C° et 38.06 C°.

La température moyenne annuelle du volume est : 27.83 C°



Résultat en c° :



- Pendant les mois de (Jun, Jul et Aug) : La température est moyenne, elle peut atteindre 38 °C entre 12 :00 PM et 12 AM, et le reste des jours elle peut descendre jusqu'à 20C°.
 - Pendant les mois de (Jan, Feb et Dec) : La température est basse, elle peut descendre jusqu'à 12 C°, et elle peut atteindre parfois 32 C°.
 - Pendant le reste de l'année : la température est modérée varie entre 17 C° et 30 C°.
- Remarque :** le volume dans cette orientation est chaud en été et modéré en hiver.

Tableau5.07: la serre chaude orienté vers l'ouest et leur résultat en C° /Source : Auteur,2021

d. Nord-Ouest :

Orientation :

Résultat en C° :

Month	min (C°)	moyen (C°)	max (C°)
jan	11.12	18.22	25.31
feb	11.12	18.22	25.31
mar	14.67	21.76	28.86
apr	18.22	25.31	32.41
may	21.76	28.86	35.96
jun	25.31	32.41	39.51
jul	28.86	35.96	43.06
aug	25.31	32.41	39.51
sep	21.76	28.86	35.96
oct	18.22	25.31	32.41
nov	14.67	21.76	28.86
dec	11.12	18.22	25.31

Analyse :

La température intérieure dans cette orientation est entre 11.12 C° et 43.06 C°.

La température moyenne annuelle du volume est : 28.66 C°

- Pendant les mois de (Jun, Jul et Aug) : La température est très élevée, elle peut atteindre 43.06 ° C entre 12 :00 PM et 12 AM, et le reste de la journée elle peut descendre jusqu'à 28 C°.
- Pendant les mois de (Jan, Feb et Dec) : La température au cours de ces mois est basse, elle peut descendre jusqu'à 11.12 C°, et elle peut atteindre parfois 30 C°.
- Pendant le reste de l'année : la température est chaude, elle varie entre 20 C° et 35 C°.

Remarque : le volume dans cette orientation est très chaud en été et en hiver.

Tableau5.08: la serre chaude orienté vers le Nord-ouest et leur résultat en C°/Source : Auteur,2021

Synthèse :

Lors de la comparaison des résultats précédents, on a choisi la meilleure orientation qui permettra d'atteindre nos objectifs souhaités, qui est l'orientation ouest. Cette orientation garantit une température presque modérée entre l'hiver et l'été, et elle ne dépasse pas les 14 C° 38C°.

Après avoir fixé l'orientation du volume on passe à l'orientation et pourcentage des ouvertures par rapport à la température et l'humidité relative.

1.2.1.2. L'orientation des ouvertures :

Le paramètre variable : l'orientation des ouvertures (SUD, OUEST et NORD)

Pourcentage des ouvertures (20%, 40%, 60% et 80%)

Les paramètres constants :

Les mois : toutes l'année.

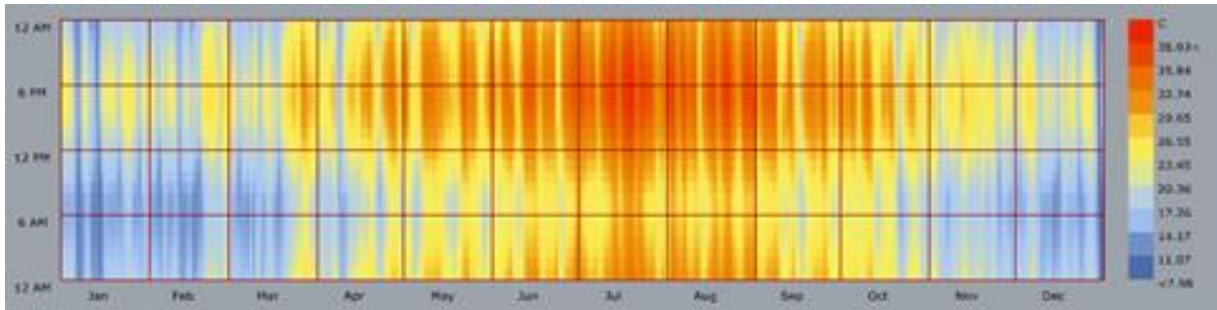
Le temps : Tous les jours.

Les donner climatiques : On prend les données climatiques de la wilaya de Tébessa,

La volumétrie.

a. Sud (20%) :

Résultat en C° :



Résultat d'humidité en % :

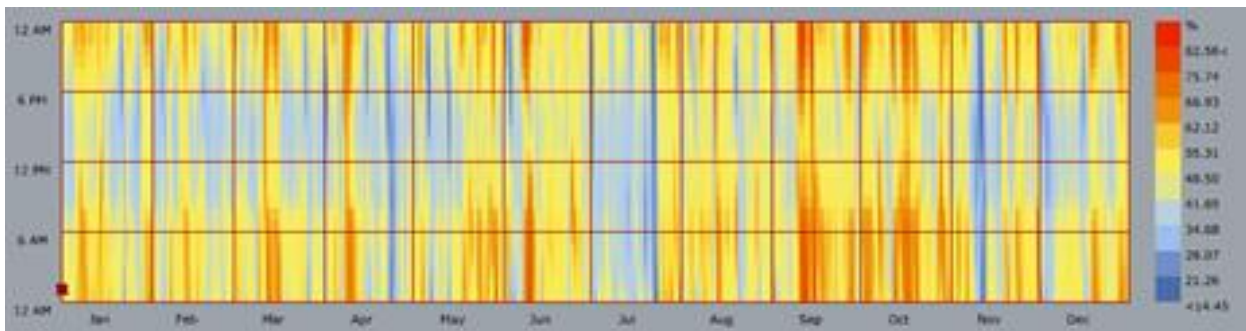


Tableau5.09: résultats de température et humidité relatives pour les ouvertures orienté vers le sud avec un pourcentage de 20% / Source : Auteur

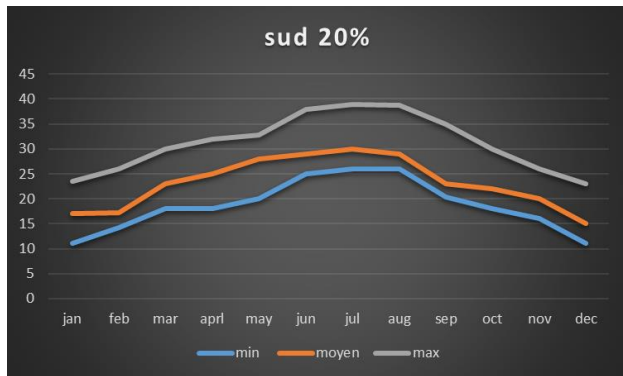


Fig5.03: les résultats en C° pour la serre chaude, ouverture orienté vers le sud avec un pourcentage de 20%/Source : Auteur,2021

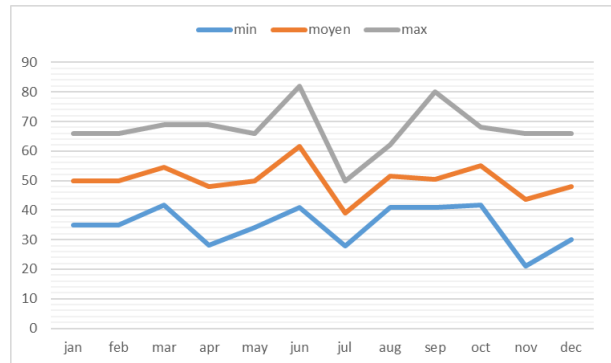


Fig5.04 : les résultats d'humidité en % pour la serre chaude, ouverture orienté vers le sud avec un pourcentage de 20%/Source : Auteur,2021

Analyse :

a.1. Température :

La température intérieure dans cette orientation sud avec un pourcentage de 20 % est entre 11.07C° et 38.93 C°.

- Pendant les mois de (Jun, Jul et Aug) : La température peut atteindre 38.93 ° C entre 12:00 PM et 12 AM, et le reste de la journée elle peut descendre jusqu'à 26 C°.
- Pendant les mois de (Jan, Feb et Dec) : La température peut descendre jusqu'à 11.07 C°, et elle peut atteindre parfois 30 C°.
- Pendant le reste de l'année : la température varie entre 20 C° et 35C°.

a.2. L'humidité relative :

L'humidité relative intérieure dans l'orientation sud avec un pourcentage de 20 % est entre 21.26 % et 82.56 %

- Pendant les mois de (Jun, Jul et Aug) : l'humidité entre 75 % et 55%, sauf le mois de Juillet l'humidité descendre jusqu'à 21% et le début de Juin l'humidité atteindre jusqu'à 82 %.
- Pendant les mois de (Jan, Feb et Dec) : du 12 :00 AM au 06 :00 AM et du 6 :00 PM au 12 :00 AM, dans cette période elle varie entre 50% et 75%. Pendant la période du 12 :00 PM au 06 :00 PM varie entre 50% et 34%.
- Pendant le reste de l'année : l'humidité relative dans les mois : septembre, octobre et mai, elle varie entre 60% et 82%. Les reste des mois l'humidité est modéré, sauf la fin d'Avril elle descend jusqu'à 20%.

Remarque :

Par rapport à l'état initial sans ouverture : avec cette orientation et pourcentage on trouve que la température intérieure modéré et l'humidité relative est très élevées.

Par rapport à nos objectifs : la température et très base on hiver et modéré en été, l'humidité relative est modéré.

b. SUD (40%) :

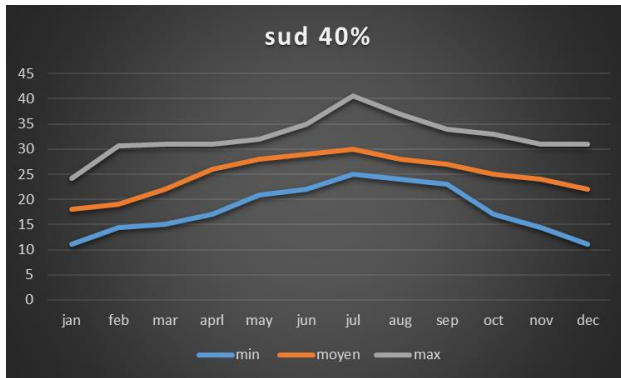


Fig5.05 : les résultats en C° pour la serre chaude, ouverture orienté vers le sud avec un pourcentage de 40%/Source : Auteur,2021

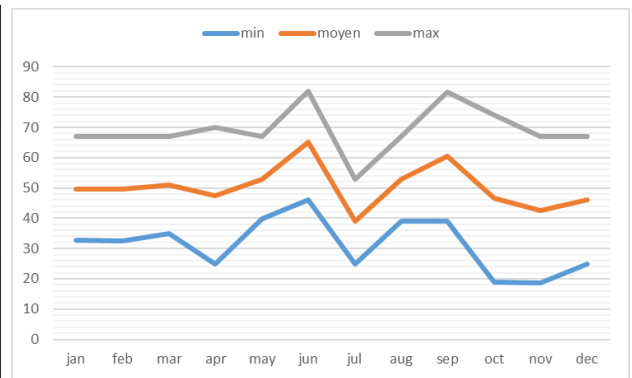


Fig5.06 : les résultats en C° pour la serre chaude, ouverture orienté vers le sud avec un pourcentage de 40%/Source : Auteur,2021

Analyse :

b.1. Température :

La température intérieure dans l'orientation sud avec un pourcentage de 40 % est entre 11.07 C° et 40.50 C°.

- Pendant les mois de (Jun, Jul et Aug) : La température peut atteindre 40.50° C entre 12:00 PM et 12 AM, et le reste de la journée elle peut descendre jusqu'à 24 C°.
- Pendant les mois de (Jan, Feb et Dec) : La température peut descendre jusqu'à 11.07 C°, et elle peut atteindre parfois 30 C°.
- Pendant le reste de l'année : la température varie entre 20 C° et 35C°.

b.2. L'humidité relative :

L'humidité relative intérieure dans l'orientation sud avec un pourcentage de 40 % est entre 16.68 % et 81.78 %

- Pendant les mois de (Jun, Jul et Aug) : l'humidité relative varie entre 67 % et 50%, sauf le mois de Juillet l'humidité descend jusqu'à 35 % et le début de Juin l'humidité atteindre jusqu'à 81 %
- Pendant les mois de (Jan, Feb et Dec) : du 12 :00 AM au 12 :00 PM et du 6 :00 PM au 12 :00 AM, dans cette période elle varie entre 60% et 70%., mais dans la période du 12 :00 PM au 06 :00 PM l'humidité descende, elle varie entre 50% et 34%.
- Pendant le reste de l'année : pendant le mois du septembre, elle atteindre jusqu'à 81%au début de ce mois. Les reste des mois l'humidité est modéré, sauf quelques jours du mois de Novembre elle descend jusqu'à 16.68 %.

Remarque :

Par rapport à l'état initial sans ouverture : avec cette orientation et pourcentage on trouve que la température intérieure et l'humidité sont élevées.

Par rapport à nos objectifs : la température est modérée en été, sauf quelque jour en JUN et AUG elle augmente, l'humidité relative est modéré.

c. Sud (60%) :

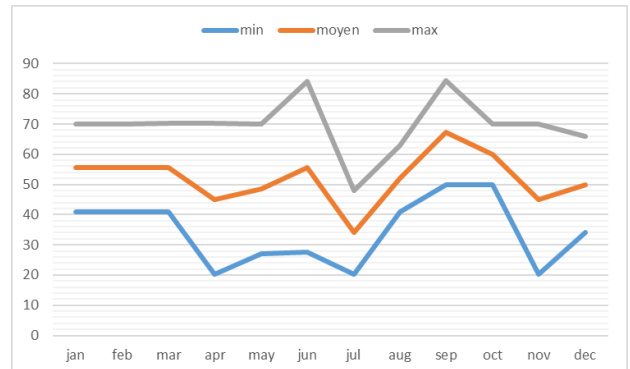
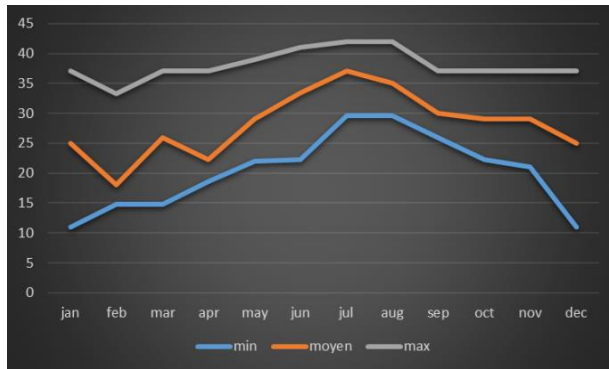


Fig5.07 : les résultats en %pour la serre chaude, ouverture orienté vers le sud avec un pourcentage de 60%/Source : Auteur,2021

Fig 5.08 : les résultats en C° pour la serre chaude, ouverture orienté vers le sud avec un pourcentage de 60%/Source : Auteur,2021

Analyse :

c.1. Température :

La température intérieure dans l’orientation sud avec un pourcentage de 60 % est entre 11.05 C° et 42.01C°.

- Pendant les mois de (Jun, Jul et Aug) : La température peut atteindre 42.01° C entre 12:00 PM et 12 AM, et le reste de la journée elle peut descendre jusqu’à 28 C°.
- Pendant les mois de (Jan, Feb et Dec) : La température elle peut descendre jusqu’à 11.05 C°, et elle peut atteindre parfois 35C°.
- Pendant le reste de l’année : la température varie entre 20 C° et 37 C°.

c.2. L’humidité relative :

L’humidité relative intérieure dans l’orientation sud avec un pourcentage de 60 % est entre 20.36 % et 84.47 %

- Pendant les mois de (Jun, Jul et Aug) : l’humidité relative varie entre 70 % et 34%, sauf le mois de Juin l’humidité atteindre jusqu’à 84 %.
- Pendant les mois de (Jan, Feb et Dec) : du 12 :00 AM au 12 :00 PM et du 6 :00 PM au 12 :00 AM, dans cette période elle varie entre 60% et 77%., mais dans la période du 12 :00 PM au 06 :00 PM l’humidité descente, elle varie entre 50% et 40%.
- Pendant le reste de l’année : l’humidité relative atteindre jusqu’à 81%.

Remarque : Remarque :

Par rapport à l’état initial sans ouverture : avec cette orientation et pourcentage on trouve que la température intérieure et l’humidité sont élevées.

Par rapport à nos objectifs : la température est élevée, l’humidité relative est modéré, sauf les mois SPT et OCT elle augmente.

d. SUD (80%) :

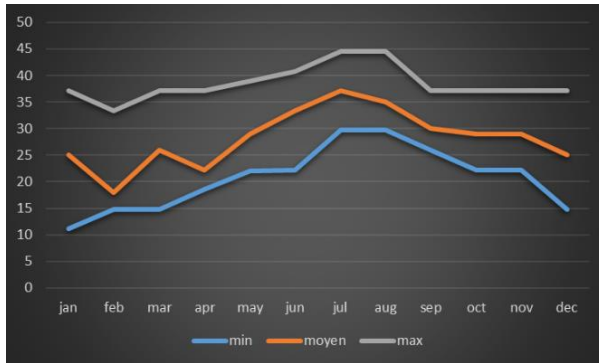


Fig5.09 : les résultats en C° pour la serre chaude, ouverture orienté vers le sud avec un pourcentage de 80%/Source : Auteur,2021

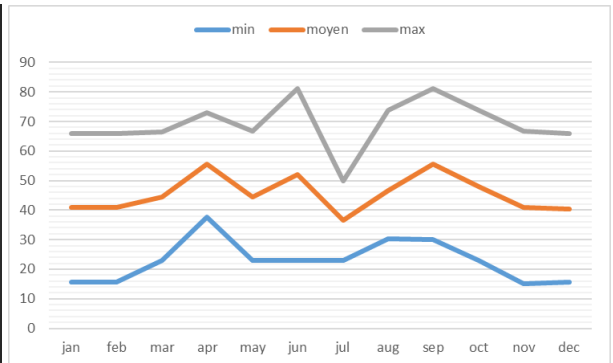


Fig5.10 : les résultats en % pour la serre chaude, ouverture orienté vers le sud avec un pourcentage de 80%/Source : Auteur,2021

Analyse :

d.1. Température :

La température intérieure dans l'orientation sud avec un pourcentage de 80 % est entre 11.13 C° et 44.50 C°.

- Pendant les mois de (Jun, Jul et Aug) : La température peut atteindre 44.50°
- Pendant les mois de (Jan, Feb et Dec) : La température est modérée, elle peut descendre jusqu'à 11.13C°, et elle peut atteindre parfois 43 C°, qui est la température maximale dans ces trois mois.
- Pendant le reste de l'année : la température varie entre 18 C° et 40.79C°.

d.2. L'humidité relative :

L'humidité relative intérieure dans l'orientation sud avec un pourcentage de 80 % est entre 15.73 % et 81.17 %

- Pendant les mois de (Jun, Jul et Aug) : l'humidité relative varie entre 73 % et 37%, sauf le mois de Juin l'humidité atteindra jusqu'à 81.17 %.
- Pendant les mois de (Jan, Feb et Dec) : du 12 :00 AM au 12 :00 PM et du 6 :00 PM au 12 :00 AM, dans cette période elle varie entre 59% et 73%., mais dans la période du 12 :00 PM au 06 :00 PM l'humidité descend, elle varie entre 23% et 44%.
- Pendant le reste de l'année : l'humidité relative peut atteindre jusqu'à 81%.

Remarque :

Par rapport à l'état initial sans ouverture : avec cette orientation et pourcentage on trouve que la température intérieure et l'humidité sont très élevées.

Par rapport à nos objectifs : la température et l'humidité sont très élevée.

e. Nord (20%) :

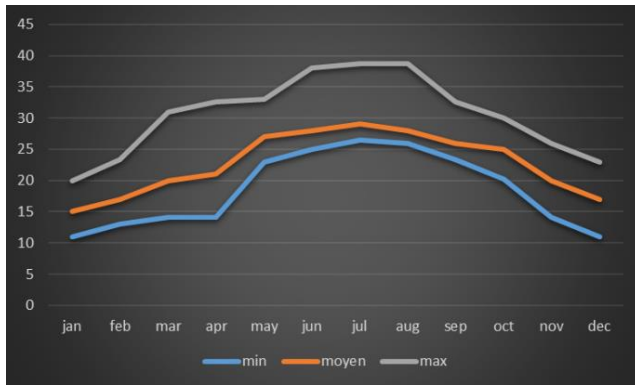


Fig5.11: les résultats en C° pour la serre chaude, ouverture orienté vers le Nord avec un pourcentage de 20%/Source : Auteur,2021

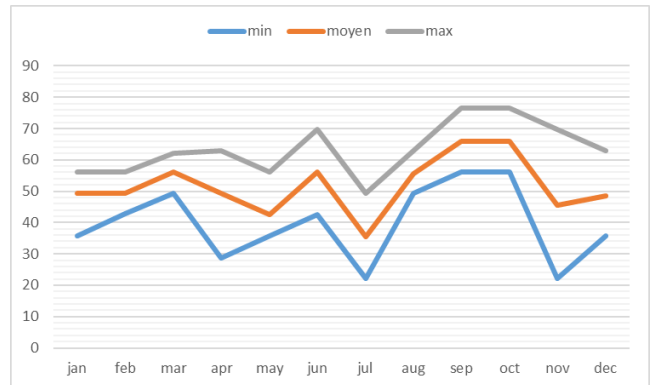


Fig5. 12 : les résultats en % pour la serre chaude, ouverture orienté vers le Nord avec un pourcentage de 20%/Source : Auteur,2021

Analyse :

e.1. Température :

La température intérieure dans l'orientation nord avec un pourcentage de 20 % est entre 11.02 C° et 38.78C°.

- Pendant les mois de (Jun, Jul et Aug) : La température varie entre 38.78° et 23°
- Pendant les mois de (Jan, Feb et Dec) : La température varie entre 11.02° et 20°.
- Pendant le reste de l'année : la température varie entre 14 C° et 23 C°.

e.2. L'humidité relative :

L'humidité relative intérieure dans l'orientation nord avec un pourcentage de 20 % est entre 83.22% et 22.10%

- Pendant les mois de (Jun, Jul et Aug) : l'humidité relative varie entre 56 % et 76%, sauf le mois de Juin l'humidité atteindre jusqu'à 83.22 %.
- Pendant les mois de (Jan, Feb et Dec) : l'humidité relative elle varie entre 42% et 69%.
- Pendant le reste de l'année : l'humidité relative est élevée, elle atteindre jusqu'à 83%.

Remarque :

Par rapport à l'état initial sans ouverture : avec cette orientation et pourcentage on trouve que la température intérieure est modérée et l'humidité est élevées.

Par rapport à nos objectifs : la température est modérée, l'humidité relative est élevée.

f. Nord (40%) :

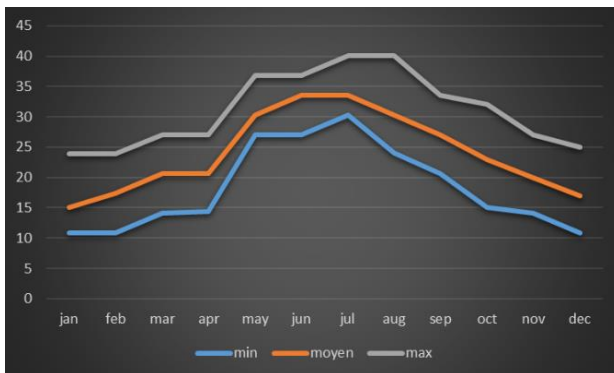


Fig5.13: les résultats en C° pour la serre chaude, ouverture orienté vers le Nord avec un pourcentage de 40%/Source : Auteur,2021

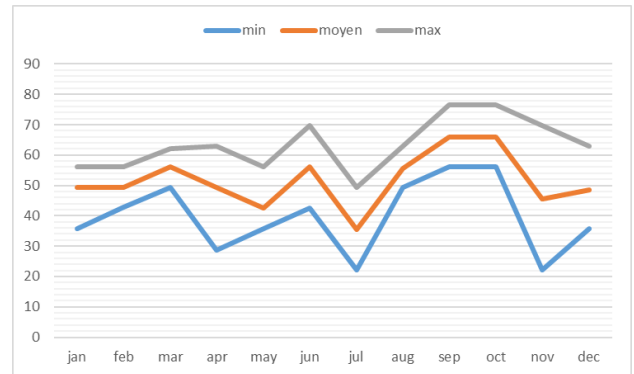


Fig5.14 : les résultats en C° pour la serre chaude, ouverture orienté vers le Nord avec un pourcentage de 40%/Source : Auteur ,2021

Analyse :

f.1. Température :

La température intérieure dans l’orientation nord avec un pourcentage de 40 % est entre 10.91C° et 40.03C°.

- Pendant les mois de (Jun, Jul et Aug) : La température varie entre 40°et 23°
- Pendant les mois de (Jan, Feb et Dec) : La température varie entre 10.91° et 20°.
- Pendant le reste de l’année : la température varie entre 14 C° et 30 C°.

f.2. L’humidité relative :

L’humidité relative intérieure dans l’orientation nord avec un pourcentage de 40 % est entre 83.80% et 22.33%

- Pendant les mois de (Jun, Jul et Aug) : l’humidité relative varie entre 50 % et 60%, sauf le mois de Juin l’humidité atteinde jusqu’à 83.80 % et au mois de juillet elle descend jusqu’à 21%.
- Pendant les mois de (Jan, Feb et Dec) : l’humidité relative varie entre 49% et 76%.
- Pendant le reste de l’année : l’humidité relative atteinde jusqu’à 83%.

Remarque :

Par rapport à l’état initial sans ouverture : avec cette orientation et pourcentage on trouve que la température intérieure base on hiver et élevé en été et l’humidité est élevées.

Par rapport à nos objectifs : la température est élevée en été et basse en hiver, l’humidité relative est modéré, sauf les mois SPT et OCT elle augmente.

g. Nord (60%) :

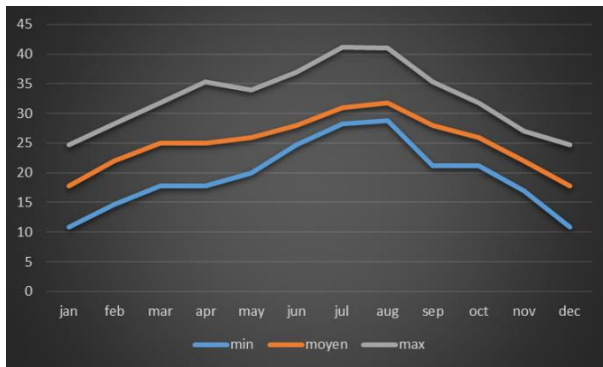


Fig5.15 : les résultats en C° pour la serre chaude, ouverture orienté vers le Nord avec un pourcentage de 60%/Source : Auteur ,2021

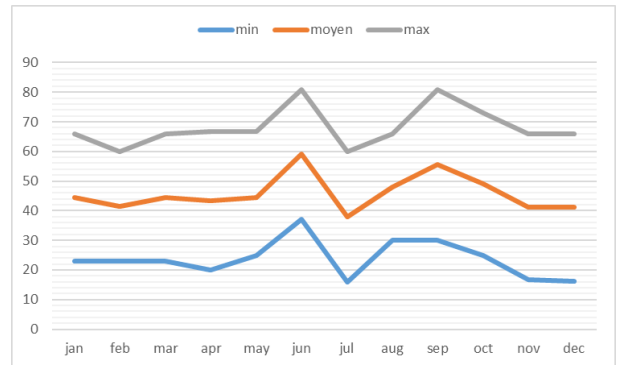


Fig5. 16 : les résultats en % pour la serre chaude, ouverture orienté vers le Nord avec un pourcentage de 60%/Source : Auteur,2021

Analyse :

g.1. Température :

La température intérieure dans l'orientation nord avec un pourcentage de 60 % est entre 10.81C° et 41.21C°.

- Pendant les mois de (Jun, Jul et Aug) : La température varie entre 41°et 24°
- Pendant les mois de (Jan, Feb et Dec) : La température varie entre 10.81° et 23°.
- Pendant le reste de l'année : la température varie entre 20 C° et 34C°.

g.2. L'humidité relative :

L'humidité relative intérieure dans l'orientation nord avec un pourcentage de 60 % est entre 81.00% et 16.28%

- Pendant les mois de (Jun, Jul et Aug) : l'humidité relative varie entre 52 % et 73%, sauf le mois de Juin l'humidité atteind्रे jusqu'à 81 % et au mois de juillet elle descend jusqu'à 30%.
- Pendant les mois de (Jan, Feb et Dec) : l'humidité relative varie entre 37% et 66%.
- Pendant le reste de l'année : l'humidité relative atteind्रे jusqu'à 81%.

Remarque :

Par rapport à l'état initial sans ouverture : avec cette orientation et pourcentage on trouve que la température intérieure base on hiver et élevé en été et l'humidité est élevées.

Par rapport à nos objectifs : la température est élevée en été et basse en hiver, l'humidité relative est modéré, sauf les mois SPT et OCT elle augmente.

h. Nord (80%) :

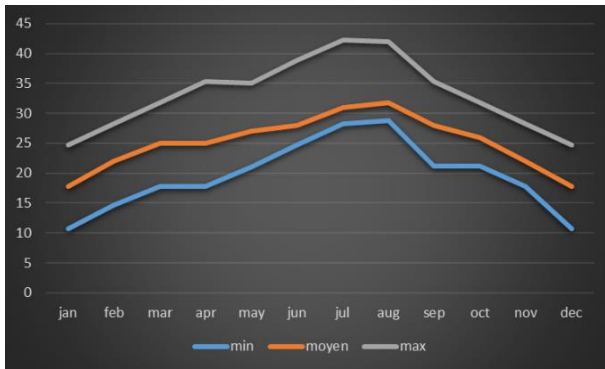


Fig5.17 : les résultats en C° pour la serre chaude, ouverture orienté vers le Nord avec un pourcentage de 80%/Source : Auteur,2021

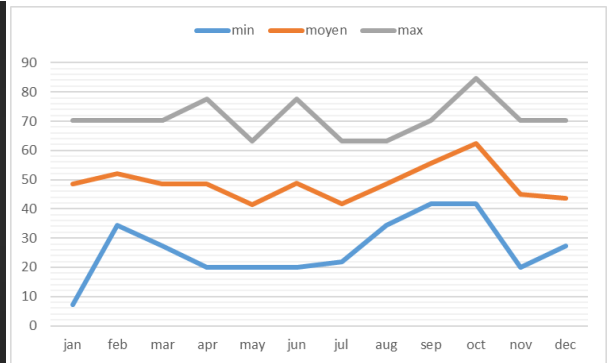


Fig5. 18 : les résultats en % pour la serre chaude, ouverture orienté vers le Nord avec un pourcentage de 80%/Source : Auteur,2021

Analyse :

h.1. Température : La température intérieure dans l'orientation nord avec un pourcentage de 80 % est entre 10.71C° et 42.30 C°.

- Pendant les mois de (Jun, Jul et Aug) : La température varie entre 42°et 24°
- Pendant les mois de (Jan, Feb et Dec) : La température varie entre 10.71° et 24°.
- Pendant le reste de l'année : la température varie entre 17 C° et 31C°.

h.2. L'humidité relative : L'humidité relative intérieure dans l'orientation nord avec un pourcentage de 80 % est entre

84.70% et 20.08%.

- Pendant les mois de (Jun, Jul et Aug) : l'humidité relative varie entre 43% et 77%.
- Pendant les mois de (Jan, Feb et Dec) : l'humidité relative varie entre 48% et 70%.
- Pendant le reste de l'année : l'humidité relative atteindrent jusqu'à 84%.

Remarque :

Par rapport à l'état initial sans ouverture : avec cette orientation et pourcentage on trouve que la température intérieure base on hiver et élevé en été et l'humidité est élevées.

Par rapport à nos objectifs : la température est élevée en été et basse en hiver, l'humidité relative est modéré, sauf les mois SPT et OCT elle augmente.

i. Ouest (20%) :

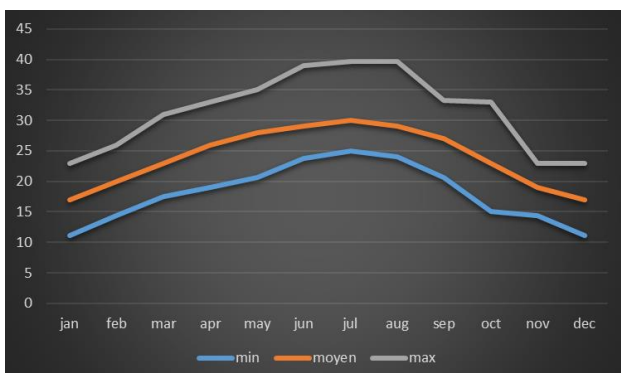


Fig 5.19 : les résultats en C° pour la serre chaude, ouverture orienté vers le ouest avec un pourcentage de 20%/Source : Auteur,2021

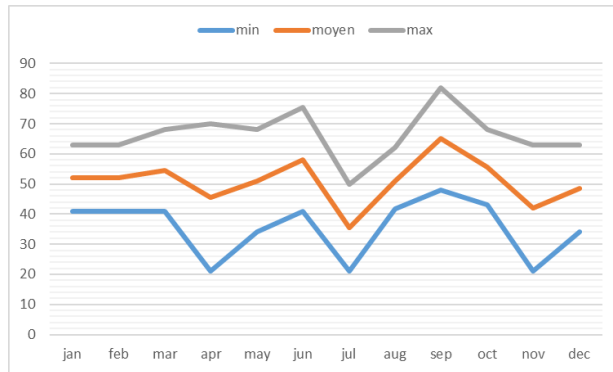


Fig5.20 : les résultats en % pour la serre chaude, ouverture orienté vers le ouest avec un pourcentage de 20%/Source : Auteur,2021

Analyse :

i.1. Température : La température intérieure dans l'orientation ouest avec un pourcentage de 20 % est entre 11.15 C° et 39.67 C°.

- Pendant les mois de (Jun, Jul et Aug) : La température varie entre 39 °et 23°
- Pendant les mois de (Jan, Feb et Dec) : La température varie entre 10.71° et 26°.
- Pendant le reste de l'année : la température varie entre 17 C° et 26C°.

i.2. L'humidité relative : L'humidité relative intérieure dans l'orientation ouest avec un pourcentage de 20 % est entre

82.24% et 21.45 %.

- Pendant les mois de (Jun, Jul et Aug) : l'humidité relative varie entre 41% et 68%.
- Pendant les mois de (Jan, Feb et Dec) : l'humidité relative varie entre 55% et 75%.
- Pendant le reste de l'année : l'humidité relative atteindre jusqu'à 82% dans sertene jours.

Remarque :

Par rapport à l'état initial sans ouverture : avec cette orientation et pourcentage on trouve que la température intérieure base on hiver et élevé en été et l'humidité est élevées.

Par rapport à nos objectifs : la température est élevée en été et basse en hiver, l'humidité basse en hiver.

j. Ouest (40%) :

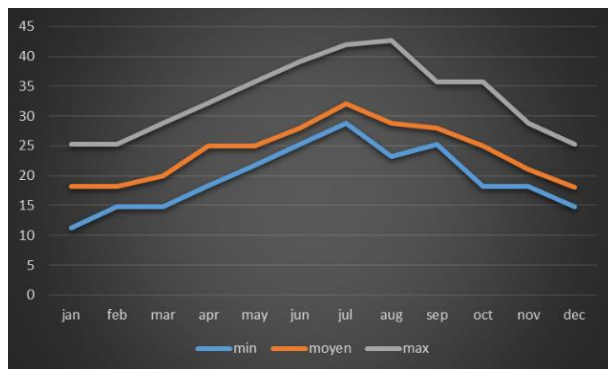


Fig 5.21: les résultats en C° pour la serre chaude, ouverture orienté vers le ouest avec un pourcentage de 40%/Source : Auteur,2021

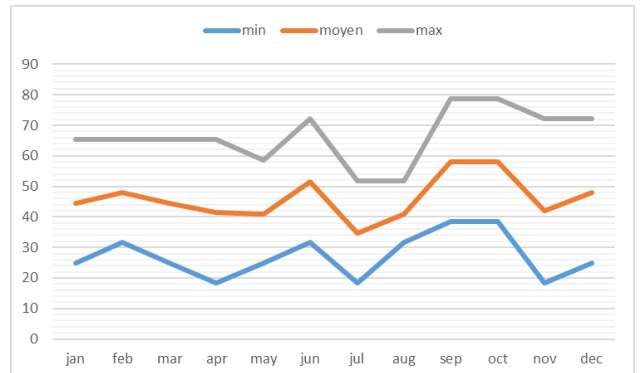


Fig 5.22 : les résultats en % pour la serre chaude, ouverture orienté vers le ouest avec un pourcentage de 40%/Source : Auteur,2021

Analyse :

j.1. Température :

La température intérieure dans l'orientation ouest avec un pourcentage de 40 % est entre 11.29 C° et 42.67C°.

- Pendant les mois de (Jun, Jul et Aug) : La température varie entre 42°et 25°
- Pendant les mois de (Jan, Feb et Dec) : La température varie entre 11° et 25°.
- Pendant le reste de l'année : la température varie entre 20C° et 35C°

j.2. L'humidité relative :

L'humidité relative intérieure dans l'orientation ouest avec un pourcentage de 40 % est entre 78.83% et 18.24%.

- Pendant les mois de (Jun, Jul et Aug) : l'humidité relative varie entre 51% et 38%.
- Pendant les mois de (Jan, Feb et Dec) : l'humidité relative au cours de ces mois est modérée, elle varie entre 45% et 72%.
- Pendant le reste de l'année : l'humidité relative est modérée, elle atteindre jusqu'à 78% dans sertene jours.

Remarque :

Par rapport à l'état initial sans ouverture : avec cette orientation et pourcentage on trouve que la température intérieure base on hiver et élevé en été et l'humidité est élevées.

Par rapport à nos objectifs : la température est élevée en été et basse en hiver, l'humidité basse en hiver.

k. Ouest (60%) :

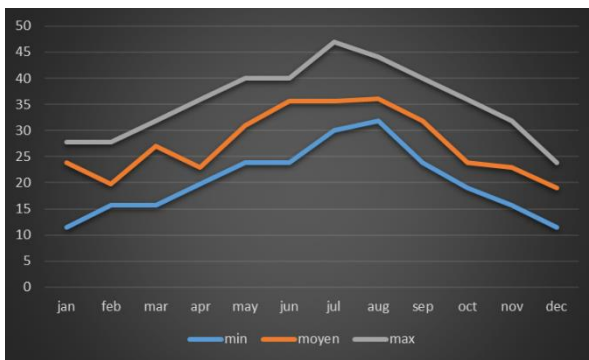


Fig 5.23 : les résultats en C° pour la serre chaude, ouverture orienté vers le ouest avec un pourcentage de 60%/Source : Auteur,2021

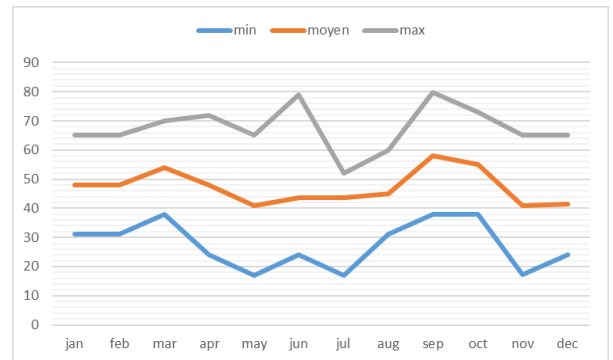


Fig 5.24: les résultats en % pour la serre chaude, ouverture orienté vers le ouest avec un pourcentage de 60%/Source : Auteur,2021

Analyse :

k.1. Température :

La température intérieure dans l'orientation ouest avec un pourcentage de 60 % est entre 11.49 C° et 46.88C°.

- Pendant les mois de (Jun, Jul et Aug) : La température varie entre 46° et 30°.
- Pendant les mois de (Jan, Feb et Dec) : La température varie entre 11° et 23°.
- Pendant le reste de l'année : on peut distinguer que la température entre 23C° et 30 C°.

k.2. L'humidité relative :

L'humidité relative intérieure dans l'orientation ouest avec un pourcentage de 60 % est entre 79.85% et 17.40%.

- Pendant les mois de (Jun, Jul et Aug) : l'humidité relative varie entre 60% et 30%.
- Pendant les mois de (Jan, Feb et Dec) : l'humidité relative au cours de ces mois varie entre 40% et 65%.
- Pendant le reste de l'année : l'humidité relative elle atteindrait jusqu'à 79% dans certains jours.

Remarque :

Par rapport à l'état initial sans ouverture : avec cette orientation et pourcentage on trouve que la température intérieure base on hiver et élevée en été et l'humidité est élevée.

Par rapport à nos objectifs : la température est élevée en été et basse en hiver, l'humidité basse en hiver.

1. Ouest (80%) :

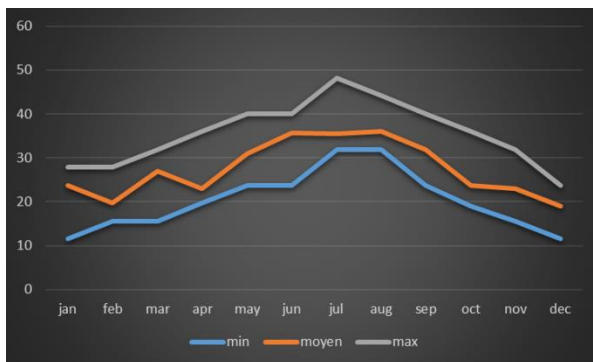


Fig5.25 : les résultats en C° pour la serre chaude, ouverture orienté vers le ouest avec un pourcentage de 80%/Source : Auteur,2021

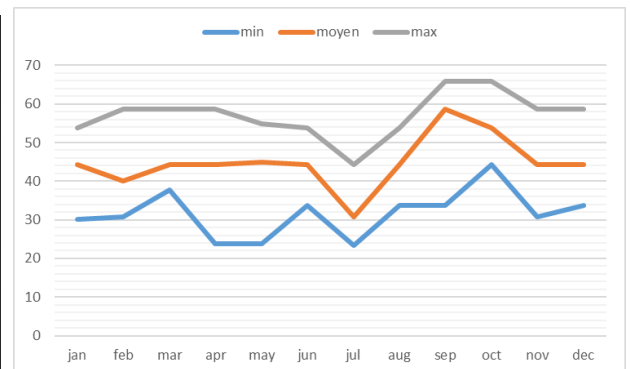


Fig5.26 : les résultats en % pour la serre chaude, ouverture orienté vers le ouest avec un pourcentage de 80%/Source : Auteur,2021

Analyse :

k.1. Température :

La température intérieure dans l'orientation ouest avec un pourcentage de 80 % est entre 11.55 C° et 48.21C°.

- Pendant les mois de (Jun, Jul et Aug) : La température varie entre 48° et 30°.
- Pendant les mois de (Jan, Feb et Dec) : La température varie entre 11° et 23°.
- Pendant le reste de l'année : la température varie entre 23C° et 44 C°.

k.2. L'humidité relative :

L'humidité relative intérieure dans l'orientation ouest avec un pourcentage de 80 % est entre

79.74 % et 16.82%.

- Pendant les mois de (Jun, Jul et Aug) : l'humidité relative varie entre 58% et 30%.
- Pendant les mois de (Jan, Feb et Dec) : l'humidité relative varie entre 37% et 72%.
- Pendant le reste de l'année : l'humidité relative atteindre jusqu'à 79% certains jours

Remarque :

Par rapport à l'état initial sans ouverture : avec cette orientation et pourcentage on trouve que la température intérieure base on hiver et élevé en été et l'humidité est élevées.

Par rapport à nos objectifs : la température est élevée en été et basse en hiver, l'humidité basse en hiver.

Synthèse :

Lors de la comparaison des résultats précédents, on trouve que :

- Les pourcentages de 60% et 80% dans toutes les orientations ne nous permet pas d'atteindre nos objectifs, parce que la température augmente en été, elle dépasse largement les 30C°, et l'humidité relative diminue jusqu'à moins de 45% par une large déference.
- Le pourcentage de 20% dans toutes les orientations ne nous permet pas d'atteindre nos objectifs, parce que la température baisse beaucoup en hiver et l'humidité relative augmente.
- L'orientation nord ne nous permet pas d'atteindre nos objectifs, parce que la température baisse en hiver et l'humidité relative est élevée.
- L'orientation ouest ne nous permet pas d'atteindre nos objectifs, parce que la température est basse en hiver et l'humidité relative basse en été.
- L'orientation sud avec un pourcentage de 40% est la meilleure qui peut nous permettre d'atteindre nos objectifs avec l'aide de quelques techniques.

1.2.2. Serres froide : voire les annexes

- La température d'une serre froide doit être entre 10 C° et 20C°
- L'humidité d'une serre chaude doit être entre 45% et 75%

1.2.2.1. L'orientation du volume :

Le paramètre variable : l'orientation (SUD, SUD/EST, NORD/EST et l'EST)

Les paramètres constants : La volumétrie.

Remarque :

On va analyser les résultats de cette simulation avec la même méthode que nous l'avons suivie au cours de l'analyse de la serre chaude.

Synthèse :

Après l'analyse on distingue que :

En ce qui concerne les orientations SUD/EST et NORD/EST la température est très élevée, elle ne nous permet pas d'atteindre nos objectifs.

En ce qui concerne les orientations EST et SUD la température est basse, par rapport aux orientations précédentes, mais les résultats de l'orientation EST sont les plus favorables.

Donc on va choisir l'orientation EST pour atteindre nos objectifs avec l'aide d'autres solutions.

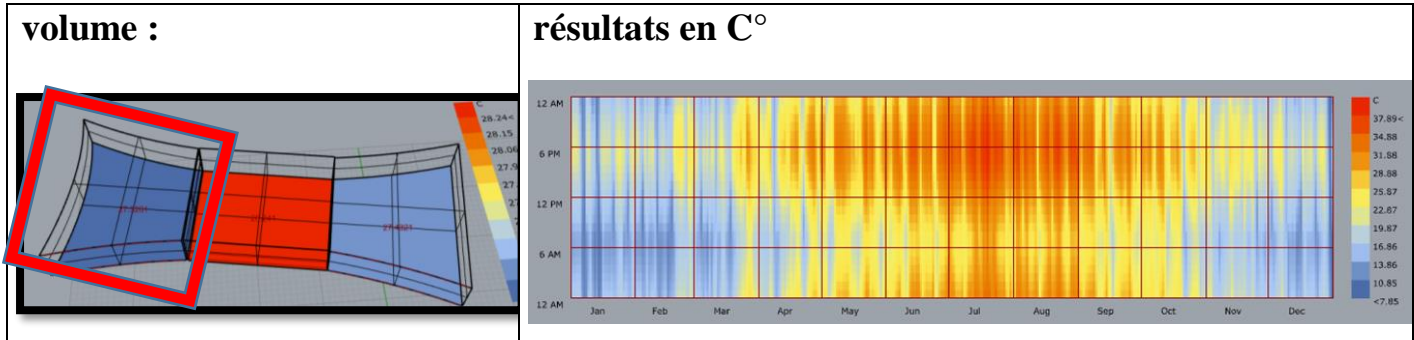


Tableau 5.10 : la serre froide orienté vers l'est et leur résultat en C°/Source : Auteur,2021

1.2.2.2. L'orientation des ouvertures : voire les annexes

Le paramètre variable : l'orientation des ouvertures (SUD, EST et NORD)

Pourcentage des ouvertures (20%, 40%, 60% et 80%)

Les paramètres constants : La volumétrie

Remarque :

On va analyser les résultats de cette simulation avec la même méthode et en suivant les mêmes étapes de l'analyse de la serre chaude.

Synthèse :

Après la vérification, l'analyse et la comparaison des résultats de la simulation (température et humidité) on distingue que :

Les pourcentages de 60% et 80% dans toutes les orientations ne nous permet pas d'atteindre nos objectifs, parce que la température est très élevée et l'humidité très basse en été

Le pourcentage 20% est modéré par rapport à la température mais l'humidité est très élevée elle dépasse 80%, surtout quand les ouvertures sont orientées vers le SUD elle atteint 93%.

Le pourcentage 40% donne les meilleurs résultats par rapport à l'humidité surtout dans l'orientation NORD et EST, par rapport à la température l'orientation EST donne les meilleurs résultats.

Donc on va choisir l'orientation EST avec un pourcentage de 40% pour atteindre nos objectifs.

1.2.3. Serres tempérée : voir les annexes

- La température d'une serre tempérée doit être modérée par rapport au climat extérieur
- L'humidité d'une serre tempérée doit être entre 45% et 75%

1.2.3.1. L'orientation des ouvertures :

Le paramètre variable : l'orientation des ouvertures (SUD et NORD)

Pourcentage des ouvertures (20%, 40%, 60% et 80%)

Les paramètres constants : La volumétrie.

Remarque :

On va analyser les résultats de cette simulation avec la même méthode que nous l'avons suivie au cours de l'analyse de la serre chaude.

Synthèse :

Après la vérification, l'analyse et la comparaison des résultats de la simulation (température et humidité) on distingue que :

Les pourcentages de 60% et 80% dans toutes les orientations ne nous permettent pas d'atteindre nos objectifs, parce que la température est très élevée et l'humidité très basse en été.

Le pourcentage 20% est modéré par rapport à la température mais l'humidité est très élevée.

Le pourcentage 40% donne les meilleurs résultats par rapport à l'humidité surtout ce qui concerne l'orientation SUD, par rapport à la température l'orientation NORD donne les meilleurs résultats.

Donc on va choisir l'orientation SUD avec un pourcentage de 40% pour atteindre nos objectifs.

Synthèse générale :

Après la vérification, l'analyse et la comparaison des différents résultats de la simulation numérique on a conclu que :

- La serre chaude orientée vers le OUEST avec des ouvertures orientées vers le SUD avec un pourcentage de 40 %
- La serre froide orientée vers l'EST avec des ouvertures orientées vers l'EST avec un pourcentage de 40%
- Les ouvertures de la serre tempérée sont orientées vers le Sud avec un pourcentage de 40%

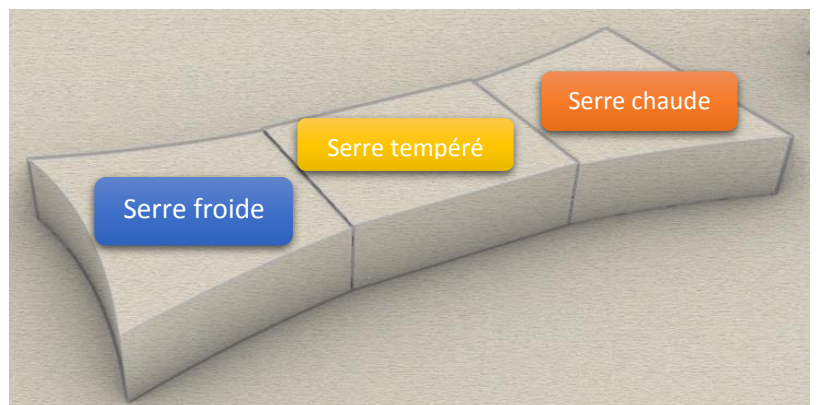


Fig5.27 : la volumétrie des serres /Source : Auteur,2021

➤ **Les techniques et les solutions appliquées dans notre projet :**

Pendant la conception de ce projet, on a fait une simulation de deux paramètres (l'orientation de volume et les ouvertures et la forme) pour guider notre conception, mais la simulation d'un seul paramètre ne donne pas un résultat parfait, car il y a des autres paramètres très importantes pour créer des micro-climat à travers l'enveloppe architecturale, alors en appliquant d'autres solutions et techniques telle que l'isolation et les matériaux pour atteindre nos objectifs.

○ **Brise-soleil :**

Un brise-soleil est un dispositif architectural situé sur une façade extérieure en avant des baies vitrées et permettant de les protéger de l'exposition solaire.

Parce que on a des périodes dans l'été la température augmente à cause des rayons solaire donc on a besoin des brise soleil, pour permettre de bloquer le rayonnement solaire en été, Cela limite nettement le surchauffement du bâti et limite les besoins en climatisation. Et en hiver il laisse entrer le rayonnement solaire à l'intérieur du bâti.

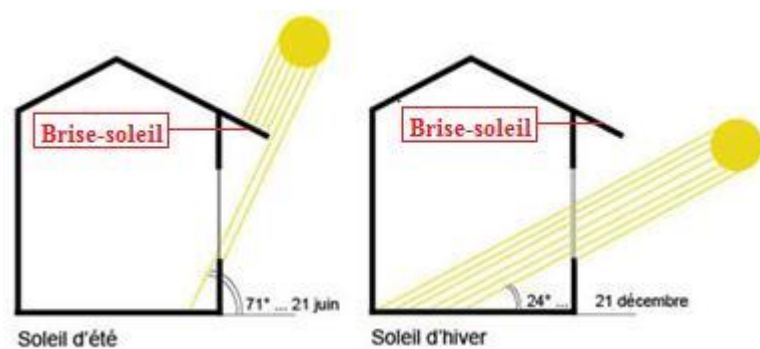


Fig5.28 : l'effet de brise de soleil sur les rayons solaires /source : <http://www.photovoltaique.guidenr.fr/> , 2021

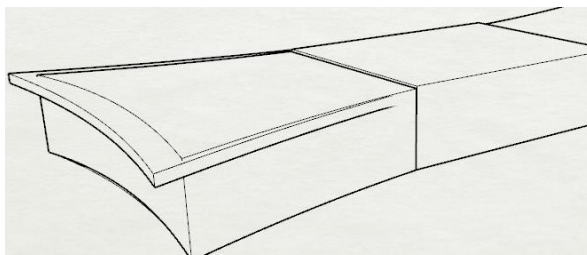


Fig5.29 : brise de soleil dans la serre chaude
Source : Auteur

○ **Multi-aération :**

L'aération au faîtage ne suffit pas pour certaines serres, on peut opter pour notre multi-aération avec une, ou plusieurs rangées de lucarnes de toit qui peuvent être ouvertes à 40 degrés. Cela permet de contrôler et diminué la température et l'humidité dans certain mois



Fig5.30 : Multi-aération

Source : www.agriexpo.online , 2021

○ **Humidificateur :**

Pour faire face à moins d'humidité, on peut installer un humidificateur dans la serre. Pour contrôler l'humidité dans la serre. Si on ajoute de l'humidité à l'air, cela augmentera l'humidité. Ou bien on ajoute un bassin d'eau qui est capable de remplir en été et de vider en hiver.



Fig5.31 : Humidificateur Source : nord-humidite.net , 2021

○ **La végétation :**

La végétation offre un ombrage saisonnier des édifices, fait écran contre les vents, rafraîchit l'air par évapo-transpiration et filtre les poussières en suspension.

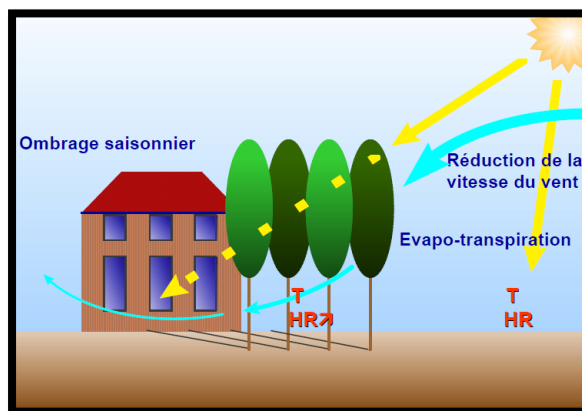


Fig5.32 : L'influence de la végétation sur le micro climat /Source : Liébard & Herde, (2006)

Conclusion :

D'après les résultats de la simulation qui sont la forme, l'orientation des volumes et des ouvertures, et avec l'utilisation d'autres solutions et techniques citées auparavant, on trouve qu'on ne peut pas atteindre nos objectifs surtout dans la serre froide, qui a besoin de la climatisation durant l'été pour baisser la température jusqu'à 20 C°. En ce qui concerne la serre chaude, on a besoin de chauffage pendant l'hiver pour augmenter la température jusqu'à 18 C°. Ces résultats peuvent être améliorés avec le bon choix des matériaux, de l'isolation et leurs installations (dans les murs, l'étanchéité etc.)

A la fin nos objectifs ne sont pas atteints à 100% mais on a amélioré la conception de façon qu'on a diminué la consommation du chauffage et de la climatisation le maximum possible, et on a conclu que les composantes de l'enveloppe architecturale ont un impact remarquable sur le micro-climat intérieur.

Conclusion générale :

Notre travail a pour but de contrôler les échanges entre l'intérieur et l'extérieur à travers les différentes paramètres de l'enveloppe architecturale (forme, orientation et matériaux) pour créer et contrôler des micro-climats intérieurs différents dans un centre de recherche et de développement agronomique. Pour atteindre notre but de recherche, on a décomposé le travail en trois parties : théorique, conceptuelle et pratique.

Dans la première partie, on a parlé du climat, du micro-climat et l'enveloppe architecturale et les influences, les paramètres et les composantes de chacun. Et à la fin, on a essayé de donner une réponse primaire et partielle à une des questions de recherche : comment chaque composante et paramètre de l'enveloppe architecturale contrôlent certains éléments climatiques pour créer des micro-climats.

Sur la base des résultats obtenus dans la recherche théorique, on est passé à la partie conceptuelle (la deuxième partie) du projet choisi (un centre de recherche et de développement agronomique). On a achevé cette étape par une conception primaire évolutive. Pour que nous assurions la réussite du projet et nous fixions la conception finale et on passe à la dernière partie qui est la simulation numérique.

Dans cette partie, on a choisi de travailler avec le logiciel Rhinocéros 06 et Grasshopper (honeybee+ladybug) qui nous permettent de vérifier la température et l'humidité intérieur de chaque zone sélectionnée. On partage cette étude de la simulation numérique en 2 étapes : le choix du volume de la conception et la fixation des orientations des serres.

La première étape et de choisir le meilleur volume pour la conception du projet qui nous donne les meilleurs résultats concernant la température ambiante. Dans cette étude, on a déterminé la variable qui est la forme et on a fixé l'orientation. Cette simulation nous donne 4 scénarios. Après la comparaison de ces derniers, on a conclu que le cylindre est la forme convenable pour atteindre nos objectifs parce qu'il a une température basse par rapport aux autres volumes en été et la même température que les autres volumes en hiver.

La deuxième étape concernant les serres, on a 3 serres avec 3 différents micro-climats, on a fait la simulation de chaque serre seule. La serre chaude et la serre froide sont passées par le même protocoles de la simulation qui nous ont donnés 32 scénarios. Dans ce protocole, on a divisé la simulation en deux étapes la première concernant l'orientation du volume donc on a déterminé la variable qui est l'orientation et on a fixé la forme, après avoir choisi la meilleure orientation

on passe à l'autre simulation qui est l'orientation et les pourcentages des ouvertures, on a essayé différents pourcentages dans chacune des façades, on applique cette 2-eme simulation sur la serre tempérée, elle nous donne 8 autres scénarios.

Donc en total, on a 44 scénarios qui nous donnent 76 diagrammes et graphes, pour arriver à ces résultats finals, on a analysé 2736 chiffres. Les synthèses de cette simulation sont :

- L'orientation et la forme ont un impact sur le micro-climat intérieur (la température et l'humidité relative). Donc l'enveloppe contrôle le micro-climat intérieur à travers ces paramètres.
- On n'a pas atteint nos objectifs surtout dans la serre froide parce qu'on n'a pas interprété toutes les composantes de l'enveloppe dans cette simulation mais on a amélioré notre conception comme même.
- A chaque fois que le volume change son orientation, il agit sur la température intérieur d'un bâtiment.
- Le volume orienté vers le sud est le plus chaud. Chaque fois qu'on change l'orientation du volume vers l'ouest la température diminue de quelques degrés en été, chaque fois qu'on change l'orientation du volume vers l'est la température diminue d'une manière consistante.
- On a proposé d'autres solutions conceptuelles tirées de la partie théorique pour les appliquer dans notre projet pour améliorer les résultats tels que les dispositifs d'ombrage et la végétation.

Dans cette étude, on a rencontré de nombreux obstacles qu'on peut les résumés dans les points suivants :

- Le temps : à cause de la pandémie (covid 19) on n'a pas eu largement du temps pour creuser plus profondément dans notre étude, et on a perdue beaucoup de temps pour apprendre la manipulation des logiciels de la simulation.
- Les livres sont trop couteux sur les sites internet.
- Les données climatiques utilisées dans la simulation ne sont pas à jours (2004-2018).

Enfin, cette étude offre aux futurs chercheurs l'occasion de continuer cette recherche par d'autres composantes de l'enveloppe architecturale tels que :

- Une recherche supplémentaire basée sur les différents matériaux de l'enveloppe architecturale.

- Une recherche dans une autre région de l'Algérie pour vérifier l'ensemble des résultats et les comparer.
- Une autre recherche qui s'intéressera à l'impact des végétations et des plantes sur les micro-climats intérieurs des bâtiments ou des serres par exemple.
- Utiliser dans une autre recherche la méthode expérimentale pour les comparer à nos résultats.

Liste des figures

Fig1.01 : La quantité du rayonnement solaire disponible sur le sol	6
Fig1.02 : décomposition des rayonnements reçu sur le sol.....	6
Fig1.03 : décomposition de la lumière.....	7
Fig1.04 : les quantités de l'eau de la terre.....	7
Fig1.05 : diagramme de l'air humide.....	8
Fig1.06 : la rose des vents de la willaya de Tébessa.....	8
Fig1.07 : carte climatique mondiale.....	9
Fig1.08 : carte mondiale climatique selon KOPPEN	10
Fig1.09 : les influences du micro climat	12
Fig1.10 : l'influence de relief sur le micro climat	12
Fig1.11 : L'influence de la végétation sur le micro climat.....	12
Fig1.12 : L'influence des constructions sur le micro climat.....	13
Fig1.13 : Enveloppe du bâtiment simple.....	15
Fig1.14 : les composantes de l'enveloppe architecturale.....	15
Fig1.15 : les différents types de toiture.....	16
Fig1.16 : une coque.....	17
Fig1.17 : les paramètres de l'enveloppe architecturale.....	17
Fig1.18 : Les principales sollicitations de l'enveloppe extérieur	18
Fig1.19 : les rôles de l'enveloppe extérieure	19
Fig1.20 : les échanges contrôlé par l'enveloppe architecturale.....	19
Fig1.21 : les échanges contrôlé à travers l'orientation	20
Fig1.22 : orientation pour un meilleur gain.....	21
Fig1.23 : orientation de l'édifice par rapport au soleil	21
Fig1.24 : Schéma explicatif de la trajectoire solaire durant toute l'année pour l'hémisphère du Nord.....	22
Fig1.25 : orientation de bâtiments par rapport aux vents	23

Fig1.26 : les échanges contrôlé à travers la forme	24
Fig1.27 : Le rapport surface / volume (rapport S / V) pour quelques formes de construction.....	25
Fig1.28 : Tableau récapitulatif des obstacles des vents réadaptés.....	26
Fig1.29 : Illustration en plan d'implantations favorables au free-cooling naturel	26
Fig1.30 : l'impact de différentes conceptions d'ouverture des fenêtres sur le déplacement de l'air dans une pièce.....	27
Fig1.31 : l'impact de différentes conceptions d'ouverture des fenêtres sur le déplacement de l'air dans une pièce.....	27
Fig1.32 : profondeur d'éclairment.....	28
Fig1.33 : les échanges contrôlé à travers la forme.....	29
Fig1.34 : Les modes de propagation de la chaleur.....	29
Fig1.35 : les échanges thermique d'un bâtiment.....	30
Fig1.36 : L'inertie thermique.....	30
Fig1.37 : Le coefficient de transmission surfacique	31
Fig1.38 : La résistance thermique	31
Fig1.39 : La capacité thermique.....	32
Fig1.40 : bâtiment avec et sans isolation	33
Fig1.41 : dispositif horizontale	34
Fig1.42 : dispositif lame horizontale	38
Fig1.43 : dispositif lame inclinée horizontale.....	35
Fig.44 : dispositif vertical.....	35
Fig2.01 : Les types des centres de recherche.....	35
Fig2.02 : Institut de recherche en agronomie Wageningen.....	44
Fig2.03 : Institut de recherche en agronomie Wageningen.....	45
Fig2.04 : l'orientation des espaces de l'institut	45
Fig2.05 : composition spatiale de l'institut	46
Fig2.06 : l'intérieur de l'institut	46

Fig2.07: Centre de recherche et développement agronomique à ribah akkar, LIBAN.....	47
Fig2.08 : la carte de Liban, la ville Akkar.....	48
Fig2.09 : Centre de recherche et développement agronomique à ribah akkar, LIBAN , Plan RDC...48	
Fig2.10 : plan de toiture.....	48
Fig2.11 : plan sous-sol -2.....	49
Fig2.12: plan sous-sol -1 /Source : Djebli (2018).....	49
Fig2.13 : plan RDC /Source : Djebli (2018).....	50
Fig2.14: Institut national d'agriculture biologique (INAB) Québec Canada.....	51
Fig2.15 : situation de l'institut.....	52
Fig2. 16 : PLAN de masse de INAB.....	52
Fig2.17 : PLAN de masse de INAB.....	53
Fig2. 18 : PLAN RDC de INAB.....	53
Fig2.19 : Centre de recherche agronomique.....	54
Fig2. 20 : plan de situation du centre de recherche agronomique.....	55
Fig2.21: l'occupation du projet.....	55
Fig2.22: la division du programme par rapport aux surfaces.....	53
Fig2.23: les usagers du centre.....	56
Fig2.24: plan RDC.....	57
Fig2.25: plan R+1.....	57
Fig2.26 : plan R+1.....	57
Fig2.27: INSTITUT AGRICOLE DE GRANGENEUVE.....	58
Fig2.28: situation du projet.....	59
Fig2.29 : zoning du projet.....	59
Fig2. 30 : plan de masse	60
Fig2. 31: plan RDC	60
Fig2.32: 3D de l'institut	60

Fig2.33 : Centre de recherche d'agriculture et de climat.....	62
Fig2.34 : plan de situation du centre.....	62
Fig2.35 : programme du centre du centre.....	63
Fig2. 36 : plan RDC	63
Fig2.37 : plan d'un étage mixte.....	64
Fig2.38 : organigramme spatial.....	64
Fig2. 39 : organigramme spatiaux fonctionnelle.....	65
Fig3.01 : situation de la ville de Tébessa en Algérie.....	67
Fig3.02 : classification du climat de l'Algérie et Tébessa selon Koppen	68
Fig3.03 : diagramme de la température de Tébessa.....	69
Fig3.04 : diagramme de la quantité de précipitations de Tébessa	69
Fig3.05 : la rose de vent du Tébessa	69
Fig3.06 : situation du terrain.....	70
Fig3.07 : environnement immédiat du terrain	71
Fig3.08 : la SNTV de la wilaya de Tébessa	71
Fig3.09 : les terrains agricoles	71
Fig3.10 : l'accessibilité du terrain.....	73
Fig3.11 : morphologie de terrain.....	73
Fig3.12 : les servitudes et les contraintes de terrain.....	76
Fig3.13 : courbe di soleil et les vents dominant.....	76
Fig3.14 : les axes du terrain.....	77
Fig3.15 : zoning du projet.....	77
Fig3.16 : les usagers d'un centre de recherche agricole.....	78
Fig3.17 : la 1 ^{ère} étape de la conception	81
Fig3. 18 : la 2eme étape de la conception.....	81
Fig3. 19 : la 3eme étape de conception	82

Fig3. 20 : mouvement des vents avant et après la modification.....	82
Fig3. 21 : la 4eme étape de la conception.....	82
Fig3.22 : dernière étape de la conception.....	83
Fig4.01 : L'hydrographe.....	87
Fig4.02 : La centrale Météo sans fil TERMOTECH-OTIO	87
Fig4.03 : Le thermo-hygromètre.....	88
Fig4.04 : Bestseller testo 925.....	88
Fig4.05 : Hygromètre PCE-HT 422.....	88
Fig4. 06 : Dynamo BIM.....	90
Fig4. 07 : ECOTECT	90
Fig4.08 : Eco-Bat	90
Fig4. 09 : CoDyBa.....	91
Fig4. 10 : Rhino6.....	91
Fig4. 11 : Grasshopper	91
Fig4. 12 : ludybug tools	92
Fig4. 13 : moteurs de simulation du Honeybee	92
Fig4. 14 : la formule de la simulation (RunEnergieSimulation).....	94
Fig4. 15 : la formule de la simulation (Mass2Zone).....	94
Fig4. 16 : la formule de la simulation (glazingcrator)	95
Fig4.17 : scenarios du volume de départ	96
Fig4.18 : scenarios de la serre chaude	97
Fig4.19 : scenarios de la serre froide	97
Fig4.20 : scenarios de la serre tempéré.....	97
Fig5.01 : la volumétrie avant les résultats de la simulation.....	103
Fig5.02 : la volumétrie après les résultats de la simulation.....	103

Fig5.03: les résultats en C° pour la serre chaude, ouverture orienté vers le sud avec un pourcentage de 20%.....	108
Fig5.04: les résultats d'humidité en % pour la serre chaude, ouverture orienté vers le sud avec un pourcentage de 20%.....	108
Fig5.05 : les résultats en C° pour la serre chaude, ouverture orienté vers le sud avec un pourcentage de 40%.....	109
Fig5.06 : les résultats en C° pour la serre chaude, ouverture orienté vers le sud avec un pourcentage de 40%.....	109
Fig5.07 : les résultats en %pour la serre chaude, ouverture orienté vers le sud avec un pourcentage de 60%.....	110
Fig 5.08 : les résultats en C° pour la serre chaude, ouverture orienté vers le sud avec un pourcentage de 60%.....	110
Fig5.09 : les résultats en C° pour la serre chaude, ouverture orienté vers le sud avec un pourcentage de 80%.....	111
Fig5.10 : les résultats en % pour la serre chaude, ouverture orienté vers le sud avec un pourcentage de 80%.....	111
Fig5.11: les résultats en C° pour la serre chaude, ouverture orienté vers le Nord avec un pourcentage de 20%.....	112
Fig5. 12 : les résultats en % pour la serre chaude, ouverture orienté vers le Nord avec un pourcentage de 20%.....	112
Fig5.13: les résultats en C° pour la serre chaude, ouverture orienté vers le Nord avec un pourcentage de 40%.....	113
Fig5.14 : les résultats en C° pour la serre chaude, ouverture orienté vers le Nord avec un pourcentage de 40%.....	113
Fig5.15 : les résultats en C° pour la serre chaude, ouverture orienté vers le Nord avec un pourcentage de 60%.....	114
Fig5. 16 : les résultats en % pour la serre chaude, ouverture orienté vers le Nord avec un pourcentage de 60%.....	114
Fig5.17 : les résultats en C° pour la serre chaude, ouverture orienté vers le Nord avec un pourcentage de 80%.....	115

Fig5. 18 : les résultats en % pour la serre chaude, ouverture orienté vers le Nord avec un pourcentage de 80%.....	115
Fig 5.19 : les résultats en C° pour la serre chaude, ouverture orienté vers le ouest avec un pourcentage de 20%.....	115
Fig5.20 : les résultats en % pour la serre chaude, ouverture orienté vers le ouest avec un pourcentage de 20%.....	116
Fig 5.21 : les résultats en C° pour la serre chaude, ouverture orienté vers le ouest avec un pourcentage de 40%.....	116
Fig 5.22 : les résultats en % pour la serre chaude, ouverture orienté vers le ouest avec un pourcentage de 40%.....	116
Fig 5.23 : les résultats en C° pour la serre chaude, ouverture orienté vers le ouest avec un pourcentage de 60%.....	117
Fig 5.24 : les résultats en % pour la serre chaude, ouverture orienté vers le ouest avec un pourcentage de 60%.....	117
Fig5.25 : les résultats en C° pour la serre chaude, ouverture orienté vers le ouest avec un pourcentage de 80%.....	118
Fig5.26 : les résultats en % pour la serre chaude, ouverture orienté vers le ouest avec un pourcentage.....	118
Fig5.27 : la volumétrie des serres.....	121
Fig5.28 : l'effet de brise de soleil sur les rayons solaires.....	122
Fig5.29 : brise de soleil dans la serre chaude.....	122
Fig5.30 : Multi-aération.....	123
Fig5.31 : Humidificateur	123
Fig5.32 : L'influence de la végétation sur le micro climat.....	123

Liste des Tableaux :

Tableau1.01: type de climats selon KOPPEN	10
Tableau1.02: Différentes Catégories de climat et leurs caractéristiques spacio ± temporelles	11
Tableau1.03: récapitulatif des obstacles des vents réadaptés	25
Tableau2.01: les exigence d'un centre de recherche agronomique	43
Tableau2.02: programme de centre Ribah Akkar.....	50
Tableau2.03: programme de centre de recherche EL Warraq island	56
Tableau2.04: programme de l'institut AGRICOLE DE GRANGENEUVE	61
Tableau2.05: programme de base	65
Tableau3.01: les coupes transversales du terrain.....	74
Tableau3.02: les coupes longitudinales du terrain.....	75
Tableau3.03: programme d'un centre de recherche.....	79
Tableau 5.01: résultat de simulation de la température dans Cube.....	100
Tableau5. 02: résultat de simulation de la température dans Parallélépipède (l'axe le plus grand au nord/sud).....	101
Tableau 5.03: résultat de simulation de la température dans un Parallélépipède l'axe le plus grand vers le EST-OUEST.....	101
Tableau 5.04: résultat de simulation de la température dans cylindre.....	102
Tableau5. 05: la serre chaude orienté vers le sud et leur résultat en C°.....	104
Tableau 5.06: la serre chaude orienté vers le sud-Est et leur résultat en C°	105
Tableau5.07: la serre chaude orienté vers l'ouest et leur résultat en C°	106
Tableau5.08: la serre chaude orienté vers le Nord-ouest et leur résultat en C°	106
Tableau5.09: résultats de température et humidité relatives pour les ouvertures orienté vers le sud avec un pourcentage de 20%.....	107
Tableau5.10: la serre froide orienté vers l'est et leur résultat en C.....	120
Tableau 5.11: résultats de température et humidité relatives pour les ouvertures orienté vers le sud avec un pourcentage de 60%.....	120

Liste des tableaux

Tableau 5.12: résultats de température et humidité relatives pour les ouvertures orienté vers le sud avec un pourcentage de 80%122

Tableau 5.13: résultats de température et humidité relatives pour les ouvertures orienté vers le Nord avec un pourcentage de 20%124

Tableau 5.14: la serre froide orienté vers l'est et leur résultat en C°134

Bibliographie :

Livre :

GIVONI Baruch (1978), L'homme, l'architecture et le climat. Editions du Moniteur; Paris, p : 21,460

Chémery Laure (2006), Petit atlas des climats, p : 7, 11, 121

De Herde André, Liébard Alain (2006), Traité d'Architecture et d'urbanisme bioclimatiques: concevoir, édifier et aménager avec le développement durable, Editions du Moniteur, Paris, France, P : 17, 20, 21 , 22, 23, 24,

KOUICI. L (1999), Le Vocabulaire Architectural Elémentaire Alphabétique et Thématique, Ed. Office des publications universitaires, Alger. P : 126

BermeStein (1997), Anatomie de l'enveloppe des bâtiments : construction et enveloppes lourdes : Environnement, détails d'architecture

flusser,V (1999). the shape of things. A philosophy of design. Reaktion Books, London. P : 55,56,57

Jean-Marie HAUGLUSTAINE et Francy SIMON (2006), L'ISOLATION THERMIQUE DES FAÇADES VERTICALES. P: 6, 7, 8, 9, 10, 11

Nayak, J.K. and Prajapati, J.A. (2006) Handbook on Energy Conscious Buildings, Government of India. P : 83

Thierry Gallauziaux et David Fedullo (2009), Le grand livre de l'isolation

FRANCIS D.K. CHING (2008), GUIDE TECHNIQUE et PRATIQUE de la CONSTRUCTION . P :17,18,19

Neufeuert edition 08. P : 242,328, 355, 343, 365,

Chatelet A, Fernandez P, Lavigne P (1998), Architecture climatique, une contribution au développement durable Tome 2 : concepts et dispositifs, édition EDISUD, Aix de Provence, France, , p : 133

Thèses de doctorat :

Khadraoui Mohamed Amine (2019) : Étude et optimisation de la façade pour un confort thermique et une efficacité énergétique (Cas des bâtiments tertiaires dans un climat chaud et aride) [http://thesis.univ-](http://thesis.univ-biskra.dz/4017/1/Th%C3%A8se%20Khadraoui%20Mohamed%20Amine%202019.pdf)

[biskra.dz/4017/1/Th%C3%A8se%20Khadraoui%20Mohamed%20Amine%202019.pdf](http://thesis.univ-biskra.dz/4017/1/Th%C3%A8se%20Khadraoui%20Mohamed%20Amine%202019.pdf)

Sriti leila (2013) : Architecture domestique en devenir. Formes, usages et représentations Le cas de Biskra http://thesis.univ-biskra.dz/49/1/architecture_domestique_en_devenir_.pdf

Latreche Sihem (2019) : étude et amélioration des performances climatique de l'enveloppe architecturale en milieu chaud et arides. Cas de l'architecture domestique autoproduite à Biskra http://thesis.univ-biskra.dz/4502/1/th%C3%A8se_%20Latreche%20Sihem_.pdf

FOURA SMIR (2008) : Simulation des paramètres du confort thermique d'hiver en Algérie <https://bu.umc.edu.dz/theses/architecture/FOU5206.pdf>

HAMDANI Maamar (2016) : Choix de l'Orientation et des Matériaux de Construction en Vue d'Améliorer les Performances Thermiques des Bâtiments

https://www.researchgate.net/publication/304571959_Choix_de_l'Orientation_et_des_Materiaux_de_Construction_en_Vue_d'Ameliorer_les_Performances_Thermiques_des_Batiments

Mémoire de magistère :

BOUMAUCHE NASR-EDDINE (2005) : PRISE EN COMPTE DE L' HUMIDITE DANS LE PROJET DE REHABILITATION DES MAISONS VERNACULAIRES CAS DE LA MEDINA DE CONSTANTINE <https://bu.umc.edu.dz/theses/architecture/BOU4478.pdf>

BOULFANI, WARDA (2010) : LES AMBIANCES THERMIQUES D'ETE DANS L'HABITAT DE LA PERIODE COLONIALE A PATIO -Cas d'étude : maisons à patio (Jijel)- <http://thesis.univ-biskra.dz/2426/>

BENHARRA Houda (2016) : Impact de l'orientation sur la consommation énergétique dans le bâtiment. -Cas des zones arides et chaudes- http://thesis.univ-biskra.dz/2535/1/M%C3%A9moire_14_2016.pdf

HAMDANI Maamar (2011) : Etude et Effet de l'Orientation de deux Pièces d'un Habitat en Pierre Situé à Ghardaïa https://www.univ-tlemcen.dz/~benouaz/memoires/Memoire_%20HAMDANI%20Maamar.pdf

Belkacem BERGHOUT (2020) : Effet de l'implantation d'un bâtiment collectif sur le confort hygrothermique intérieur cas de Biskra,

Algérie https://espace.etsmtl.ca/id/eprint/1007/15/BERGHOUT_Belkacem_rectificatif.pdf

Julien Azirian. (2017) : Effet du vent sur les bâtiments de grandes hauteurs

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01735361/document>

BENHALILOU KARIMA (2008) : IMPACT DE LA VEGETATION GRIMPANTE SUR LE CONFORT HYGROTHERMIQUE ESTIVAL DU BATIMENT CAS DU CLIMAT SEMI ARIDE <https://bu.umc.edu.dz/theses/architecture/BEN5278.pdf>

Nacmiac simon (2013) : Choix de l'Orientation et des Matériaux de Construction en Vue d'Améliorer les Performances Thermiques des Bâtiments

<https://fr.calameo.com/read/0039942441b63801a36d0>

Les articles :

Azeddine Belakehal (2000) : Microclimat et architecture bioclimatique contemporaine.

Référence aux milieux arides à climat chaud et sec.

https://www.researchgate.net/publication/264782531_Microclimat_et_architecture_bioclimatique_contemporaine [Reference aux milieux arides a climat chaud et sec](#)

Fezzai & al (2019) : Quantifying the effectiveness of mass proportions and the orientation for buildings on thermal performance in Tebessa, Algeria

<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/397/1/012008/pdf>

Grégoire Chelkoff (2018) : Expérimenter l'ambiance par l'architecture

https://www.researchgate.net/publication/330442167_Expérimenter_l'ambiance_par_l'architecture_Texte_integral [Experiencing on ambiance with architecture](#)

Séminaires :

Gael Brosseaud & al (2018) « Analyse et perspectives des infrastructures de recherche » le 19 avril 2018 : http://www.clora.eu/images/document_utile/cr-jt-andquot-analyse-et-perspectives-des-infrastructures-de-rechercheandquot-19-avril-2018-2019-03-28.pdf

Les cours :

Touati Laïd , université MFC1 :

<https://fac.umc.edu.dz/fst/pdf/cours/ame/Touati/les%20serres.pdf>

Lois :

La loi n° 98-11 du 29 Rabie Ethani 1419 correspondant au 22 août 1998

Institution :

l'Organisation Météorologique Mondiale : <https://public.wmo.int/fr/%C3%A0-propos-de-nous/qui-sommes-nous#:~:text=L'Organisation%20m%C3%A9t%C3%A9orologique%20mondiale%20est,193%20%C3%89tats%20et%20territoires%20membres.&text=Elle%20a%20favoris%C3%A9%20la%20collaboration,m%C3%A9t%C3%A9orologie%20%C3%A0%20quantit%C3%A9%20de%20domaines>

Centre national de la recherche scientifique français : <https://www.cnrs.fr/fr/page-daccueil>

l'Université d'ingénieur, polytechnique Montréal : <https://www.polymtl.ca/>

l'Université du Sussex : <https://www.sussex.ac.uk/>

MESRS : <https://www.mesrs.dz/>

Ministère de l'agriculture et de l'alimentation français : <https://agriculture.gouv.fr/>

Institut national d'agriculture biologique (INAB) Québec Canada :
<https://www.cegepvicto.ca/>

La direction des services agricoles de la willaya de Tébessa

Dictionnaire :

Dictionnaire Le grand Larousse illustré (2019)

Dictionnaire sens agent le parisien (2021) :
<http://dictionnaire.sensagent.leparisien.fr/dictionnaire/fr-fr/>

Dictionnaire l'internaute :
<https://www.linternaute.fr/dictionnaire/fr/definition/experimentation/>

Site web:

Site de aquaportail : <https://www.aquaportail.com/definition-4925-climat.html>

Site de energie28 : <http://energie28.blogspot.com/2016/11/rayonnements-direct-diffus-et-reflechi.html>

site aquaportail : <https://www.aquaportail.com/definition-5646-microclimat.html>

Site de aquaportail : <https://www.aquaportail.com/definition-2688-temperature-ambiante.html>

Site de INSTITUT FRANÇAIS DE L'ÉDUCATION : <http://eduterre.ens-lyon.fr/thematiques/climat/climats-de-la-terre>

Site étudiant : <https://www.etudier.com/dissertations/Enveloppe-Architecturale/67142026.html>

Site Iko : <https://www.iko.com/comm/fr/blog/quest-ce-que-lenveloppe-du-batiment/#:~:text=L'enveloppe%20du%20b%C3%A2timent%20est,dessous%20du%20niveau%20du%20sol.>

Site calculeo : <https://www.calculeo.fr/subventions/credit-d-impot/pour-les-parois-opaques>

Site calameo : <https://fr.calameo.com/read/0008998692cd6e8d252c4>

Site eRT2012 : <https://www.e-rt2012.fr/explications/conception/explication-architecture-bioclimatique/>

Site de guide de bâtiment durable :
<https://www.guidebatimentdurable.brussels/fr/accueil.html?IDC=1506>

Site energie+ : <https://energieplus-lesite.be/theories/eclairage12/physique-lumiere/eclairage-naturel-et-ses-variations/>

Site AQUAA : <https://www.aquaa.fr/portfolio/bioclimatique/>

Site de Guide de bâtiment durable :
<https://www.guidebatimentdurable.brussels/fr/implantation-et-forme-des-batiments-quels-choix-influencent-les-effets-du-vent.html?IDC=7849>

Le site passivact : <https://passivact.fr/Concepts/files/InertiesThermiques-Comprendre.html>

site eRT2012 : <https://www.e-rt2012.fr/explications/conception/explication-architecture-bioclimatique/>

site techno science : <https://www.techno-science.net/glossaire-definition/Serre.html>

site guide de batiment durable :

<https://www.guidebatimentdurable.brussels/fr/serres.html?IDC=10675>

site linkedin : <https://fr.linkedin.com/>

site behance : <https://www.behance.net/gallery/82489531/Agriculture-research-center-graduation-project>

site benjamindurandap.overblog : <http://benjamindurandap.overblog.com/>

site meteoblue :

https://www.meteoblue.com/fr/meteo/historyclimate/climatemodelled/t%C3%A9bessa_alg%C3%A9rie_2477461

site docplayer : <https://docplayer.fr/1346912-Thermometre-interieur-exterieur-sans-fil-notice-d-utilisation-www-otio-com.html>

site testo : <https://www.testo.com/fr-CH/produits/surface-thermometer>

site pce-instruments : www.pce-instruments.com

site accasoftware : <https://www.accasoftware.com/fr/logiciel-bim>

site knowledge.autodesk : <https://knowledge.autodesk.com/>

site Ingénieur indépendant en informatique scientifique : <http://www.jnlog.com/>

site rhino3d : <https://www.rhino3d.com/>

site food4rhino :

https://www.food4rhino.com/browse?searchText=LADYBUG&form_build_count=1

Les Logiciels :

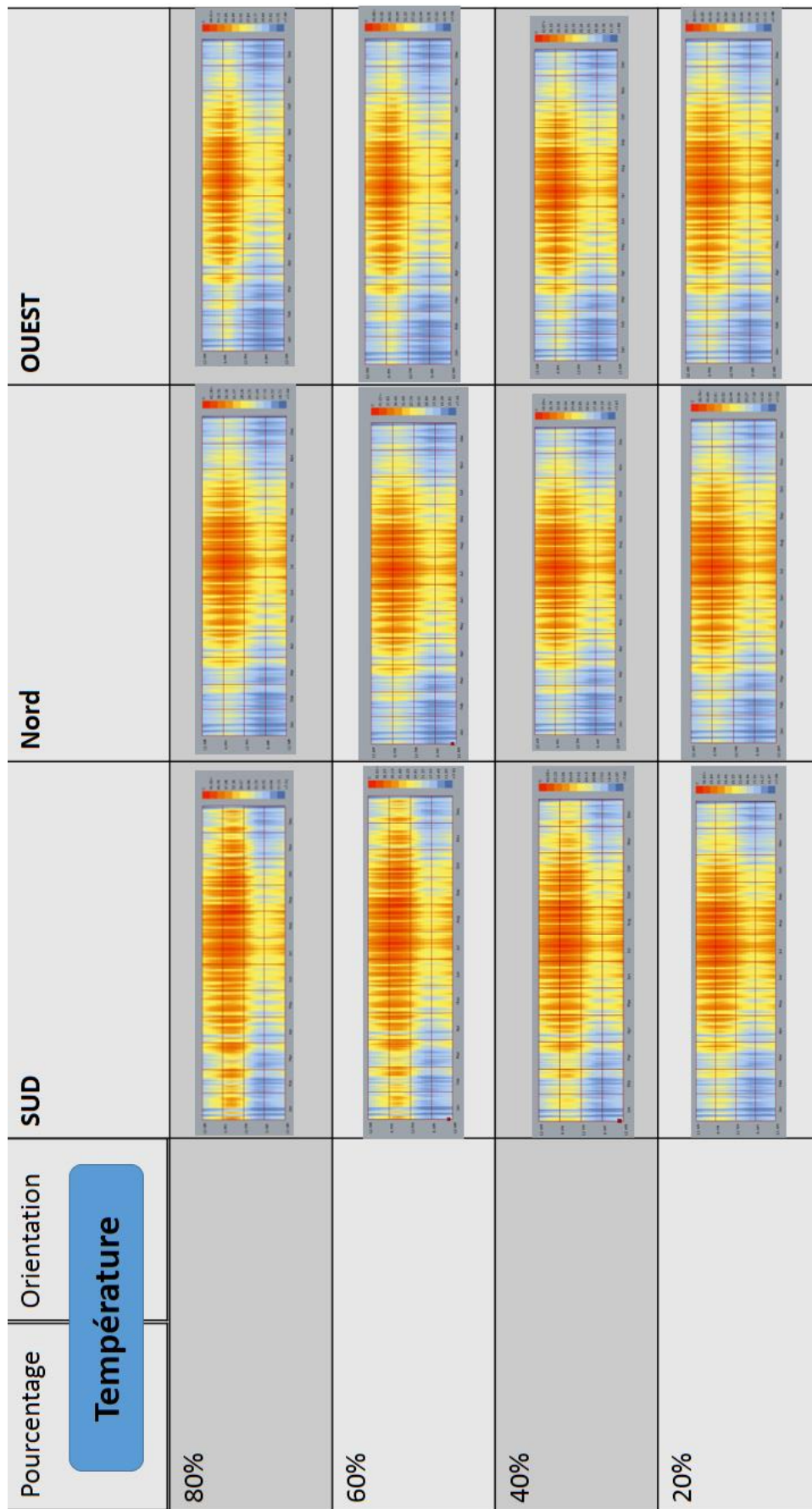
Grasshopper (honeybee+ladybug) for Rhino 6

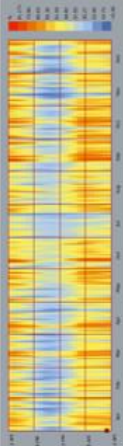
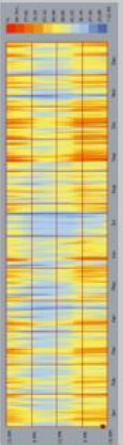
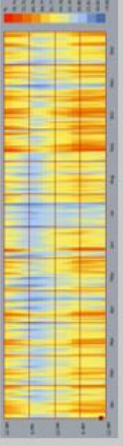
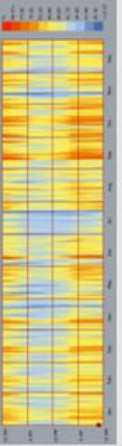
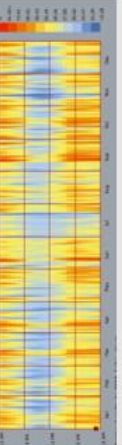
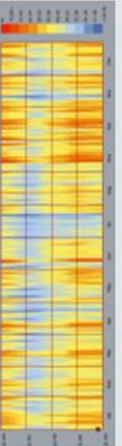
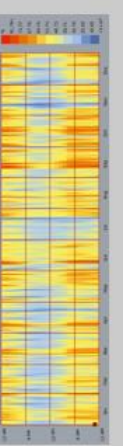
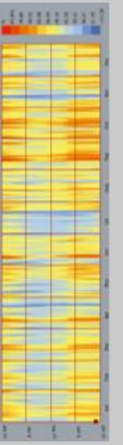
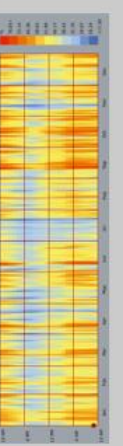

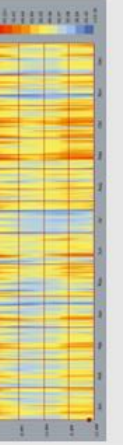
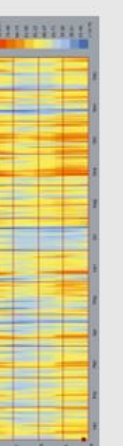
Google Earth pro

Rhino 6

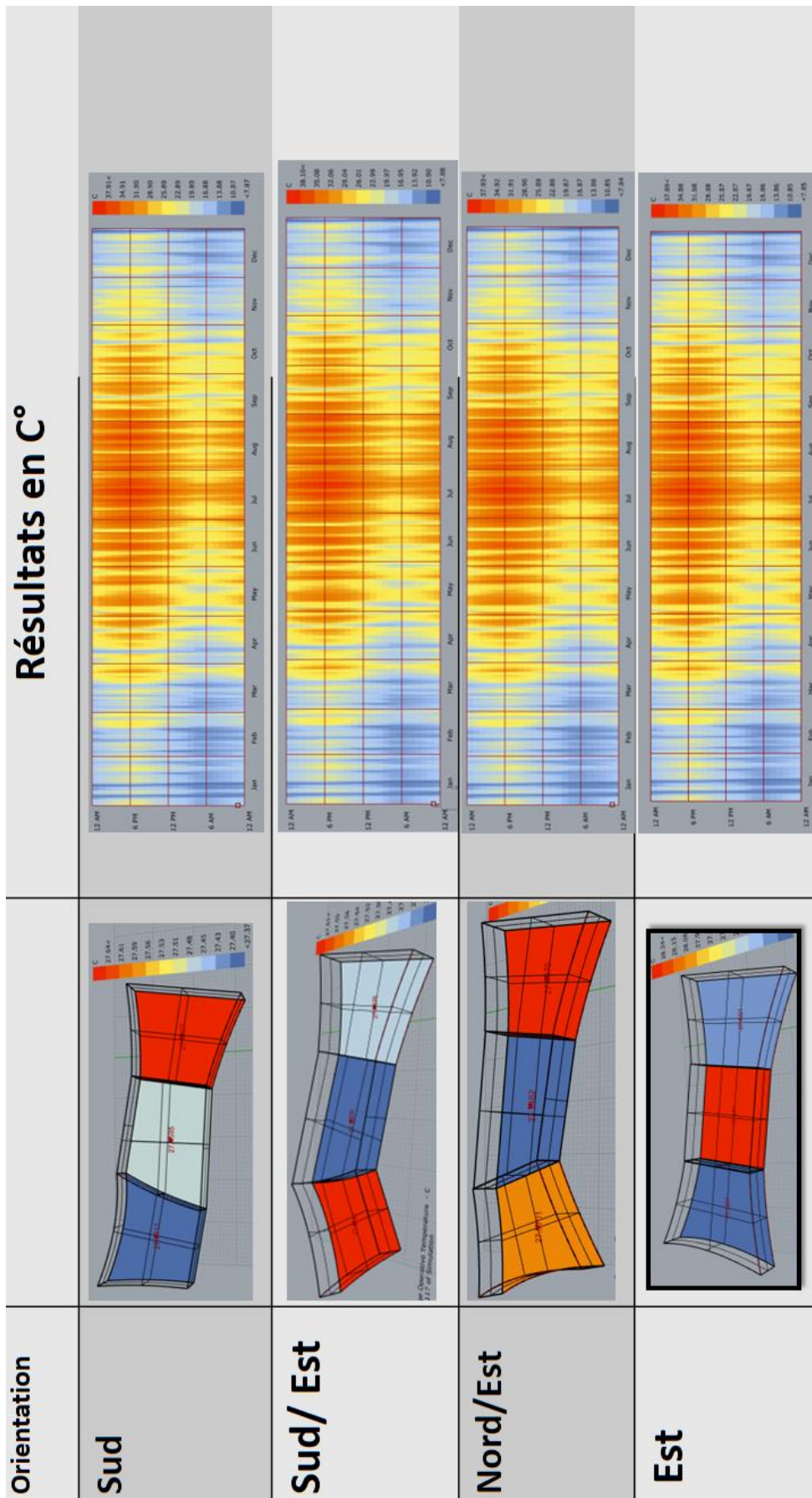
Les annexes :

Les résultats d'orientation et de pourcentage des ouvertures pour la serre chaude:

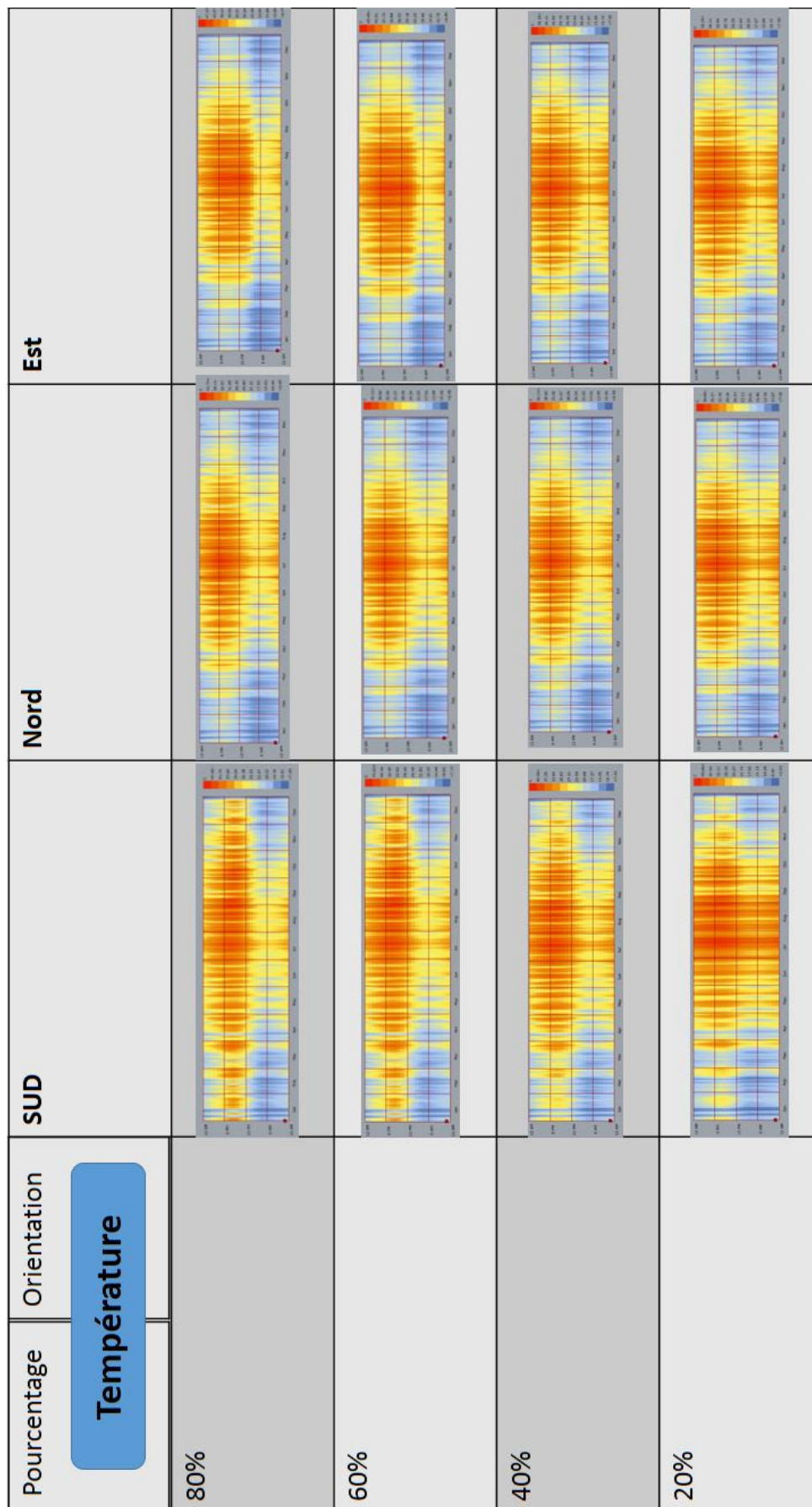


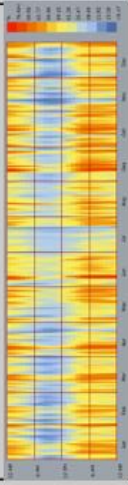
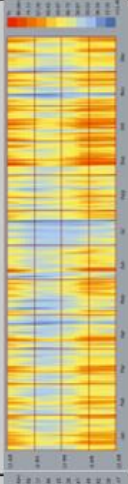
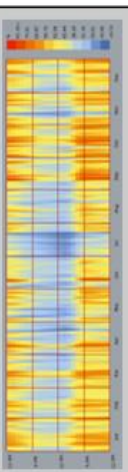
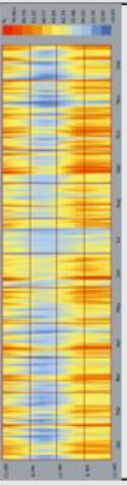
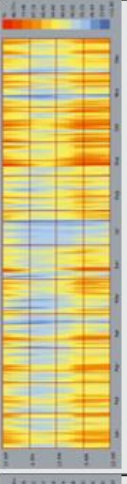
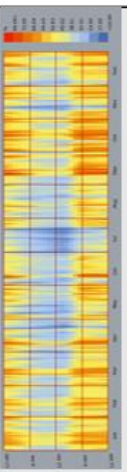
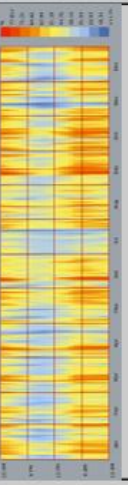
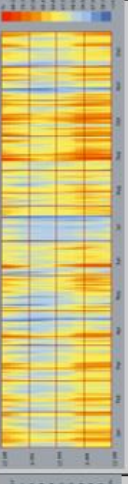
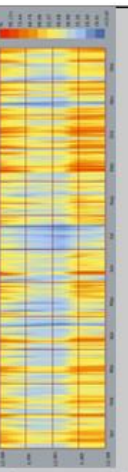
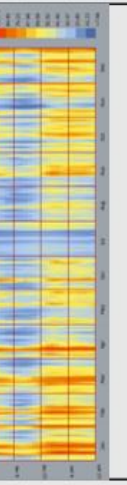
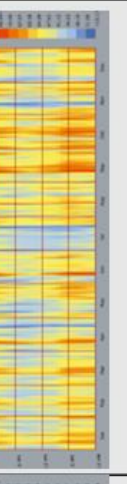
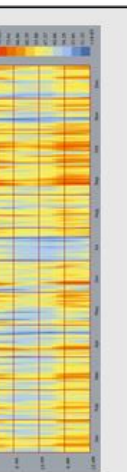
Pourcentage	Orientation	SUD	Nord	OUEST
80%	<div data-bbox="400 1615 491 1989" style="background-color: #4a90e2; color: white; padding: 10px; text-align: center; border-radius: 10px;"> Humidité </div>			
60%				
40%				
20%				

Les résultats d'orientation du volume de la serre froide :

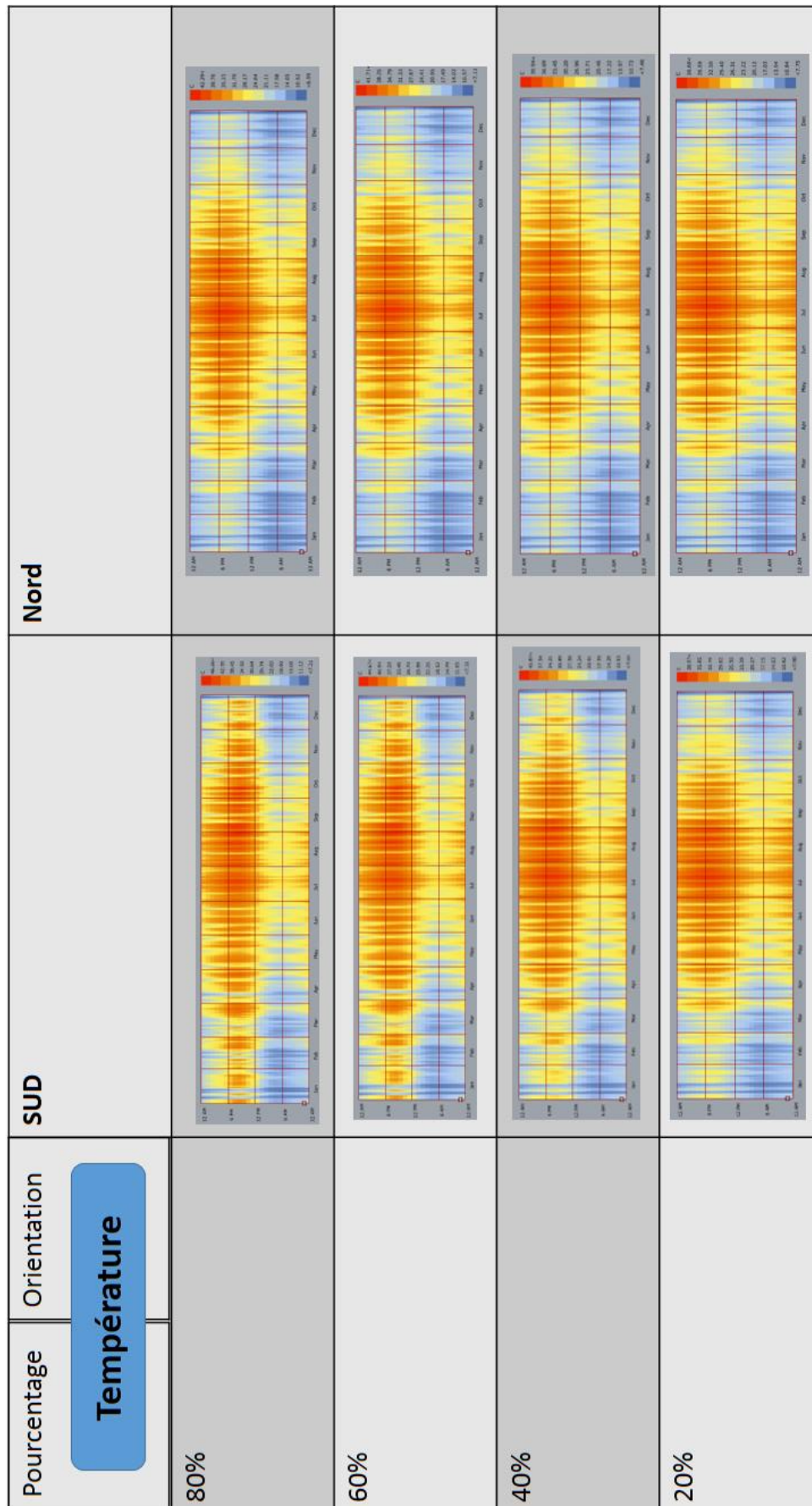


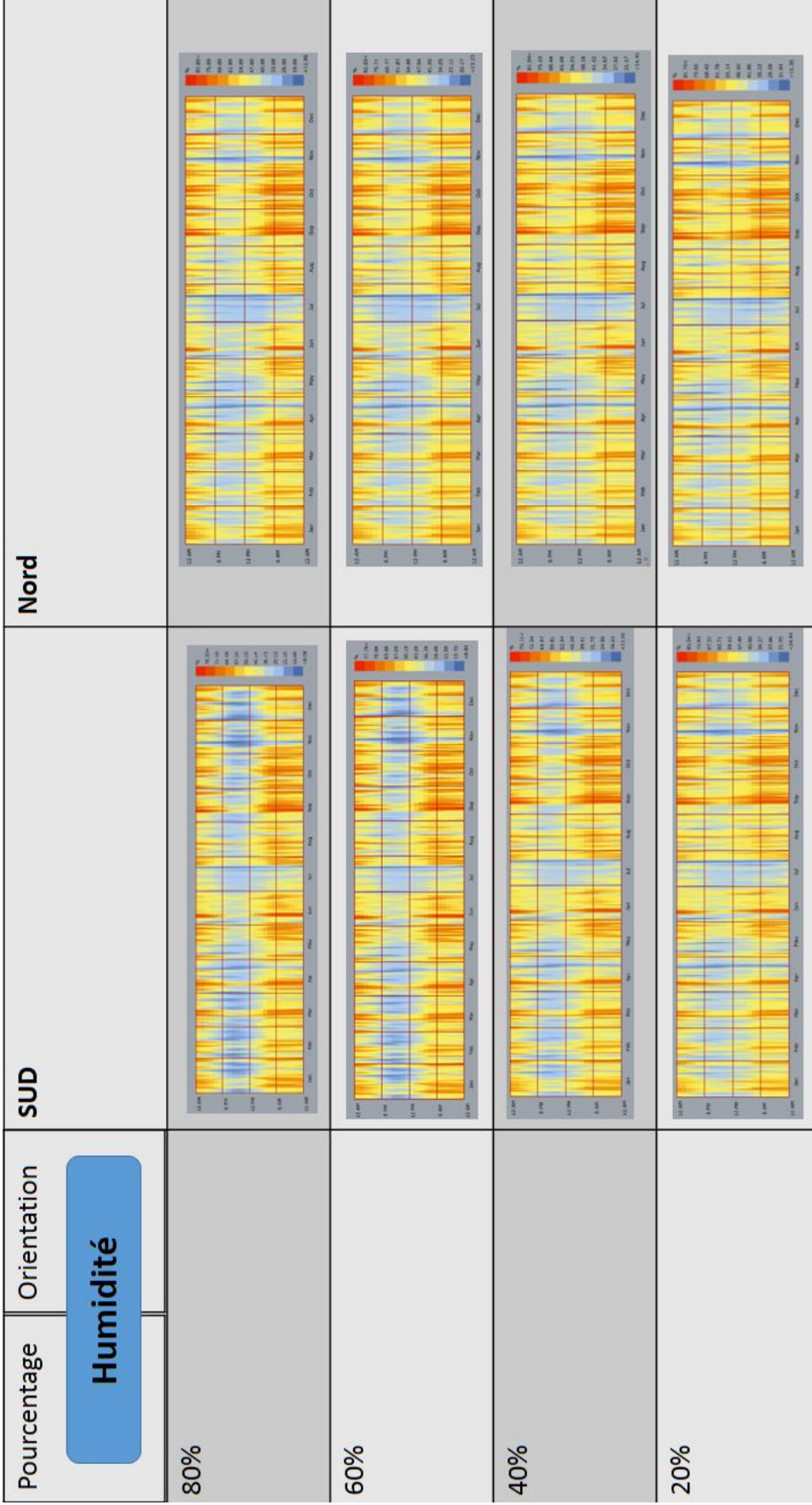
Les résultats d'orientation et de pourcentage des ouvertures pour la serre froide :



Pourcentage	Orientation	SUD	Nord	Est
80%	<div data-bbox="395 1653 491 2038" style="background-color: #4a90e2; color: white; padding: 5px; text-align: center; border-radius: 10px;"> Humidité </div>			
60%				
40%				
20%				

Les résultats d'orientation et de pourcentage des ouvertures pour la serre tempérée:





الملخص

منذ وجوده، حاول الانسان التكيف مع ظروف بيئته عن طريق تشييد مباني ومساكن لتوفير الراحة ولحمايته من الظروف المناخية. ولكن مع التطور الصناعي والتكنولوجي الذي شهدته الإنسانية، أصبحت المباني هي الاكثر استهلاك للطاقة بحجة تحقيق الظروف الملائمة لراحة الانسان على حساب الموارد الطبيعية ومستقبل الاجيال القادمة،

اليوم، بدأت تشهد الممارسات المعمارية ثورات تهدف الى احترام المحيط والاستغلال الطاقوي الحكيم، عن طريق مركبات الغلاف المعماري التي يتحكم في التبادلات بين الخارج والداخل لخلق مباني ذات مناخات داخلية مصغرة ملائمة و اقل استهلاك للطاقة من غيرها

هذه الثورات تمس جميع جوانب حياة الانسان، البيئية، الاقتصادية، الاجتماعية والزراعية ... الخ. ولهذا فان الهدف الرئيسي لهذا البحث هو تطبيق مبادئ هذه الثورات المعمارية للمساعدة في مجال البحث الزراعي في الجزائر، عن طريق خلق مناخات داخلية مناسبة للبحث والتطوير والزراعة النباتية. وقد اتبعنا لتطوير هذا البحث ثلاث مناهج، الأول نظري ثم تحليلي وفي الاخير المنهج التطبيقي الذي استخدمنا فيه المحاكات كوسيلة لتحسين التصميم. ثم طبقنا النتائج المحصل عليها على المشروع المعماري المقترح والذي هو مركز بحث وتطوير زراعي

وقد تحصلنا في ختام هذا البحث على نتائج تبين لنا مدى دور الغلاف المعماري على التحكم في المناخات المصغرة الداخلية للمباني

Résumé :

Depuis son existence, l'être humain a toujours essayé de s'adapter aux circonstances de son environnement à travers la construction des logements lui offrant sécurité et confort, afin de faire face à toutes les conditions climatiques. Cependant, le développement industriel et technologique que vit l'humanité toute entière avait rendu les habitations un des plus grands consommateurs d'énergies sous prétexte d'assurer le confort en dépit des ressources naturelles existantes.

Aujourd'hui, la pratique architecturale commence à prendre compte du respect de l'environnement et à l'exploitation raisonnable des ressources énergétiques, à travers les composantes de l'enveloppe architecturale, une solution qui permet de contrôler les échanges entre l'intérieur et l'extérieur pour créer des micro-climats ambiants avec une moindre consommation d'énergie. Cette nouvelle pratique touche l'ensemble de la vie, environnementale, économique, sociale et agricole de l'être humain.

Cette recherche a pour but principal de concrétiser les principes fondamentaux de cette révolution architecturale dans le domaine agricole en Algérie, à travers la création des différents micro-climats convenables à la recherche, au développement et à la culture agronomique.

Pour réaliser cette recherche, nous avons suivi trois méthodologies, une approche théorique, puis analytique et enfin pratique qui consiste à utiliser la simulation numérique comme un outil pour améliorer la conception, les résultats obtenus de cette recherche seront appliqués dans l'élaboration de notre projet qui est un centre de recherche et de développement agronomique.

Par ailleurs, nous avons obtenu à la fin de cette recherche des résultats indiquant l'impact de l'enveloppe architecturale dans le contrôle du micro-climat.

