

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Mémoire de Master

Présenté à l'Université 08 Mai 1945 de Guelma

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département de : **Architecture**

Spécialité : **Architecture**

Option : Architecture, Environnement et Technologie

Présenté par : **BENBELKACEM Imen**

**Thème : INTEGRATION DE LA BIODIVERSITE DANS
LA CONCEPTION D'UN EQUIPEMENT
SCIENTIFIQUES A TAOURA (SOUK AHRAS)**

Sous la direction de : Dr DECHAICHA Assoule

Juin 2021

REMERCIEMENT

Je remercie Dieu le tout puissant pour m'avoir donné toute cette force et ce courage, Pour faire aboutir ce travail.

En premier lieu, Je tiens à remercier mes encadrants, Dr. DECHAICHA Assoule et Mr. MEDDOUR Larbi, pour avoir accepté de m'encadrer tout au long de ce travail, pour leurs patientes, leurs aides, leurs disponibilités et leurs conseils et suggestions qui ont beaucoup contribué à alimenter ma réflexion et m'aider à atteindre mon objectif

Mes remerciements vont également à membres du jury, pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail, et qui m'ont fait l'honneur d'accepter l'évaluation de ce travail.

Mes remerciements vont enfin aux tous mes enseignants du département et tous les personnes qui ont contribué, par la mise à ma disposition des informations, à l'élaboration de ce travail.

Il me reste à ne pas oublier de remercier tant de personnes, que je ne peux nommer, de peur d'en oublier ; que toutes sachent qu'elles sont bien présentes dans mon esprit et dans mon cœur.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail avec un grand amour, une profonde sincérité et immense fierté ;

À mes chers parents BenBelkacem Abdelhamid, et Mezahda Nafissa ; sources de noblesse, tendresse de patience et d'encouragement, que Dieu me les sauvegarde toujours en bonne santé et que le paradis soit leurs logis.

À ma chère sœur Sabrina qui m'a aidé et encouragé durant toute la période de ce travail et qui
M'a orienté durant toute ma vie.

À mes frères Abdelhakim, ziad et ilyes

À ma belle-sœur Samira

À ma grand-mère NECIF DJAMILA

À mon amie FETTAR CHAIMA

Et sans oublier mes amies et camarades pour leur soutien, et leur compréhension

Enfin, à tous ceux que j'aime et tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à réaliser ce travail.

Résume

Les zones humides sont des milieux de vie sensibles qui abritent des écosystèmes fragiles et complémentaires et participent à la continuité du cycle de vie. Ces milieux courent de véritables dangers suite à l'activité humaine et au réchauffement climatique. La détérioration des Zones humides influe négativement la vie sur la planète. Actuellement, le souci de la préservation de l'environnement est primordial dans le monde entier, c'est devenue un enjeu majeur vu que l'environnement est notre support de vie mais qui est dangereusement affecté.

L'architecture écologique part du postulat qu'il est possible d'assurer le confort requis pour l'activité humaine en tirant profit des ressources présentes dans la nature et dans l'environnement du bâtiment. Ces ressources bioclimatiques, paysagères et écologiques fournissent constituent un potentiel assez considérable à prendre en considération dans toutes démarches de durabilité architecturale.

Dans ce travail, nous nous sommes intéressé sur les lacs de Burgas, zone humide qui se situe à Souk Ahras ces lacs abrite une biodiversité des écosystèmes terrestres et lacustre important, qui risque d'être étouffée par les différents enjeux environnementaux.

Cette étude nous a conduit à conclure que l'application des principes de l'architecture écologique permet de mieux matérialiser les objectifs de valorisation de la biodiversité locales. Compte tenu de la vision globale qu'elle porte, cette approche de durabilité est une approche globale qui offre la possibilité de combiner et d'associer. L'ensemble des aspects écologiques, paysagers et fonctionnels des centres de recherches scientifiques. Le résultat de la simulation architecturale a montré que la présence des corridors verts est très important pour l'amélioration des ambiances intérieures et extérieures. La simulation peut constituer donc un outil assez faisable pour l'évaluation des formes architecturales proposées.

Mots clés : Biodiversité, zone humide, écosystème, architecture écologique, corridor vert, centre de recherche scientifique.

Abstract

Wetlands are sensitive living environments that shelter fragile and complementary ecosystems and participate in the continuity of the life cycle. These environments are in real danger due to human activity and global warming. The deterioration of wetlands negatively affects life on the planet. Currently, the concern for the preservation of the environment is paramount in the world, It has become a major issue since the environment is our support of life but is dangerously affected.

Ecological architecture starts from the assumption that it is possible to ensure the comfort required for human activity by taking advantage of the resources present in nature and in the building environment. These bioclimatic, landscape and ecological resources provide a considerable potential to be taken into consideration in all architectural sustainability approaches.

In this work, we were interested in the Burgas lakes which is a wetland located in Souk Ahras. These lakes are home to a biodiversity of terrestrial and lacustrine ecosystems important, which is in danger of being stifled by the various environmental issues.

This study led us to conclude that the application of the principles of ecological architecture allows to better materialize the objectives of valorization of the local biodiversity. Given the global vision it carries, this sustainability approach is a global approach that offers the possibility to combine and associate. All the ecological, landscape and functional aspects of the scientific research centers. The result of the architectural simulation shows that the presence of green corridors is very important for the improvement of the interior and exterior ambiances. The simulation can therefore constitute a fairly feasible tool for the evaluation of the proposed architectural forms

Keywords: Biodiversity, wetland, ecosystem, ecological architecture, green corridor, scientific research center.

ملخص

الأراضي الرطبة هي بيئات معيشية حساسة تؤوي النظم الإيكولوجية الهشة والمتكاملة وتشارك في استمرارية دورة الحياة. هذه البيئات في خطر حقيقي نتيجة النشاط البشري والاحتباس الحراري. يؤثر تدهور الأراضي الرطبة سلبيًا على الحياة على هذا الكوكب. في الوقت الحالي، يعد الاهتمام بالحفاظ على البيئة أمرًا بالغ الأهمية في جميع أنحاء العالم، فقد أصبح قضية رئيسية لأن البيئة هي دعماً للحياة ولكنها تتأثر بشكل خطير.

تعتمد العمارة البيئية على فرضية أنه من الممكن توفير الراحة المطلوبة للنشاط البشري من خلال الاستفادة من الموارد الموجودة في الطبيعة وفي بيئة المبنى. توفر هذه الموارد المناخية الحيوية والمناظر الطبيعية والبيئية إمكانات كبيرة إلى حد ما يجب أخذها في الاعتبار في أي نهج للاستدامة المعمارية.

في هذا العمل، كنا مهتمين ببحيرات بورغاس، وهي أرض رطبة تقع في سوق أهراس، هذه البحيرات هي موطن لتنوع بيولوجي كبير من النظم البيئية الأرضية والبحيرات، والتي قد تتعرض لخنق بسبب القضايا البيئية المختلفة.

قادتنا هذه الدراسة إلى استنتاج أن تطبيق مبادئ العمارة البيئية يجعل من الممكن تحقيق أهداف تقييم التنوع البيولوجي المحلي بشكل أفضل. بالنظر إلى الرؤية العالمية التي تحملها، فإن هذا النهج للاستدامة هو نهج شامل يوفر إمكانية الجمع والربط. جميع الجوانب البيئية والمناظر الطبيعية والوظيفية لمراكز البحث العلمي. تظهر نتيجة المحاكاة المعمارية أن وجود الممرات الخضراء مهم للغاية لتحسين البيئات الداخلية والخارجية، وبالتالي يمكن أن تشكل المحاكاة أداة مجدية إلى حد ما لتقييم الأشكال المعمارية المقترحة.

الكلمات المفتاحية: التنوع البيولوجي، الأراضي الرطبة، النظام البيئي، العمارة البيئية، الممر الأخضر، مركز البحث العلمي.

INTRODUCTION GENARALE

PROBLEMATIQUE

HYPOTHESE

I. CHANGEMENT CLIMATIQUE ET DEGRADATION DE LA BIODIVERSITE : UNE APPROCHE ECOLOGIQUE DU PAYSAGE CONSTRUIT	1
I.1. LA BIODIVERSITE.....	1
I.1.1. <i>Définition de la biodiversité</i>	1
I.2. VALEUR DE LA BIODIVERSITE	2
I.2.1. <i>Valeur éthique : droit du vivant et patrimoine naturel mondial</i>	2
I.2.2. <i>Valeur scientifique : cumul de connaissances</i>	2
I.2.3. <i>Valeur culturelle-spirituelle : ancrage du vivant dans la société, des pratiques ancestrales et la religion</i>	2
I.2.4. <i>Valeur esthétique : beauté du monde vivant</i>	3
I.2.5. <i>Valeur éducative : sensibilisation aux problématiques environnementales et construction de compétences</i>	3
I.2.6. <i>Une valeur économique : apport de biens et services écosystémiques</i>	3
I.3. LES NIVEAUX DE LA BIODIVERSITE	4
I.3.1. <i>La biodiversité génétique</i> :	4
I.3.2. <i>La biodiversité spécifique</i> :	5
I.3.3. <i>La biodiversité écosystémique</i> :.....	5
I.3.3.1. <i>Qu'est-ce qu'un écosystème?</i>	6
I.4. LES LACS COMME DES RESERVOIRS DE LA BIODIVERSITE	6
I.4.1. <i>1-Définition.de lac</i>	7
I.4.2. <i>Les zones d'un lac</i>	7
I.5. DU LAC A L'ECOSYSTEME : RICHESSE ET DYNAMIQUES.....	8
I.5.1. <i>Les écosystèmes lac et étang</i>	8
I.6. LA DEGRADATION DE LA BIODIVERSITE.....	9
I.6.1. <i>1-Impacts de l'Homme sur la biodiversité : anthropisation</i>	10
I.6.2. <i>Le changement climatique</i>	12
I.6.2.1. <i>Les cause du changement climatique</i>	13
I-6.2.1.1. <i>Causes naturelles</i>	13
I-6.2.1.2. <i>Causes anthropiques</i>	13
I.6.2.2. <i>Les gaz à effet de serre</i>	14
I.6.2.3. <i>Projections des changements climatiques au niveau de l'Algérie</i>	16
I-6.2.3.1. <i>Changements climatiques & biodiversite:</i>	16
I-6.2.3.2. <i>Changements climatiques & biodiversité : cadre conceptuel</i>	17

I-6.2.3.3. Changements climatiques: la grande menace pour la biodiversité.....	19
I-6.2.3.4. Impacts attendus des changements climatiques sur la biodiversité.....	22

**II. -L'ÉCOLOGIE DE PAYSAGE ET LA VALORISATION DE LA BIODIVERSITE :
 DEMARCHE CONCEPTUELLE, PRINCIPES ET EXEMPLES : 24**

II.1. L'ÉCOLOGIE DE PAYSAGE: UNE NOUVELLE APPROCHE DES PROCESSUS ÉCOLOGIQUES, DES NOTIONS EMERGENTES.....	24
II.1.1. Définition de l'écologie du paysage.....	24
II.1.2. Les fondements de l'écologie du paysage.....	25
II.1.2.1. Quelques concepts théoriques fondateurs.....	25
II-1.2.1.1. La théorie biogéographique des îles.....	25
II-1.2.1.2. Les métapopulations.....	26
II-1.2.1.3. La mosaïque paysagère.....	29
II-1.2.1.4. Corridor écologique :.....	30
II-1.2.1.5. Les réservoirs de biodiversité.....	31
II.1.2.2. Continuités écologiques :.....	32
II.1.2.3. La connectivité paysagère : une notion clé pour la spatialisation des processus écologiques.....	32
II-1.2.3.1. La connectivité paysagère.....	32
II.1.3. Le concept de réseau écologique.....	35
II.1.3.1. Différentes définitions des réseaux écologiques.....	35
II.1.3.2. Le réseau écologique lié à l'espèce.....	37
II.1.3.3. Le réseau écologique lié au paysage.....	38
II-1.3.3.1. Le réseau écologique sous l'angle de l'aménagement du territoire.....	40
II.1.4. La Trame verte et bleue, un réseau écologique pour la préservation de la biodiversité, l'aménagement du territoire et une réponse pour le réchauffement climatique.....	42
II.1.4.1. Définition de la trame vert et bleue.....	42
II.1.4.2. Les composantes de la trame verte et bleue :.....	43
II-1.4.2.1. Les enjeux par trames.....	43
II-1.4.2.2. . Concept de sous trame.....	44
II-1.4.2.3. La sous-trame des cours d'eau :.....	45
II.1.4.3. Les objectifs de la Trame verte et bleue.....	46
II.1.5. La TVB comme un outil de la préservation de la biodiversité.....	47
II-1.5.1.1. Capacités des milieux constitutifs de la Trame verte et bleue à atténuer et limiter le changement climatique.....	49
II.2. LES JARDINS : ESPACES DE VALORISATION DE LA BIODIVERSITE.....	50
II.2.1. Définition du jardin botanique.....	50
II.2.2. Les caractéristiques du jardin botanique sont :.....	51

II.2.3. Répartition des jardins botaniques.....	52
II.2.4. Les différents types de jardins botaniques.....	53
II.2.4.1. Les jardins à objectifs multiples dits « classiques ».....	53
II.2.4.2. 2. Les jardins ornementaux.....	54
II.2.4.3. Les jardins historiques.....	54
II.2.4.4. Les jardins de conservation.....	55
II.2.4.5. Les jardins universitaires.....	56
II.2.4.6. Les jardins agro-botaniques et banque de tissus.....	56
II.2.4.7. Les jardins de Montagne ou alpins.....	56
II.2.4.8. Jardins thématiques.....	57
II.2.4.9. Les jardins horticoles.....	57
II.2.5. La mission générale des jardins botaniques pour la conservation.....	58
II.2.5.1. La conservation.....	58
II.2.5.2. Recherche, contrôle et gestion de l'information.....	59
II.2.5.3. Éducation et sensibilisation du public.....	60

III. ARCHITECTURE BIOCLIMATIQUE : DEMARCHE CONCEPTUELLE, PRINCIPES ET EXEMPLES 61

III.1. QU'EST-CE QU'UNE ARCHITECTURE BIOCLIMATIQUE ?.....	61
III.1.1. 1 Définition :.....	61
III.1.2. La conception bioclimatique.....	61
III.1.3. 1 Les paramètres de la conception bioclimatique au niveau de plan de masse.....	62
III.1.3.1. L'implantation:.....	62
III.1.4. Techniques utilisées par l'architecture bioclimatique.....	69
III.1.4.1. Les espaces tampons :.....	69
III.1.4.2. Les Eco- matériaux.....	69
III.1.4.3. Les principales caractéristiques d'un éco-matériau.....	70
III.1.4.4. Les principaux éco-matériaux utilisés dans la construction.....	70
III.1.4.5. Le puits canadien :.....	72
III.1.4.6. Les serres et vérandas :.....	73
III-1.4.6.1.Exemple sur la serre bioclimatique : serre à semis bioclimatique à the camp.....	73
III.1.4.7. Les murs trombe.....	76
III.1.4.8. Les énergies renouvelables.....	77
III-1.4.8.1.Définition :.....	77
III-1.4.8.2.Les types des énergies renouvelables :.....	78
III-1.4.8.3.Energie éolienne.....	80
III-1.4.8.4.Énergie hydraulique.....	81
III-1.4.8.5.Énergie géothermique :.....	81

III-1.4.8.6.L'énergie de la biomasse	82
IV. LA SIMULATION : UN OUTIL D'AIDE A UNE CONCEPTION ECOLOGIQUE	88
IV.1. DEFINITION DE LA SIMULATION	88
IV.2. TYPOLOGIE, AVANTAGES ET LIMITES DE LA SIMULATION ARCHITECTURALE	89
IV.2.1. <i>La simulation thermique</i>	89
IV.2.1.1. Définition	89
IV.2.1.2. La simulation thermique dynamique	89
IV.2.1.3. Les atouts de la simulation thermique dynamique.....	91
IV.2.1.4. La simulation thermique dynamique dans le processus de la conception architecturale	91
IV-2.1.4.1.Méthodologie STD : les 6 étapes à suivre	92
IV.2.1.5. Les limites de simulation thermique dynamique	94
IV.2.1.6. Présentation de logiciel de simulation	95
IV-2.1.6.1.Le logiciel ArchiWIZARD.....	95
IV.2.1.7. Simulation du cas d'étude.....	98
IV-2.1.7.1.Présentation du cas d'étude	98
IV-2.1.7.2.Les données et matériel utilisé :	99
IV-2.1.7.3.Les données de projet.....	101
IV.2.2. <i>Simulation des ambiances extérieures : utilisation du logiciel Envi_Met</i>	115
IV.2.2.1. Présentation de logiciel.....	115
IV.2.2.2. Principes généraux.....	116
IV.2.2.3. les avantages attribués à ENVI-met:.....	118
IV.2.2.4. Les thématiques suivantes peuvent être traitées avec ENVI-Met.....	118
IV.2.2.5. Metodologie de travail	119
IV.3. ANALYSE DE SITE.....	129
IV.3.1. <i>Présentation de la wilaya</i>	129
IV.4. .SITUATION GEOGRAPHIQUE	129
IV.4.1. <i>POTENTIEL DE LA VILLE DE SOUK AHRAS</i>	129
IV.4.1.1. Couverture forestière :	129
<i>La willaya de Souk-Ahras détient un patrimoine forestier très important. La superficie Forestière est estimée à 97.280 hectares soit un taux de 23% de la superficie total de la willaya.</i>	130
IV.4.1.2. Secteur de l'Agriculture	131
IV.4.1.3. Réseau hydrographique.....	132
IV.4.1.4. La situation géologique.....	133
IV.4.1.5. Situation géomorphologique :.....	133
IV.5. PRESENTATION DE LA COMMUNE TAOURA	134
IV.5.1.1. Se situant sur le RN82 ET LIMITEE PAR.....	135

IV.5.2.	<i>PRESENTATION DE SITE D'INTERVENTION</i>	135
IV.5.2.1.	PRESENTATION du site naturel BURGAS.....	135
IV.5.2.2.	L'accessibilité.....	138
IV.5.2.3.	Les limites.....	139
IV.5.2.4.	Le maillage.....	140
IV.5.2.5.	L'interprétation de la forme de terrain.....	142
IV.5.2.6.	La topographie du terrain.....	142
IV.5.3.	<i>ANALYSE CLIMATIQUE</i>	143
IV.5.3.1.	Type de climat.....	143
IV-5.3.1.1.	LA TEMPERATURE.....	144
IV-5.3.1.2.	Les précipitations.....	145
IV-5.3.1.3.	Les vents.....	146
IV-5.3.1.4.	L'humidité.....	147
IV-5.3.1.5.	Gellée.....	148
IV.5.4.	<i>Les caractéristiques écologiques² de site</i>	151
IV.5.4.1.	Les lacs.....	151
IV.5.4.2.	La végétation de site.....	152
IV-5.4.2.1.	L'avifaune aquatique.....	153
IV-5.4.2.2.	La faune Vertèbres et invertébrés.....	154
IV.5.4.3.	Les recommandations pour la conception de projet.....	155
V.	APPROCHE ANALYTIQUE	157
V.1.	ÉTUDE ET ANALYSES DES EXEMPLES : ECORIUM OF THE NATIONAL ECOLOGICAL INSTITUTE 157	
V.2.	PRESENTATION.....	158
V.2.1.	<i>Les limites de projet</i>	158
V.2.2.	<i>Analyse d'environnement naturelle</i>	160
V.2.3.	<i>Hiérarchisation de L'accessibilité</i>	161
V.2.4.	<i>L'accessibilité au niveau de projet</i>	161
V.2.4.1.	La structure du projet.....	168
V.2.4.2.	Analyse des plans a l'échelle environnemental.....	168
V.2.4.3.	Les matériaux de construction.....	169
V.3.	EXEMPLE NUMERO 02.....	171
V.3.1.	<i>Patricia and Phillip Frost Museum of Science</i>	171
V.3.2.	<i>Fiche technique</i>	171
V.3.3.	<i>Présentation</i>	172
V.3.4.	<i>Situation</i>	172
V.3.5.	<i>La forme de projet</i>	173

V.3.6.	<i>La genèse d'idée de projet</i>	174
V.3.7.	<i>Analyse des planes</i>	175
V.3.8.	<i>Analyse des façades</i>	181
V.3.9.	<i>Les Solution Environnementale</i>	182
V-3.9.1.1.	<i>Green Wall : les murs végétales</i>	185
V.3.10.	<i>La fiche technique du projet :</i>	187
V.3.11.	<i>Présentation du projet</i>	188
V.3.12.	<i>L'objectif du projet</i>	188
V.3.13.	<i>Localisation du projet</i>	188
V.3.14.	<i>L'architecture bioclimatique</i>	192
V.3.14.1.	<i>Préservation de l'environnement et aménagement paysagère</i>	192
V.3.14.2.	<i>La prairie naturelle au service de la biodiversité</i>	193
V.3.14.3.	<i>Les prairies naturelles a des nombreux avantages :</i>	193
V.3.14.4.	<i>Réseau hadronique muni de circulateurs à débit variable</i>	194
V.3.14.5.	<i>Panneaux solaire photovoltaïque</i>	195
V.3.14.6.	<i>Equipment faible consommation</i>	195
V.3.14.7.	<i>L'isolation</i>	196
V.3.14.8.	<i>Spécifications techniques :</i>	196
V.3.14.9.	<i>Habillage façade</i>	197
V.3.14.10.	<i>Terrasse bioclimatique protégées du soleil par des brise-soleil</i>	198
V.4.	PROGRAMMATION	202
V.4.1.	<i>Introduction</i>	202
V.4.2.	<i>Intitulé du projet : centre de recherche en biodiversite</i>	202
V.4.3.	<i>Les fonctions de projet</i>	202
V.5.	LES RECOMMANDATION DE LA CONCEPTION ECOLOGIQUES DE PROJET	209

CONCLUSION GENERALE

BIBLIOGRAPHIE

Liste des figures :

Figure 1 PANORAMA DE LA BIODIVERSITY FRANÇAISE,.....	1
Figure 2 Estimation des services écologique rendus par le foret français.....	4
Figure 3la biodiversite génétique SOURCE: SVT 007 - WordPress.com	5
Figure 4 4DIMENSIONS ET NIVEAUX D'ORGANISATION DE LA BIODIVERSITÉ D'APRÈS NOSS (1990). LES DIMENSIONS ET NIVEAUX TRAITÉS PAR LA THÈSE APPARAISSENT EN GRISÉ.....	Error! Bookmark not defined.
Figure 5des ecosystem's naturelles1	6
Figure 6Lac Rghaia Algérie	7
Figure 7lac TONGA Algérie	7
Figure 8les zones d'un lac	8
Figure 9Emission de gaz a effet de serre	15
Figure 10Cadre conceptuel pour représenter la liaison Changements climatiques & biodiversite Source: Williams et al., 2008	17
Figure 11Changements observés dans la biodiversité mondiale Source : Evaluation des écosystèmes pour le Millénaire (EM.....	21
Figure 12L'extinctiondes espèces a cause de changement climatiques	23
Figure 13 Métapopulation de Levins (1969)	27
Figure 14 M o d è l e s des métapopulations.	28
Figure 15Mosaïque paysagère (Source : Gerbeaud et Long 2008).	29
Figure 16les reservoirs de la biodiversite	32
Figure 17.....	Error! Bookmark not defined.
Figure 18Exemple du réseau écologique de la cigogne noire. D'après Mougenot et Melin (2000).	37
Figure 19Illustration de deux types de déplacements des espèces : déplacements quotidiens et dispersion.....	38
Figure 20Illustration des déplacements d'une espèce virtuelle dans la matrice paysagère. D'après Bennett (1999).	39
Figure 21: Exemple de deux réseaux écologiques différents pour une même mosaïque paysagère	40
Figure 22e modèle matrice-tache-corridor de Forman et Godron (1986), Bennett (1999) d	41
Figure 23composantes de la trame verte et bleue.....	42
Figure 24les composant de la TVB	43
Figure 25shema de la TVB.....	44

Figure 26 Les cinq sous-trames nationales Source : MNHN-SPN 2016, d'après Allag-Dhuisme et al., 2010).....	45
Figure 27 La sous-trame des cours d'eau	46
Figure 28: Aménagement de la prairie du Moulin Joly par la ville de Colombes.....	48
Figure 29 la trame vert et bleue du SCOT.....	Error! Bookmark not defined.
Figure 30 Le cas de la TVB du SCoT de Tours Métropole Val de Loire ..	Error! Bookmark not defined.
Figure 31 fonctionnement des tourbières	50
Figure 32 Les milieux Forestiers.....	Error! Bookmark not defined.
Figure 33 Le Jardin des plantes de Montpellier, le plus ancien jardin botanique de France.....	51
Figure 34: Le jardin d'essai du Hamma.....	52
Figure 35 Le Jardin botanique de Chenshan Shanghai	52
Figure 36 Jardin d'ornement	54
Figure 37 La Charte de Florence – Jardins historiques	55
Figure 38 les serres de Paris	55
Figure 39 Le jardin d'agronomie tropicale Paris	56
Figure 40 Jardin alpin du Lautaret.....	57
Figure 41 jardin thématique Grenoble, des Jardins thématiques, 1993 (TPFE.....	57
Figure 42 Ecole d'horticulture - Jardin du Luxembourg	58
Figure 43 Les trois piliers du développement durable sont des préoccupations sociales, écologiques et économiques. Vigneron, Wikimedia Commons, CC by-sa 3.0.....	Error! Bookmark not defined.
Figure 44: Calcul des masques solaire	62
Figure 45 le choix de site dimplantation	63
Figure 46 l'orientation des bâtiments	63
Figure 47 46 VARIATION DES APPORTS ÉNERGÉTIQUES EN FONCTION DE LA HAUTEUR DU RAYONNEMENT SOLAIRE, (SOURCE: BARDOU PATRICK, ARZOUMANIAN VAROUJAN, ARCHI DE SOLEIL, ED PARENTHÈSES, 1978).	64
Figure 48 Repère de la position du soleil	64
Figure 49 l'orientation par rapport au vent.....	65
Figure 50 Impact de la forme du bâtiment sur les déperditions thermiques Victor Olga (1963)	66
Figure 51 source : Du lieu au projet / implantation & contexte : le Genius Loci	67
Figure 52 stratégie de la lumière naturelle	68
Figure 53 l'impact de la végétation sur le bâtiment	68

Figure 54	Les espaces tampons : http://bien-bricoler.maison.com/1-architecture-bioclimatique-principes-de-fonctionnement-a121371488	69
Figure 55	le bois	71
Figure 56	le béton cellulaire	71
Figure 57	une construction en paille	72
Figure 58	schéma de principe d'un puits canadien source : Le puits canadien/provençal. Aline Angosto. 2008. https://www.maisonapart.com/edito/construire-renover/energie-chauffage-climatisation/le-puits-canadien-provençal-1486.php	73
Figure 59	Maquette 1/20ème du proje	74
Figure 60	analyse de la serre bioclimatique dans le jour.....	75
Figure 61	ANALYSE DE LA SERRE BIOCLIMATIQUE DANS La nuit.....	75
Figure 62	les materiux utilisee dans la serre bioclimatique	76
Figure 63	fonctionnement dun mur trombe.....	77
Figure 64	lenergie solaire passive et actif	78
Figure 65	la meilleur orientation pour le gain	79
Figure 66	énergie éolienne	81
Figure 67	Energie hydraulique	81
Figure 68	La geothermic ou l'énergie de la Terre	82
Figure 69	Les résidus de l'agriculture et les déchets organiques agroalimentaires ou urbains font partie de la biomasse. (Les matières fossiles ou non- biodégradables ne sont légalement pas de la biomasse.).....	83
Figure 138	Schéma montre le rôle de la simulation thermique dynamique dans le processus de la conception architecturale Source : (Mdp35, 2015.....	92
Figure 139	simulation par le logiciel archiwizard.....	96
Figure 140	simulation energetique par Archiwizard.....	97
Figure 141	Illustration de l'intégration du logiciel Archiwizard dans Revit, source : www.Graitec.com	98
Figure 142	plan de masse de Centre de recherche de biodiversite.....	99
Figure 143	Températures et précipitations moyennes Souk Ahras	100
Figure 144	Quantité de précipitations Souk Ahras.....	100
Figure 145	Températures maximales Souk Ahras	101
Figure 146	Vitesse du ventSouk Ahras	101
Figure 147	vue 3d deprojet.....	102
Figure 148	plan RDC entite exposition.....	103
Figure 149	plan R+1 entite expositi	103

Figure 150	Modelisation du modèle 3D dans Revit, source : Auteur	104
Figure 151	Paramétrage des matériaux dans Revit, source : Auteur	105
Figure 152	Exportation du modèle analytique via l'extention Archiwizard, source : Auteur ...	105
Figure 153	EXPORTATION DU MODÈLE ANALYTIQUE VIA L'EXTENTION ARCHIWIZARD, SOURCE: AUTEUR	106
Figure 154	Insertion fichier climatique et des caractéristiques du projet dans Archiwizard, source : Auteur	106
Figure 155	classification des elements selon la categorie (source auteur)	107
Figure 156	imagerie SOLAIRE (source auteur)	107
Figure 157	Imagerie solaire en temps réel dans Archiwizard, source : Auteur	108
Figure 158	Imagerie solaire en temps réel dans Archiwizard, SOURCE: Auteur	108
Figure 159	Génération des rapports d'analyse dans Archiwizard, source : Auteur	109
Figure 160	Information globales sur le projet, source : Auteur	110
Figure 162	Interface Archiwizard 2020, source : Auteur	111
Figure 163	Tableau des résultats RT 2012, SOURCE: Auteur	111
Figure 164	INTERFACE ARCHIWIZARD 2020, SOURCE: AUTEUR	112
Figure 165	ENVI-met - Decode urban nature with ENVI-met software envi-met.com	115
Figure 166	Schéma des sous-modèles de ENVI-MET (source : http://www.envi-met.com/documents/onlinehelpv3/hs800.htm)	117
Figure 166	plan daménagement de cas detude	119
Figure 167	les etapes de logiciel Envi Met (sources auteur)	120
Figure 168	LES ETAPES DE LOGICIEL ENVI MET (SOURCES AUTEUR)	121
Figure 168	importation de plan daménagement sur lenvi met (source auteur)	121
Figure 170	la vegetation sur lenvi met (source auteur)	122
Figure 171	les lacs sur lenvimet (source auteur)	123
Figure 171	la modelisation en 3D sur lenvi met (source auteur)	123
Figure 173	carte de la température sur lenvimet (source auteur)	126
Figure 174	carte d'humidite relative par lenvi met (source auteur)	128
Figure 175	carte de viyesse des vents par lenvimet (source auteur)	128
Figure 123	carte des pentes Souk Ahras	134
Figure 124	les dairas de wilaya de Souk Ahras	135
Figure 125	la situation de site DINTERVENTION (Source Google earth)	136
Figure 126	la route national 16 B	139
Figure 127	carte des limits source auteur	139

Figure Erreur ! Il n'y a pas de texte répondant à ce style dans ce document.-128 institut av source googl map.....	Error! Bookmark not defined.
Figure Erreur ! Il n'y a pas de texte répondant à ce style dans ce document.-129 IAV source auteur	Error! Bookmark not defined.
Figure 130carte de maillage source auteur	Error! Bookmark not defined.
Figure 131ecran vegetal	141
Figure 132L'interprétation de la forme de terrain	142
Figure 133la carte bioclimatique Souk Ahras	143
Figure 134la rose des vents Souk Ahras (logiciel climates consultatnt)	146
Figure 135lhumidite moyenne relative de laire (2016)	147
Figure 136le diagramme solaire (Souk Ahras).....	148
Figure 137la vegetation de lac burgas	152
Figure 70I.1. Ecorium of the National Ecological Institute	157
Figure 71plan de situation de Ecorium of the National Ecological Institute	158
Figure 72les limites de projet source auteur	159
Figure 73les lacs de lecorium	160
Figure 74localisation des lacs par rapport au projet de Ecorium : source auteur	160
Figure 75carte d'accessibilité source auteur.....	161
Figure 76carte de l'accessibilité au niveau de Ecorium source auteur.....	161
Figure 77plan de masse de lecorium	162
Figure 78plan de masse source auteur	162
Figure 79distribution des espaces au niveau de plan de RDC source auteur	163
Figure 80la distribution des espaces au niveau de 1 er étage source auteur.....	164
Figure 81les serres au niveau de projet source auteur	164
Figure 82la serre tempérât	165
Figure 83la serre désertique.....	165
Figure 84 la serre tropicale	166
Figure 85la circulation horizontal au niveau de projet source auteur	167
Figure 86diagramme sur la distribution des fonction en pourcentage source auteur	Error!
Bookmark not defined.	
Figure 87diagramme sur les surface des serres en pourcentage source auteur	168
Figure 88la structure de Ecorium	168
Figure 89le materieu plexiglas	169
Figure 90IV.3.1. Patricia and Phillip Frost Museum of Science	171
Figure 91plan de situation de musée des sciences Phillip et Patricia Frost.....	172

Figure 92	plan de masse de Le musée des sciences Phillip et Patricia Frost	173
Figure 93	Coupe schématique qui représente l'aménagement extérieure de projet	173
Figure 94	maquette de musée des sciences Phillip et Patricia Frost	174
Figure 95	la genèse de la forme musée Patricia and Philips	175
Figure 96	plan sous-sol de Le musée des sciences Phillip et Patricia Frost.....	175
Figure 97	PLAN RDC DE LE MUSÉE DES SCIENCES PHILLIP ET PATRICIA FROST .	176
Figure 98	deuxième niveau de Le musée des sciences Phillip et Patricia Frost	176
Figure 99	Le troisième niveau DE LE MUSÉE DES SCIENCES PHILLIP ET PATRICIA FROST.....	177
Figure 100	LE Le quatrième NIVEAU DE LE MUSÉE DES SCIENCES PHILLIP ET PATRICIA FROST	177
Figure 101	Le cinquième NIVEAU DE LE MUSÉE DES SCIENCES PHILLIP ET PATRICIA FROST	178
Figure 102	le planetarium.....	178
Figure 103	Coupe schématique	179
Figure 104	Niveau supérieure de l'aquarium : the vista	179
Figure 105	Un deuxième niveau de laquariumThe Dive.....	180
Figure 106	Les galerie d'exposition	180
Figure 107	lespace de MeLaß	181
Figure 108	MUSÉE DES SCIENCES PHILLIP ET PATRICIA FROST	181
Figure 109	shema de site de MUSÉE DES SCIENCES PHILLIP ET PATRICIA FROST.....	182
Figure 110	coupe shematique de L'exploitation des énergies solaire	183
Figure 111	coupe shematique de la ventilation	184
Figure 112	coupe shematique sur la recupiration des eaux pluviales	184
Figure 113	les murs végétales	185
Figure 114	Matériaux rapidement renouvelables	185
Figure 115	Cité de l'environnement de la Porte des Alpes en France	187
Figure 116	localisation de Cité de l'environnement de la Porte des Alpes en France	188
Figure 117	plan de masse Cité de l'environnement de la Porte des Alpes en France.....	189
Figure 118	l'aspect formelle de Cité de l'environnement de la Porte des Alpes en France	189
Figure 119	Plan rdc Cité de l'environnement de la Porte des Alpes en France	190
Figure 120	le chauffage géothermique	194
Figure 121	Réseau hadronique muni de circulateurs à débit variable.....	195
Figure 122	Outils de sensibilisation environnementale :	203

Introduction générale

Les zones humides occupent une surface importante du globe terrestre, elles sont présentes partout et prennent des formes différentes. Elles peuvent appartenir à un environnement naturel ou urbain, elle constitue une source de richesse environnementale remarquable. Elles jouent également un rôle primordial pour la survie de la biodiversité et constituent le milieu favorable de plusieurs écosystèmes en abritant une flore et une faune très riche. Elles remplissent donc des fonctions naturelles multiples.

Néanmoins, la biodiversité et les écosystèmes de ces zones subissent actuellement une détérioration et une dégradation accélérée qui s'accroît de plus en plus à la suite d'une exploitation irrationnelle et l'activité irresponsable de l'homme (industrie, agriculture, construction...), ainsi que l'urbanisation anarchique autour de leurs rives. Les problèmes environnementaux causés par cette activité irresponsable mettent également en recul leurs potentialités et fonctions écologiques, et risquent la disparition de plusieurs espèces faunistiques et floristiques qui constituent le patrimoine naturel.

L'Algérie est un pays très riche en matière de zones humides diversifiées (oueds, marais, Oasis, lacs...) qui jouissent de plusieurs potentialités (écologiques, environnementales, Paysagères,) ; mais malheureusement plusieurs menaces les guettent. Leur protection, valorisation et leur sauvegarde est une priorité, et cela par la mise en place d'une meilleure gestion et par la rationalisation de leur exploitation mais aussi la sensibilisation sur leur importance. Incontournable.

Pour cette raison, une médiation dans le cadre de la sauvegarde et de la valorisation du site Il est évident qu'une nouvelle relation entre homme et nature s'est établie et, par conséquent, l'architecture, fidèle à son objectif de créer un milieu adéquat et confortable à vivre, se trouve face au dilemme de s'adapter au modèle technique de consommation énergétique intense des civilisations postindustrielles. Alors au lieu de nier et détruire l'écosystème naturel, il faut l'insérer dans le projet architecturale et urbain grâce à une stratégie qui, tout en satisfaisant les besoins et le confort, tout en sauvegardant et développant le potentiel de l'environnement naturel. En outre, à travers ces efforts et sans renoncer aux technologies les plus modernes et à tout ce que la science nous offre, dans cette ère postindustrielle on pourrait réaliser un genre d'architecture significative, un espace à vivre culturellement riche. Un concept qui englobe cet ensemble, conséquence d'une nouvelle culture dont la conscience écologique et environnementale est un des piliers principaux.

La généralisation du paradigme de développement soutenable a conduit les acteurs et les investisseurs à mettre en avant la protection et la promotion de la biodiversité dans tous les projets de développement humain. De nouveaux concepts sont mis en œuvre pour cette finalité : la continuité et la connectivité écologique, la valorisation des corridors et des bandes écologiques qui permet d'assurer le fonctionnement et la continuité des processus écologiques. À travers une architecture paysagère et bioclimatique, le potentiel naturel peut être mieux valorisé et mieux intégré dans le cadre bâti. L'architecte peut donc contribuer efficacement à la promotion de la biodiversité existante par une démarche globale combinant les besoins fonctionnels et spécificité écologique locales.

Dans cette perspective, la présente étude consiste à mettre en évidence les pratiques et les démarches d'analyse et d'intégration des aspects écologiques et de la biodiversité locale dans la conception des équipements scientifique comme ceux des centres recherches scientifiques notamment dans les sites naturels. L'approche adoptée fait appel aux démarches conceptuelles basées principalement sur les solutions architecturales passives et l'application de la simulation environnementale aussi bien sur les ambiances extérieures qu'intérieures.

Problématique

Au cours de ces dernières décennies, notre planète a connu divers défis environnementaux, parmi ces défis on trouve la pollution, la perte de la biodiversité, la dégradation des écosystèmes ainsi que leur déséquilibre naturel. Ce dernier est dû aux détériorations des milieux vitaux, au changement climatiques et autres.

L'Algérie englobe un nombre important et diversifié de zones humides, urbaines ou rurales, qui comportent une qualité de diversité biologique et joue un rôle écologique incontournable. La surface de ces milieux diminue et dégrade face à plusieurs phénomènes tels que la non valorisation des sites et ces composantes, le changement climatique, l'exploitation non contrôlée, la pollution et autre qui mettent en recule leurs potentialités et fonctions écologiques et risquent la disparition de plusieurs espèces faunistiques et floristiques qui constituent un patrimoine naturel.

Parmi ces zones riches en biodiversité se manifeste la wilaya de Souk Ahras en raison de leur situation entre deux grandes complexe des zones humides. Ces zones constituent également un grand réservoir de biodiversité, parmi lesquels on trouve les lacs du Burgas a Taoura, La mosaïque d'écosystèmes du lac, constitue un habitat remarquable et un Biotope favorable à l'installation ou la transition d'une faune riche et diversifiée qui favorise une végétation luxuriante sur les berges, avec une flore aquatique des zones humides variée, mais qui est en train de subir actuellement à une détérioration et une dégradation accélérée qui s'accroît de plus en plus à la suite d'une exploitation irrationnelle et l'activité irresponsable de l'homme , ainsi au réchauffement climatique qui influe a la vulnérabilités des écosystèmes .Les problèmes environnementaux causés par cette activité irresponsable mettent également en recul leurs potentialités et fonctions écologiques, et risquent la disparition de plusieurs espèces faunistiques et floristiques qui constituent le patrimoine naturel.

Les acteurs de la construction, les architectes et les urbanistes sont appelés à participer à la valorisation, à la protection et à la promotion des sites naturelles et les écosystèmes sensibles, par l'intégration d'une conception écologique et environnementale durable.

Dans ce sens, la question qui s'impose pour conduire notre recherche est la suivante :

À travers la conception architecturale, comment contribuer à la protection et la promotion de la biodiversité locale ?

- Faut-il assurer une combinaison entre le milieu naturel et la recherche scientifique ?

- Les ressources disponibles sont-ils capables d'assurer une biodiversité désirée ?

Hypothèses

- Une architecture alliant paysage construit et naturel et biodiversité peut s'avérer un outil efficace permettant la préservation de cette zone humide.
- La mise en place de bandes écologiques comme les corridors et les trame vertes permet d'offrir des ambiances intérieures et extérieures, et de valoriser l'élément végétal et bleue dans les projets de constructions scientifiques.

Objectifs

- Participer à la sauvegarde du patrimoine et des ressources naturelles des zones humides.
- Mettre en valeur l'image du lac de BURGAS via une architecture paysagère respectueuse du site.
- Sensibilisation du grand public sur les questions environnementales par l'émergence d'une nouvelle pratique de l'environnement pour développer un esprit responsable
- L'ouverture du site aux visiteurs en le rendant un lieu de rencontre et de détente à une échelle plus large.

Méthodologie et la structure de la recherche

Pour aboutir à des réponses tenables et objectives aux questions posées au préalable, notre travail soit effectué selon la méthodologie suivante

En premier lieu nous essayons de faire un diagnostic sur le terme et pour mieux comprendre les définitions, les concepts et la bonne familiarisation avec le thème, il était judicieux voir nécessaire d'effectuer une recherche bibliographique englobant une consultation des articles de journaux, des documents livresques et autres (sites web) relatif au sujet et permettant plus d'éclaircissement et une éventuelle évaluation de la pertinence du sujet choisi.

Le travail comporte donc trois parties essentielles qui se résument comme suit

: • Première chapitre : comprend l'approche conceptuelle, et permet de bien cerner les différentes définitions des concepts, et tous les termes ayant une relation avec le sujet. Elle repose également sur des résultats, des expériences étrangères.

• Deuxième chapitre : concerne l'approche analytique, vise à donner un éclaircissement sur le concept de l'écologie de paysage et l'architecture paysagère ensuite développement durable et sa liaison avec l'architecture bioclimatique, de connaître les principes de base d'une architecture durable à travers des exemples bibliographiques en tirant des recommandations qui permettent de cerner toutes les exigences du projet.

• Troisième chapitre : la programmation et la projection du projet permettront de définir le programme nécessaire après l'interprétation des besoins quantitatifs et qualitatifs plus l'analyse du site pour la formalisation du projet dans son aspect formel et fonctionnel, et en fin on traitera l'aspect technique et technologique du projet

I. Changement climatique et dégradation de la biodiversité : une approche écologique du paysage construit

I.1. La biodiversité

I.1.1. Définition de la biodiversité

Le terme "biodiversité" vient de la contraction de l'expression anglaise "biological diversity", c'est à dire "diversité biologique". L'expression "biological diversity" a été inventée par Thomas Lovejoy en 1980 tandis que le terme biodiversity lui-même a été inventé par Walter G. Rosen en 1985 lors de la préparation du National Forum on Biological Diversity organisé par le National Research Council en 1986. Le mot "biodiversité" a été employé officiellement pour la première fois en 1988 par l'entomologiste américain E.O. Wilson. Auparavant, on parlait de "diversité du vivant".¹



FIGURE 1 PANORAMA DE LA BIODIVERSITY FRANÇAISE, NOTRE-PLANETE.INFO, [HTTP://WWW.NOTRE-PLANETE.INFO/ENVIRONNEMENT/BIODIVERSITE/BIODIVERSITE.PHP](http://www.notre-planete.info/environnement/biodiversite/biodiversite.php)

La biodiversité c'est la "variabilité des organismes vivants de toute origine y compris, entre autres, les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques et les complexes

¹ Source : [notre-planete.info](http://www.notre-planete.info), <http://www.notre-planete.info/environnement/biodiversite/biodiversite.php>

écologiques dont ils font partie ; cela comprend la diversité au sein des espèces et entre espèces ainsi que celle des écosystèmes.¹

I.2. Valeur de la biodiversité

Si l'on veut conserver la biodiversité il semble essentiel de comprendre à quel point elle est capitale pour l'humanité. La biodiversité possède des valeurs (ou intérêts) dont chacune pourrait à elle seule justifier la conservation de cette richesse biologique. Et même si je suis le premier à lutter contre l'utilitarisme à tout prix, il faut bien reconnaître que c'est un levier puissant pour espérer changer les mentalités.²

La biodiversité possède des valeurs (ou intérêts) dont chacune pourrait à elle seule justifier la conservation de cette richesse biologique :

I.2.1. Valeur éthique : droit du vivant et patrimoine naturel mondial

Le vivant est un patrimoine naturel issu d'un long processus évolutif dont nous avons hérité et qu'il serait de bonne intelligence de léguer aux générations futures afin qu'elles jouissent des mêmes bienfaits que nous actuellement.

I.2.2. Valeur scientifique : cumul de connaissances

L'étude de la biodiversité par les scientifiques contribue au cumul de connaissances sur le monde. Parfois les études fondamentales peuvent même aboutir à des applications concrètes aux débouchés économiques non négligeables comme à travers les nombreux exemples de biomimétisme

I.2.3. Valeur culturelle-spirituelle : ancrage du vivant dans la société, des pratiques ancestrales et la religion

Le vivant est également une source d'inspiration et fait partie de notre patrimoine culturel à travers l'art au sens large (artisanat, peinture, sculpture, musique, cinéma, mythes, contes et légendes...). Des pratiques ancestrales prennent racine dans le vivant et se transmettent de génération en génération. Enfin, pour certaines personnes animistes, l'esprit d'ancêtres se trouve

¹ (Article 2 de la Convention sur la diversité biologique, adoptée le 22 mai 1992 et ouverte à la signature des Etats lors de la Conférence de Rio le 5 juin 1992, entrée en vigueur le 29 décembre 1993)

² Projet-Biodiv

L'éducation au service de la biodiversité

<https://projet-biodiv.com/la-valeur-de-la-biodiversite/>

dans le vivant et la conservation d'espèces, d'écosystèmes, est également une manière de respecter ces cultures et leurs croyances.

I.2.4. Valeur esthétique : beauté du monde vivant

Pour certains d'entre nous la seule beauté d'une espèce, d'un écosystème, le plaisir et l'apaisement qu'elle procure, justifie qu'on conserve cette biodiversité.

I.2.5. Valeur éducative : sensibilisation aux problématiques environnementales et construction de compétences

L'étude de la biodiversité permet de sensibiliser la population à l'importance de la biodiversité à travers ses valeurs, et à des problématiques environnementales : connaissances de la biodiversité (suivi des espèces, biologie, éthologie, ...), des facteurs d'érosion et des moyens de conservation (gestes écoresponsables, conservation in-situ et ex-situ...).

L'étude de la biodiversité est également l'occasion de développer des valeurs éducatives, des compétences :

- Savoirs ou Connaissances : apprendre sur le vivant, l'environnement...
- Savoir-faire ou Capacités : faire travailler sur la prise de notes et de photographies, la mise en forme d'une synthèse, la réalisation de comptes rendus, de posters, de maquettes...
- Savoir-être ou Attitudes : respecter l'environnement, développer l'esprit critique, adopter voire modifier des comportements (vis-à-vis des déchets, des amphibiens et serpents par exemples) ...

I.2.6. Une valeur économique : apport de biens et services écosystémiques

La valeur économique globale inclut le prix d'option, à cheval sur la valeur d'usage et de non-usage. Le prix d'option mise sur le potentiel de la biodiversité en vue d'un usage prochain (futur médicament, cosmétique, matériau, concept technique, technologique ... grâce au biomimétisme par exemple, le biomimétisme consistant à observer la biodiversité génétique, spécifique et écosystémique, à tenter d'en comprendre l'intelligence et d'en reproduire, d'imiter, les propriétés chimiques (molécule), physiques (structure et/ou forme) et/ou fonctionnelle (fonctionnement) à des fins anthropocentriques). La valeur économique globale de la biodiversité doit donc prendre

en compte l'ensemble de ces valeurs, ce qui représente pour la forêt française, par exemple, une somme comprise entre 500 et 2000 €/ha/an.¹

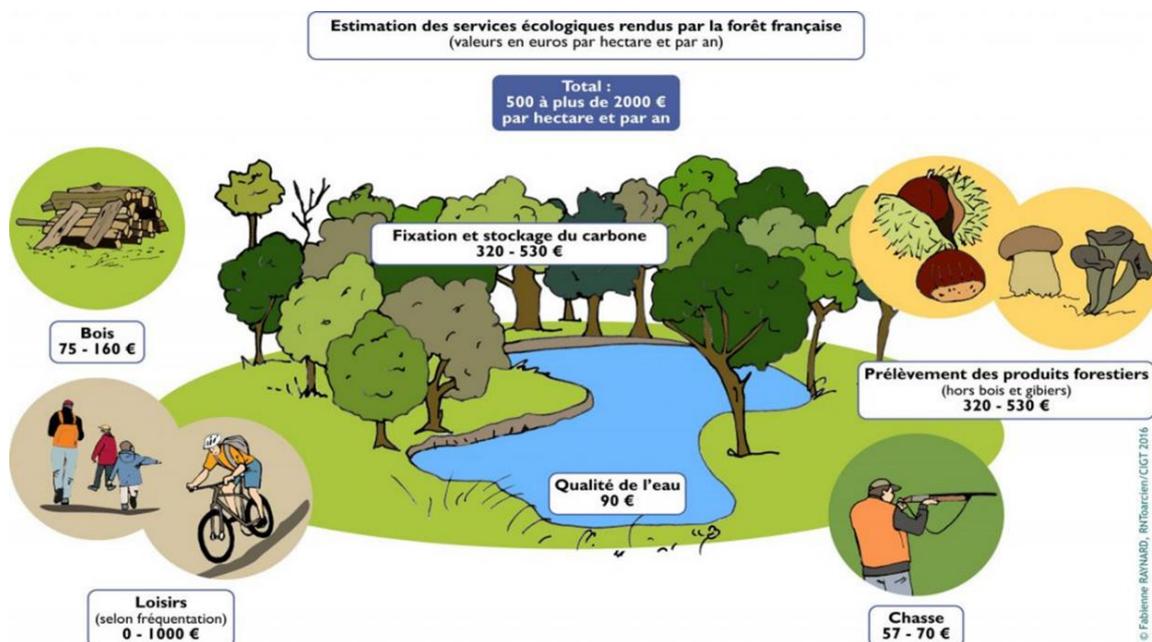


Figure 2 Estimation des services écologiques rendus par la forêt française

I.3. Les niveaux de la biodiversité

Le terme « biodiversité » désigne la variété des éléments constitutifs du vivant. La biodiversité regroupe à la fois les différentes espèces et formes de vie (animales, végétales, entomologique et autre) et leur variabilité c'est-à-dire leur dynamique d'évolution dans leurs écosystèmes. Traditionnellement, on distingue trois niveaux de biodiversité : la biodiversité génétique, la biodiversité spécifique et la biodiversité écosystémique.²

I.3.1. La biodiversité génétique :

Il s'agit de la diversité des gènes existants au sein du monde vivant. Entre les différentes espèces et au sein de ces espèces, il existe différents gènes et différentes expressions de gènes qui contribuent à la multiplicité des formes de vie, des phénotypes, des caractères physiques et biologiques.³

¹ Projet-Biodiv

L'éducation au service de la biodiversité

<https://projet-biodiv.com/la-valeur-de-la-biodiversite/>

² <https://youmatter.world/fr/definition/biodiversite-definition-etat-protection/>

³ Cours d'environnement et développement durable. 2ème année TC, Enseignante MADI

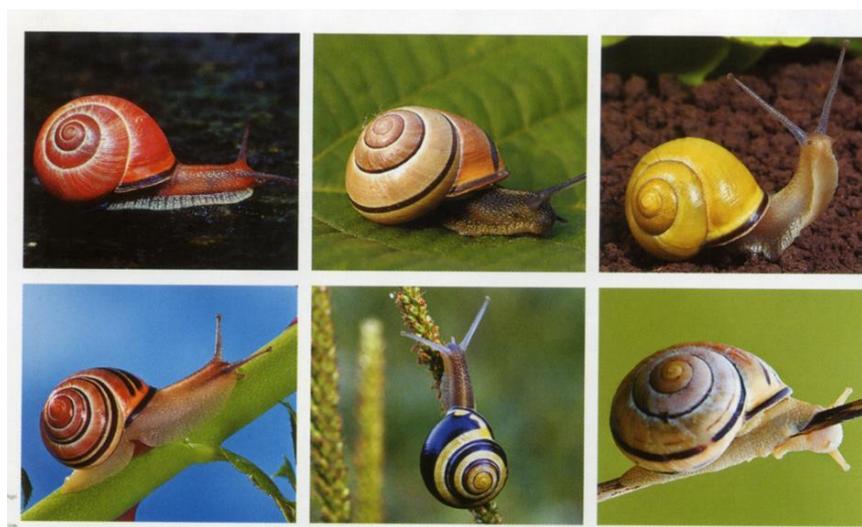


FIGURE 3LA BIODIVERSITE GENETIQUE
SOURCE: SVT 007 - WORDPRESS.COM

I.3.2. La biodiversité spécifique :

On parle de biodiversité spécifique pour décrire la diversité des espèces vivantes. Il existe sur Terre des millions d'espèces vivantes, toutes différentes, réparties en groupes disposant de leurs spécificités (insectes, animaux, végétaux, champignons...). La biodiversité spécifique est souvent séparée en deux catégories : Biodiversité interspécifique et Biodiversité interspécifique

I.3.3. La biodiversité écosystémique :

La biodiversité écosystémique désigne la variété des écosystèmes, par leur nature et leur nombre, où les espèces vivantes interagissent avec leur environnement et entre elles. Par exemple, sur Terre il existe différents écosystèmes avec leurs spécificités : les déserts, les marécages, les plaines, les forêts et au sein de ces écosystèmes des particularités : désert froid, désert chaud, forêts boréales, forêts tropicales. Chacun de ces écosystèmes a ses particularités, ses spécificités, ses espèces, ses fonctionnements.¹

À chaque niveau et entre eux, l'interaction est une notion primordiale : elle souligne une réalité en perpétuelle évolution (la biodiversité ne peut en aucun cas être circonscrite au simple inventaire statique des espèces vivantes à un moment donné). L'évaluation de la diversité biologique et de leurs interactions s'applique à tous les types d'organismes (végétaux, animaux et autres) et aux écosystèmes dont ils font partie et où ils interagissent.

¹ Cours d'environnement et développement durable. 2ème année TC, Enseignante MADI

I.3.3.1. Qu'est-ce qu'un écosystème?

L'écosystème est un ensemble dynamique composé de plantes, d'animaux, de champignons et de micro-organismes, et de leur environnement : l'eau, l'air, la terre, la température. Cet ensemble forme un système de vie particulier en un lieu donné. Dans un écosystème, tant les composants vivants que non vivants jouent un rôle spécifique. L'écosystème est composé d'un biotope (un environnement donné avec des caractéristiques physiques et chimiques particulières) et d'une communauté (l'ensemble des organismes qui y vivent).¹

L'écosystème est l'unité de base qui permet aux scientifiques d'étudier les liens qui existent, d'une part, entre les organismes vivants et, d'autre part, entre ceux-ci et leur environnement physique. L'écosystème inclut donc tous les organismes vivants (animaux, végétaux, champignons, etc.) ainsi que leur environnement.²

Un écosystème peut prendre n'importe quelle taille et forme. Il peut consister en un petit espace comme une mare ou une fourmilière, ou encore constituer un lieu beaucoup plus vaste comme un désert, une mer. Même notre flore intestinale est un écosystème à part entière.

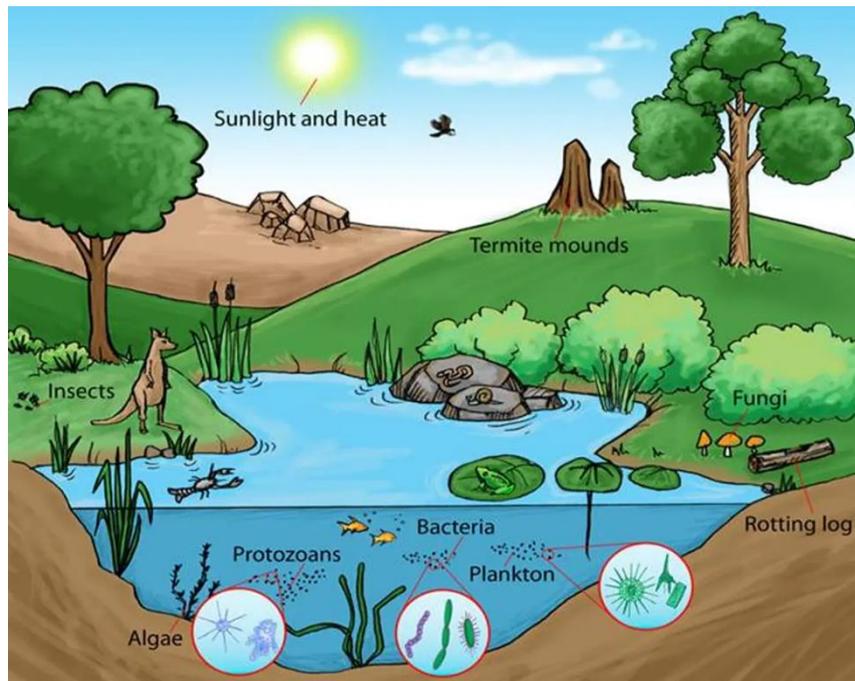


FIGURE 44DES ECOSYSTEM'S NATURELLES1

I.4. Les lacs comme des réservoirs de la biodiversité

¹ BIODIVERSITY IS A BALANCE <https://bebiodiversity.be/biodiversity-is-a-balance/>

² Rappel: Experts-conseil en environnement et en gestion de Léau

Composantes d'un lac, <https://rapport.qc.ca/fiches-informatives/composantes-dun-lac>

I.4.1. 1-Définition.de lac

Le lac est un réservoir d'eau de profondeur et d'étendue variables les circulations de l'eau y est faible. Il est alimenté par différents cours d'eau (ruisseaux, rivières et sources souterraines) que l'on appelle tributaires ou affluents du lac. L'eau séjourne un certain temps dans le lac selon sa superficie, sa profondeur et le débit d'eau à sa sortie il s'écoule du lac par un cours d'eau nommé exutoire, émissaire ou décharge

Ces dépressions sont dues le plus souvent aux creusements des sols réalisés par d'anciens glaciers. Des lacs, il en existe donc partout dans le monde, et à toutes les latitudes, même s'ils sont particulièrement nombreux dans les régions subpolaires et de montagne ¹



FIGURE 5LAC RGHAI
ALGÉRIE



FIGURE 6LAC TONGA
ALGÉRIE

I.4.2. Les zones d'un lac

La zone littorale : est une bande faisant le tour du lac. Il s'agit d'un milieu très productif où l'on retrouve les plantes aquatiques, les frayères, etc. Cette partie du lac est influencée à la fois par la lumière qui y pénètre et par son fond, constitué de sédiments.²

La zone pélagique est indépendante du fond et du littoral du lac. Il s'agit d'une zone d'eau libre.

La zone benthique (ou eaux profondes) est celle où vivent les organismes associés au fond du lac. La lumière n'y pénètre pas. À cet endroit, les eaux sont plus froides (sauf en hiver), à environ 4 °C.

¹ Rappel: Experts-conseil en environnement et en gestion de Léau
Composantes d'un lac, <https://rappel.qc.ca/fiches-informatives/composantes-dun-lac>

² Rappel: Experts-conseil en environnement et en gestion de Léau
Composantes d'un lac, <https://rappel.qc.ca/fiches-informatives/composantes-dun-lac>

La fosse correspond à la partie la plus profonde du lac.

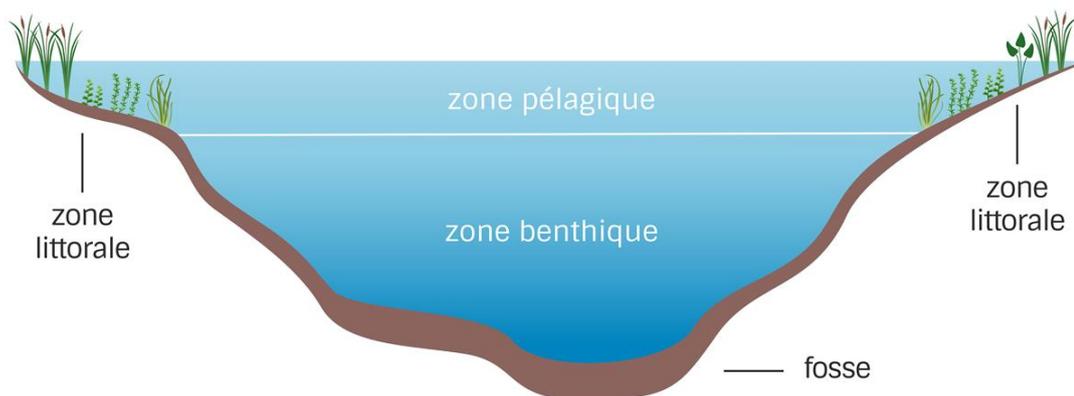


FIGURE 7 LES ZONES D'UN LAC

I.5. Du lac à l'écosystème : richesse et dynamiques

I.5.1. Les écosystèmes lac et étang

Les lacs et étangs sont des écosystèmes dynamiques qui communiquent avec leur bassin versant. En constante évolution, certains plans d'eau sont destinés à se combler à long terme. Ce sont des milieux riches en habitats naturels pour la faune et la flore : ils hébergent de nombreuses espèces aquatiques, bien au-delà des seuls poissons.¹ et les oiseaux migrateurs



FIGURE 8 LE LAC UN LIEU DE REPOS ET D'HIVERNAGE POUR DE NOMBREUSES ESPECES D'OISEAUX MIGRATEURS

¹ LACS, ÉTANGS ET PLANS D'EAU EAU ET MILIEUX AQUATIQUES EAU ET BIODIVERSITÉ, <https://www.eaufrance.fr/lacs-et-etangs-des-ecosystemes-riches-et-dynamiques>

Parmi les écosystèmes les plus fragiles se trouvent les lacs et les étangs ; on comprend aisément qu'une pollution en rivière, où l'eau est constamment, donc rapidement, renouvelée, puisse paraître moins dramatique que si elle a lieu dans un milieu où l'eau circule trop lentement : lacs et étangs sont beaucoup plus vulnérables, en tout cas très sensibles aux moindres variations qui peuvent les affecter. Une bonne partie de nos milieux lentiques est malade et seul un bon diagnostic peut y remédier : la connaissance de l'écologie de tels milieux permet de trouver des solutions réparatrices qui, lorsqu'elles sont adaptées, laissent envisager une stabilisation durable de leur fonctionnement.¹

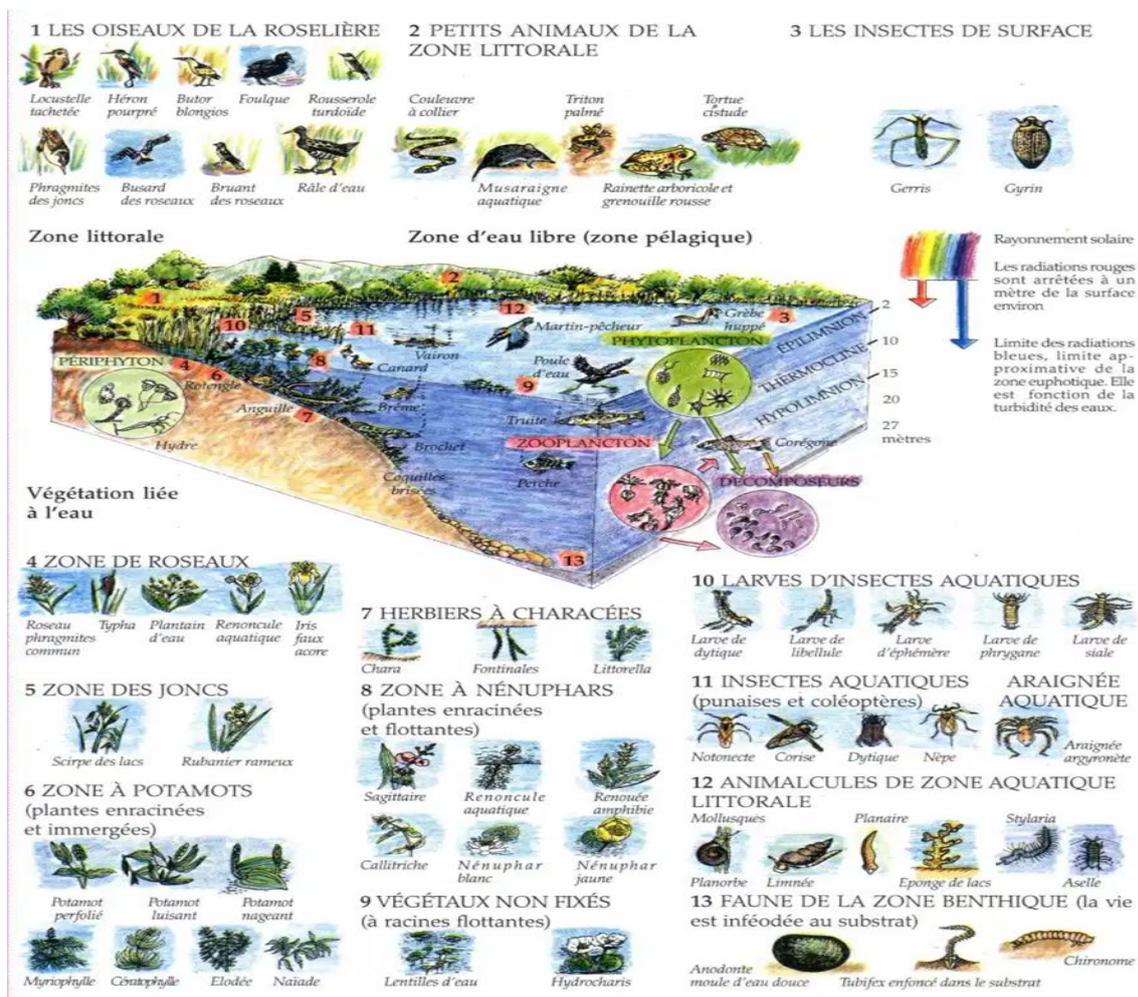


FIGURE 9 LES DIFFÉRENTS ÉCOSYSTÈMES QUI SE TROUVENT AU NIVEAU DES LACS

I.6. La dégradation de la biodiversité

¹ La maison d'alzaz ou le blog de l'écologie, <https://lamaisondalaz.wordpress.com/tag/limnologie/>

I.6.1. 1-Impacts de l'Homme sur la biodiversité : anthropisation

-En général, le milieu naturel procure à chaque espèce ce dont elle a besoin. Mais les activités humaines perturbent cet équilibre, et ce, parfois, à tel point que les conditions nécessaires à la survie des espèces ne sont plus remplies. En conséquence, certaines espèces ne sont plus en mesure de répondre à leurs besoins et déclinent. D'autres espèces sont affaiblies par ces perturbations et résistent moins bien aux situations critiques (pollution, réchauffement climatique, sécheresse, maladies, parasites, prédateurs...).¹

On distingue différents types de menaces pour la biodiversité dues aux activités humaines :

- **La disparition, fragmentation ou transformation des habitats.** L'intensification de nombreuses activités comme l'agriculture, la sylviculture, l'industrie, l'urbanisation, le tourisme, etc. entraîne la perte ou la dégradation des milieux naturels. Ainsi, certaines zones naturelles qui constituent l'habitat des animaux et des plantes ont été lourdement réduites ou carrément détruites. Les zones naturelles encore existantes sont de plus en plus isolées. Souvent, elles sont séparées par ce que l'on appelle, des barrières écologiques qui rendent les échanges entre les individus impossibles (par exemple : routes, cours d'eau artificiels, barrières en béton...). Cela provoque un appauvrissement génétique de la population qui peut, à terme, entraîner sa disparition.
- **La surexploitation des espèces.** L'exploitation des forêts, ainsi que la chasse et la pêche intensives, menacent certaines espèces de disparition. La surexploitation d'une espèce survient quand elle est exploitée pour la nourriture, les matières premières ou la médecine au-delà de sa capacité à se régénérer elle-même. C'est la principale menace pour la biodiversité marine (le thon rouge, par exemple, est proche de l'extinction en Méditerranée). Dans d'autres cas, c'est le trafic d'animaux exotiques (perroquets, poissons, tortues...) ou de produits d'origine animale ou végétale (ivoire, cornes de rhinocéros, corail...) qui réduit le nombre d'individus d'une espèce.
- **La pollution.** Elle menace les espèces et leurs milieux de vie directement en altérant la qualité de la nourriture et de l'eau (empoisonnement des individus) ou indirectement en altérant leurs conditions de vie (eutrophisation des milieux aquatiques, acidification des océans, pollution des eaux, des sols et de l'air...).

¹ <http://les.cahiers-developpement-durable.be/vivre/07-la-biodiversite-aspects-environnementaux>

- **L'introduction d'espèces invasives.** Des espèces introduites, délibérément ou par hasard, dans un milieu différent de leur milieu d'origine peuvent proliférer et devenir concurrentes, prédatrices ou parasites des espèces en place. Ces espèces qualifiées d'invasives sont responsables du déclin de nombreuses populations d'espèces indigènes. Ce phénomène est particulièrement important sur les îles et dans les écosystèmes d'eau douce, où il semble être la principale menace pour les espèces endémiques. La Berce du Caucase et la Renouée du Japon sont deux plantes exotiques qui envahissent nos régions. Il semblerait que l'introduction d'Organismes Génétiquement Modifiés (OGM) puisse également avoir un impact négatif sur la biodiversité.
- **La destruction des écosystèmes**
Les activités de l'Homme peuvent être responsables de la dégradation ou de la destruction des écosystèmes (par exemple, par la déforestation). Un écosystème dégradé ou détruit affecte l'ensemble des espèces qui en font partie.

Quelques exemples de la dégradation ou de la destruction de la biodiversité par l'activité humaine :

Exemples : l'eutrophisation et l'acidification des océans

L'utilisation croissante d'engrais azotés et phosphatés dans l'agriculture favorise la prolifération des végétaux aquatiques qui épuisent rapidement l'oxygène dissous dans l'eau. C'est le phénomène d'**eutrophisation**.

L'augmentation de la concentration atmosphérique en dioxyde de carbone provoque l'**acidification des océans**, susceptible d'avoir des effets à grande échelle, en particulier sur les organismes à coquille et les récifs coralliens.

Exemple des secteurs d'activité et leur part de responsabilité dans la dégradation de l'environnement et dans la destruction des écosystèmes.

- *L'agriculture intensive* émet de grandes quantités de méthane, un puissant gaz à effet de serre. L'extension des surfaces agricoles (par déforestation, assèchement de zones humides, etc.) détruit les écosystèmes. L'utilisation d'engins motorisés très lourds détruit la structure du sol. Les engrais et les pesticides non naturels polluent l'eau et le sol. La généralisation de la monoculture appauvrit la biodiversité. La pêche intensive décime les poissons et transforme certaines zones maritimes en désert écologique.

- *L'industrie* utilise massivement les ressources naturelles comme les énergies fossiles (coresponsables du réchauffement climatique), les matières premières et l'eau. Elle rejette des eaux usées, des fumées dues aux combustions et des déchets contaminés qui polluent l'eau, l'air et le sol.
- *Le secteur des transports* consomme les énergies fossiles sous forme de carburants et est ainsi coresponsable des changements climatiques. Les gaz d'échappement ajoutent à la pollution de l'air. Le bruit des véhicules constitue une nuisance sonore pour les Hommes et les animaux. La construction des infrastructures routières consomme des ressources, de l'espace et détruit des écosystèmes.

I.6.2. Le changement climatique

Le changement climatique est la variation du climat, pendant une période prolongée. Les changements climatiques peuvent être dus à des processus internes naturels ou à des forçages externes, ou encore à la persistance de variations anthropiques de la composition de l'atmosphère ou de l'utilisation des sols. Le GIEC (Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'évolution du Climat) est la principale source scientifique fiable sur le changement climatique, la certitude sur ce changement à travers les cinq rapports à progresser : - en 1990 : « Il nous semble qu'en général l'ampleur du réchauffement planétaire est conforme aux prévisions des modèles climatiques, mais que cette ampleur est comparable à celle de la variabilité naturelle du climat » ; - en 1995 : « Dans l'ensemble, les observations portent à croire à une influence humaine sur le climat planétaire » ; - en 2001 : « Des observations récentes plus convaincantes indiquent que le réchauffement constaté au cours des cinquante dernières années est attribuable à des activités humaines » ; - en 2007 : « L'essentiel de l'augmentation observée des températures moyennes depuis la moitié du vingtième siècle est, très probablement dû à l'augmentation des concentrations de gaz à effet de serre engendrées par l'homme » ; - en 2014 : « Les évolutions du climat à venir et les efforts à conduire pour éviter les catastrophes qui se profilent », ce cinquième rapport vient d'abord renforcer la certitude de la responsabilité des activités humaines de l'homme dans le réchauffement de l'atmosphère et de l'océan ¹

¹ Lexique Des Changements climatiques, Le Cres, un Pôle de recherche scientifique Et d'enseignement supérieur Pour l'Afrique, https://www.cres-edu.org/wp-content/uploads/2018/08/Lexique_changements_climatiques.pdf



I.6.2.1. Les cause du changement climatique

I-6.2.1.1. Causes naturelles

Des facteurs naturels externes au système climatique, comme des changements de l'activité volcanique, de l'émission d'énergie solaire et de l'orbite de la Terre autour du Soleil, peuvent altérer le climat de la planète. Parmi ceux-ci, les deux facteurs qui sont déterminants à des échelles temporelles pour les changements climatiques contemporains sont les changements à l'activité volcanique et les changements au rayonnement solaire. En ce qui a trait à l'équilibre énergétique de la Terre, ces facteurs agissent principalement sur la quantité d'énergie reçue. Les éruptions volcaniques sont épisodiques et exercent des effets sur le climat pendant une durée relativement courte. Les changements de l'irradiation solaire ont contribué aux tendances climatiques au cours du dernier siècle, mais, depuis la révolution industrielle, l'effet des apports de gaz à effet de serre dans l'atmosphère a été environ 50 fois plus marqué que celui des changements de l'émission d'énergie solaire.¹

I-6.2.1.2. Causes anthropiques

Les changements climatiques peuvent également être causés par les activités humaines, comme l'utilisation de combustibles fossiles et la conversion de terres pour la foresterie et l'agriculture. Depuis le début de la révolution industrielle, l'influence anthropique sur le système climatique a

¹ Canada.ca Environnement et ressources naturelles <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/changements-climatiques/causes.html>

augmenté considérablement. En plus d'autres incidences environnementales, ces activités modifient la surface terrestre et émettent diverses substances dans l'atmosphère. Ces substances peuvent, quant à elles, exercer un effet sur la quantité d'énergie reçue et la quantité d'énergie sortante, ce qui peut avoir à la fois un effet de réchauffement et de refroidissement du climat. Le dioxyde de carbone, un gaz à effet de serre, est le principal produit de la combustion de combustibles fossiles. L'effet global des activités humaines depuis le début de la révolution industrielle a été un effet de réchauffement, alimenté principalement par les émissions de dioxyde de carbone et intensifié par les émissions d'autres gaz à effet de serre.

L'accumulation de gaz à effet de serre dans l'atmosphère a mené à un accroissement de l'effet de serre naturel. C'est cet accroissement de l'effet de serre par l'activité anthropique qui est préoccupant, car les émissions continues de gaz à effet de serre ont le potentiel de réchauffer la planète à des niveaux sans précédent dans l'histoire de l'humanité. De tels changements climatiques pourraient avoir de lourdes conséquences environnementales, sociales et économiques imprévisibles.¹

I.6.2.2. Les gaz à effet de serre

Le principal moteur du changement climatique est l'effet de serre. Certains gaz de l'atmosphère terrestre agissent à la manière des parois d'une serre: ils permettent à l'énergie solaire d'entrer dans l'atmosphère mais l'empêchent de s'en échapper, provoquant le réchauffement climatique.²

Un grand nombre de ces gaz à effet de serre sont naturellement présents dans l'atmosphère, mais l'activité humaine accroît les concentrations de certains d'entre eux, en particulier:

- Le dioxyde de carbone (CO₂), Le méthane, Le protoxyde d'azote, Les gaz fluorés.

-Le CO₂ produit par les activités humaines est le principal contributeur au réchauffement climatique. En 2020, sa concentration dans l'atmosphère était passée à 48 % au-dessus de son niveau préindustriel (avant 1750).

¹ Canada.ca Environnement et ressources naturelles <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/changements-climatiques/causes.html>

² Commission européenne Énergie, changement climatique, environnement, https://ec.europa.eu/clima/change/causes_fr

1

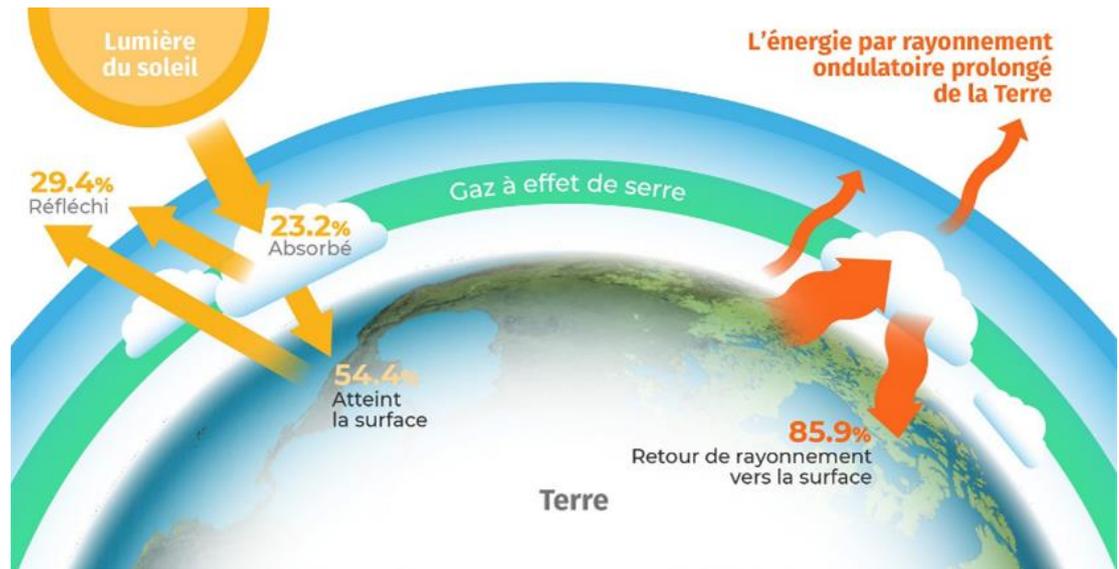


FIGURE 10 ÉMISSION DE GAZ À EFFET DE SERRE

1

I.6.2.3. Projections des changements climatiques au niveau de l'Algérie

Pour cette étude, nous avons opté pour l'horizon 2030. Ce choix se veut réaliste et pratique notamment pour ce qui concerne la fiabilité des projections concernant l'évolution future du climat, etc. Pour ce faire, nous nous sommes référés à la communication nationale de l'Algérie au titre de la CCNUCC (République Algérienne, 2001). Le choix s'est porté sur les deux modèles UKHI12 et ECHAM3TR13 qui reproduisent le mieux les caractéristiques du climat algérien. Sur la base des résultats des modèles globaux ci-dessus cités, la projection de CC au niveau régional a été réalisée à l'aide d'un modèle couplé MAGICC14 -SCENGEN. Les projections de CC sur l'Algérie, à l'échéance 2030 et du modèle UKHI figurent dans le tableau qui suit.

TABLEAU 1 PROJECTION DE PRECIPITATIONS A L'HORIZON 2100 SELON LE SCENARIO IS92A

	Automne	Hiver	Printemps	Été
Température en °C				
Scénario bas	1	0,75	1	1
Scénario haut	1,5	1	1,3	1,4
Pluviométrie (Diminution en %)				
Scénario bas	8	10	7	11
Scénario haut	11	16	13	16

Globalement, on constate que l'augmentation de la température serait plus marquée durant la période de l'Été-automne alors que les diminutions des précipitations demeurent relativement faibles, de l'ordre de 10 %. Concernant l'élévation attendue du niveau de la mer ainsi que l'évolution de la concentration moyenne de GES dans l'atmosphère, il n'y a pas d'étude spécifique réalisée au niveau de l'Algérie. Pour cela, nous nous sommes référés au 5ème Rapport d'évaluation du GIEC et nous avons transposé les résultats obtenus au niveau global à l'échelle de l'Algérie

I-6.2.3.1. Changements climatiques & biodiversité:

En se référant à la CDB, les liens entre la biodiversité et les changements climatiques vont dans les deux sens :

La biodiversité est menacée par les CCs d'origine humaine,

Parallèlement, les ressources de la biodiversité sont susceptibles d'atténuer les impacts des CCs sur les populations et les écosystèmes¹

¹ « PLANIFICATION NATIONALE SUR LA DIVERSITE BIOLOGIQUE ET MISE

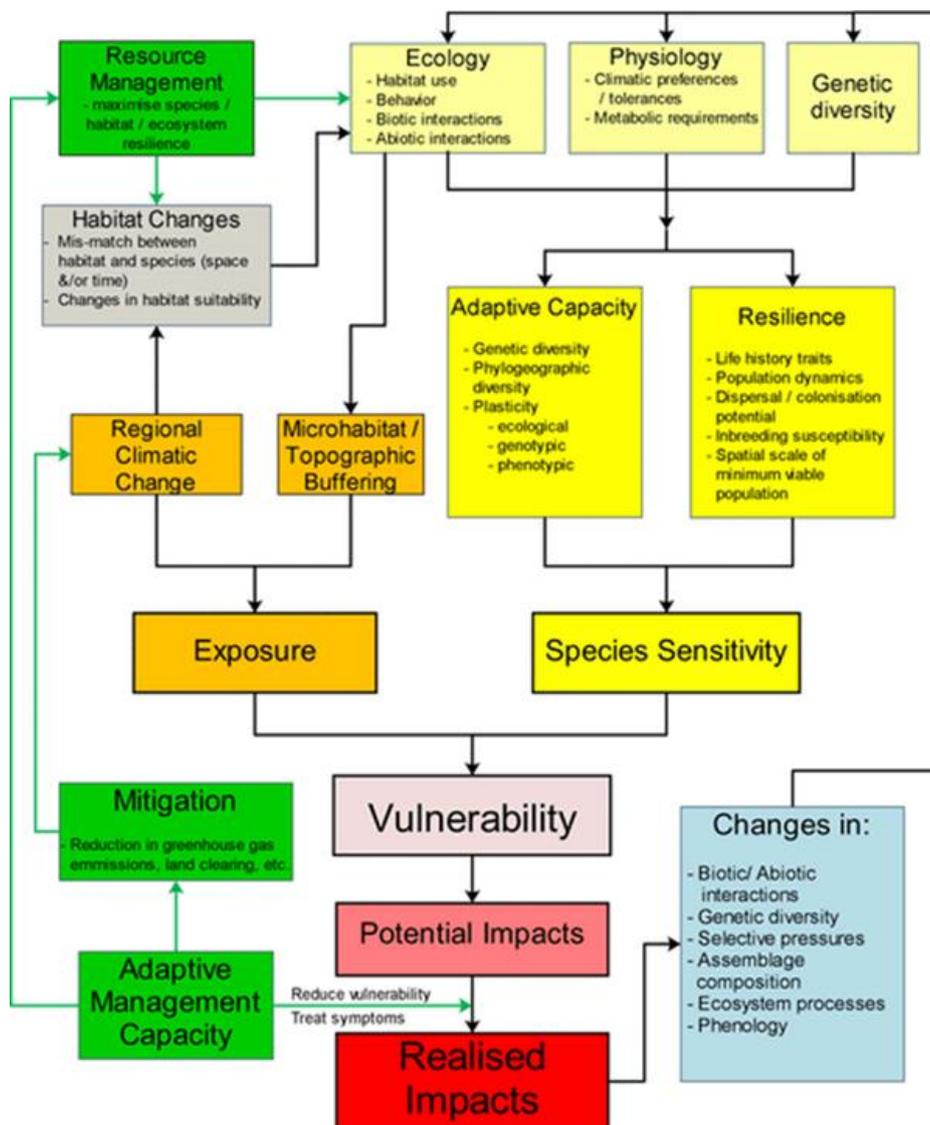
I-6.2.3.2. Changements climatiques & biodiversité : cadre conceptuel

Le lien entre les CCs & la biodiversité est à la fois nouvelle et complexe Vu la nouveauté et la complexité de cette question, une meilleure évaluation de la vulnérabilité de la biodiversité aux CCs requiert un cadre unifié pour coordonner les activités dans ce domaine. Le cadre conceptuel qui suit relie explicitement :

Les différentes composantes de la vulnérabilité biotique ;

Le potentiel de réponses à la fois évolutif et écologiques ;

La résilience et la gestion active des écosystèmes pour atténuer les impacts attendu



BIODIVERSITE SOURCE: WILLIAMS ET AL., 2008

Ce cadre conceptuel permet également de faire un lien fonctionnel entre la biodiversité et les CCs à travers le positionnement de la vulnérabilité ainsi que des impacts dus aux CCs dans un cadre général interactif de la biodiversité. De même, il intègre également l'atténuation des 22 émissions de GES et l'adaptation aux CCs dans un contexte de gestion durable des ressources biologiques.

La figure précédente a introduit également de nouvelles notions en relation avec l'interaction à double sens entre la biodiversité et les CCs qu'il y a lieu d'explicitier et de mieux étayer.

Ainsi, **la sensibilité/sensitivité d'une espèce** aux conditions climatiques serait déterminée par des facteurs intrinsèques, comprenant les limites physiologiques de tolérance, les caractéristiques écologiques (par exemple le comportement), et la diversité génétique. De même, la sensibilité d'une espèce sera modulée par la résilience de son écosystème ainsi que ses capacités d'adaptation propre. Certains traits qui régissent la sensibilité seront plus facilement définissables que d'autres. Ainsi, les informations sur les caractéristiques écologiques pertinentes tels que la reproduction sont généralement disponibles pour un large éventail de taxons et peuvent être directement intégrées dans les évaluations de la vulnérabilité ¹(En revanche, pour la plupart des organismes il y a peu d'informations sur les tolérances physiologiques et la diversité génétique. Pour ces traits, la meilleure approche serait de faire des estimations fondées sur les meilleures connaissances écologiques disponibles pour des espèces étroitement apparentées ²

Quant à **la résilience d'une espèce**, elle se définit par sa capacité à survivre et à se remettre d'une perturbation. Les facteurs susceptibles de favoriser la résilience d'une espèce et de réduire le risque d'extinction comprennent notamment le taux de reproduction élevé ainsi que les courtes durées de vie³). Généralement, les espèces de grandes tailles ont tendance à être résistantes à l'extinction. Par ailleurs, la nécessité pour une espèce de disposer d'un grand espace géographique peut lui être défavorable dans la mesure où ils réduisent la probabilité de maintenir une taille de population viable dans de petits refuges dans des zones tampons. Enfin, la capacité

¹ McKinney ML, 1997).

² Chown SL, Gaston KJ, 2008).

³ (McKinney ML, 1997²

de dispersion de l'espèce, dans et entre les habitats, pour bénéficier du climat propice à son développement, dépendrait à la fois des taux de reproduction ainsi que de la capacité de dispersion ¹

La capacité d'adaptation propre dans son sens le plus large englobe d'une part, des changements évolutifs et une flexibilité aux réponses écologiques et d'autre part, les capacités de gérer, s'adapter et minimiser les impacts. Tous les organismes sont supposés disposer d'une certaine capacité intrinsèque pour s'adapter aux changements dans les conditions environnantes. Ceci peut être réalisé à travers des éléments écologiques (physiologique et/ou flexibilité comportementale) ou par une adaptation évolutive (une sélection naturelle). La capacité d'adaptation aux évolutions représente probablement le caractère le plus difficile à quantifier pour de nombreuses espèces.

I-6.2.3.3. Changements climatiques: la grande menace pour la biodiversité

L'Évaluations des écosystèmes pour le Millénaire (EM) est un programme d'envergure internationale de quatre ans destiné à répondre aux besoins des décideurs en matière d'information scientifique relative aux liens entre changements au niveau des écosystèmes, et bien-être de l'homme. Il a été initié par le Secrétaire général de l'ONU, Kofi Annan en juin 2001. Le premier produit de l'EM est un cadre conceptuel qui définit les facteurs de changements pour la biodiversité biologique qui sont déterminants pour les services fournis par les écosystèmes et le bien être humain et la réduction de la pauvreté. Ce cadre est pleinement compatible avec l'approche par écosystème de la CDB.

Il y a lieu de distinguer entre les facteurs de changements directs et indirects¹⁶. De même, certains facteurs appelés « endogènes » sont susceptibles d'être influencés par des acteurs en revanche, d'autres appelés « exogène » sont en dehors de l'influence des acteurs et/ou décideurs. Par ailleurs, un facteur de changement peut varier dans son fonctionnement de l'échelle locale à l'échelle mondiale et peut agir à des échelles temporelles différentes.

¹ Fjerdingstad E et al., 2007).

Les facteurs de changement directs sont :¹

- Changements dans l'occupation/utilisation des sols au niveau local ;
- Introduction ou soustraction d'espèces ;
- Adaptation et utilisation de la technologie ;
- Apport extérieur (par ex. utilisation des fertilisants, contrôle des animaux nuisibles, Irrigation)
- Consommation de la récolte et des ressources ;
- Changements climatiques
- Facteurs naturels physiques et biologiques (par ex. volcan, évolution) non influencés.

Tandis que, les facteurs de changement indirects sont :

- Démographiques ;
- Économiques (mondialisation, commerce, marché et cadre politique) ;

¹ « PLANIFICATION NATIONALE SUR LA DIVERSITE BIOLOGIQUE ET MISE EN OEUVRE EN ALGERIE DU PLAN STRATÉGIQUE DE LA CONVENTION SUR LA DIVERSITE BIOLOGIQUE 2011-2020 ET DES OBJECTIFS D'AICHI », Février 2015

- Culturels et religieux (choix de la nature et de la quantité de la consommation)

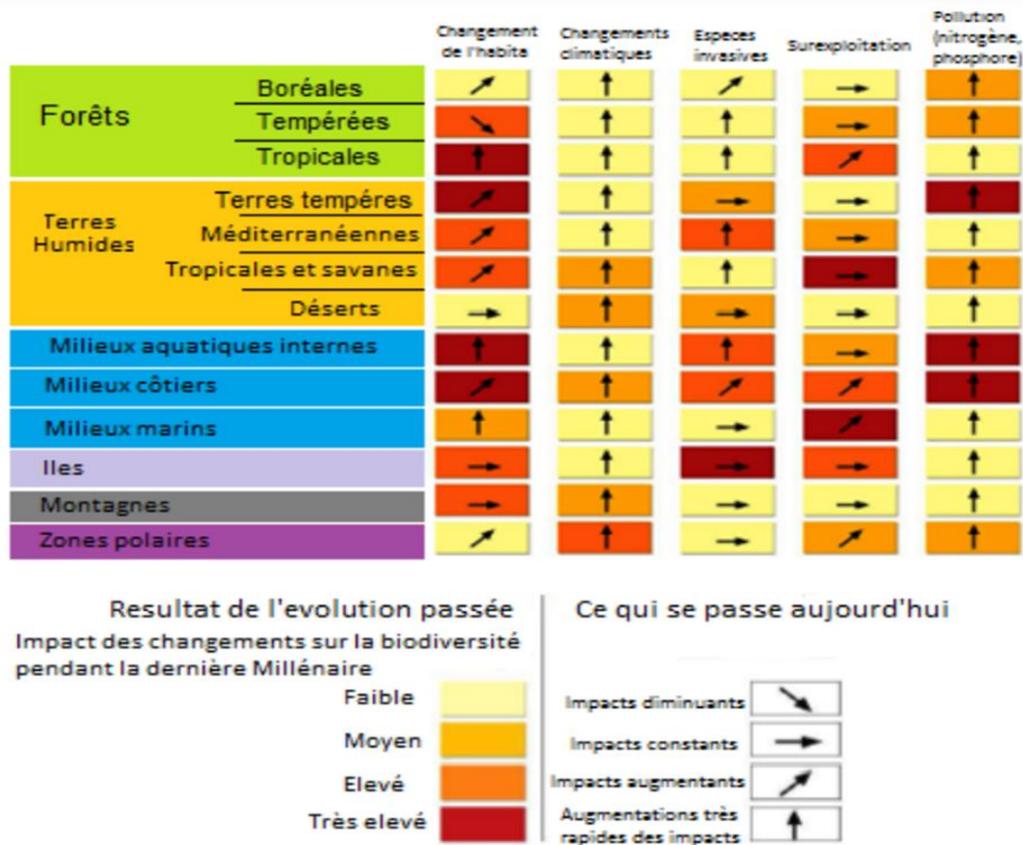


FIGURE 12 CHANGEMENTS OBSERVÉS DANS LA BIODIVERSITÉ MONDIALE
SOURCE : ÉVALUATION DES ÉCOSYSTÈMES POUR LE MILLENAIRE (EM)

Le diagramme présente une évaluation qualitative des impacts des facteurs de changements sur la biodiversité mondiale durant le siècle passé selon quatre classes "faible", "modéré", "important" et "très important". A cette évaluation quantitative sur le dernier siècle est associée la tendance actuelle de ces impacts sur la biodiversité quantifiée en quatre classes : i) impact décroissant, ii) impact continu ; iii) impact croissant et iv) impact à croissance très rapide. Cette évaluation de la biodiversité biologique montre que le changement d'habitat a été le facteur déterminant dans l'évolution de la biodiversité mondiale durant le dernier siècle. Ce constat concerne en particulier : les écosystèmes des forêts tropicales, ii) ceux des zones humides intérieures, iii) ceux des prairies et des zones sèches tempérées et iv) ceux des zones côtières. Les CCs se classent comme étant le second facteur déterminant qui influence directement sur les écosystèmes. Ce qui caractérise les CCs en tant que facteur de changement c'est sa tendance actuelle à avoir des impacts à croissance très rapide. Ceci confirme l'intérêt accordé aux impacts des CCs sur la biodiversité.

I-6.2.3.4. Impacts attendus des changements climatiques sur la biodiversité

Le risque d'extinction pour certaines espèces augmente lorsque les aires de répartition sont limitées, et que les habitats et les populations diminuent. À l'opposé, pour des espèces bénéficiant d'aires de répartition non fragmentées et étendues, de mécanismes de dispersion rapides, et de larges populations, le risque d'extinction est moins important. Le risque d'extinction augmenterait également pour de nombreuses espèces, notamment celles déjà menacées en raison de facteurs tels que des populations peu nombreuses, des habitats limités ou fragmentés, des fourchettes climatiques limitées ou un environnement situé sur des îles de faible élévation ou près du sommet des montagnes. De nombreuses espèces et populations animales sont déjà menacées, et cette tendance devrait s'accroître sous l'effet conjugué des CCs qui rendront une partie des habitats inutilisable et des changements d'affectation des terres qui fragmentent les habitats et créent des obstacles aux migrations des espèces. Dans certains cas particuliers, certaines espèces menacées devraient bénéficier d'une amélioration²⁸ des habitats (les poissons d'eau chaude dans les lacs peu profonds dans les régions tempérées, etc.), ce qui diminuerait leur vulnérabilité. Les impacts possibles des CCs qui peuvent se produire à l'échelle de l'individu, d'une population, d'une espèce, des communautés, des écosystèmes et des biomes, montrent notamment que les espèces peuvent répondre aux défis des CCs en déplaçant leur niche climatique sur trois axes non exclusifs: i) le temps (par exemple, phénologie), ii) l'espace (par exemple, gamme) et iii) personnel (par exemple, physiologie). La conjugaison de l'exposition et la sensibilité permettra de déterminer la vulnérabilité des espèces et par suite guider l'évaluation des impacts potentiels sur l'espèce / habitat / processus en question. A l'aide de la matrice croisée qui suit, on procédera sur la base d'un jugement d'expert, à l'évaluation des impacts attendus des CCs sur les principales espèces biologiques vulnérables aux CCs.¹

¹ « PLANIFICATION NATIONALE SUR LA DIVERSITE BIOLOGIQUE ET MISE EN OEUVRE EN ALGERIE DU PLAN STRATÉGIQUE DE LA CONVENTION SUR LA DIVERSITE BIOLOGIQUE 2011-2020 ET DES OBJECTIFS D'AICHI », Février 2015



FIGURE 13 L'EXTINCTION DES ESPECES A CAUSE DE CHANGEMENT CLIMATIQUES

II. -L'écologie de paysage et la valorisation de la biodiversité : démarche conceptuelle, principes et exemples :

Introduction :

Écologie du paysage et aménagement du territoire” propose de mettre en évidence les relations existantes entre la structuration de l'espace (forme et qualité des habitats) et les processus écologiques (flux de matière, biodiversité).

L'échelle spatiale des paysages correspond à celles de nombreux aménagement du territoire.

Ce module apporte les fondements scientifiques (méthode, concepts de base) permettant de mettre en œuvre une démarche d'aménagement du paysage en respectant les objectifs de développement durable.

II.1. L'écologie de paysage: Une nouvelle approche des processus écologiques, Des notions émergentes

II.1.1. Définition de l'écologie du paysage

L'écologie des paysages est la discipline scientifique qui considère explicitement l'influence des dimensions spatiales et temporelles sur les patrons environnementaux que nous observons et les processus qui les génèrent ¹(Forman and Godron, 1986). Elle s'intéresse à la fois aux composantes biologiques, physiques et sociales, que ce soit des paysages anthropiens ou plus naturels ²(Burel et Baudry, 1999). L'écologie des paysages considère que les patrons et processus environnementaux dépendent non seulement de la nature des écosystèmes, par exemple agricoles, forestiers ou urbains, mais aussi de leur agencement spatial

La discipline de l'écologie du paysage telle qu'elle est développée actuellement prend son essor dans les années 1980. En 1982, est créée une association internationale d'écologie du paysage : l'International Association for Landscape Ecology (IALE). Des publications et des ouvrages fondateurs posent ensuite les bases d'une discipline prenant en compte les interactions entre le

¹ Forman and Godron, 1986

² Burel et Baudry, 1999).

paysage et les activités anthropiques¹ (Forman et Godron, 1986; Risser et al., 1984; Turner et al., 1989; Urban et al., 1987).

L'écologie du paysage permet l'intégration des sciences naturelles, comme l'écologie, la botanique ou la zoologie, et des sciences humaines comme la géographie, l'aménagement du territoire ou l'architecture. Cette pluridisciplinarité fournit un cadre conceptuel et méthodologique riche pour l'étude des perturbations anthropiques sur les écosystèmes²

II.1.2. Les fondements de l'écologie du paysage

II.1.2.1. Quelques concepts théoriques fondateurs

II-1.2.1.1. La théorie biogéographique des îles

La théorie biogéographique des îles, qui cherche à expliquer spatialement la répartition des espèces, est un modèle qui a fortement influencé l'écologie du paysage³ (MacArthur et Wilson, 1967). Cette théorie est basée sur deux constats observés dans les archipels du Pacifique : les grandes îles comportent un nombre d'espèces plus important que les petites îles et les îles proches des continents comportent plus d'espèces que les îles les plus isolées. Ces constats s'expliquent par deux facteurs :

- la probabilité de colonisation d'une île par une espèce est inversement proportionnelle à la distance entre cette île et le continent, et est proportionnelle à la taille de l'île ;
- la probabilité d'extinction d'une espèce sur une île colonisée est inversement proportionnelle à la taille de l'île et est proportionnelle à son degré d'isolement par rapport aux autres îles colonisées et au continent.

La théorie biogéographique des îles a stimulé de nombreuses recherches en écologie du paysage et a permis l'émergence d'une vision moderne de la dynamique des populations, basée sur les processus de colonisation et d'extinction⁴.

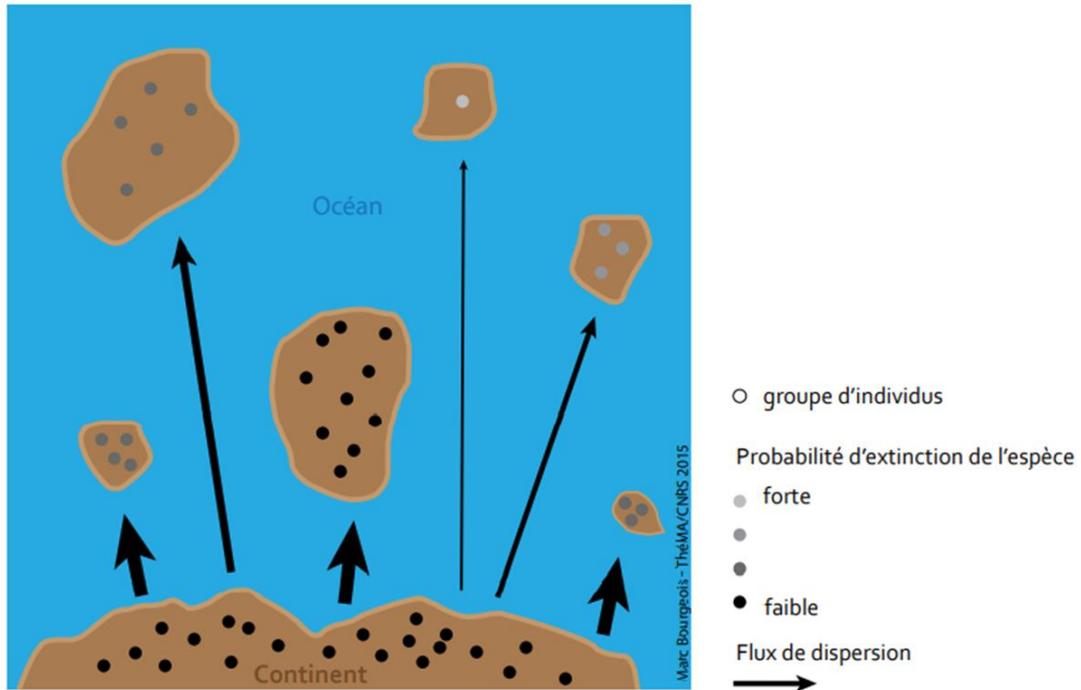
Illustration de la théorie biogéographique des îles. D'après MacArthur et Wilson (1967)

¹ (Forman et Godron, 1986; Risser et al., 1984; Turner et al., 1989; Urban et al., 1987).

² Impacts écologiques des formes d'urbanisation :
Modélisations urbaines et paysagères, Marc Bourgeois, 2015

³ MacArthur et Wilson, 1967).

⁴ Burel et Baudry, 1999).



II-1.2.1.2. Les métapopulations

En 1969, Richard Levins introduit le terme métapopulation (Levins, 1969). Le concept de métapopulation est issu de la théorie biogéographique des îles. Il concerne plus particulièrement la dynamique des populations dans les taches d'habitat continentales.

La métapopulation de Levins est une population formée de sous-populations soumises à des dynamiques locales d'extinction et de colonisation. La persistance d'une métapopulation dans une région n'est possible que si le taux moyen d'extinction y est inférieur au taux de migration. La dispersion des juvéniles conditionne la capacité d'une espèce à compenser le processus d'extinction de la métapopulation par le processus de colonisation. Cette dispersion correspond au processus par lequel les individus arrivant à maturité se séparent géographiquement du groupe d'individus au sein duquel ils ont grandi pour coloniser un nouveau territoire. Ainsi, une métapopulation se définit comme un ensemble de sous-populations interconnectées par des individus qui se dispersent ¹.

Pour assurer la stabilité d'une métapopulation, deux caractéristiques des taches d'habitat sont déterminantes : leur qualité, caractérisée par leurs ressources et leur forme, et leur capacité à émettre et recevoir des individus. Le modèle de Levins a donné naissance à d'autres modèles de

¹ Hanski et Gilpin, 1991).

population, comme le modèle source-puits¹ ou les populations fragmentées² Dans le modèle des populations fragmentées, les taches d'habitat sont toutes colonisées et reliées entre elles par d'importants flux de dispersion. L'ensemble de ces taches constitue une forme particulière de métapopulation. Dans le modèle source-puits, la distribution des espèces est fonction à la fois de l'aptitude pour un individu à coloniser de nouvelles taches, à partir des taches « sources », et de la capacité des taches colonisées (taches « puits ») à maintenir la nouvelle population en termes de qualité et de quantité de ressources qu'elles offrent (surface habitable ou nourriture disponible par exemple).³

Figure : Population fragmentée Patchy population (Gilpin et Hanski, 1991)⁴²

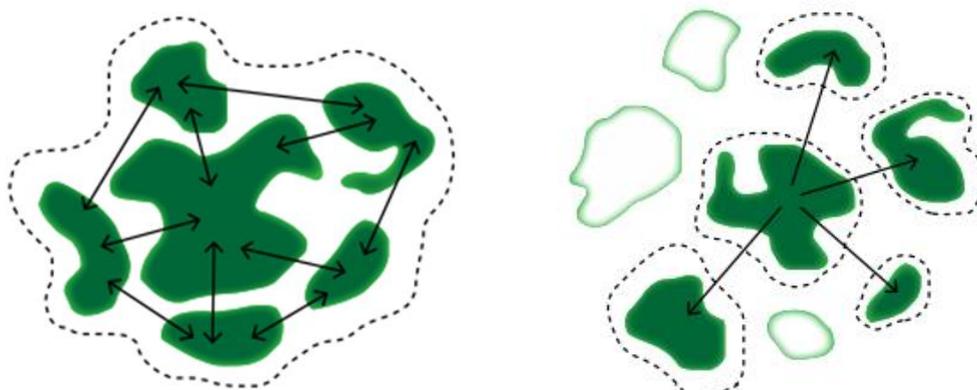


FIGURE 14
METAPOPULATION DE
LEVINS (1969)

¹ Pulliam, 1988)

² (Gilpin et Hansi, 1991)

³ Impacts écologiques des formes d'urbanisation :
Modélisations urbaines et paysagères, Marc Bourgeois, 2015

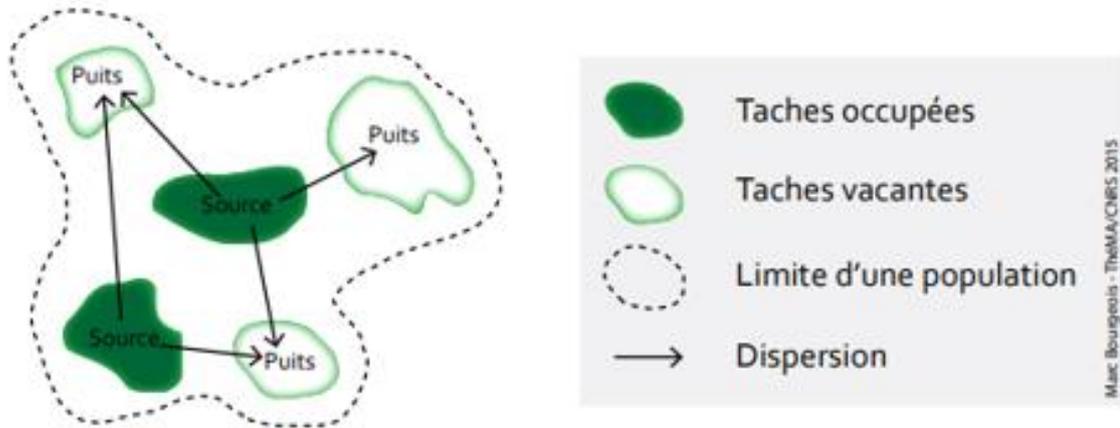


FIGURE 15 M O D E L E S DES METAPOPOPULATIONS.

II-1.2.1.3. La mosaïque paysagère

L'écologie du paysage a entraîné une terminologie spécifique. Tous les paysages, même différents sont constitués d'une structure semblable, une « mosaïque écologique », composée par divers types d'éléments plus ou moins fragmentés et connectés entre eux par des flux minéraux d'espèces et d'énergie. Cette mosaïque paysagère constitue un ensemble spatialement hétérogène. Il est possible de distinguer trois grands types d'éléments¹ (Forman et Goudron 1986) :

- la matrice,
- les taches,
- les corridors.

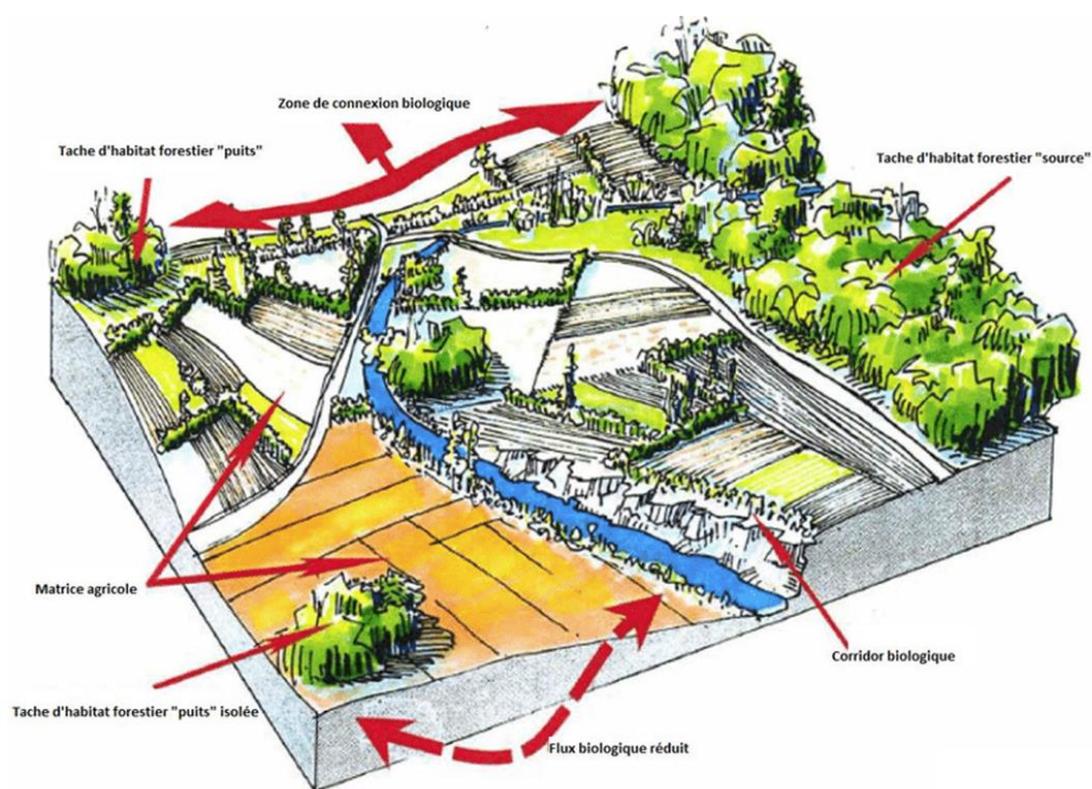


FIGURE 16 MOSAÏQUE PAYSAGÈRE (SOURCE : GERBEAUD ET LONG 2008).

La matrice est caractérisée par un élément dominant, à l'intérieur duquel la connectivité est la plus élevée et/ou qui possède la plus grande influence sur les dynamiques de l'évolution du paysage.

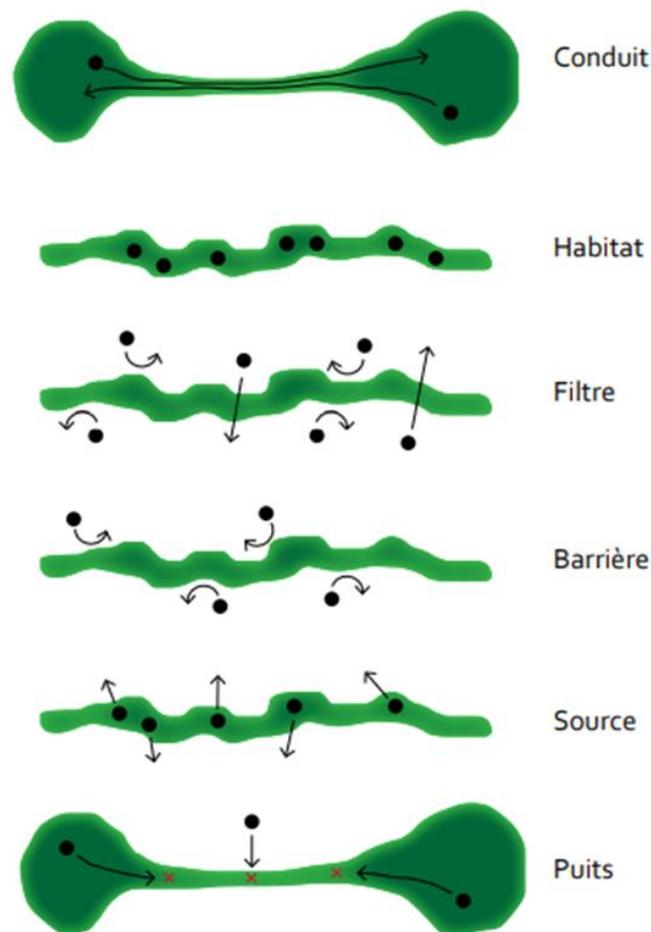
¹ (Forman et Goudron 1986)

Les taches sont des éléments relativement compacts, non linéaires et homogènes dont la nature est différente de la matrice.

Dans la théorie biogéographique des îles, la matrice est uniforme, composée par l'océan qui sépare les différentes taches, dans ce cas les îles.

La mosaïque paysagère de Forman et Godron (1986) reprend les principes de cette théorie en introduisant la notion d'hétérogénéité de la matrice. L'autre différence notable de la mosaïque paysagère est la prise en compte des corridors permettant de relier les taches d'habitat

II-1.2.1.4. Corridor écologique :



-Les corridors écologiques sont des axes de communication biologique, plus ou moins larges, continus ou non, empruntés par la faune et la flore, qui relient les réservoirs de biodiversité.¹

¹ Réservoir de biodiversité et corridor écologique, http://www.ville-saint-aubin-les-elbeuf.fr/08-Sites/Biodiversite/reservoir_biodiversite.htm

-Les corridors écologiques sont un élément essentiel de la conservation de la biodiversité et du fonctionnement des écosystèmes. Sans leur connectivité, un très grand nombre d'espèces ne disposeraient pas de l'ensemble des habitats nécessaires à leurs cycles vitaux (reproduction, croissance, refuge, etc.) et seraient condamnées à la disparition à plus ou moins brève échéance.¹

Les corridors sont des bandes dont la nature diffère de la matrice présente de part et d'autre. Ils peuvent avoir plusieurs fonctions : conduit, habitat, filtre, barrière, source et puits²

II-1.2.1.5. Les réservoirs de biodiversité

Les réservoirs de biodiversité sont des espaces dans lesquels la biodiversité, rare ou commune, menacée ou non menacée, est la plus riche ou là mieux représentée, où les espèces peuvent effectuer tout ou partie de leur cycle de vie (alimentation, reproduction, repos) et où les habitats naturels peuvent assurer leur fonctionnement, en ayant notamment une taille suffisante. Ce sont des espaces pouvant abriter des noyaux de populations d'espèces à partir desquels les individus se dispersent, ou susceptibles de permettre l'accueil de nouvelles populations d'espèces.³

Les réservoirs de biodiversité sont plus représentatifs en termes de **variétés de populations d'espèces naturelles**. Ce sont des espaces plus vastes favorisant les déplacements, les échanges et donc le cycle de vie de ces êtres vivants.⁴

¹ <https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/developpement-durable-corridor-ecologique-6418/>

² Impacts écologiques des formes d'urbanisation :
Modélisations urbaines et paysagères, Marc Bourgeois, 2015

³ DOCUMENT-CADRE ORIENTATIONS NATIONALES POUR LA PRÉSERVATION ET LA REMISE EN BON ÉTAT DES CONTINUITÉS ÉCOLOGIQUES.
[TRAME VERTE ET BLEUE - Actu Environnement](#)

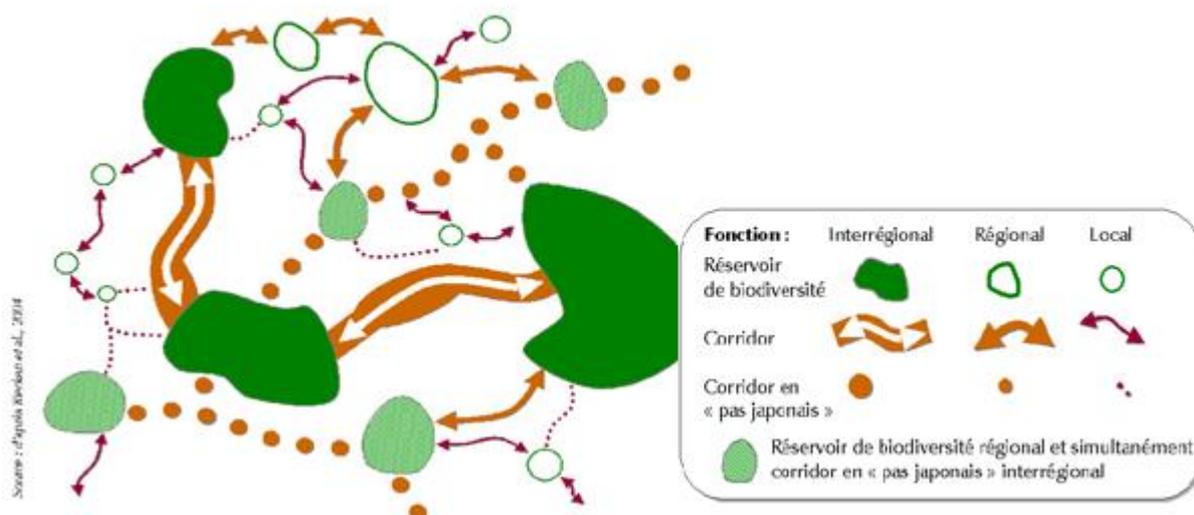


FIGURE 17 LES RESERVOIRES DE LA BIODIVERSITE

II.1.2.2. Continuités écologiques :

Ensemble du réseau écologique qui permet à la faune sauvage de se déplacer pour assurer son cycle de vie. Elles sont composées de réservoirs de biodiversité et de corridors écologiques (article L. 371-1 et R. 371-19 du code de l'environnement)

Les continuités écologiques sont des éléments du réseau écologique. Elles correspondent à l'ensemble des réservoirs de biodiversité et des corridors écologiques s'appliquant plus particulièrement aux ¹milieux terrestres mais aussi humides, ainsi que les cours d'eau et canaux. (CARNETDECOUVERTE_TRAME_VERTE_ET_BLEUE_CAUE63.pdf)

II.1.2.3. La connectivité paysagère : une notion clé pour la spatialisation des processus écologiques

II-1.2.3.1. La connectivité paysagère

La connectivité du paysage est définie comme le degré par lequel le paysage facilite ou influence les mouvements entre les taches d'habitat préférentiel pour une espèce donnée (Taylor et al., 1993). La connectivité dépend à la fois de la configuration spatiale du paysage et de la manière dont les individus interagissent dans cette structure spatiale² distingue deux types de connectivité : la connectivité structurelle, correspondant à l'agencement des structures spatiales d'un paysage

¹ (CARNETDECOUVERTE_TRAME_VERTE_ET_BLEUE_CAUE63.pdf)

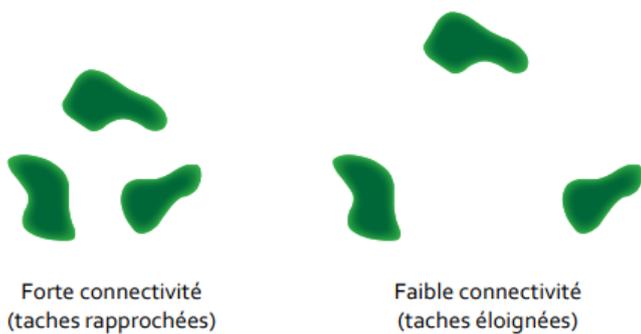
² Wiens et al., 1997).

et la connectivité fonctionnelle, correspondant à l'influence des structures paysagères sur les organismes. Pour une espèce donnée, la connectivité fonctionnelle dépend des caractéristiques de la mosaïque paysagère : d'une part les taches d'habitat, et d'autre part la composition de la matrice entre ces taches. La matrice peut favoriser les déplacements de l'espèce, par la présence de corridors ou d'éléments d'occupation du sol favorables. Inversement, elle peut aussi limiter les déplacements avec des éléments d'occupation du sol défavorables. Par exemple, une infrastructure linéaire de transport terrestre ou des espaces urbanisés peuvent constituer une barrière pour les déplacements d'un certain nombre d'espèces. Dans ce cas, la connectivité fonctionnelle de la matrice paysagère est limitée.¹

La notion de connectivité paysagère se décline en connectivité structurelle et connectivité fonctionnelle, se déclinant elle-même en connectivité réelle et connectivité potentielle (figure). Différents indices, appelés métriques de connectivité ont été développés. Afin de mesurer la connectivité paysagère. Les résultats issus des calculs de ces métriques peuvent servir d'aide à la décision dans le cadre de la mise en place de projets d'aménagements du territoire ou de mesures de conservation des espèces.

¹ Impacts écologiques des formes d'urbanisation : Modélisations urbaines et paysagères, Marc Bourgeois, 2015

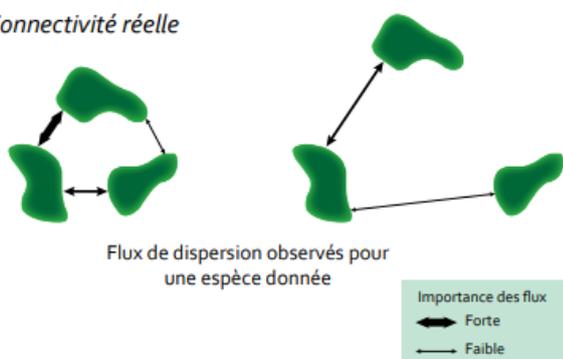
Connectivité structurelle



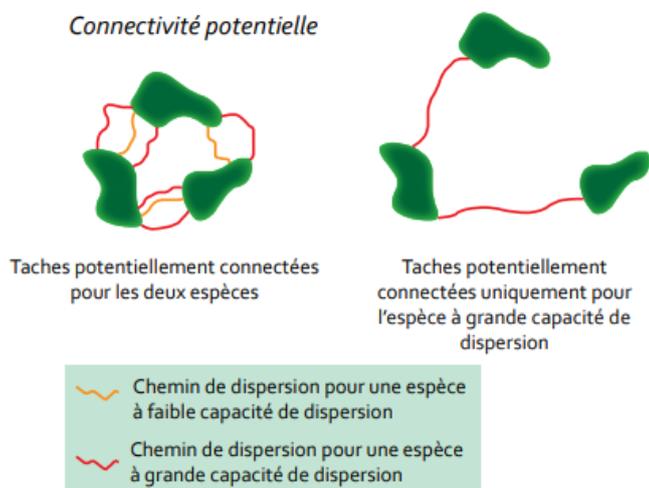
1

Connectivité fonctionnelle

Connectivité réelle



Connectivité potentielle



¹ Calabrese et Fagan, 2004).

II.1.3. Le concept de réseau écologique

La mise en place du dispositif Natura 2000 est représentative de la volonté scientifique et politique de travailler sur la mise en réseau des écosystèmes depuis les années 1990.

Le concept de réseau écologique constitue une approche clé en écologie du paysage pour l'analyse de la fragmentation paysagère et de la connectivité écologique. Un réseau écologique constitue le support des processus liés aux mouvements des organismes dans la mosaïque paysagère.

Il apparaît comme un modèle supplémentaire pour la biologie de la conservation et la gestion de l'aménagement du territoire¹ et doit permettre de répondre à des enjeux fondamentaux que sont la conservation des populations et le maintien des processus écologiques dans un espace fragmenté par les activités anthropiques².

Les réseaux écologiques peuvent être naturellement présents dans la structure paysagère ou être aménagés par l'homme, par exemple par la plantation de haies ou la création de mares. Ainsi, ils peuvent être à la fois identifiés dans le paysage, et donc protégés des activités humaines, mais aussi mis en place artificiellement.³ identifient trois actions complémentaires relatives au concept de réseau écologique.

La première consiste à protéger les espèces et leur réseau d'habitat. La seconde consiste à restaurer le réseau écologique au sein du paysage. La troisième consiste à planifier les réseaux écologiques

II.1.3.1. Différentes définitions des réseaux écologiques

À l'instar de grands concepts généraux comme la biodiversité et le développement durable, l'expression « réseau écologique » est assez loue et renvoie à plusieurs significations. Les définitions de ce concept varient selon le public concerné et ne seront pas toutes détaillées ici. En écologie, le terme ecological network peut représenter les relations sociales dans le cadre de l'analyse des comportements d'une espèce⁴ ou les relations trophiques au sein d'un écosystème⁵. Cependant, pour qualifier ces processus, le terme Food web est désormais préféré. D'autres synonymes de réseau écologique sont présents dans la bibliographie : réseau paysager

¹ Mougnot et Melin, 2000

² (Bennett, 1999).

³ Mougnot et Melin (2000)

⁴ (Wey et al., 2008)

⁵ Fath et al., 2007).

(Landscape network) ou réseau d'habitats (habitat network) ¹(. Proposent la définition suivante : le réseau écologique est une infrastructure répondant aux besoins fonctionnels d'une espèce pour l'accomplissement de son cycle de vie.

Les réseaux écologiques peuvent être perçus selon trois niveaux : le réseau écologique lié à l'espèce, le réseau écologique lié au paysage et le réseau écologique lié à l'aménagement du territoire :

¹ (Opdam et al., 2002). Mougnot et Melin (2000)

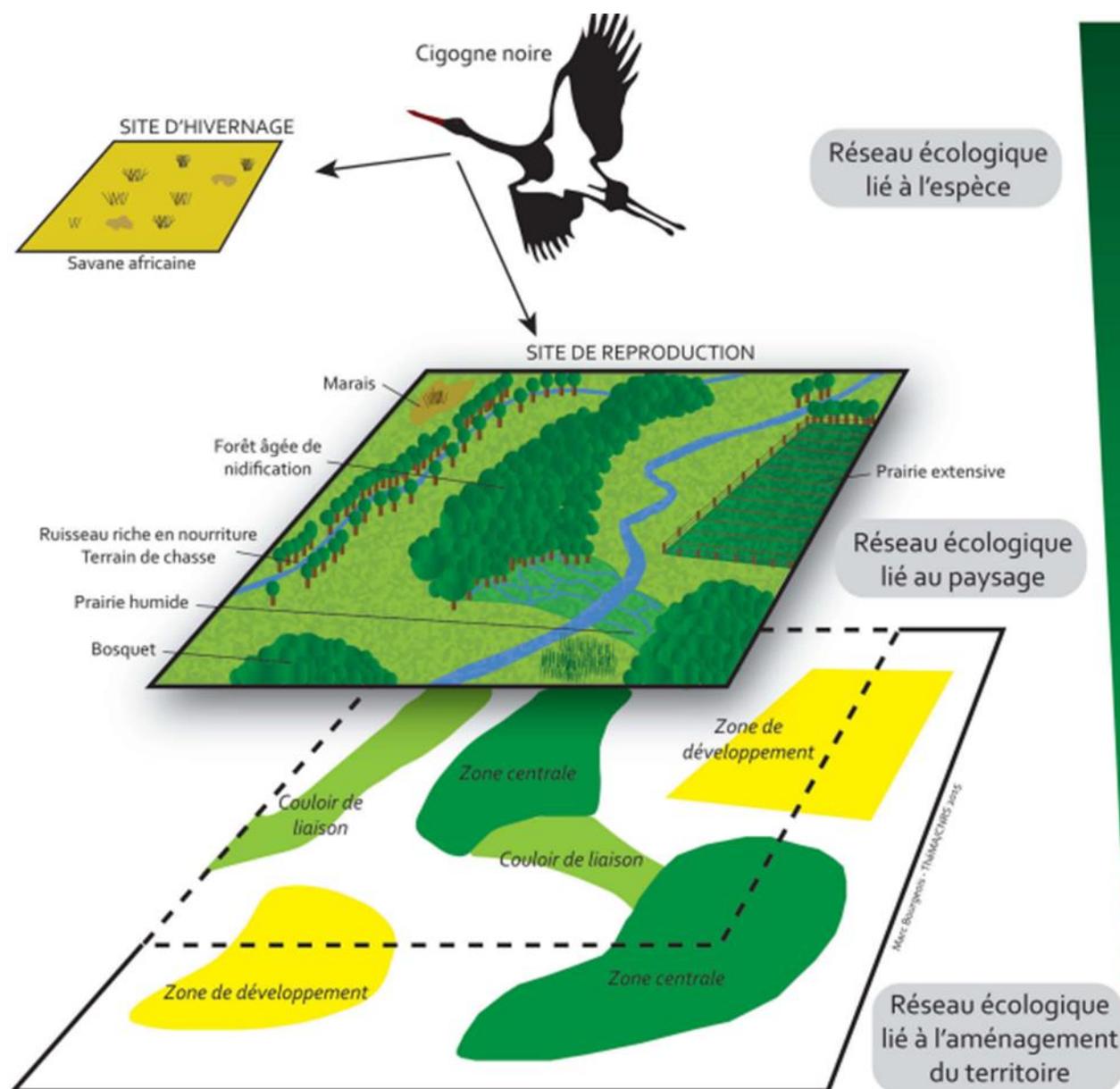


FIGURE 18 EXEMPLE DU RESEAU ECOLOGIQUE DE LA CIGOGNE NOIRE. D'APRES MOUGENOT ET MELIN (2000).

II.1.3.2. Le réseau écologique lié à l'espèce

Chaque espèce dispose de sa propre infrastructure écologique, constituée par un réseau d'habitats, à partir de ses propres besoins environnementaux ¹(La mise en réseau des habitats de l'espèce est rendue possible par la présence de zones favorables au déplacement entre les taches

¹ Mougénot et Melin, 2000).

d'habitats. La connexion du réseau écologique d'une espèce dépend donc à la fois de ses capacités de déplacements, et de la structure paysagère.¹

Les réseaux écologiques liés à l'espèce constituent l'infrastructure permettant le déplacement des individus dans le paysage. Ces déplacements s'inscrivent dans des processus situés à différents niveaux d'échelle spatio-temporelle : déplacements quotidiens, déplacements saisonniers (migrations) et dispersion juvénile

. La nature et l'ampleur de ces déplacements diffèrent au cours du cycle de vie des espèces en fonction des saisons ou du niveau de maturité des individus² (Bennett, 1999). Chaque espèce possède ses propres capacités de déplacements

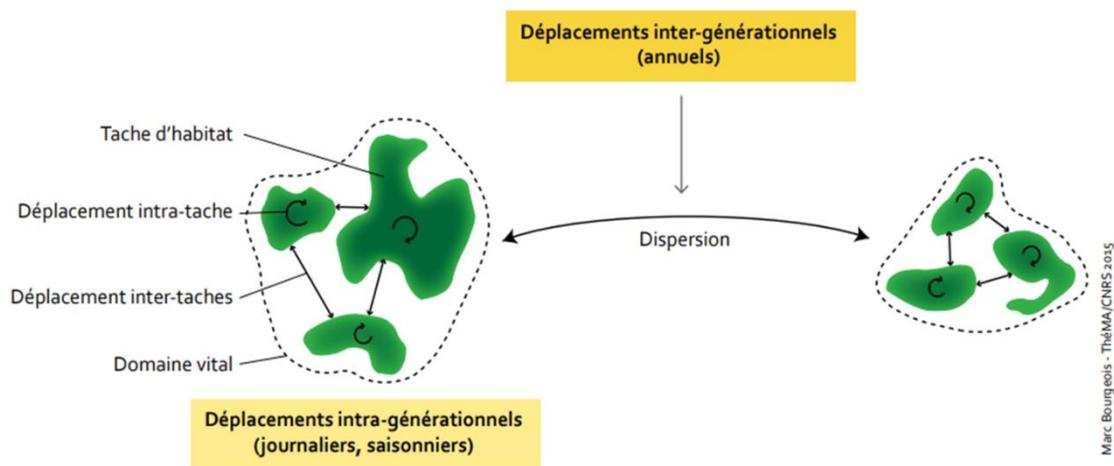


FIGURE 19 ILLUSTRATION DE DEUX TYPES DE DEPLACEMENTS DES ESPECES : DEPLACEMENTS QUOTIDIENS ET DISPERSION.

II.1.3.3. Le réseau écologique lié au paysage

Le regroupement d'espèces ayant des caractéristiques différentes mais comparables peut permettre de considérer une infrastructure écologique au sens large ³(Lefeuvre et Barnaud,

¹ Impacts écologiques des formes d'urbanisation : Modélisations urbaines et paysagères, Marc Bourgeois, 2015

² (Bennett, 1999

³ Lefeuvre et Barnaud, 1988).

1988). Cette conception du réseau écologique relève plutôt d'une vision scientifique, par l'agencement d'un ensemble de modèles et d'hypothèses issus de l'écologie du paysage ¹(

Un réseau écologique peut être déterminé à partir du modèle matrice-tache-corridor (Forman et Godron, 1986). Selon cette vision structurale, l'ensemble des taches connectées par des corridors peut constituer un réseau écologique. Ce réseau écologique peut être utilisé par plusieurs espèces, des espèces forestières par exemple si les taches et les corridors sont des éléments forestiers. Les réseaux écologiques peuvent également être considérés selon une vision plus fonctionnelle, en prenant en compte la connectivité paysagère. Cette vision fonctionnelle des réseaux écologiques mobilise des concepts fondamentaux comme la théorie biogéographique des îles et la théorie des métapopulations² La conception fonctionnelle d'un réseau écologique ne nécessite pas uniquement la spatialisation des taches d'habitat et des corridors. Elle suppose la prise en compte des déplacements des individus dans la matrice paysagère

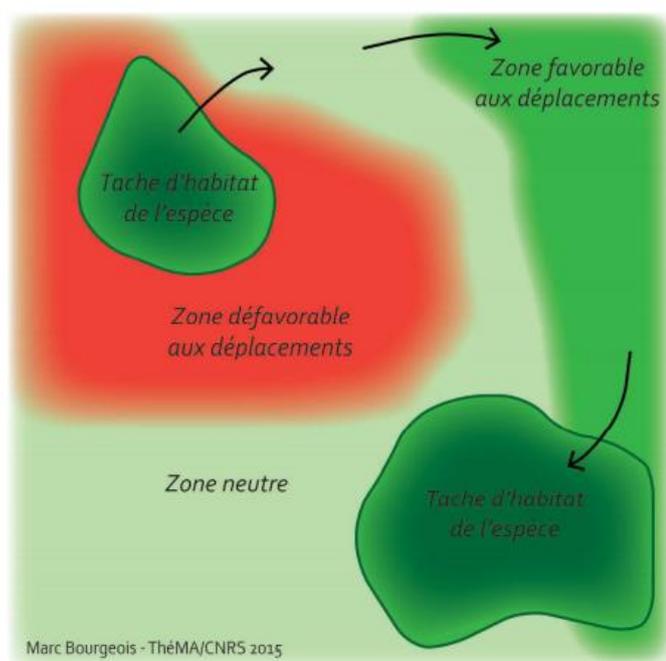


FIGURE 20 ILLUSTRATION DES DEPLACEMENTS D'UNE ESPECE VIRTUELLE DANS LA MATRICE PAYSAGERE. D'APRES BENNETT (1999).

L'identification d'un réseau écologique dépend fondamentalement du type d'espèce considéré. Cette dépendance s'explique par le fait que chaque espèce possède son propre biotope, sa propre surface minimale de tache d'habitat nécessaire à sa survie ainsi que sa propre capacité de déplacement entre les taches d'habitats relative aux caractéristiques structurales de la mosaïque

¹ Mougenot et Melin, 2000).

² (Jongman et al., 2004).

paysagère ¹ Par exemple, les taches d'habitat sont différentes pour les mammifères forestiers ou les amphibiens. Dans le premier cas, les taches d'habitat sont les taches de forêt répondant aux exigences de l'espèce en termes de taille, de forme et de composition. Dans le cas des amphibiens, les taches d'habitat peuvent être des mares répondant aux besoins de l'espèce. Les éléments constitutifs d'un réseau écologique peuvent être différents pour des espèces fréquentant les mêmes milieux ²

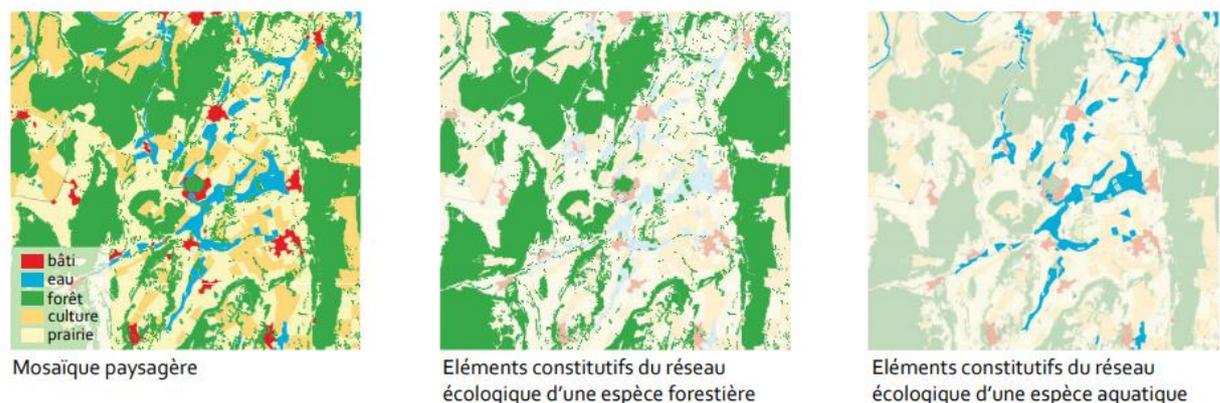


FIGURE 21: EXEMPLE DE DEUX RESEAUX ECOLOGIQUES DIFFERENTS POUR UNE MEME MOSAÏQUE PAYSAGERE

II-1.3.3.1. Le réseau écologique sous l'angle de l'aménagement du territoire

C'est à partir des années 1990 que les méthodes et concepts développés par l'écologie du paysage commencent à être appliqués en aménagement du territoire. D'une manière plus générale, il s'agit de maîtriser l'implantation et le développement des activités humaines pour protéger au maximum les processus écologiques au sein des réseaux ³

En s'appuyant sur le modèle matrice-tache-corridor de Forman et Godron (1986), Bennett (1999) distingue trois éléments constitutifs d'un réseau écologique défini dans un cadre d'aménagement et de planification territoriale : les zones nodales, les corridors et les zones tampons

¹ Opdam et al., 2002;

² Impacts écologiques des formes d'urbanisation : Modélisations urbaines et paysagères, Marc Bourgeois, 2015

³(Jongman et Pungetti 2004)

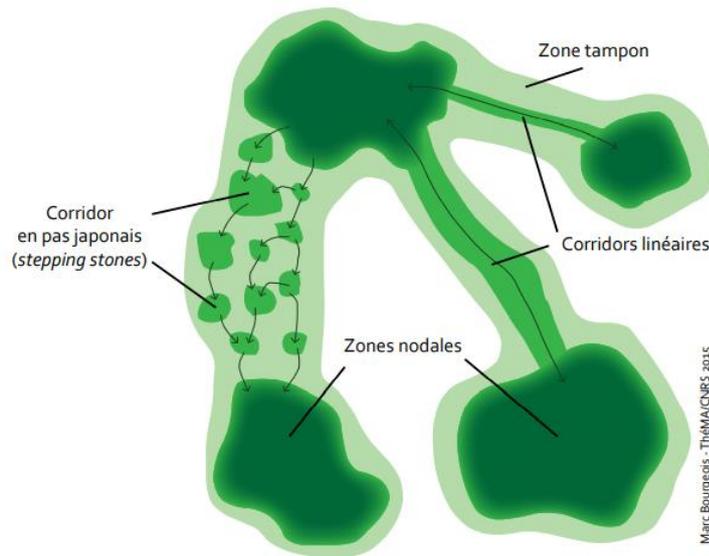


FIGURE 22E MODELE MATRICE-TACHE-CORRIDOR DE FORMAN ET GODRON (1986), BENNETT (1999)

D

Les zones nodales, ou espaces cœurs, constituent les zones d'habitat des espèces. Les activités humaines y sont limitées. Les zones nodales font office de réservoir de biodiversité et peuvent être sous protection réglementaire.

-Les corridors sont des éléments de forme linéaire constituant le lien entre les zones nodales. Ils peuvent également se présenter sous forme de taches d'habitats plus petites et faiblement espacées, servant dans ce cas de zone relais pour le déplacement des espèces entre deux zones nodales. Ces taches sont appelées *stepping stones* ou « corridor en pas japonais ». En assurant la connexité du réseau écologique d'une espèce donnée, les corridors sont les zones de déplacement privilégiées pour celle-ci. À ce titre, Bennett (1999) préconise l'utilisation des termes « liens » ou « liaisons » plutôt que celui de « corridor ».

Les zones tampons : sont des bandes ceinturant les zones nodales et les corridors. Elles peuvent servir de zones de déplacement ou de chasse pour les espèces au sein du réseau écologique. La largeur de ces bandes diffère selon les espèces. Dans le cadre de la protection des réseaux écologiques, les activités humaines peuvent y être interdites. Aujourd'hui, ces zones constituent souvent des espaces « d'adhésion » où cohabitent les processus écologiques et les activités humaines, développées de manière raisonnée dans un souci de développement durable.

II.1.4. La Trame verte et bleue, un réseau écologique pour la préservation de la biodiversité, l'aménagement du territoire et une réponse pour le réchauffement climatique

II.1.4.1. Définition de la trame vert et bleu

Réseau formé de continuités écologiques terrestres et aquatiques identifiées par les schémas régionaux de cohérence écologique ainsi que par les documents de planification de l'Etat, des collectivités territoriales et de leurs groupements. (Définition issue du Centre de ressources pour la mise en œuvre de la Trame verte et bleue du Ministère de la transition écologique et solidaire et de l'Office français de la biodiversité).

Il s'agit d'un outil mis en place pour inciter la mise en pratique d'une démarche écologique nationale visant à garantir les meilleures conditions de vie et la continuité des espèces.¹

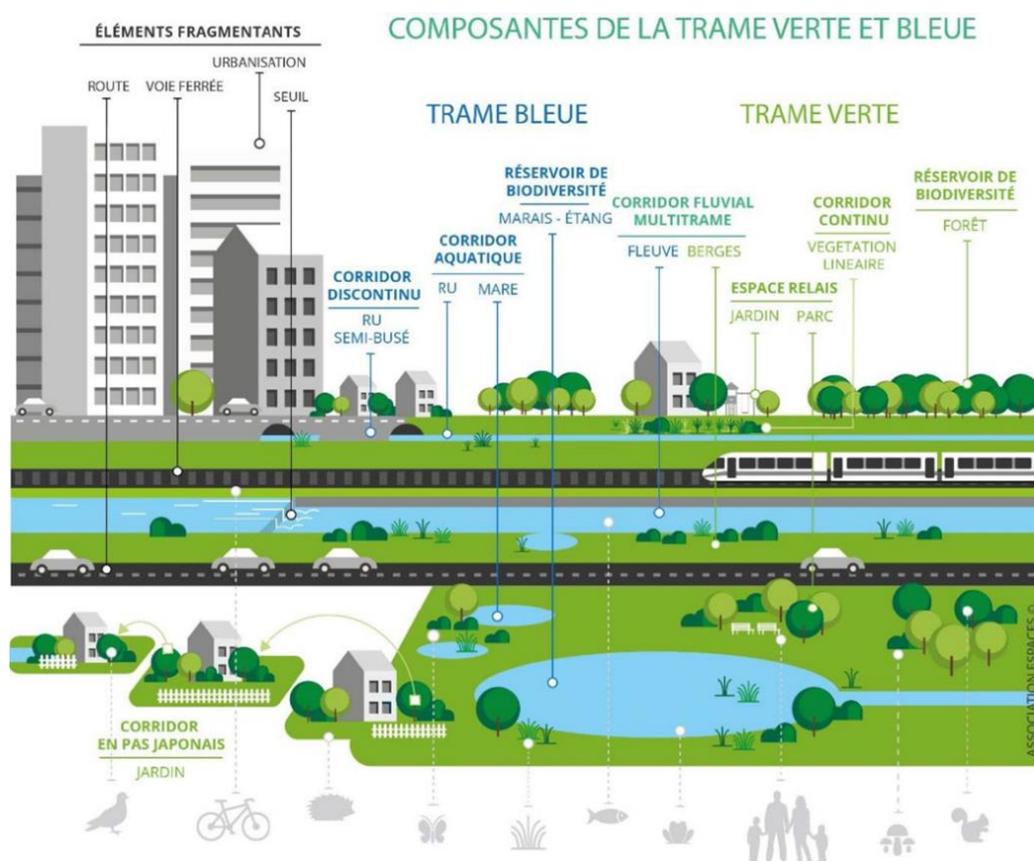


FIGURE 23 COMPOSANTES DE LA TRAME VERTE ET BLEUE

¹ La trame verte et bleue pour préserver la biodiversité, <https://www.fondation-nanosciences.fr/trame-verte-et-bleue/>

Cette trame écologique se fait une place à côté des nombreux outils pour la protection des espaces naturels dont les arrêtés de protection de biotope, le réseau Natura 2000, les parcs nationaux et régionaux, ainsi que les réserves naturelles et les parcs marins.

II.1.4.2. Les composantes de la trame verte et bleue :

La trame verte et bleue est principalement constituée de trois éléments, qui, associés, forment les continuités écologiques : ¹

-les réservoirs de biodiversité ;

- les corridors écologiques ;

-les cours d'eau et canaux constituant à la fois des réservoirs de biodiversité et des corridors écologiques.

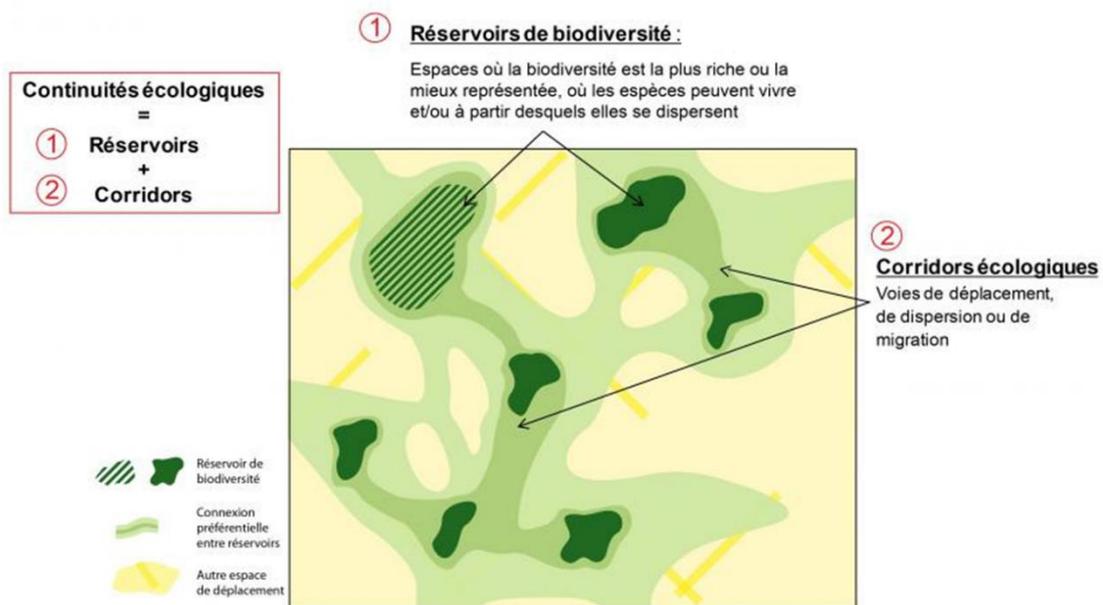


FIGURE 24 LES COMPOSANT DE LA TVB

II-1.4.2.1. Les enjeux par trames

L'identification des enjeux relatifs aux continuités écologiques nécessite une analyse par trames

. **La trame verte** : comprend l'ensemble des espaces terrestres et se subdivise en une sous-trame de milieux boisés - pouvant elle-même être subdivisée (bocages, vieux bois...) - et la sous-trame

¹ Les composantes de la trame verte et bleue, SRCE Île-de-France – Tome

des milieux ouverts au sein de laquelle des distinctions peuvent également être faites en fonction des paramètres physiques de ces milieux (thermophiles-xériques, mésophiles, cynophiles...).

La trame bleue est définie par la sous-trame des cours d'eau et la sous-trame zones humides. Des éléments particuliers de ces sous-trames peuvent également être distingués tels que les mares et tourbières.¹

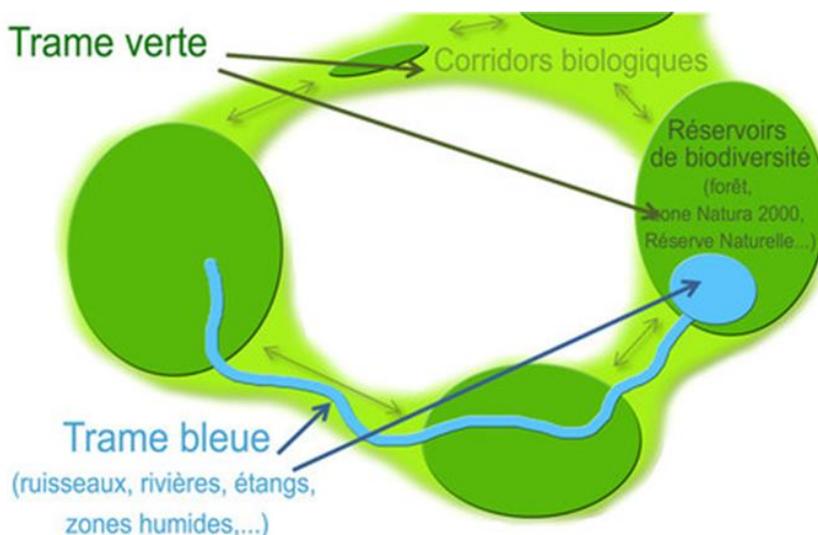


FIGURE 25 SCHEMA DE LA TVB

II-1.4.2.2. . Concept de sous trame

Chaque espèce possède des exigences écologiques qui lui sont propres, ce qui implique qu'il y aura autant de réseaux écologiques que d'espèces. Mais, on peut retrouver des espèces ayant des exigences proches et des caractéristiques communes, comme par exemple, l'utilisation de niches écologiques similaires comprenant les mêmes types d'habitats. Afin de tenir compte du plus grand nombre d'espèces tout en restant opérationnel, il est intéressant de raisonner par grands types de milieux, à travers le concept de sous-trame. Une sous-trame peut se définir par un ensemble d'espaces, plus ou moins connectés, constitués d'habitats ayant des caractéristiques communes et pouvant accueillir des cortèges d'espèces particuliers. Au sein du dispositif de Trame Verte et Bleue, pour assurer une cohérence nationale, chaque élément de TVB doit être rattaché à l'une des 5 sous-trames nationales² : Les éléments de la trame verte et bleue régionale (réservoirs de biodiversité et corridors écologi

¹ La trame verte et bleue et les enjeux relatifs au changement climatique / MEEM, H&B - 2016

² : MNHN-SPN 2016, d'après Allag-Dhuisme et al., 2010

ques), en précisant : •leurs caractéristiques, leur contribution à la trame et leur place dans le fonctionnement écologique de l'ensemble du territoire régional ;

•leur rattachement à l'une des cinq sous-trames suivantes

- Milieux boisés ; - Milieux ouverts ; - Milieux humides ; - Cours d'eau ; - Milieux littoraux pour les régions concernées.

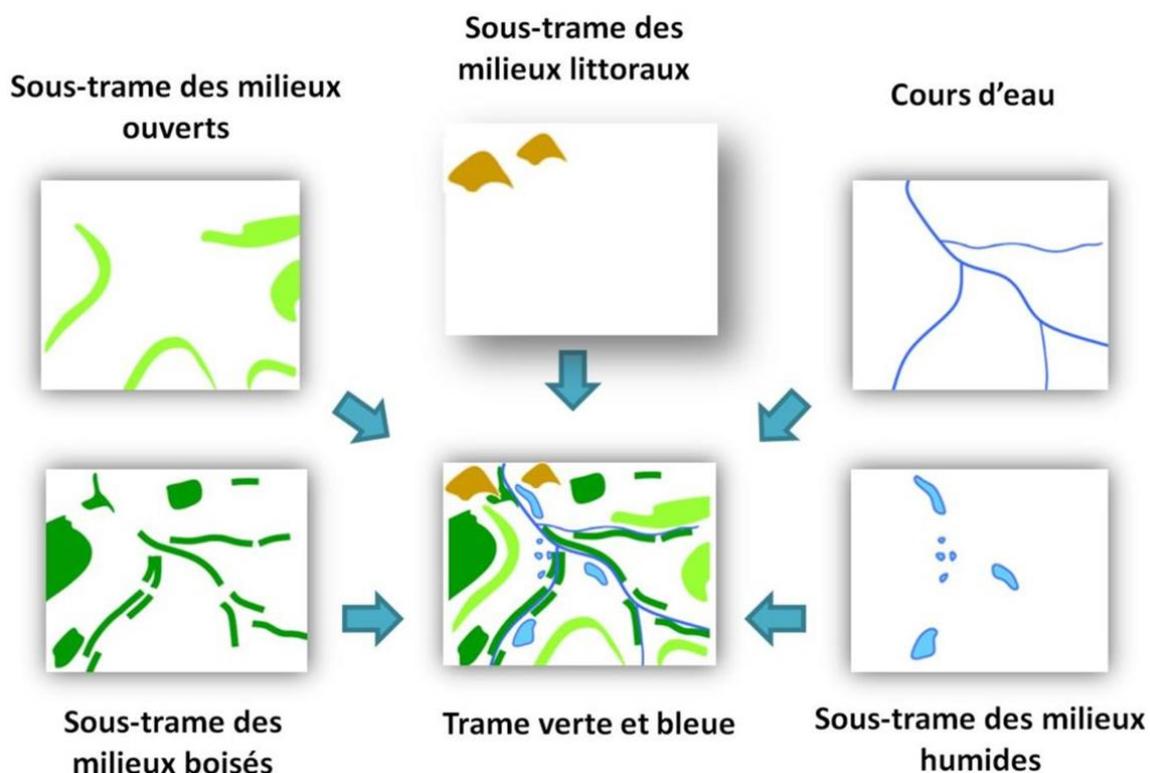


FIGURE 26 LES CINQ SOUS-TRAMES NATIONALES SOURCE : MNHN-SPN 2016, D'APRES ALLAG-DHUISME ET AL., 2010).

II-1.4.2.3. La sous-trame des cours d'eau :

La trame verte et bleue définit deux objectifs en matière de restauration de la continuité des cours d'eau :

- la restauration de la continuité longitudinale des cours d'eau qui permet en particulier :¹

D'améliorer les potentialités des espèces aquatiques notamment des poissons migrateurs

Amphihalins (tels que l'anguille océanique, le saumon atlantique, etc.) mais aussi des espèces

Susceptibles de migrer sur des distances plus ou moins longues pour la complétude de leur cycle

¹ La trame verte et bleue et les enjeux relatifs au changement climatique / MEEM, H&B - 2016

De vie (truite par exemple). Ceci permet notamment la colonisation ou recolonisation de tronçons

De cours d'eau (par exemple suite à des assés ou à des épisodes de pollution), ainsi que les Échanges génétiques entre populations pour maintenir les capacités d'adaptation des populations

En limitant la dérive génétique de sous populations isolées les rendant plus vulnérables aux Altérations globales du milieu ;



FIGURE 27 LA SOUS-TRAME DES COURS D'EAU

D'améliorer les potentialités de mobilité des espèces (poissons en particulier, crustacés également)

II.1.4.3. Les objectifs de la Trame verte et bleue

Le code de l'environnement (article L371-1) de France assigne 6 grands objectifs à la Trame Verte et Bleue :¹

1. Diminuer la fragmentation et la vulnérabilité des habitats naturels et habitats d'espèces et prendre en compte le déplacement dans le contexte du changement climatique ;
2. Identifier, préserver et relier les espaces importants pour la préservation de la biodiversité par des corridors écologiques ;
3. Atteindre ou conserver le bon état écologique ou le bon potentiel des eaux de surface et préserver les zones humides ;
4. Prendre en compte la biologie des espèces sauvages ;

¹ <http://www.grand-est.developpement-durable.gouv.fr/trame-verte-et-bleue-r203.html>

5. Faciliter les échanges génétiques nécessaires à la survie des espèces de la faune et de la flore sauvage ;
6. Améliorer la qualité et la diversité des paysages.

II.1.5. La TVB comme un outil de la préservation de la biodiversité

Engagement fort du ministère de l'environnement, la Trame verte et bleue (TVB) constitue un outil de préservation de la biodiversité visant à intégrer les enjeux de maintien et de renforcement de la fonctionnalité des milieux naturels dans les outils de planification et les projets d'aménagement.¹

Elle vise ainsi à freiner l'érosion de la biodiversité résultant de l'artificialisation et de la fragmentation des espaces, en particulier par la préservation et la remise en bon état des continuités écologiques, afin que les populations d'espèces animales et végétales puissent se déplacer et accomplir leur cycle de vie (alimentation, reproduction, repos...) dans des conditions favorables.

Préserver les réservoirs de biodiversité²

- **Conserver des surfaces boisées** homogènes et viables ;
- **Préserver** les zones de lisières ou **écotones** de l'érosion ;
- **Diversifier les espèces** de la strate arbustive ;
- **Proscrire** l'usage de produits phytosanitaires ;
- Adopter une **gestion adaptée et différenciée** des espaces verts et naturels ;
- **Limiter la canalisation et l'artificialisation** des cours d'eau et de leurs berges ;
- **Lutter** contre l'installation des **espèces exotiques envahissantes**

Développer les réservoirs de biodiversité et les espaces relais

¹ Centre de ressources pour la mise en œuvre de la Trame verte et bleue, <http://trameverteetbleue.fr/presentation-tvb/qu-est-ce-que-trame-verte-bleue/outil-alliant-preservation-biodiversite-amenagement-territoire?language%3Den=fr>

² <https://www.seine-centrale-urbaine.org/actions/trame-verte-et-bleue/>

- **Développer la création** d'espaces verts et naturels dans les zones carencées par la **désimperméabilisation** de friches urbaines ou la création de parcs urbains ;
- **Protéger** les zones humides de la fragmentation
- **Restaurer** la qualité des zones humides dégradées ou en créer



FIGURE 28: AMENAGEMENT DE LA PRAIRIE DU MOULIN JOLY PAR LA VILLE

Quelles réponses la trame verte et bleue apporte-t-elle face au changement climatique ?

Les objectifs de la Trame verte et bleue sont intéressants à plusieurs titres pour anticiper le changement climatique et adapter les écosystèmes aux nouveaux enjeux à venir. (La trame verte et bleue et les enjeux relatifs au changement climatique ^{1/}

D'une manière générale, la nécessité d'agir en faveur de la biodiversité au regard des menaces causées par le changement climatique concerne plusieurs domaines. En premier lieu, il apparaît important de favoriser les capacités des écosystèmes à atténuer le changement climatique et de préserver des surfaces d'habitats en bon état de conservation. Dans un second temps la TVB, dont le principal objectif est de lutter contre la fragmentation, permet de garantir la perméabilité des milieux et donc le brassage génétique et les déplacements d'espèces entre populations d'espèces.²

¹ MEEM, H&B - 2016.)

² La trame verte et bleue et les enjeux relatifs au changement climatique / MEEM, H&B - 2016.

II-1.5.1.1. Capacités des milieux constitutifs de la Trame verte et bleue à atténuer et limiter le changement climatique

Certains écosystèmes jouent un rôle majeur de puits de carbone. Il est considéré que le principal puits de carbone est l'océan - nous n'aborderons pas ici cet aspect, car le milieu marin ne se trouve pas dans le périmètre d'action de la trame verte et bleue - cependant de nombreux écosystèmes terrestres jouent également un rôle majeur. C'est le cas en particulier des tourbières, des milieux forestiers et des sols végétalisés.⁶³

A. Les tourbières Une tourbière est constituée d'un substrat de matière organique (la tourbe) qui ne se décompose que très lentement, car constamment immergé. La végétation qui s'y développe (habituellement constituée majoritairement de sphaignes) comprend des espèces très spécialisées dont de nombreuses espèces rares et menacées, parmi lesquelles divers végétaux, papillons, mollusques, odonates et champignons. Or, de nombreuses espèces inféodées aux tourbières sont menacées. Les tourbières, formées de couches de plusieurs mètres de tourbe dont le pourcentage de carbone atteint en général 20 à 30 %, font partie des habitats qui stockent une quantité importante de carbone. Ces milieux naturels, déjà largement intégrés dans les réseaux d'espaces protégés, constituent pour une grande partie des réservoirs de biodiversité prioritaires de la trame bleue (zones humides et cours d'eau) identifiés dans le cadre des schémas régionaux de cohérence écologique. L'altération et la dégradation par des aménagements, les drainages, les plantations d'arbres etc., ont le plus souvent des conséquences très importantes sur le milieu et peuvent entraîner la reprise de la minéralisation de la matière organique, ce qui implique une libération de carbone importante dans l'atmosphère. A contrario, la préservation des tourbières dans un bon état de fonctionnement permet au milieu de conserver son rôle de stockage de carbone, car le processus d'accumulation de tourbe se poursuit alors. Au cours des derniers siècles, les tourbières ont fortement régressé en France, en particulier en plaine, du fait des pressions évoquées ci-dessus. La conservation de ces habitats vulnérables est ainsi stratégique à plusieurs titres, dont la lutte contre le changement climatique.

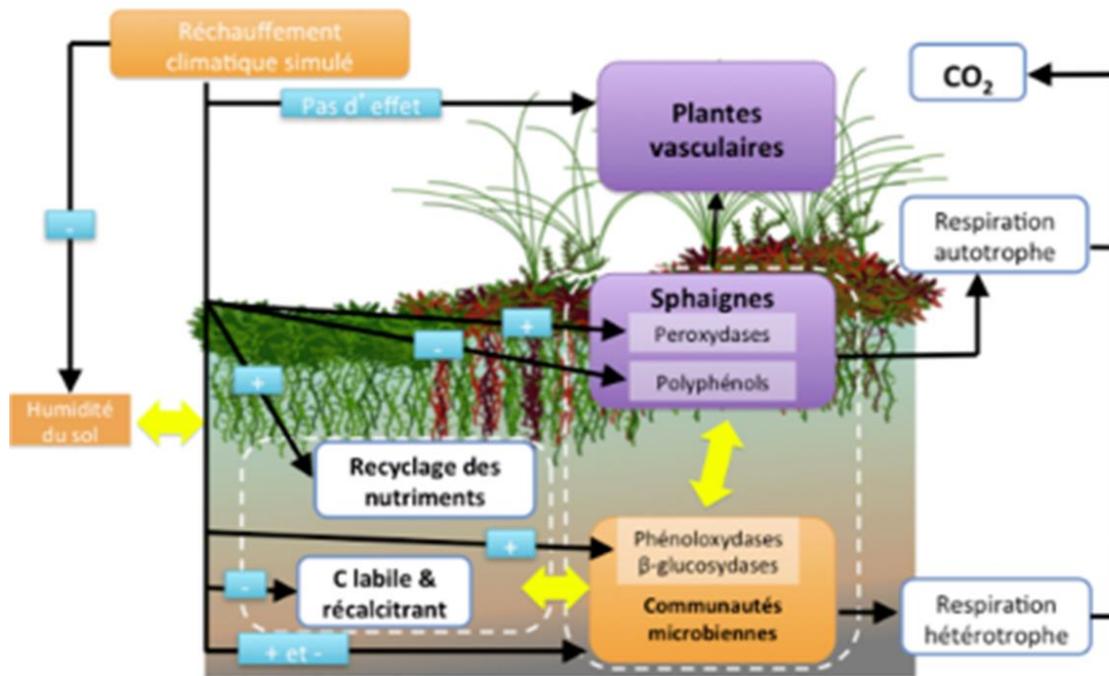


FIGURE 29 FONCTIONNEMENT DES TOURBIÈRES

Réponse des compartiments-clé de la tourbière après 2 années de réchauffement climatique simulé dans la tourbière. Les signes + et - indiquent les effets positifs et négatifs du réchauffement sur les différents compartiments biotiques et abiotiques. Les flèches jaunes indiquent les interactions réciproques entre les différents compartiments.¹

favorisant généralement le traitement en futaie ainsi que la sélection d'essences adaptées à la production de bois d'œuvre.

II.2. Les jardins : espaces de valorisation de la biodiversité

II.2.1. Définition du jardin botanique

L'Association Internationale des Jardins Botaniques donna une Première définition d'un jardin botanique : « un jardin botanique ou arboretum doit être ouvert au public et doit posséder des végétaux classés ». Cependant The Botanic Gardens Conservation Strategy² contient Une liste

¹ Observatoire des Sciences de l'Univers Terre Homme Environnement Temps Astronomie de Franche-Comté-Bourgogne, <https://theta.obs-besancon.fr/?lang=fr>

² (IUCN-BGCS et WWF, 1989)

II.2.2. Les caractéristiques du jardin botanique sont :

- Posséder une base scientifique pour les collections des végétaux
- Communication des informations aux autres jardins, institutions et organisations ainsi qu'au public
- Échange de graines ou d'autres matériaux avec d'autres jardins botaniques, arborera ou stations de recherche (en respectant les lignes directives des conventions internationales, des lois nationales et des règlements douaniers)
- Engagement à long terme et une responsabilité dans la gestion des collections végétales
- Gestion des programmes de recherche dans la taxonomie végétale en association aux herbiers
- Contrôle des plantes collectionnées



FIGURE 30LE JARDIN DES PLANTES DE MONTPELLIER, LE PLUS ANCIEN JARDIN BOTANIQUE DE FRANCE



FIGURE 31: LE JARDIN D'ESSAI DU HAMMA



FIGURE 32 LE JARDIN BOTANIQUE DE CHENSHAN SHANGHAI

II.2.3. Répartition des jardins botaniques

Il existe dans le monde plus de 1800 jardins botaniques dans 148 pays et ceux-ci conservent plus de 4 millions d'individus végétaux. Parmi leurs collections sont représentées plus de 80000 espèces, presque un tiers des espèces connues dans le monde¹, Ces collections renferment une grande diversité de végétaux. Il existe peu de pays n'ayant au moins un jardin botanique. De nouveaux jardins botaniques sont régulièrement établis dans le monde pour devenir principalement des centres de ressources botaniques soutenant la conservation des végétaux régionaux Environ 60 % des jardins botaniques mondiaux sont situés dans des régions tempérées, l'Amérique du Nord, l'Europe, les pays de l'ancienne Union Soviétique.²

¹ (WYSE JACKSON, 1999)

² BGCI, 2000

TABEAU 22 RÉPARTITION ET NOMBRE DES JARDINS BOTANIQUES

Pays	Nombre de jardins botaniques
Afrique et Océan Indien	98
Asie	265
Asie Australe	153
Caraïbe	43
Amérique Centrale	56
Europe	621
Ancienne Union Soviétique	155
Middle East	10
Amérique du Nord	107
Amérique du Sud	297
Asie du Sud-Est	41
Total	1846

II.2.4. Les différents types de jardins botaniques

Diverses administrations et organisations dirigent les jardins botaniques. Beaucoup d'entre elles sont administrées par l'état ou dirigées par des autorités locales ou régionales et reçoivent des dons publics. Plus de 30 % des jardins botaniques mondiaux appartiennent à des universités et autres instituts de recherche et une proportion relativement faible est privée. Récemment, la tendance pour les jardins botaniques a été d'acquérir une indépendance administrative et financière de plus en plus grande. Ainsi, ils sont souvent administrés par des multinationales tout

Chapitre 1 Synthèse bibliographique 17 en fonctionnant partiellement grâce à des fonds gagnés par leurs efforts d'indépendance financière, constamment grandissants (Bien que beaucoup aient des rôles à objectifs multiples et ne rentrent pas parfaitement dans une catégorie bien définie¹, les types de jardins botaniques sont (Adapté d'après²

II.2.4.1. Les jardins à objectifs multiples dits « classiques »

– sont souvent des institutions avec un large éventail d'activités en horticulture et pour sa formation ; de recherche, particulièrement en taxonomie associé à des laboratoires et des herbiers ; ainsi que des activités d'éducation du public et d'aménagement. Ils sont généralement soutenus par l'état.

¹ BGCI, 2000).

² WYSE JACKSON, 1999) :

TABLEAU 3 JARDINS CLASSIQUES A LA FRANÇAISE



II.2.4.2. 2. Les jardins ornementaux

Sont souvent des établissements magnifiques possédant des collections variées de plantes qui sont expliquées ; actuellement ils peuvent ou non avoir un rôle de conservation d'éducation et de recherche. Certains d'entre eux sont privés et beaucoup de jardins municipaux entrent dans cette catégorie.



FIGURE 33 JARDIN D'ORNEMENT

II.2.4.3. Les jardins historiques

Comprennent les premiers jardins développés pour l'apprentissage de la médecine, certains furent établis dans des buts religieux. Un certain nombre de ces jardins sont encore en activité, dans la recherche et la conservation des plantes médicinales. Aujourd'hui, nous assistons à un intérêt particulier pour la collecte et la culture de plantes médicinales ainsi qu'à la sensibilisation du public à ce sujet, de plus en plus importante



FIGURE 34 LA CHARTE DE FLORENCE – JARDINS HISTORIQUES

II.2.4.4. Les jardins de conservation



FIGURE 35 LES SERRES DE PARIS

Ont récemment été développés en réponse à des besoins locaux en matière de conservation végétale. Certains possèdent ou ont associé des zones de végétation naturelle à des collections cultivées. Dans cette catégorie sont inclus des jardins de plantes régionales qui cultivent uniquement des plantes de la flore nationale ou spécifiques à leur région. Beaucoup d'entre eux jouent un rôle dans la formation du public

II.2.4.5. Les jardins universitaires

Beaucoup d'universités conservent des jardins botaniques pour la recherche et l'enseignement. Beaucoup sont ouverts au public

II.2.4.6. Les jardins agro-botaniques et banque de tissus

Fonctionnent comme une collection de plantes ex situ à valeur ou potentiel économique en matière de conservation, de recherche, de culture et d'agriculture. Plusieurs sont des stations expérimentales associées à des instituts forestiers ou agricoles. ILS renferment des laboratoires, des cultures de plantes et des études de graines mais beaucoup ne sont pas ouverts au public



FIGURE 36 LE JARDIN D'AGRONOMIE TROPICALE | PARIS

II.2.4.7. Les jardins de Montagne ou alpins

Se trouvent fréquemment dans des régions montagneuses en Europe et dans certains pays tropicaux. Ils sont spécialement prévus pour la culture de la flore alpine et de montagne ou dans le cas des pays tropicaux pour la culture de la flore tempérée ou subtropicale. Certains de ces jardins sont des satellites des jardins botaniques des vallées, plus importants.¹

¹ Objets/formes/projets physiques > Sur le sol > Parcs et jardins > JARDIN BOTANIQUE



FIGURE 37 JARDIN ALPIN DU LAUTARET

II.2.4.8. Jardins thématiques

Une gamme limitée de plantes de la même famille ou similaires morphologiquement (orchidées, roses, bambous) ou illustrant un thème particulier (ethnobotanique, médecine, bonsaï, art topiaire, jardins de papillons, plantes carnivores et aquatiques) comme support pédagogique, sciences, conservation et exposition publique

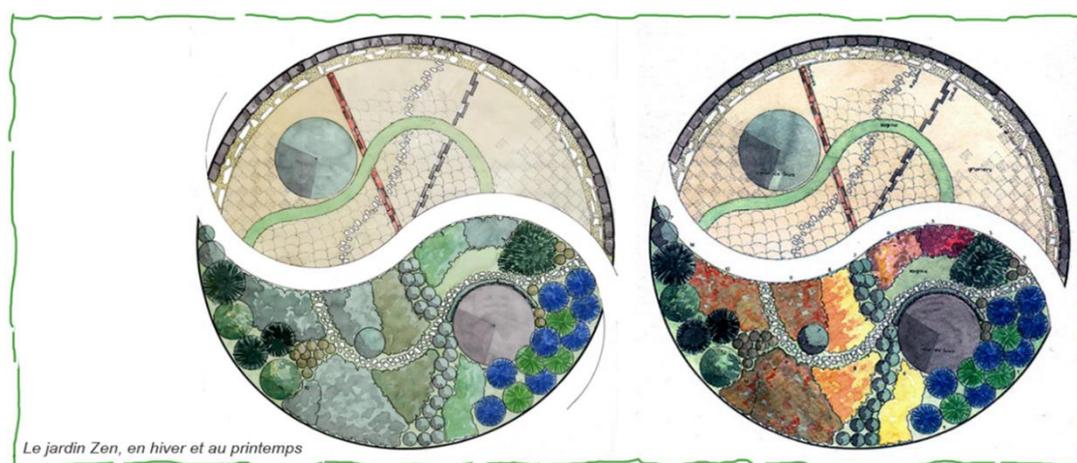


FIGURE 38 JARDIN THEMATIQUE GRENOBLE, DES JARDINS THEMATIQUES, 1993 (TPFE)

II.2.4.9. Les jardins horticoles

Sont souvent la propriété de certaines sociétés horticoles qui les gèrent. Ils sont ouverts au public. Ils existent principalement pour développer l'horticulture par la formation de jardiniers professionnels, la culture de plantes, la conservation et le recensement des variétés de plantes.



FIGURE 39 ECOLE D'HORTICULTURE - JARDIN DU LUXEMBOURG

II.2.5. La mission générale des jardins botaniques pour la conservation

Depuis les dernières décennies, à travers le monde, les jardins botaniques ont mis en évidence le besoin d'entreprendre une mission générale pour la conservation. Cette mission fut exprimée pour la première fois dans The Botanic Gardens Conservation Strategy ¹ (dans laquelle les jardins du monde entier ont pris part en la révisant et en l'adoptant. La réalisation de la mission demandera aux jardins botaniques d'entreprendre un large programme d'activités comme souligné dans l'Agenda. Par ailleurs, les jardins botaniques ne peuvent accomplir seuls cette mission. Ils doivent travailler en partenariat avec de nombreuses institutions, sociétés, communautés et individus. La mission demande aux jardins d'entreprendre une stratégie large mais ajustée pour la conservation, la recherche et l'éducation, dont voici plusieurs éléments²

II.2.5.1. La conservation

-Travailler avec des politiques nationales et internationales, ainsi qu'avec des structures pour la conservation de la diversité biologique.

-Établir des niveaux et des modèles acceptés par tous dans la conservation de la diversité tels que la technique employée pour la conservation in situ et ex situ.

¹ IUCN-BGCS et WWF, 1989),

² BGCI, 2000):

- Soutenir le développement des compétences générales pour la conservation par un partenariat à -différents niveaux.
- Étendre la conservation de la diversité végétale au niveau des écosystèmes, des espèces, de la population et au niveau moléculaire.
- Développer, mettre en place et participer aux plans et aux actions ayant comme objectifs la restauration des espèces, celle des écosystèmes et de leur diversité.
- Maintenir génétiquement la diversité et l'accessibilité des échantillons des espèces végétales dans leurs collections.
- Faire spécialement attention à la conservation des espèces en voie de disparition ; celles-ci ayant une -importance économique pour l'être humain.
- Développer et mettre en place des moyens de contrôle contre les plantes

Parasites qui présentent une grande menace pour la biodiversité.

- Développer et mettre en place les meilleures pratiques utilisées par les jardins Botaniques dans la conservation végétale¹.

II.2.5.2. Recherche, contrôle et gestion de l'information

- Stimuler et entreprendre les recherches sur la biologie végétale et les interactions avec les facteurs sociaux, culturels et économiques qui auraient un impact sur la biodiversité. Puis utiliser les résultats pour soutenir une action de conservation. ²
- Documenter la diversité végétale du monde en reliant sa distribution actuelle à l'utilisation, la préservation, les menaces, les tendances et les milieux de la conservation sauvage en zones protégées et collections ex-situ.
- Contribuer à des systèmes d'informations interactifs intégrés, distribués pour gérer et rendre accessible les informations sur la diversité de végétaux.
- Travailler en collaboration pour développer de meilleures techniques pour la recherche, le contrôle et la gestion des informations.

¹ Botanical Garden, jardin botanique du nouveau -BRUNSWICK, <https://jardinnbgarden.com/>

² Botanical Garden, jardin botanique du nouveau -BRUNSWICK, <https://jardinnbgarden.com/>

-Promouvoir les jardins botaniques comme des centres d'informations sur la diversité et la conservation de végétauxitutions dans le programme des jardins

II.2.5.3. Éducation et sensibilisation du public

- Entreprendre des programmes de sensibilisation du public au sein des jardins ainsi que dans les communautés ; sensibiliser le public sur la valeur de la diversité végétale et des impacts humains qui menacent sa survie.

- Développer des collaborations et des alliances avec des organisations gouvernementales et non-gouvernementales ainsi que des associations pour augmenter la prise de conscience et la compréhension de cette valeur.

-Aider dans le développement des politiques et des priorités publiques pour la protection de l'environnement et de la conservation de la biodiversité.

- Travailler en collaboration pour intégrer l'importance des végétaux et de la protection de l'environnement à des programmes d'études formels et informels

III. Architecture bioclimatique : démarche conceptuelle, principes et exemples

III.1. Qu'est-ce qu'une architecture bioclimatique ?

III.1.1.1 Définition :

Une construction **bioclimatique** est un bâtiment dans lequel le confort est assuré en tirant le meilleur parti du rayonnement solaire, de l'inertie thermique des matériaux et du sol et de la circulation naturelle de l'air. Cela passe par une meilleure mise en adéquation de la construction avec le comportement de ses occupants, avec son environnement et son climat, pour réduire au maximum les besoins de chauffage, de rafraîchissement et de traitement de la qualité de l'air.¹

L'architecture bioclimatique apparaît déjà comme principe de conception architecturale qui vise à utiliser au moyen de l'architecture elle-même, les éléments favorables du milieu (soleil, vents dans certains climats) pour la satisfaction des exigences du confort et du bien-être de l'homme²

III.1.2. La conception bioclimatique

La conception bioclimatique permet en effet de réduire de façon significative les besoins de chauffage, climatisation et électricité d'un bâtiment, en réduisant d'une part les pertes par les parois, la ventilation et les infiltrations et en recherchant et gérant les apports gratuits.³

Tout le travail d'une conception bioclimatique est basé sur le maintien du bien-être des utilisateurs. - Confort visuel - Confort acoustique - Confort thermique - Qualité de l'air - Autres : volumes, aménagements, densité d'occupation,

Toute réalisation architecturale bioclimatique, concrétise un microcosme en rapport plus au moins étroit avec l'environnement auquel il appartient L'ensemble des concepts, traduits en termes de dispositions, auxquels l'architecture bioclimatique fait appel, comme l'orientation, la forme, le choix des matériaux et les dispositions constructives⁴

¹ Architecture bioclimatique - Définition et Explications, https://www.techno-science.net/glossaire-definition/Architecture-bioclimatique.html#ref_1

² Olgay, V. (1963) « Design with climate: bioclimatic approche to architectural regionalism », Princeton, Université press

³ <https://sites.google.com/site/maisonaenergiepositive/conception-bioclimatique>

⁴ Dillen, D. (2003) « L'énergie solaire, ici et maintenant » in revue Bio info, Editions Changer d'R. Bruxelles

Le choix d'une démarche de conception bioclimatique favorise les économies d'énergies et permet de réduire les dépenses de chauffage et de climatisation, tout en bénéficiant d'un cadre de vie très agréable.¹

III.1.3.1 Les paramètres de la conception bioclimatique au niveau de plan de masse

III.1.3.1. L'implantation:

Le choix d'implantation d'un bâtiment, influe directement sur le degré de confort thermique que ce dernier puisse procurer à ses occupants à cause de son incidence sur le rapport au soleil, aux vents dominants et sa situation dans son environnement.

Les recherches d'Edward Mazaria sur l'architecture bioclimatique intègrent la notion de diagramme solaire, comme un outil d'aide à la conception et à la localisation du bâtiment.

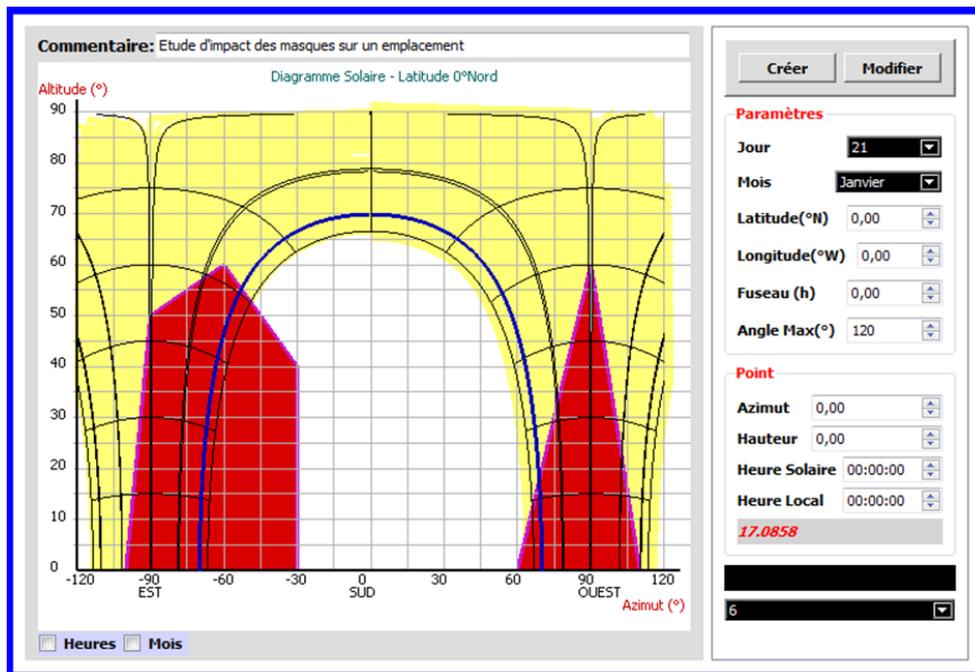


FIGURE 40: CALCUL DES MASQUES SOLAIRE

Pour une implantation réussie du bâti, on doit tenir compte autant du relief environnant, de la course annuelle du soleil que de l'orientation des vents dominants. L'implantation va aussi déterminer l'éclaircissement les apports solaires recherchés en saison froide, ainsi que les mouvements naturels de l'air

¹ Les principes de base d'une conception bioclimatique, <https://www.e-rt2012.fr/explications/conception/explication-architecture-bioclimatique>

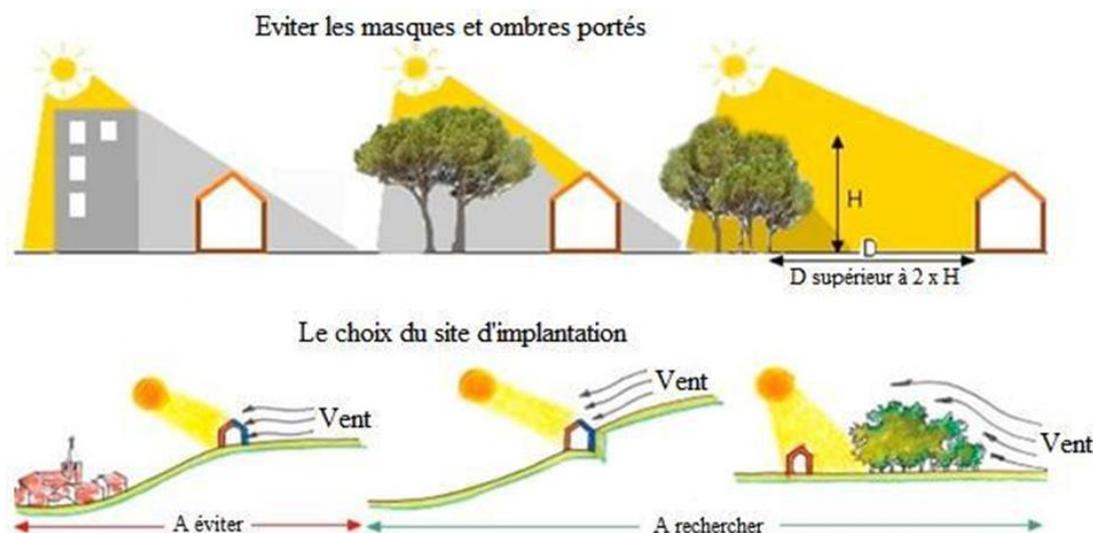


FIGURE 41 LE CHOIX DE SITE D'IMPLANTATION

L'Orientaion : Un bâtiment linéaire orienté selon les apports solaires et La direction du vent également doit être prise en considération dans le choix de l'orientation car elle affecte les gains de la chaleur¹

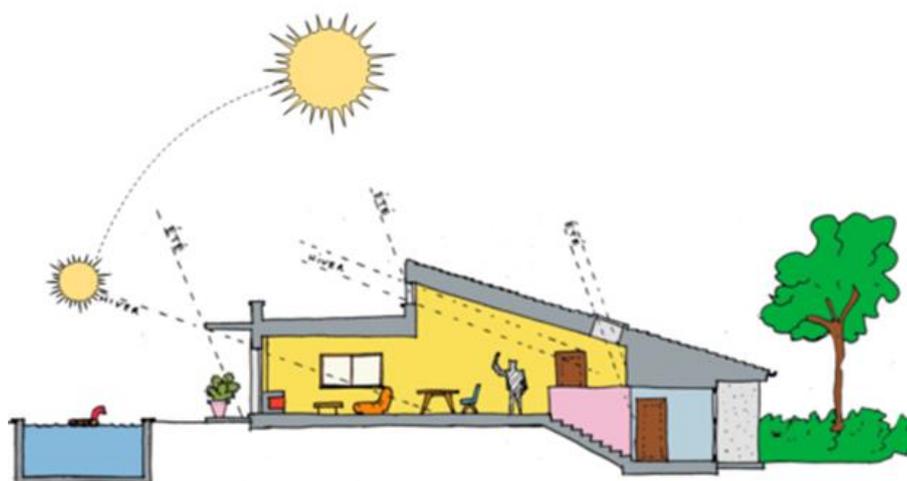


FIGURE 42 L'ORIENTATION DES BATIMENTS

Une bonne orientation suppose une bonne compréhension de la géométrie solaire, elle permet la combinaison entre les apports solaires en hiver avec une protection du soleil en été et en mi-saison. Il est admis que toute forme allongée suivant l'axe Est-Ouest présente les meilleures performances thermiques. En Algérie, l'orientation sud est la plus privilégiée. En effet, pendant

¹

la période hivernale les ouvertures vers le sud nous permettent de capter les rayons solaires, contrairement à la période estivale où la position du soleil est haute

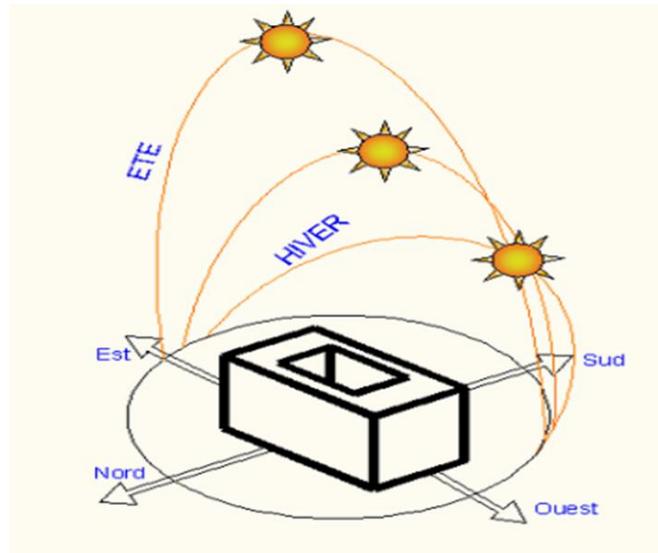


FIGURE 43 VARIATION DES APPORTS ÉNERGÉTIQUES EN FONCTION DE LA HAUTEUR DU RAYONNEMENT SOLAIRE, (SOURCE: BARDOU PATRICK, ARZOUMANIAN VAROUJAN, ARCHI DE SOLEIL, ED PARENTHÈSES, 1978).

La position relative du soleil est repérée par son azimut (c'est l'angle horizontal formé par un plan vertical passant par le soleil et le plan méridien du point d'observation) et sa hauteur angulaire (c'est l'angle que fait la direction du soleil avec le plan de l'horizon), c'est la solaire.¹

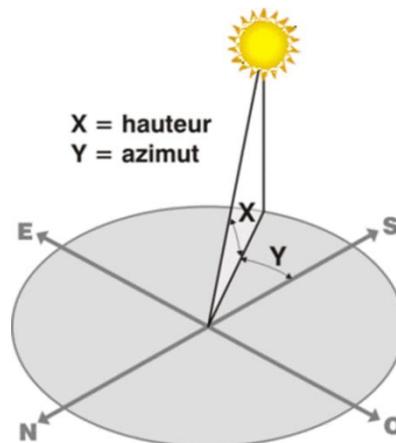


FIGURE 44 REPERE DE LA POSITION DU SOLEIL

L'orientation par rapport au vent :

Le vent est un déplacement d'air, essentiellement horizontal, d'une zone de haute pression (masse d'air froid) vers une zone de basse pression (masse d'air chaud)

¹ BARDOU Patrick, ARZOUMANIAN Varoujan. Op.cit., p 17).

La topographie du site et l'environnement de proximité du bâti influent sur la potentialité de la ventilation naturelle. Le potentiel de ventilation naturelle dépend de l'orientation de l'habitat par rapport au vent et de sa position dans le relief.¹

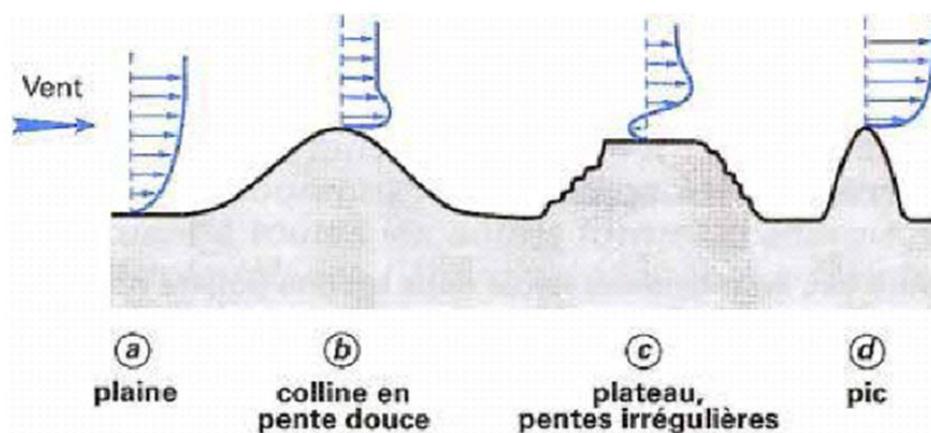


FIGURE 45 L'ORIENTATION PAR RAPPORT AU VENT

La forme et la compacité :

La forme optimale d'un bâtiment correspond à celle qui permet de perdre un minimum de chaleur en hiver et d'en gagner un minimum en été.² Victor Olga (1963)

Précise que :

1. Le carré n'est pas la forme optimale, quelle que soit la localisation de la Construction ;
2. Toutes les formes allongées dans la direction nord-sud sont moins efficaces que La forme carrée ;
3. La forme allongée dans la direction est-ouest, donne de meilleurs résultats pour Tous les climats.

Un bâtiment bioclimatique est de forme simple et compact. , plus le volume est éclaté plus les déperditions sont élevées car il développe une superficie de l'enveloppe extérieure plus importante.

¹ LIEBARD Alain, DE HERDE André. Op. cit, p142

²

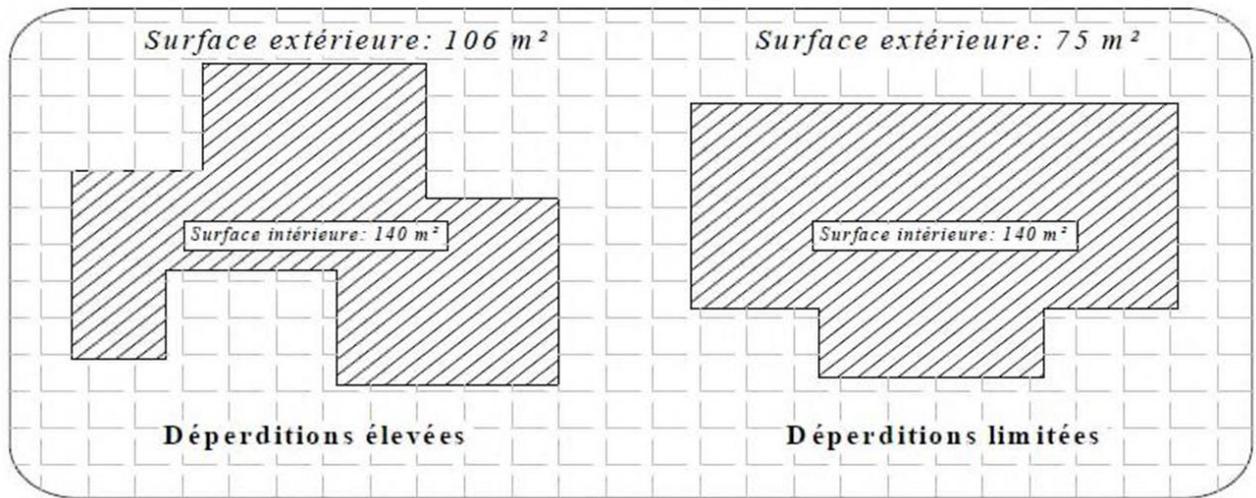


FIGURE 46 IMPACT DE LA FORME DU BATIMENT SUR LES DEPERDITIONS THERMIQUES VICTOR OLGA (1963)

Le zonage climatique :

Il permet d'adapter une ambiance thermique, l'occupation des divers espaces d'un bâtiment varie, les zones habitées en permanence le jour ou la nuit nécessitent le plus de chaleur en hiver et sont séparées de l'extérieur par des espaces intermédiaires, dits « tampon », qui joue le rôle de transition et de protection thermique. Cette hiérarchisation des espaces assure la transition entre l'extérieur et l'intérieur et augmente le confort.¹

Expositions des façades :

Les échanges de chaleur, les déperditions thermiques et les apports de chaleur ainsi que les apports solaires proviennent principalement des ouvertures. L'inclinaison la plus efficace se situe entre 45° et la verticale². La toiture, la cinquième façade, est la partie la plus exposée en été. Il est recommandé, pour éviter les surchauffes³, d'orienter les prises de jour de façon à éviter autant que possible les pénétrations solaires directes.

¹ CONSTRUIRE UNE ARCHITECTURE BIOCLIMATIQUE PAR LE RETOUR AUX ORIGINES TRADITIONNELLES (CAS DU TAGHIT). thèse de magister, MESLI Houda

² LIEBARD Alain, DE HERDE André. Op.cit., Paris, 2005, p 67

³ KHALEF Naima, Etude de patrimoine architectural de la période ottomane : entre valeurs et confort, thèse de magister, université de Tizi-Ouzou, 2012

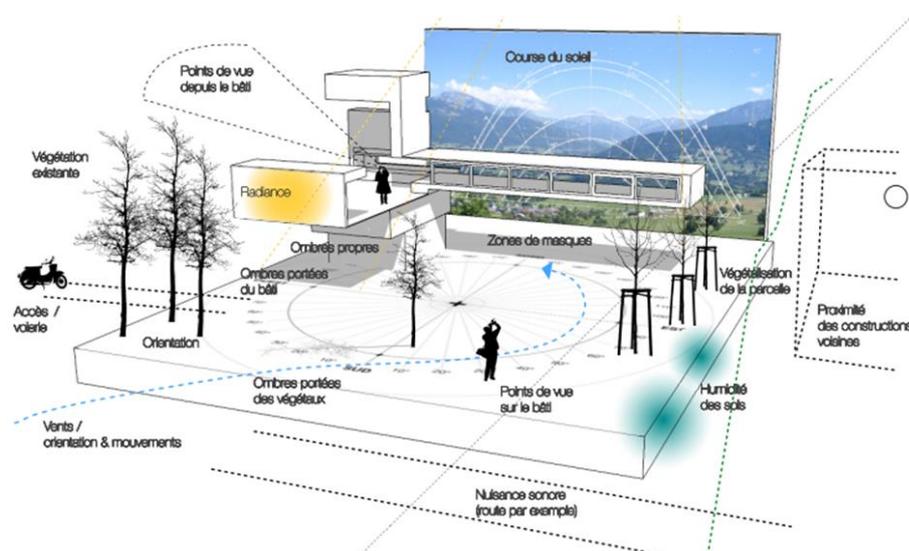


FIGURE 47SOURCE : DU LIEU AU PROJET / IMPLANTATION & CONTEXTE : LE GENIUS LOCI

La ventilation naturelle :

Elle permet de renouveler l'air vicié par de l'air frais et sain, elle permet un mouvement d'air qui joue sur le confort thermique¹. Selon Gandemer G², la ventilation naturelle est provoquée par une différence de température ou de pression entre les façades d'un bâtiment.

La ventilation naturelle a deux grands « moteurs », une façade au vent est en surpression ou sous le vent qui est en dépression, et le tirage thermique³ qui est le renouvellement d'air par effet de cheminée, il est efficace en hiver et les nuits d'été.

Donc dans nos climats, on favorise la ventilation nocturne qui permet de rafraichir la construction et d'éviter les surchauffes en journée. Ce mécanisme est cependant conditionné par l'organisation interne du bâtiment et l'utilisation des dispositifs architecturaux qui doivent permettre la libre circulation de l'air, ainsi que par la disposition des ouvertures et leurs grandeurs. Nous analyserons par la suite des exemples de l'architecture vernaculaire qui proposent des typologies d'habitat adaptés aux climats et aux matériaux locaux.⁴

¹ MAZARI Mohammed, Etude et évaluation du confort thermique des bâtiments à caractère public, thèse de magister, université de Tizi-Ouzou, 2012, p46.

² GANDEMER Jaques, GUYOT Alain, intégration du phénomène vent dans la conception du milieu bâti, Ed Ministère de l'équipement, Direction de l'aménagement foncier et de l'urbanisme, 1976

³ FERNANDEZ Pierre, LAVIGNE Pierre. Op.cit., p290

⁴ CONSTRUIRE UNE ARCHITECTURE BIOCLIMATIQUE PAR LE RETOUR AUX ORIGINES TRADITIONNELLES (CAS DU TAGHIT). thèse de magister, MESLI Houda

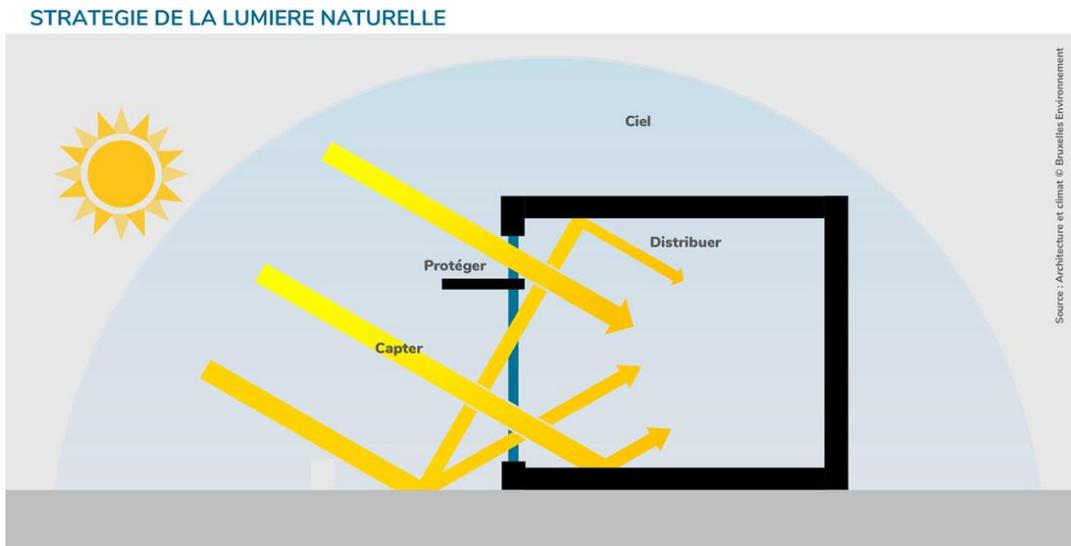


FIGURE 48 STRATEGIE DE LA LUMIERE NATURELLE

L'utilisation de la végétation et de l'eau :

La végétation est un outil efficace de protection solaire et de contrôle de rayonnement solaire. Elle permet de créer un microclimat par l'évapotranspiration. Le choix de type de végétation est important puisque la qualité de l'ombre d'un arbre dépend de sa densité. La végétation procure de l'ombrage et réduit donc l'isolation directe sur les bâtiments et les occupants¹, elle fait écran aux vents tout en favorisant la ventilation, et diminue les pertes par convection du bâtiment.

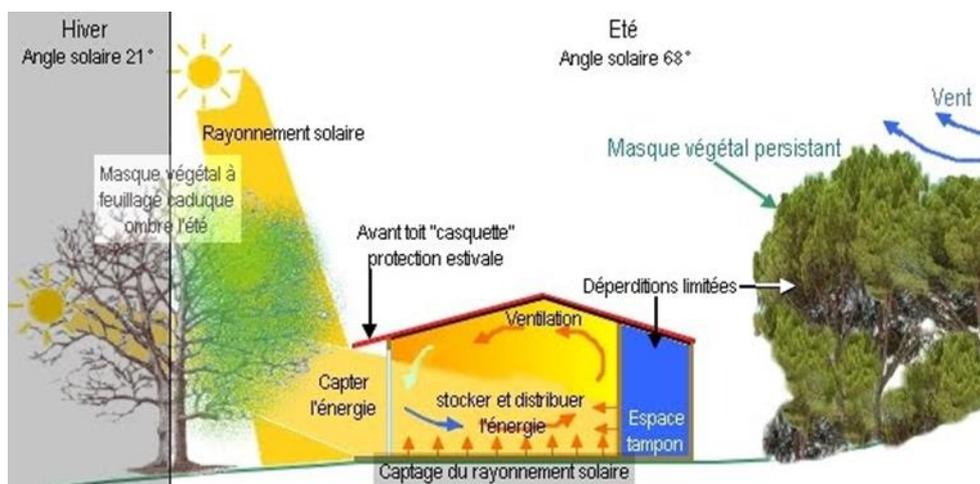


FIGURE 49 L'IMPACT DE LA VEGETATION SUR LE BATIMENT

Par sa masse thermique élevée, l'eau atténue les fluctuations de température. En retirant de la chaleur à l'air pour passer à l'état de vapeur, elle réduit la température ambiante.

¹ LIEBARD Alain, DE HERDE André. Op.cit., 2005, p77

III.1.4. Techniques utilisées par l'architecture bioclimatique

III.1.4.1. Les espaces tampons :

Ces espaces jouent un rôle de protecteurs, situés au Nord.

Ce sont des locaux de services (buanderie, garages, ateliers, celliers...), exposés aux vents froids.

Elles sont des locaux peu chauffés et peu ensoleillés.

Permettent de limiter les déperditions de chaleur en été et l'effet de surchauffe en hiver.

Il est nécessaire de placer un isolant entre les espaces de vie et les espaces tampons.

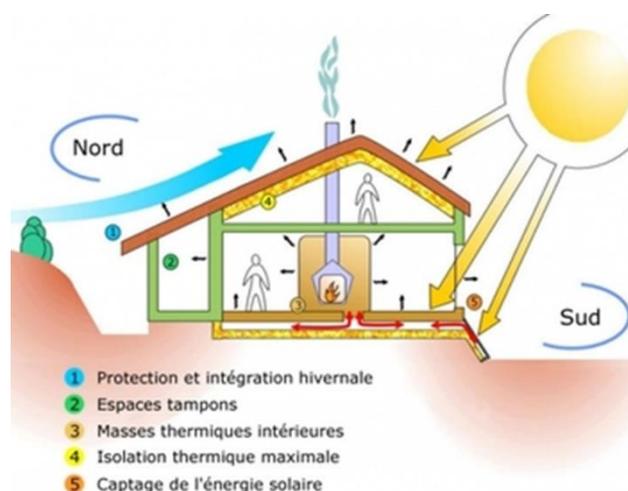


FIGURE 5053 LES ESPACES TAMPONS : [HTTP://BIEN-BRICOLER.MAISON.COM/L-ARCHITECTURE-BIOCLIMATIQUE-PRINCIPES-DE-FONCTIONNEMENT-A121371488](http://BIEN-BRICOLER.MAISON.COM/L-ARCHITECTURE-BIOCLIMATIQUE-PRINCIPES-DE-FONCTIONNEMENT-A121371488)

III.1.4.2. Les Eco- matériaux

Un éco matériau est un matériau de construction qui répond aux critères techniques habituellement exigés des matériaux de construction, mais aussi à des critères environnementaux ou socio-environnementaux, tout au long de son cycle de vie¹

Pour être éco-matériau, un matériau doit s'inscrire dans une démarche globale de développement durable tant au niveau de ses composants, de sa fabrication, de sa mise en œuvre et de son recyclage²

¹[ECO-MATÉRIAUX - Mairie de Paris. 26 févr. 2020.](https://cdn.paris.fr/paris)
<https://cdn.paris.fr/paris> > paris > consulte 22/06/2021

² **Les éco-matériaux : matériaux de construction écologiques.**
https://www.m-habitat.fr/terrassement-et-fondation/maconnerie/les-eco-materiaux-materiaux-de-construction-ecologiques-4095_A consultee 22/06/2021

Les qualités d'un éco-matériau s'apprécient dans leur globalité. Il ne suffit pas d'être naturel pour être écologique. Il faut tenir compte de la manière dont le matériau est produit, transformé, mise en place. Puis comment sera-t-il recyclé en fin de vie et à quel coût ? Sans oublier qu'un éco-matériau doit être aussi sûr et performant qu'un matériau classique (résistance mécanique, résistance au feu, sécurité, qualité architecturale, etc.).

III.1.4.3. Les principales caractéristiques d'un éco-matériau

Un matériau peut être dit écologique ou bio-source s'il répond aux critères suivants :

- Il est issu d'une **ressource durablement renouvelable** et ce renouvellement ne s'effectue pas au détriment d'autres milieux naturels.
- Les impacts environnementaux et énergétiques de sa fabrication, de sa mise en œuvre et de son recyclage sont faibles ou neutre (énergie grise).
- Il est durable.
- Il est recyclable ou réutilisable facilement.
- Il est sain et ne génère pas d'impact négatif sur la santé de ceux qui le fabriquent ou le mettent en œuvre (ouvriers ou artisans) comme de ceux qui l'utilisent (habitants d'une maison).
- Il est fabriqué localement et coûte peu en transport.

III.1.4.4. Les principaux éco-matériaux utilisés dans la construction

Dans le domaine des éco-matériaux, il est intéressant de noter comment on est revenu vers certains matériaux traditionnels comme le bois ou la brique de terre crue dont on reconnaît à nouveau les valeurs.

Parmi les principaux **matériaux de construction écologiques**, on trouve :

- **Le bois** lorsque la forêt est gérée durablement.
- **L'argile** avec la brique de terre cuite ou la brique de terre crue.
- **La brique** silico-calcaire.
- **Le béton cellulaire.**
- **La paille**
- **Le béton de chanvre.**

Parmi les principaux matériaux **d'isolation écologiques**, on trouve :

- La **ouate de cellulose** issue du recyclage des journaux et papier.
- La **laine** : laine de mouton, de coton, de chanvre ou de bois.
- Le **lin**.
- La **plume**.



FIGURE 51 LE BOIS



FIGURE 52 LE BÉTON CELLULAIRE



FIGURE 53UNE CONSTRUCTION EN PAILLE

III.1.4.5. Le puits canadien :

Le puits canadien est un système géothermique avant tout. Il consiste à utiliser l'inertie thermique du sol de manière passive pour traiter l'air neuf de renouvellement d'air de la maison, des bureaux, de la construction... Ce procédé consiste à refroidir l'air extérieur en le faisant passer à l'intérieur d'un circuit enterré dans le sol où la température est plus fraîche en été. Il peut également servir à réchauffer l'air extérieur pour le chauffage de l'habitation en hiver

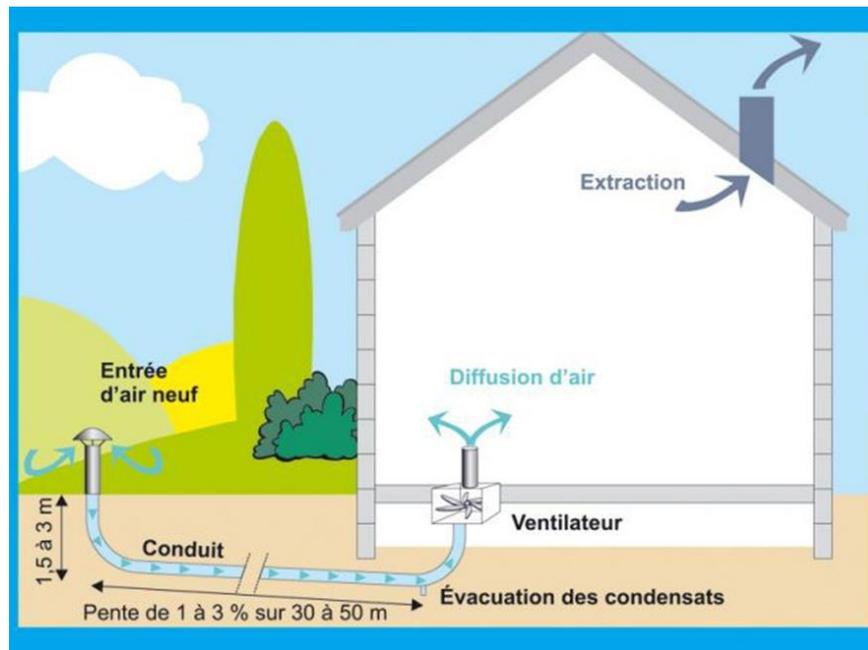


FIGURE 54 SCHEMA DE PRINCIPE D'UN PUIT CANADIEN SOURCE : LE PUIT CANADIEN/PROVENÇAL. ALINE ANGOSTO. 2008. [HTTPS://WWW.MAISONAPART.COM/EDITO/CONSTRUIRE-RENOVER/ENERGIE-CHAUFFAGE-CLIMATISATION/LE-PUITS-CANADIEN-PROVENÇAL-1486.PHP](https://www.maisonapart.com/edito/construire-renover/energie-chauffage-climatisation/le-uits-canadien-provençal-1486.php)

III.1.4.6. Les serres et vérandas :

- La serre est un dispositif solaire passif qui permet l'accumulation et la redistribution de l'énergie solaire sous forme de chaleur dans le bâtiment
- Elle doit être encastrée dans le bâtiment et orientée au plein de Sud. Avec double hauteur, elle sera encore plus efficace.
- Les vitrages extérieurs doivent être doubles et les vitrages entre la serre et le logement simples.
- Les parois et le sol doivent être conçus avec des matériaux à forte inertie pour stocker l'énergie produite par la serre et restituer pendant la nuit.
- Les matériaux de construction doivent être en couleur foncée pour capter le mieux des rayonnements solaires d'hiver, puisqu'une serre bien pensée offre environ 25% des besoins en chauffage.

III-1.4.6.1. Exemple sur la serre bioclimatique : serre à semis bioclimatique à the camp

Cette serre permet de cultiver des micro-pousses, des plantes maraîchères et de produire des plans pour les zones extérieures cultivées. La serre se chauffe uniquement grâce aux rayons du soleil, on parle d'énergie solaire passive. Elle est installée à The camp.¹

Elle est construite à l'aide de matériaux favorisant la captation, l'isolation et la conservation de la chaleur extérieure ce qui permet d'emmagasiner la chaleur la journée et de la restituer la nuit dans la serre.



FIGURE 55 MAQUETTE 1/20ÈME DU PROJET

Le jour :

[1] La grande surface vitrée sud favorise l'entrée des rayons du soleil, qui frappent directement le mur en pierres

[2] Le mur en pierre stocke la chaleur grâce à son inertie thermique.

[3] Les grandes ouvertures sur la face sud et sur les pignons permettent de ventiler l'espace pour éviter des températures trop élevées. Des vérins à huile assurent l'ouverture et la fermeture des ouvrants de manière autonome.

[4] une casquette solaire bloque le rayonnement solaire sur une grande partie de la surface afin

¹ DESIGN D'ESPACE. <https://poleecodesign.com/design-despace/serre-a-semis-bioclimatique-a-the-camp/>

de limiter la chaleur au printemps et en été.

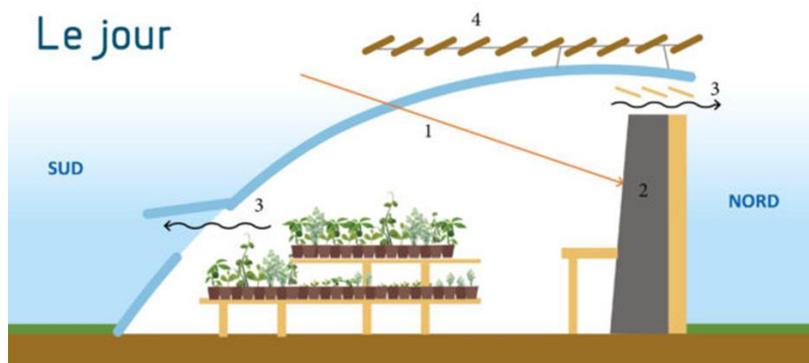


FIGURE 56 ANALYSE DE LA SERRE BIOCLIMATIQUE DANS LE JOUR

- [1] LA NUIT, LE MUR DE PIERRE RESTITUE LA CHALEUR A L'INTERIEUR DE LA SERRE
 - [2] LES OUVRANTS SONT FERMES AFIN QUE LA CHALEUR NE PARTE PAS A L'EXTERIEUR
- BIEN ISOLEE, LA SERRE PERMET DE NE PAS DESCENDRE SOUS LES 10°.¹



Figure 57 ANALYSE DE LA SERRE BIOCLIMATIQUE DANS La nuit

¹ DESIGN D'ESPACE. <https://polecodesign.com/design-despace/serre-a-semis-bioclimatique-a-thecamp/>



FIGURE 58 LES MATÉRIUX UTILISÉS DANS LA SERRE BIOCLIMATIQUE

En grande majorité, les matériaux utilisés sont d'origine bistournée, locale et/ ou en seconde vie. ont participé à la construction de la serre : Pierre, Jeroen, les jeunes en insertion de l'association Appel d'Air et l'équipe du Pôle Eco Design.

III.1.4.7. Les mure trombe

Chauffer l'air avec le soleil puis le diffuser dans le bâtiment, tel est le principe du mur Trombe. Un procédé technique en phase avec l'architecture bioclimatique, revisité aujourd'hui pour optimiser son efficacité.¹

Son principe est des plus simple : un vitrage extérieur placé devant un mur en béton, pour provoquer un effet de serre. Entre les deux, la lame d'air est réchauffée. Des ouvertures sont pratiquées dans les parties basses et hautes du mur de manière à créer une circulation d'air par thermosiphon entre la lame d'air et les locaux à chauffer. L'air chauffé dans la lame d'air pénètre ainsi par les ouvertures supérieures dans les locaux. En chauffant la pièce, il se refroidit au contact de l'air du local et, une fois rafraîchi, revient par les ouvertures inférieures dans la lame d'air pour se réchauffer à nouveau

Les deux tiers environ de l'énergie sont restitués en transmission directe. Le tiers restant est, lui, restitué en déphasé grâce à l'inertie du mur. En l'absence de rayonnement solaire, le flux convectif s'inverse, ce qui peut provoquer un refroidissement accéléré de la pièce. Pour éviter

¹ Une technique durable réinventée : le mur Trombe. Stéphane Miget | le 14/01/2014 | [murtrombe](#), [Architecture](#), [Environnement](#), [Europe](#), [Alpes-Maritimes](#).. <https://www.lemoniteur.fr/article/une-technique-durable-reinventee-le-mur-trombe.1220319>

cela, des clapets à fermeture manuelle ou automatique sont disposés au niveau des ouvertures. Il existe une variante appelée “mur capteur” : de conception plus simple car il n’y a pas de système de ventilation entre le vitrage et le mur. Avec ce principe, l’énergie solaire est transmise par conduction à travers le mur, puis par rayonnement à l’air de la pièce.

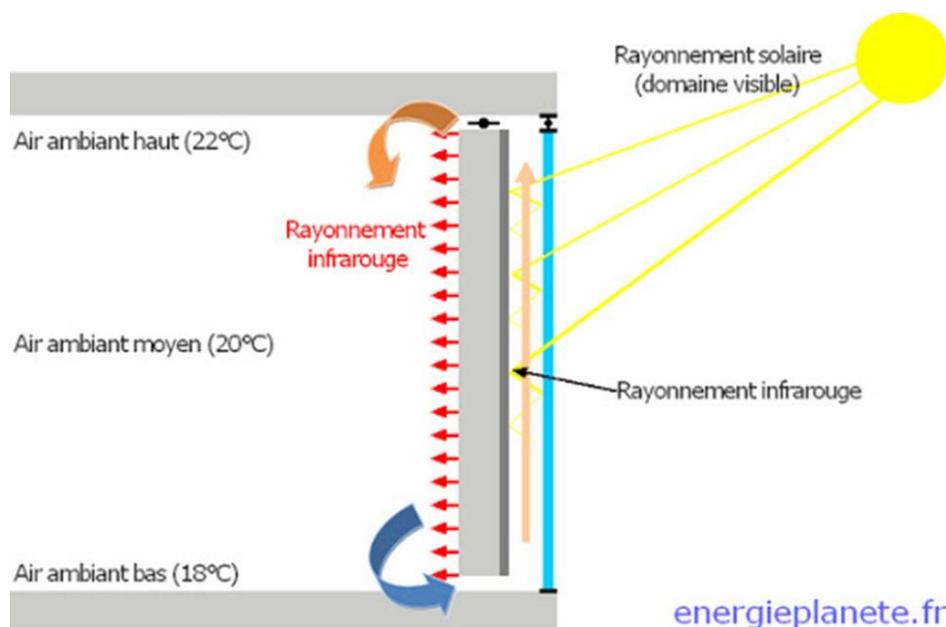


FIGURE 59 FONCTIONNEMENT DUN MUR TROMBE

III.1.4.8. Les énergies renouvelables

III-1.4.8.1. Définition :

Une énergie renouvelable est une énergie qui est considérée comme telle à l'échelle de quelques générations humaines. Fournies par le soleil, le vent, la chaleur de la terre, les chutes d'eau, les marées ou encore la croissance des végétaux, les énergies renouvelables n'engendrent pas ou peu de déchets ou d'émissions polluantes. Elles participent à la lutte contre l'effet de serre et les rejets de CO₂ dans l'atmosphère, facilitent la gestion raisonnée des ressources locales. Le caractère renouvelable d'une énergie dépend de la vitesse à laquelle la source se régénère, mais aussi de la vitesse à laquelle elle est consommée. Le pétrole ainsi que tous les combustibles fossiles ne sont pas des énergies renouvelables, les ressources étant consommées à une vitesse bien supérieure à la vitesse à laquelle ces ressources sont naturellement créées¹

¹ Renewable Energy & Development. Brochure to accompany the Mobile Exhibition on Renewable Energy in Ethiopia. By Jargstorf, Benjamin. GTZ & Ethiopian Rural Energy Development and Promotion Centre (EREDPC). Addis Ababa 2004

III-1.4.8.2. Les types des énergies renouvelables :

L'énergie solaire : L'énergie solaire est l'énergie transmise par le Soleil sous la forme de lumière et de chaleur. Cette énergie est virtuellement inépuisable à l'échelle des temps humains, ce qui lui vaut d'être classée parmi les énergies renouvelables.

Les formes de l'énergie solaire : L'énergie solaire peut être utilisée sous deux formes :

Énergie solaire passive qui doit tenir compte de l'énergie solaire lors de la conception architecturale (utilisée directement par l'Homme pour s'éclairer (fenêtres, puits de lumière), se chauffer et cuisiner (chauffe-eau solaire, four solaire)

Énergie solaire active qui utilise des techniques développées pour interagir avec le rayonnement.



FIGURE 60 L'ÉNERGIE SOLAIRE PASSIVE ET ACTIF

L'énergie solaire et la conception bioclimatique

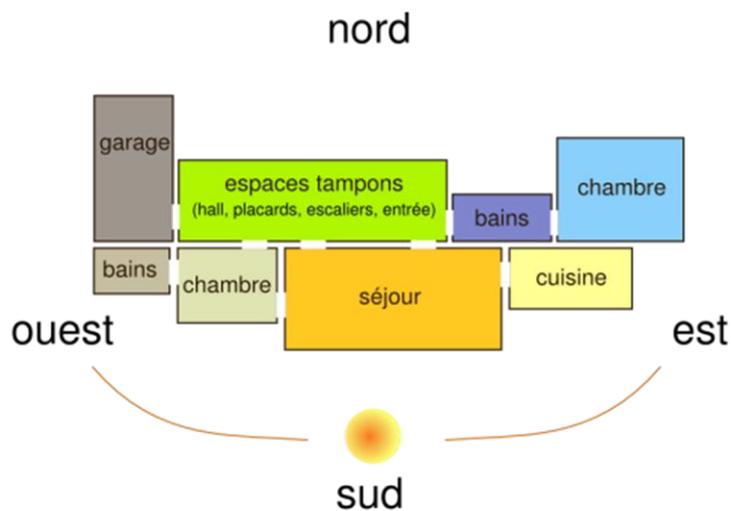
La conception bioclimatique consiste à tirer le meilleur profit de l'énergie solaire, abondante et gratuite. En hiver, le bâtiment doit maximiser la captation de l'énergie solaire, la diffuser et la conserver. Inversement, en été, le bâtiment doit se protéger du rayonnement solaire et évacuer le surplus de chaleur du bâtiment. La conception bioclimatique s'articule autour des 3 axes suivants :

Capter / se protéger de la chaleur

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.

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. Il convient donc de protéger les surfaces vitrées orientées Sud via des protections solaires horizontales dimensionnées pour bloquer le rayonnement solaire en été. Sur les façades Est et Ouest, les protections solaires horizontales sont d'une efficacité limitée car les rayons solaires ont une incidence moins élevée. Il conviendra d'installer des protections solaires verticales, d'augmenter l'opacité des vitrages (volets, vitrage opaque) ou encore de mettre en place une végétation caduque.

Orientation pour un meilleur gain :



Source ADEME

FIGURE 61 LA MEILLEUR ORIENTATION POUR LE GAIN

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.

Transformer, diffuser la chaleur

Une fois le rayonnement solaire capté et transformé en chaleur, celle-ci doit être diffusée et/ou captée. Le bâtiment bioclimatique est conçu pour maintenir un équilibre thermique entre les pièces, diffuser ou évacuer la chaleur via le système de ventilation.¹

La conversion de la lumière en chaleur se fait principalement au niveau du sol. Naturellement, la chaleur a souvent tendance à s'accumuler vers le haut des locaux par convection et stratification thermique, provoquant un déséquilibre thermique. Afin d'éviter le phénomène de stratification, il conviendra de favoriser les sols foncés, d'utiliser des teintes variables sur les murs selon la priorité entre la diffusion de lumière et la captation de l'énergie solaire (selon le besoin) et de mettre des teintes claires au plafond.

Les teintes les plus aptes à convertir la lumière en chaleur et l'absorber sont sombres (idéalement noires) et celles plus aptes à réfléchir la lumière en chaleur sont claires (idéalement blanches).

Il est également à noter que les matériaux mats de surface granuleuse sont plus aptes à capter la lumière et la convertir en chaleur que les surfaces lisses et brillantes (effet miroir).

Une réflexion pourra également être faite sur les matériaux utilisés, pouvant donner une impression de chaud ou de froid selon leur effusivité.

Conserver la chaleur ou la fraîcheur

En **hiver**, une fois captée et transformée, l'énergie solaire doit être conservée à l'intérieur de la construction et valorisée au moment opportun.

En **été**, c'est la fraîcheur nocturne, captée via une sur-ventilation par exemple, qui doit être stockée dans le bâti afin de limiter les surchauffes pendant le jour.

De manière générale, cette énergie est stockée dans les matériaux lourds de la construction. Afin de maximiser cette inertie, on privilégiera l'isolation par l'extérieur.

III-1.4.8.3. Energie éolienne

Le principe consiste à utiliser la force propulsive du vent quand sa vitesse est supérieure à 15 Km/heure, pour faire tourner une génératrice et produire de l'électricité. Il existe deux types d'éoliennes :

^{1 1} Les principes de base d'une conception bioclimatique, <https://www.e-rt2012.fr/explications/conception/explication-architecture-bioclimatique>

Foible puissance: pour alimenter en électricité une maison, ou une installation comme le pompage d'eau.

Grande puissance : pour une production d'électricité pouvant atteindre 2500 à 6000 KWh, et pouvant être rattachée à un réseau de distribution.



FIGURE 62 ÉNERGIE ÉOLIENNE

III-1.4.8.4. Énergie hydraulique

L'eau de rivières, les chutes d'eaux, et l'eau des barrages fournissent une énergie transformable en électricité. Le principe consiste à utiliser l'énergie mécanique de l'eau pour faire tourner une turbine et un alternateur pour produire de l'électricité.



FIGURE 63 ÉNERGIE HYDRAULIQUE

III-1.4.8.5. Énergie géothermique :

Cette énergie permet de fabriquer de l'électricité dans les centrales géothermiques, grâce à l'eau très chaude des nappes dans le sous-sol de la Terre.¹

La température des roches augmente en moyenne de 1 °C tous les 30 m de profondeur. En certains points du globe, en particulier dans les régions volcaniques, qui correspondent à des intrusions de magma dans la croûte terrestre, cela peut aller jusqu'à 100 °C par 100 m.

Une centrale géothermique est composée de 3 parties :

- - La pompe
- - L'usine qui produit l'électricité
- - Les lignes électriques qui la transportent

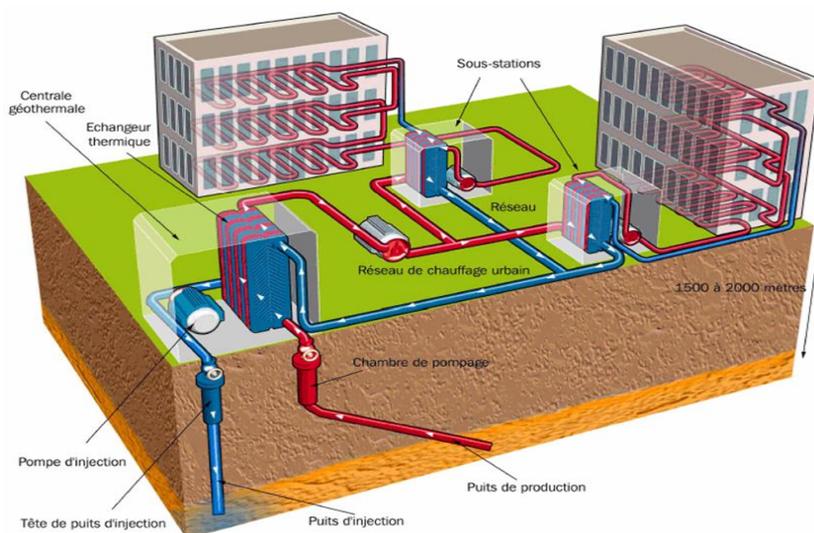


FIGURE 64 LA GEOTHERMIE OU L'ENERGIE DE LA TERRE

III-1.4.8.6. L'énergie de la biomasse

La biomasse représente l'ensemble de la matière organique, qu'elle soit d'origine végétale ou animale. Elle peut être issue de forêts, milieux marins et aquatiques, haies, parcs et jardins, industries générant des coproduits, des déchets organiques ou des effluents d'élevage.²

La biomasse, au cœur du monde vivant, donc substrat essentiel de la biosphère, est produite par les êtres que sont les plantes, les animaux, les insectes et les micro-organismes, principalement

¹ Qu'est-ce que la géothermie ?. <https://www.edf.fr/groupe-edf/espaces-dedies/l-energie-de-a-a-z/tout-sur-l-energie/produire-de-l-electricite/qu-est-ce-que-la-geothermie>. Consultée 22/06/2021

² La biomasse et les enjeux de la photosynthèse. <https://www.mtaterre.fr/dossiers/comment-ca-marche-la-biomasse/la-biomasse-et-les-enjeux-de-la-photosynthese>

au cours de leur croissance. Elle a pour caractéristique fondamentale d'être constituée de matière organique, végétale ou animale, ou tout au moins d'origine végétale ou animale comme le sont les sédiments fossiles aujourd'hui inertes (hydrocarbures), ou n'étant plus vivants mais cependant habités par des micro-organismes actifs, ce qui caractérise les résidus, déchets, et autres matières fermentescibles qui, sous l'action de certaines bactéries, sont alors dénommées biodégradables¹

Biomasse végétale Désigne la masse de matière vivante végétale présente à un moment donné dans un milieu donné.²



FIGURE 65 LES RESIDUS DE L'AGRICULTURE ET LES DECHETS ORGANIQUES AGROALIMENTAIRES OU URBAINS FONT PARTIE DE LA BIOMASSE. (LES MATIERES FOSSILES OU NON- BIODEGRADABLES NE SONT LEGALEMENT PAS DE LA BIOMASSE.)

Les ressources constitutives de la biomasse

-D'une manière générale, les ressources de la biomasse accessibles sur notre planète, issues de grands domaines de production, peuvent être classées de la manière suivante :

-Les produits issus de l'agriculture (blé, maïs, pommes de terre, betterave, canne à sucre, colza, tournesol, soja, palme et autres) et de l'élevage (graisses notamment), tous dédiés initialement du moins à l'alimentation humaine ou animale auxquels s'ajoutent des plantes dédiées à la culture énergétique, comme le miscanthus géant pour le bioéthanol, le switch Grass ou le colza pour le biodiesel ;

¹

² [Biomasse - Définition - Actu Environnement
https://www.actu-environnement.com](https://www.actu-environnement.com)

-les coproduits et résidus de l'agriculture et de l'élevage : pailles, pulpes, drèches, tourteaux, fumier de bovins, lisier de porcs, fientes de volailles ;

-les ressources halieutiques : produits animaux de la mer et des zones humides et leurs -déchets, algues et micro algues, ces dernières promises à un grand avenir car très riches en énergie ;

-Le bois des forêts qui fournit en majeure partie les ressources de bois-énergie, utilisées pour la cuisson des aliments, le chauffage des logements et des collectivités que complètent aussi les plantations d'arbres à vocation énergétique, comme le peuplier, le pin, l'eucalyptus ou les taillis à courte rotation (TCR), soit quelques années, en saule notamment ;

-les déchets naturels du bois et de la sylviculture (plaquettes, sciure) ainsi que ceux des industries du bois de construction (copeaux, sciure) et du bois d'emballage (cagettes, palettes, tonnellerie), à l'exception de ceux traités par des produits chimiques toxiques ;

--les déchets issus des industries agro-alimentaires, des habitations et des collectivités urbaines, souvent humides ou même liquides, parmi lesquels les boues des eaux usées, les ordures ménagères et résidus organiques des déchetteries, les résidus de la distribution et des cafés-restaurants ou ceux des espaces verts.

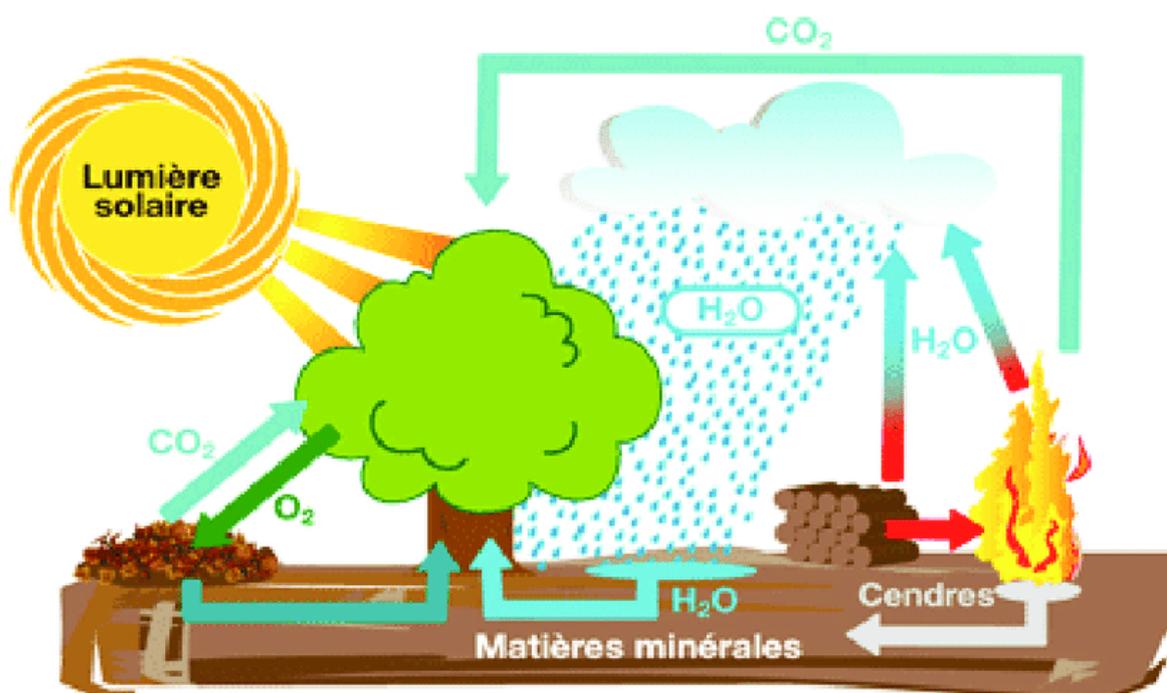


Figure : Bilan de cycle biomasse ¹(Commande d'un système d'énergies renouvelables Multisources relié au réseau électrique. **Ardjoun Sid Ahmed El Mehdi**,University of Sidi-Bel-Abbes)

Avantages des bioénergies

Compte-tenu du recours massif au bois de feu dans les pays encore peu industrialisés, cette place est déjà, et de loin, la plus importante à l'échelle mondiale. Elle devrait s'accroître encore et gagner de nouveaux pays au vu des nombreux avantages que présente cette ressource énergétique ².

-la masse végétale, à l'échelle planétaire, bien que très inégalement répartie, est extrêmement abondante ; la production annuelle de cellulose, principal composant du bois, est d'environ 100 milliards de tonnes, donc au moins vingt fois supérieure à celle du pétrole ; à cette ressource s'ajoute la masse des déchets organiques (résidus agricoles et industriels, ordures, déchets verts) économiquement et écologiquement valorisables ; en France, ils représentent environ 600 millions de tonnes/an.

-par opposition à l'usage des matières fossiles, bientôt épuisées, la biomasse est indéfiniment renouvelable, parce qu'à notre échelle humaine, l'énergie solaire sera toujours présente, de même que l'eau et le gaz carbonique, à condition de respecter leur qualité et les grands équilibres naturels (en trente ans, la végétation mondiale a augmenté de 14 % !) ;

-les bioénergies issues de cette biomasse sont très diversifiées : combustibles solides sous forme de pellets, gazeux ou liquides, se prêtent aisément à des formes de distribution multiples : vrac, sacs, réseaux de chaleur, réservoirs de gaz ou distribution à la pompe ; en outre, tous peuvent être convertis en électricité, avec ou sans co-génération ;

-Sur le plan écologique (cycle du carbone), la biomasse est totalement vertueuse : elle absorbe autant de CO₂ par la photosynthèse qu'elle en rejette par la combustion des êtres vivants et par la combustion sous toutes ses formes ; son bilan carbone est donc neutre ;

2

[Biomasse et énergie : des ressources primaires aux produits ...
https://www.encyclopedie-energie.org](https://www.encyclopedie-energie.org) >

-la production des bioénergies est aussi écologiquement avantageuse car ses processus de transformation se déroulent à basse température, à l'exemple de la méthanisation à la ferme ou de la production de bioéthanol ;

-la combustion des biogaz peu carbonés est par ailleurs beaucoup moins polluante en particules fines que celle des hydrocarbures liquides ;

-toujours sur le plan écologique, cette biomasse est par nature biodégradable ; elle ne laisse donc à court-moyen terme aucun déchet organique, les composants minéraux (métaux) pouvant de plus être récupérés à des fins agronomiques ;

-sur le plan économique, dans le contexte de l'économie circulaire, sa valorisation peut être intégrale ; selon le principe de cascade, la plante entière (fruits, tiges, feuilles, troncs, écorce) peut en effet à être transformée, donc dotée de valeur ajoutée, et ce sur le lieu de production,

Inconvénients à prendre en considération

-Face à tous ces avantages qui militent en faveur d'un très large recours aux bioénergies, plusieurs limites pourront venir, dans certains pays plus que dans d'autres, des inconvénients suivants :

-La difficulté d'accès aux ressources, notamment dans les zones à faible densité végétale mais aussi dans les forêts de montagne ainsi que les problèmes de transport de matière lourdes telles que les grumes ou de trop faible densité telles que les taillis ou les -plantes herbacées ;

-les surcoûts d'exploitation imputables à la difficulté économique d'extraire les matières énergétiques dans les végétaux humides et matières organiques (déjections animales, boues) imbibées d'eau, ainsi que ceux du traitement et de la consommation d'énergie grise d'un bout à l'autre de la chaîne de production des biogaz et biocarburants, principalement dans le cas des plantes à faible rendement énergétique ou des déchets agricoles et sylvicoles ;

-le fait que tous les processus de combustion émettent des GES, même si, sur une durée de quelques années permettant la repousse des plantes, leur cycle du carbone est neutre ;

-les risques de pénurie ou de déséquilibre des marchés, notamment alimentaires, dûs à des concurrences d'usage, comme dans le cas d'agriculteurs allemands ou américains cultivant du maïs uniquement pour produire du biogaz ou de l'éthanol ;

Conclusion

L'architecture bioclimatique permet de retrouver les principes de construction d'antan et de les adapter aux progrès effectués en la matière. L'efficacité de tous ces concepts est reconnue et prouvée et permet de proposer des bâtiments exemplaires en termes d'architecture, de confort, d'efficacité énergétique et environnementale. Elle valorise en outre les cultures et traditions locales en dégagant une architecture spécifique à chaque région du monde. Plus que de l'architecture, c'est tout un paysage qui est travaillé car l'intégration optimale des bâtiments par le choix des matériaux ou l'implantation d'un quartier respecte le lieu. Finalement, elle s'inscrit dans un cadre global de développement durable.

IV. La simulation : un outil d'aide à une conception écologique

IV.1. Définition de la simulation

Imitation volontaire ou semi-volontaire d'un trouble mental ou physique ; Représentation du comportement d'un processus physique, industriel, biologique, économique ou militaire au moyen d'un modèle matériel dont les paramètres et les variables sont les images de ceux du processus étudié. (Les modèles de simulation prennent le plus souvent la forme de programmes d'ordinateurs auxquels sont parfois associés des éléments de calcul analogique) ; Dissimulation, par les parties, d'un contrat secret (contre-lettre) sous le couvert d'un acte apparent.¹

Action de simuler. Synonymes : illusion, déguisement, comédie, faux-semblant ; Présentation modélisée, figurée d'un phénomène. (Linternaute, 2019)

. La simulation informatique (numérique) La simulation informatique ou simulation numérique est une série de calcul effectué par ordinateur et reproduisant un phénomène physique. Elle aboutit à la description des résultats de ce phénomène, comme s'il était réellement déroulé. Cette représentation peut être une série de données, une image ou même un film vidéo. Aussi, la simulation numérique est un processus qui permet de calculer sur ordinateur les solutions de ce modèle et donc de simuler la réalité.²

Objectif de la simulation informatique Selon Chatelet A et al « 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 ».³

La simulation informatique offre la possibilité de comparer plusieurs variantes entre elles. Il est donc nécessaire de savoir ce que l'on cherche pour utiliser l'outil de façon optimale et éviter de perdre du temps et maîtriser le déroulement des calculs.⁴

La simulation aide à comparer les mesures in situ et les données du logiciel, et même celui-ci représente un moyen flexible pour toute modification concernant les données du projet ou copier certain projet ou cas. Enfin la définition de la période de simulation est très souple en changeant la journée, le mois, l'année, Donc le logiciel de simulation reste un outil efficace pour les études en architecture bioclimatique⁵

¹ (Larousse, 2019)

² (Futura-Sciences, 2014)

³ (Chatelet, et al., 1998)

⁴ (Thesis Univ Biskra, 2012)

⁵ . (Thesis Univ Biskra, 2012)

IV.2. Typologie, avantages et limites de la simulation architecturale

IV.2.1. La simulation thermique

IV.2.1.1. Définition

La simulation thermique est un outil d'analyse qui permet de modéliser un bâtiment et d'évaluer de manière détaillée ses besoins énergétiques et son confort thermique d'été. Ces simulations sont effectuées à partir de l'utilisation réelle du bâtiment et de données météorologiques locales.¹

Les types de la simulation thermique On distingue deux grands types de simulation thermique, la statique, et la dynamique :²

La simulation thermique statique Considère le bâtiment comme un objet inerte, avec une simple addition de matériau. Par exemple, les calculs statiques prennent en compte les apports solaires théoriques mais ne savent pas déterminer à quel niveau le bâtiment il est capable de les valoriser.³

IV.2.1.2. La simulation thermique dynamique

La simulation thermique dynamique (STD) est une étape importante pour réussir des bâtiments économes et confortables, aussi bien dans la construction que dans la rénovation. Un bâtiment à faible consommation d'énergie ne se comporte pas comme une construction traditionnelle. Des phénomènes auparavant négligeables dans les bâtiments à fort besoins de chauffage deviennent prépondérants (ponts thermiques, apports solaires et internes, étanchéité du bâtiment, etc.). De plus, les surchauffes estivales, conséquences de l'isolation importante, sont un élément indispensable à prendre en compte pour le confort et la maîtrise des consommations d'énergie⁴

Comme tout outil, la simulation thermique dynamique présente des limites et des domaines d'application qu'il est important de connaître pour l'exploiter dans des conditions optimales. Après avoir examiné les différentes étapes d'un calcul de simulation thermique dynamique, nous décrirons certaines de ces limites et les applications possibles des outils de simulation thermique dynamique. .⁵

¹ NR+, 2017)

² (Bureau 2E

³ Ecome Energie, 2016

⁴ Mdp35, 2015)

⁵ Simulation thermique dynamique, les avantages et limites.

https://conseils.xpair.com/actualite_experts/simulation-thermique-dynamique.htm.consultee 23/06/21

La simulation thermique dynamique (STD) utilisée en ingénierie, sert à simuler le comportement thermique des bâtiments. Dès la phase de conception, cet outil montre les besoins énergétiques en incluant divers paramètres : enveloppe du bâtiment, inertie, apports solaires, présence et comportements des occupants, etc. C'est donc une aide à la décision.

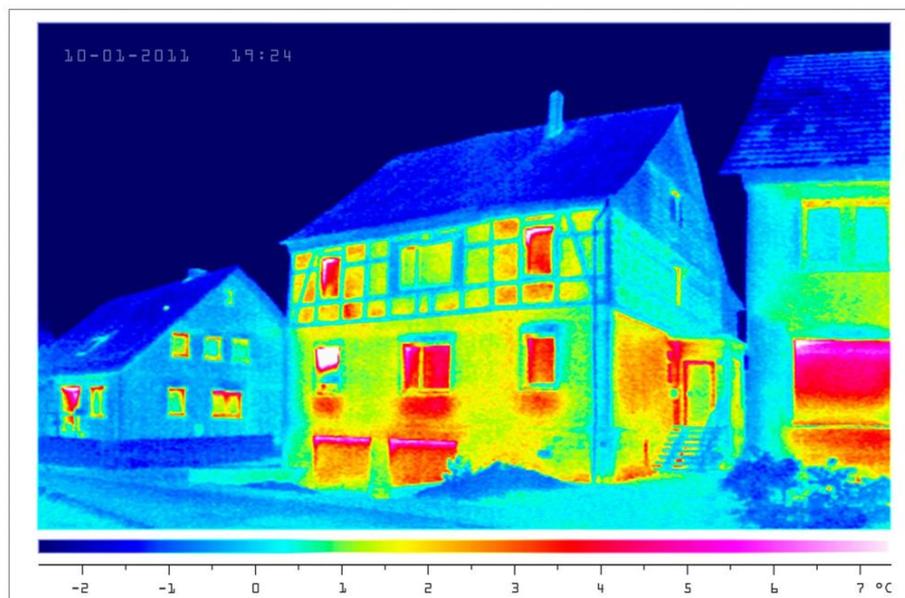


Figure :type de la simulation thermique dynamique¹

A quoi sert la simulation thermique dynamique ?

Fondamentalement, les logiciels de STD décrivent les échanges thermiques classiques (convection, conduction, rayonnement, changement d'état). Leurs développements récents leur confèrent aussi la capacité très appréciée :²

- De dimensionner les solutions énergétiques complexes en développant une approche globale (prise en compte de différentes sources d'énergie, du bilan carbone, de l'énergie grise...)
- D'évaluer le confort d'hiver comme d'été, selon un pas de temps fin
- De procéder à une approche globale de l'éclairage (en tenant compte de la lumière naturelle et de la modulation de l'appoint artificiel, des protections solaires...)

¹ Simulation Thermique Dynamique : l'outil du maître d'ouvrage ou concepteur.

<https://www.alternative2e.fr/simulation-thermique-dynamique-outil-maitre-ouvrage-ou-concepteur-i3.html>

² Simulation thermique dynamique (STD). 02/08/2019. <https://cegibat.grdf.fr/dossier-techniques/conception-batiments/simulation-thermique-dynamique>

- De simuler l'impact du vent sur les façades, les phénomènes de ventilation naturelle, l'intérêt d'un puits climatique
- Et surtout, d'estimer les consommations réelles d'énergie à partir des informations sur l'enveloppe du bâtiment, de son inertie, des systèmes énergétiques (quelle que soit l'énergie exploitée et en prenant en compte les apports gratuits externes ou internes), du comportement des occupants et du climat local

IV.2.1.3. Les atouts de la simulation thermique dynamique

Les logiciels de STD contribuent à :

- Améliorer le dimensionnement d'un bâtiment
- Fournir au maître d'ouvrage et maîtres d'œuvre une approche la plus réaliste possible du fonctionnement thermique du bâtiment
- Présenter une information argumentée à l'exploitant de l'ouvrage pour préparer le commissionnement et son fonctionnement courant
- Optimiser la conception à l'aide d'études de sensibilité en intégrant des phénomènes complexes et transitoires
- Concevoir des projets avec des approches, des systèmes, des techniques non courantes et/ou manquant de retours d'expériences

IV.2.1.4. La simulation thermique dynamique dans le processus de la conception architecturale

La simulation thermique dynamique est de plus en plus souvent demandée dans les programmes de projets de construction et est considérée parfois comme une fin en soi. Pourtant, il s'agit bien d'un outil au service de la conception qui peut apporter de multiples indications aux concepteurs et aux maîtres d'ouvrages.¹

Un bâtiment à très faible consommation d'énergie ne se comporte pas comme les bâtiments traditionnels. Une modélisation fine de son comportement est nécessaire pour optimiser sa conception au regard des besoins de chauffage et du confort d'été.

¹ Simulation thermique dynamique, les avantages et limites.

https://conseils.xpair.com/actualite_experts/simulation-thermique-dynamique.htm.consultee 23/06/21

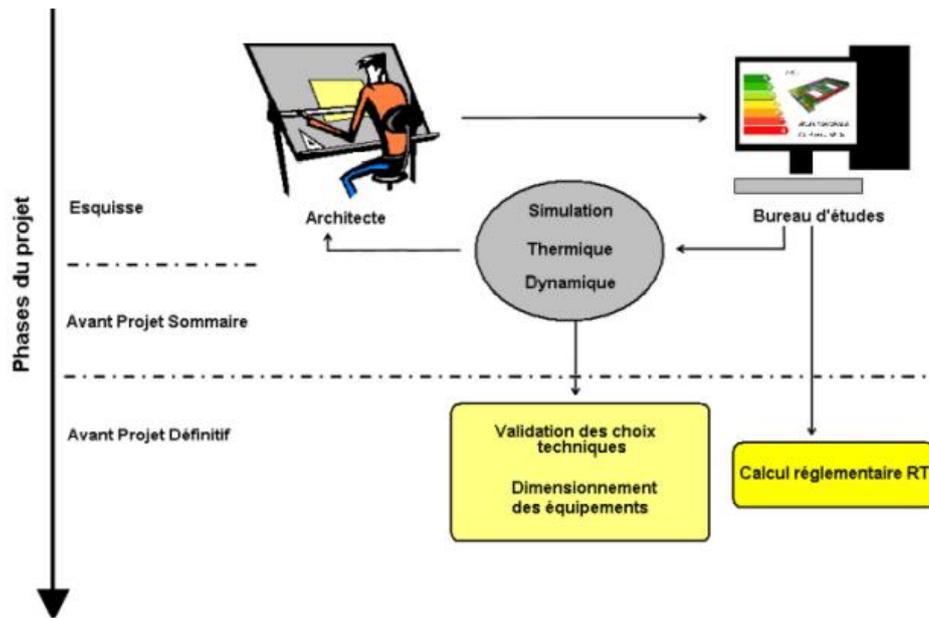


FIGURE 66 SCHEMA MONTRE LE ROLE DE LA SIMULATION THERMIQUE DYNAMIQUE DANS LE PROCESSUS DE LA CONCEPTION ARCHITECTURALE SOURCE : (MDPH35, 2015)

Il est alors essentiel de minimiser les apports solaires et internes, de maximiser l'inertie et de mettre en place une stratégie de rafraîchissement naturel efficace. Il devient donc nécessaire de quantifier à l'avance les impacts de la conception architecturale sur les besoins de chauffage et le confort d'été. C'est là l'intérêt de la simulation thermique dynamique (STD).¹ (Damien Lambert, 2014)

IV-2.1.4.1. Méthodologie STD : les 6 étapes à suivre

En tant que praticiens des logiciels de STD, plusieurs adhérents de l'association ICO (notamment Bruno Georges, ITF, Benoît Maraval, Adret, et Jean-Pascal Agar, Atmosphère) ont travaillé à la définition d'une méthode en 6 étapes :

ANALYSER :

Cette phase fondamentale a pour objet de cerner la ou les questions à traiter par simulation thermique dynamique, tout en imposant au praticien de cadrer son intervention.

2. COMPRENDRE

¹ (Damien Lambert, 2014)

Concrètement, les constructions étudiées par simulation thermique dynamique sont des ouvrages complexes. Cela demande donc une forte expertise :

- Des compétences en thermodynamique
- Une expérience approfondie des bureaux d'études
- Une bonne connaissance des outils logiciels
- Et une maîtrise des ordres de grandeurs à manier

Les données à connaître en amont

Un calcul thermique par simulation thermique dynamique nécessite, outre l'outil logiciel, quelques bases de données indispensables :

- les informations climatiques
- les données techniques complètes et pointues sur l'ouvrage (matériaux d'enveloppe participant à l'isolation et à l'inertie, organisation et types de surfaces vitrées, équipements techniques...)
- les scénarios d'occupation et d'activités

REPRÉSENTER ET MODÉLISER :

Il est conseillé de poser, si possible de manière contractuelle, les données de base d'un projet. Ces informations seront validées avant le montage du modèle par l'architecte et l'économiste, d'une part, et par le maître d'ouvrage, d'autre part. Les praticiens reconnaissent d'ailleurs qu'il n'existe pas de logiciels STD « défaillants ». En cas d'erreur d'évaluation, ils préfèrent souligner qu'il s'agit généralement d'appréciations liés aux utilisateurs eux-mêmes.

SIMULER :

Comme toute réflexion rationnellement menée, l'opération de simulation thermique dynamique demande de se poser initialement la question de ce que l'on recherche. Par exemple : « modéliser une pompe à chaleur par une matrice de coefficient de performance et non mettre en évidence le modèle pour une pompe à chaleur spécifique ». En clair, ne pas simuler ou reproduire la réalité mais trouver une image du problème à résoudre.

INTERPRÉTER :

Les études courantes de simulation thermique dynamiques portent :

- Sur les conditions de confort d'été, avec calcul des dépassements de seuils et présentation de la situation sous forme de diagramme de Gavon ou de Brager
- Sur l'optimisation de l'enveloppe en vue de la minimisation des besoins de chauffage, de rafraîchissement et d'éclairage
- Sur l'aide au choix de systèmes techniques, comme la comparaison entre différents types d'émetteurs
- Sur l'optimisation du dimensionnement, avec la présentation de monotonnes de puissance;
- Sur le calcul des consommations énergétiques, avec engagement sur les performances dans le cadre de contrats de réalisation entretien et maintenance (CREM), de contrats de performance énergétique (CPE) ou de partenariat public-privé

IV.2.1.5. Les limites de simulation thermique dynamique

Une première limite des outils de simulation thermique dynamique consiste dans la validation des données d'entrée. La plupart des outils distribués sur le marché sont en effet validés au travers de travaux de recherche soit en comparaison avec des cellules tests, soit en comparaison entre logiciels.

La robustesse des données de sortie dépend plus de la pertinence des données d'entrée que du logiciel utilisé. Parmi les hypothèses particulièrement délicates à valider et à obtenir, les données météorologiques sont importantes. Leur sélection demande de se projeter sur l'analyse qui va être faite : il n'existe pas de fichier météorologique idéal. En fonction de l'analyse qui doit être menée, une sélection des données météorologiques pertinentes à utiliser doit être effectuée.

Par exemple, si l'ambition du calcul par simulation thermique dynamique est d'établir un bilan prévisionnel de consommation réaliste, on s'attachera à sélectionner un fichier météorologique qui corresponde à une moyenne des années précédentes

En revanche, si l'objet est d'étudier les conditions de confort d'été en absence de climatisation, la sélection d'un été légèrement plus chaud qu'un été moyen des 10/15 dernières années, voire dans certains cas d'un été extrême, peut parfois s'avérer utile. Il existe plusieurs sources de données météorologiques plus ou moins fiables et d'origine mesurée ou extrapolée à partir de moyennes¹

¹ (Xpair, 2013)

Une autre limite des calculs simulation thermique dynamique réside dans les hypothèses de base de ce type de calcul qui est du modèle zone

En effet, on considère qu'une zone représente la plupart du temps un local ou un groupement de locaux définis par une température d'air unique quelle que soit la position à l'intérieur de cette zone. Par conséquent on ne tient pas compte des phénomènes de stratification à l'intérieur d'une zone ni des phénomènes convectifs localisés qui pourraient avoir lieu suite à un échauffement sur une paroi par exemple. Cette limite pose de véritables difficultés lorsqu'on est amené à modéliser des volumes importants type atrium.

La modélisation des transferts d'air entre des zones et l'extérieur et / ou entre zones est un élément délicat. Dans la plupart des logiciels, les transferts d'air sont définis comme des saisies par l'utilisateur et doivent être définies au préalable. Cette façon de procéder ferme la porte à la modélisation des phénomènes aléatoires et non prévisibles tel que la ventilation naturelle par l'ouverture des fenêtres ou des transferts d'air par convection naturelle, comme par exemple dans un atrium. Certains logiciels disposent d'algorithmes simplifiés de calcul de transfert d'air entre zones et / ou entre zones et l'extérieur

IV.2.1.6. Présentation de logiciel de simulation

IV-2.1.6.1. Le logiciel ArchiWIZARD

Définition ArchiWIZARD est un logiciel de simulation énergétique des bâtiments qui permet de simuler et de démontrer la performance énergétique d'un projet architectural dès les premières esquisses et tout au long de sa conception ou dans le cadre de sa rénovation, dans un environnement 3D intuitif en connexion directe avec la maquette numérique et les principales solutions CAO du marché. ArchiWIZARD® intègre pour cela différents modules de simulations complémentaires basés sur un même modèle énergétique généré automatiquement à partir de la maquette 3D du bâtiment ou directement récupéré afin de limiter les ressaisies inutiles : ¹

-Simulation énergétique temps réel pour l'évaluation interactive et rapide de la performance du projet ;

- Simulation précise des apports solaires et lumineux par lancer de rayon (« raytracing ») ; ♣
Calcul réglementaire RT2012 ;

¹ Evolutions ArchiWIZARD 2018 R2

- Simulation Thermique Dynamique avec le moteur EnergyPlus ; ♣ Calcul des déperditions de la charge thermique selon la norme EN 12831

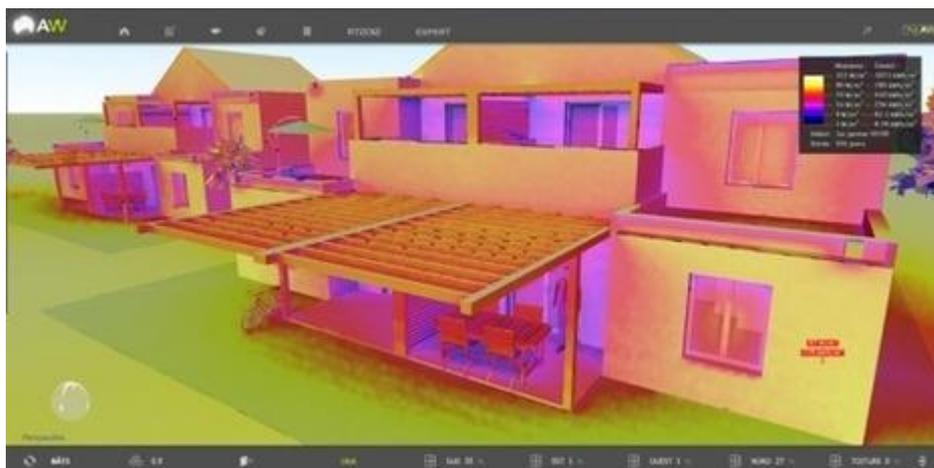


FIGURE 67 SIMULATION PAR LE LOGICIEL ARCHIWIZARD

ArchiWIZARD est logiciel d'application de la RT2012 approuvé par la DHUP et le CSTB (n°EL-07) depuis 2013 et a été validé pour l'application de la méthode Energie-Carbone dans le cadre de l'expérimentation E+C-.

- **Les fonctionnalités de Archiwizard**

- Simulation énergétique temps réel pour l'évaluation interactive et rapide de la performance du projet.
- Simulation des apports solaires et lumineux par lancer de rayon (« raytracing »).
- Calcul réglementaire RT2012.
- Analyse de Cycle de Vie selon la méthodologie « Energie-Carbone » Simulation Thermique Dynamique avec le moteur EnergyPlus.
- Calcul des déperditions de la charge thermique selon la norme EN 12831.
- Calcul réglementaire RT Existant.¹

Aide à la conception bioclimatique et simulation énergétique en temps réel

ArchiWIZARD vous permet de bénéficier d'une simulation énergétique multizone au pas de temps horaire en temps réel, basée sur les méthodes de calcul réglementaires et normatives pour la modélisation énergétique et combinée à notre technologie de lancer de rayons (raytracing) pour la simulation précise et performante du rayonnement solaire et lumineux.²

¹ <https://fr.graitec.com/archiwizard/rt-2012/>

Modifiez les données et évaluez directement l'impact sur vos calculs de besoins énergétiques et sur le confort thermique dans les différentes zones du projet.

Les nombreux indicateurs et le volet de résultats dynamique vous offrent une solution d'aide à la décision d'une puissance incomparable sur le marché !

Simulez et évaluez l'impact des choix architecturaux et techniques de façon interactive et rapide afin d'optimiser la performance bioclimatique de votre projet dès les premières esquisses.



FIGURE 68 SIMULATION ENERGETIQUE PAR ARCHIWIZARD

Intégration Revit Archiwizard

ArchiWIZARD intègre pour cela divers modules de simulation complémentaires basés sur un même modèle énergétique généré automatiquement à partir de la maquette CAO/BIM afin de limiter les ressaisies inutiles

ArchiWIZARD 2018 introduit une nouvelle avancée dans l'interopérabilité avec Revit. Dans la continuité des travaux publiés dans la version 2017 et antérieurement avec les plugins CAO pour la synchronisation, c'est une nouvelle barrière qui est franchie en proposant une interface intégrée dans Revit pour une exploitation toujours plus directe de la maquette numérique

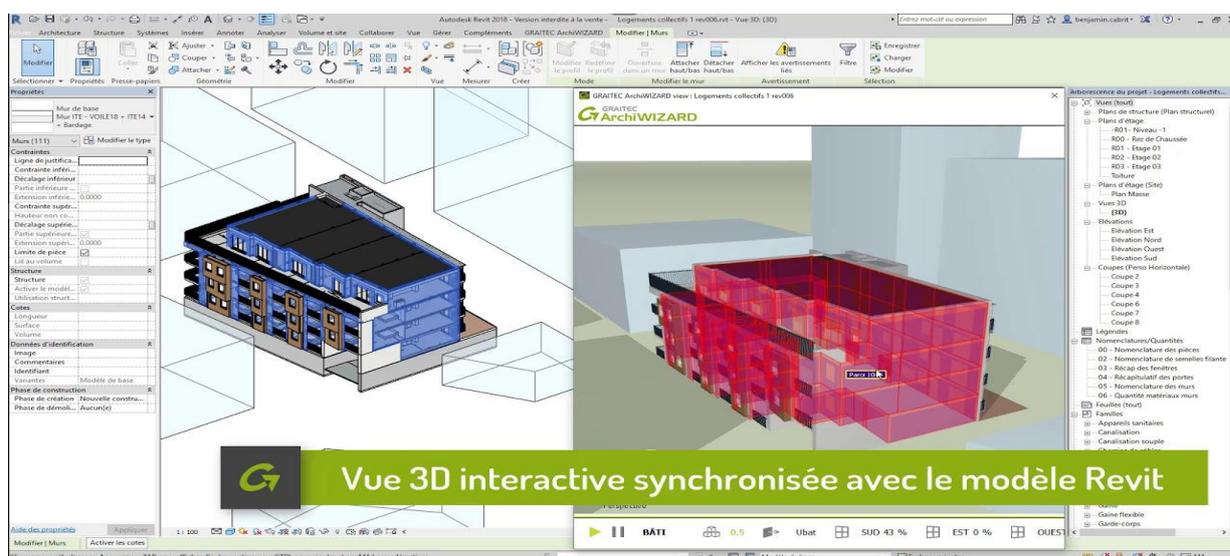


FIGURE 69 ILLUSTRATION DE L'INTEGRATION DU LOGICIEL ARCHIWIZARD DANS REVIT, SOURCE : WWW.GRAITEC.COM

L'ensemble des fonctionnalités d'ArchiWIZARD sont accessibles et opérationnelles dans l'environnement Revit, pour une exploitation directe de la maquette BIM.

- Synchronisation maquette BIM / modèle énergétique BEM
- Enrichissement de la maquette BIM
- Visualisation des résultats dans les vues Revit
- Ruban de commandes dédié

L'intégration entre les deux logiciels permet une synchronisation rapide et efficace du point de vue de réglage de différents matériaux et isolants et ainsi tester différents scénario dans le but d'arriver a des résultats concluant en vue d'apporter des modifications ou correction conceptuelles.

IV.2.1.7. Simulation du cas d'étude

IV-2.1.7.1.Présentation du cas d'étude

Le cas d'étude choisi est un centre de recherche en biodiversité qui se situe à Burgas ,la commune de Taoura dans la wilaya de Souk Ahras

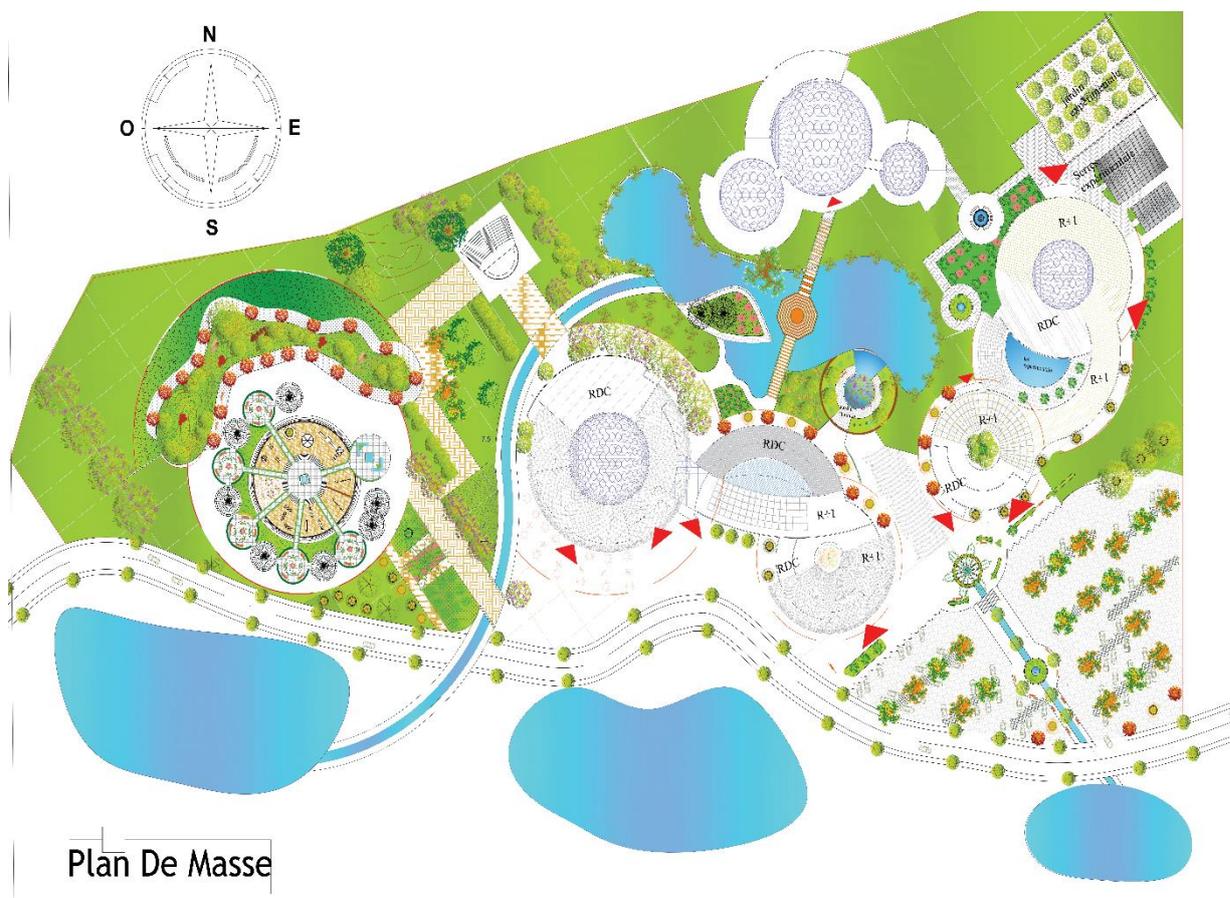


FIGURE 70 PLAN DE MASSE DE CENTRE DE RECHERCHE DE BIODIVERSITE

IV-2.1.7.2. Les données et matériel utilisé :

Les données climatiques :

Températures et précipitations moyennes La "maximale moyenne quotidienne" (ligne rouge continue) montre la température maximale moyenne d'un jour pour chaque mois pour Souk Ahras. De même, « minimale moyenne quotidienne" (ligne bleu continue) montre la moyenne de la température minimale. Les jours chauds et les nuits froides (lignes bleues et rouges en pointillé) montrent la moyenne de la plus chaude journée et la plus froide nuit de chaque mois des 30 dernières années. Pour la planification de vacances, vous pouvez vous attendre à des températures moyennes, et être prêt à des jours plus chauds et plus froids. La vitesse du vent n'est normalement pas affichée, mais peut être ajustée en bas du graphique.

Le graphique des précipitations est utile pour la planification des effets saisonniers, tels que climat de mousson en Inde ou la saison des pluies en Afrique. Précipitations mensuelles

supérieures à 150mm sont pour la plupart humides, en dessous de 30mm généralement séchés.
 Note: Les quantités de précipitation simulée dans les régions tropicales et terrains complexes tendent à être plus petites que les mesures locales.¹

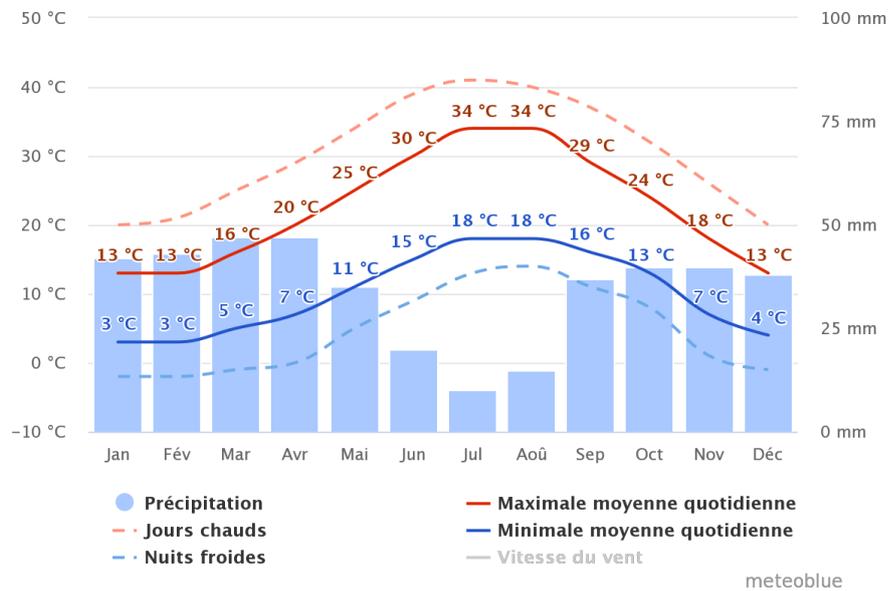


FIGURE 71TEMPERATURES ET PRECIPITATIONS MOYENNES SOUK AHRAS

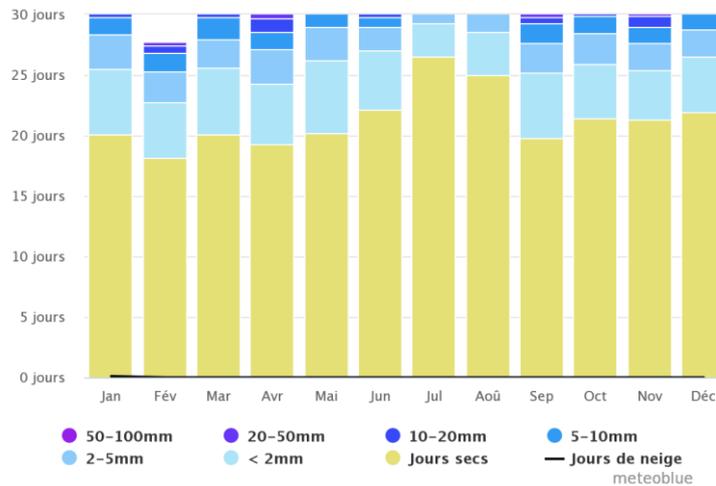
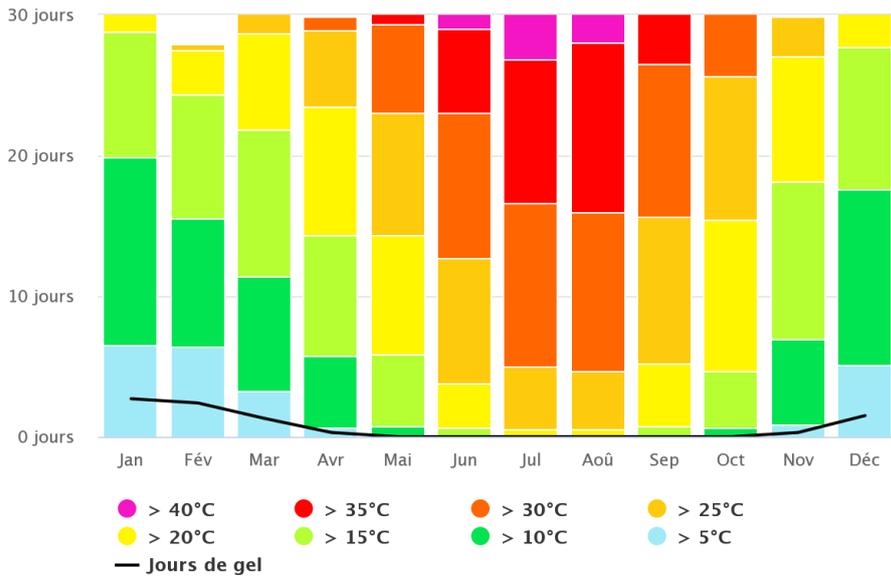


Figure 72Quantité de précipitations Souk Ahras

Le diagramme de la précipitation pour Souk Ahras indique depuis combien de jours par mois, une certaine quantité de précipitations est atteinte. Dans les pluies tropicales et la mousson peut être sous-estimée.

Températures maximales

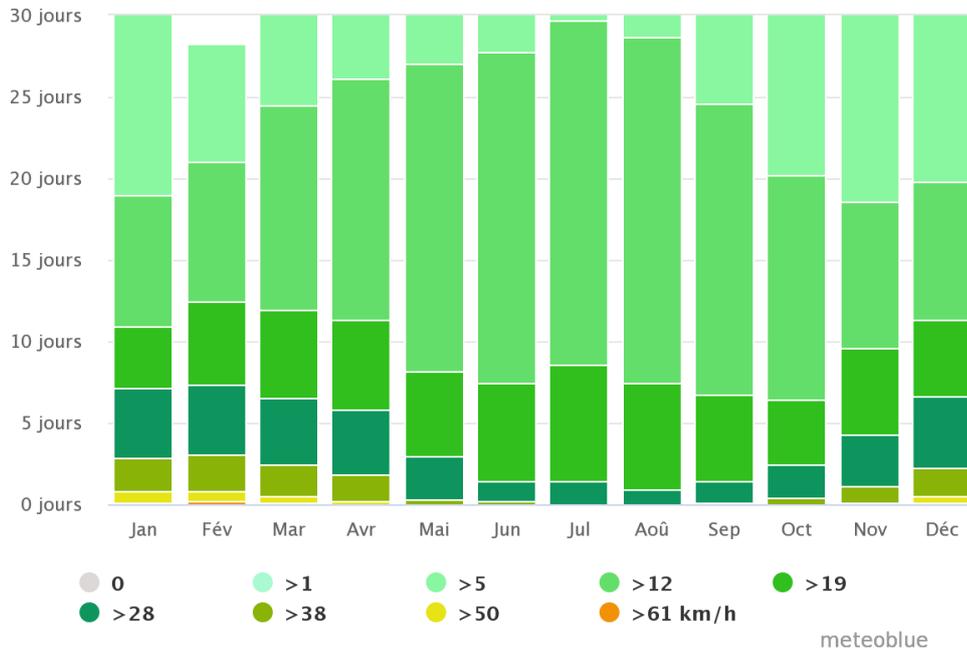
¹ Météo bleu, Climat Souk Ahras, https://www.meteoblue.com/fr/meteo/historyclimate/climatemodelled/souk-ahras_alg%C3%A9rie_2479215



meteoblue

Figure 73 Températures

maximales Souk Ahras



meteoblue

FIGURE 74 VITESSE DU VENT SOUK AHRAS

IV-2.1.7.3. Les données de projet

La partie du projet choisie pour la simulation et l'entité centrale qui sert d'accueil et l'exposition pour le projet



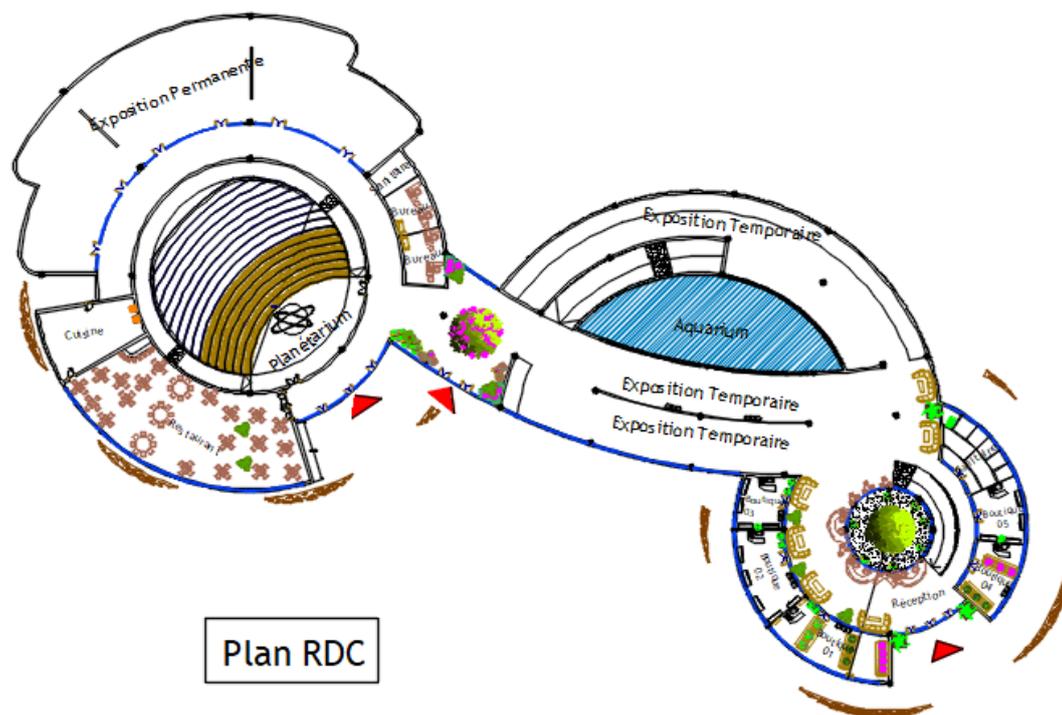
FIGURE 75VUE 3D DEPROJET

-l'entité d'exposition se compose de

Le niveau 00 :la premier partie d'accueil contient l'espace de réception et les différentes boutiques, la deuxième partie contient les espaces d'exposition : l'aquarium, exposition végétal, et le planétarium et un restaurant

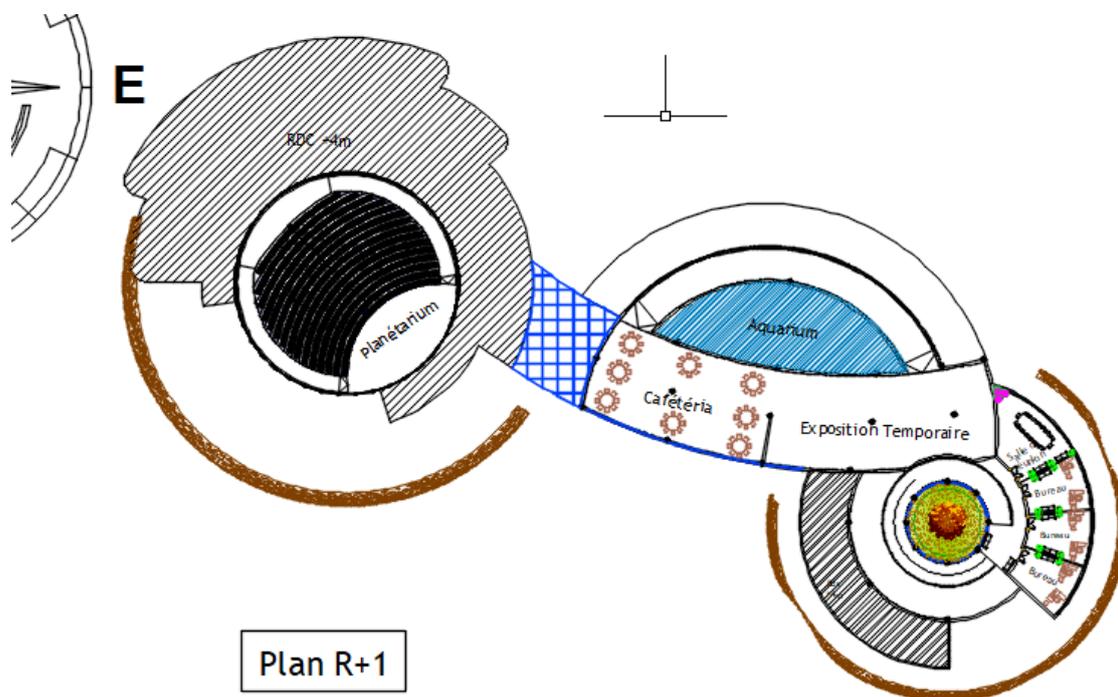
-le niveau 01:la première partie contient les bureaux administratifs, la deuxième partie contient le reste des salles d'exposition et une cafeteria

-le niveau 02: réserver pour un terrasse jardin



Plan RDC

FIGURE 76 PLAN RDC ENTITE EXPOSITION



Plan R+1

FIGURE 77 PLAN R+1 ENTITE EXPOSITI

Méthodologie de travail

Modélisation et paramétrage du modèle énergétique

Chapitre 04 : La simulation : un outil d'aide à une conception écologique

Pour la modélisation de la maquette numérique (BIM), on a eu recours au logiciel Autodesk Revit..Revit est un logiciel de conception de bâtiment qui permet de créer un modèle en 3D d'un bâtiment pour créer divers documents nécessaires à sa construction (plan, perspective, ...).¹

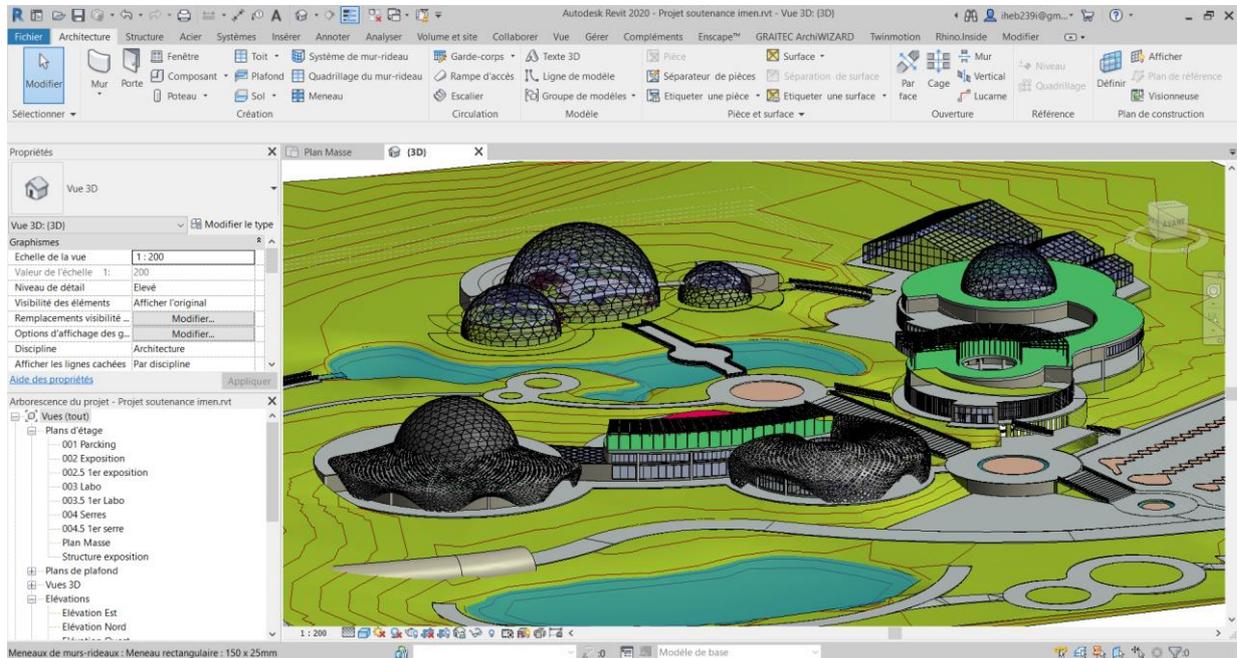
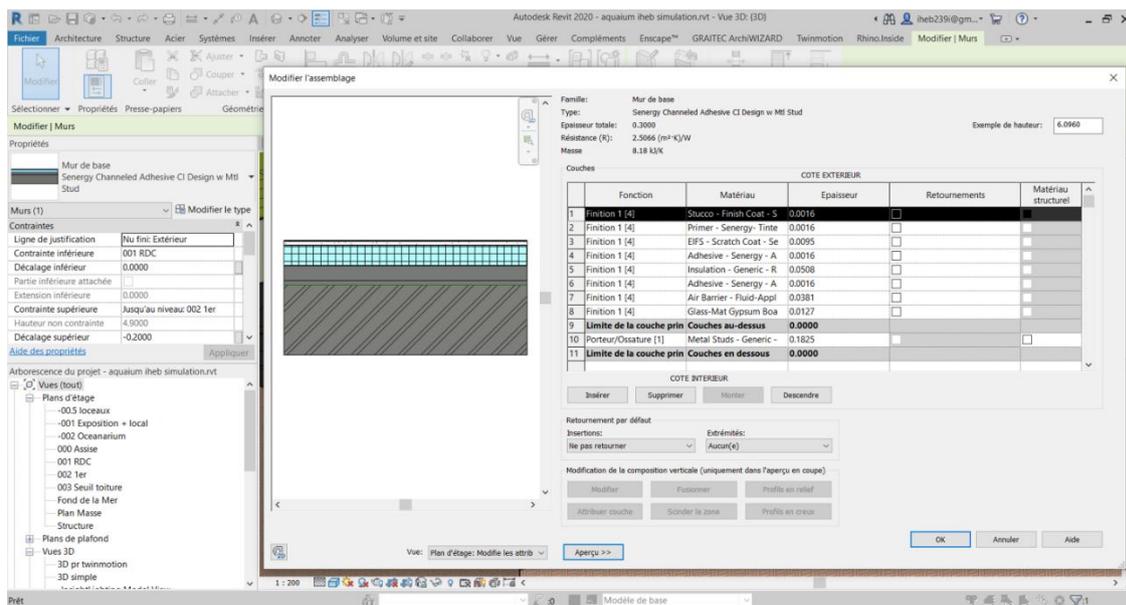


FIGURE 78 MODELISATION DU MODELE 3D DANS REVIT, SOURCE : AUTEUR

APRES LA MODELISATION DES PAROIS ET LA POSE DES FENETRES ET PORTES, ON PASSE AU PARAMETRAGE DES MATERIAUX, ON PEUT ALORS INSERER LES CARACTERISTIQUES DES PAROIS (COMPOSITION, CARACTERISTIQUES THERMIQUES...), ET AUSSI PARAMETRER LE TYPE DE VITRAGE (DOUBLE VITRAGE, TRIPLE VITRAGE).



¹ www.wikipedia.org

FIGURE 79 PARAMETRAGE DES MATERIEAUX DANS REVIT, SOURCE : AUTEUR

Après le paramétrage, on passe à l'exportation du fichier via l'extension Archiwizard Revit, ce qui va automatiquement générer un modèle énergétique prenant en compte tous les paramètres du projet.

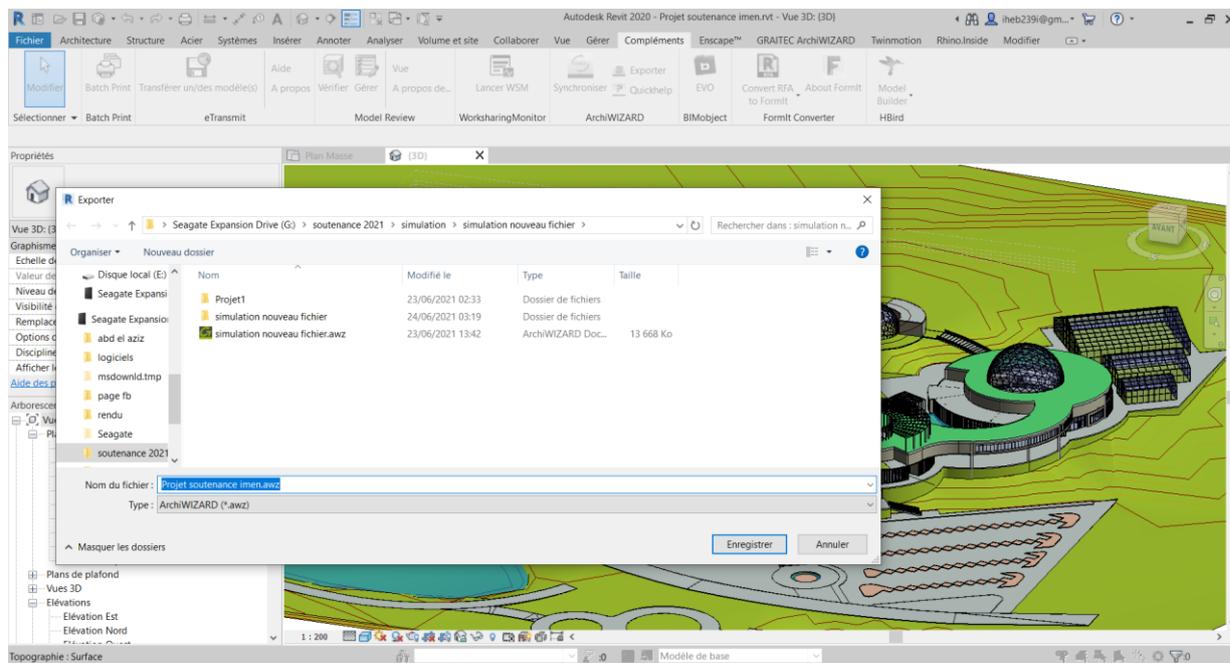


FIGURE 80 EXPORTATION DU MODELE ANALYTIQUE VIA L'EXTENTION ARCHIWIZARD, SOURCE : AUTEUR

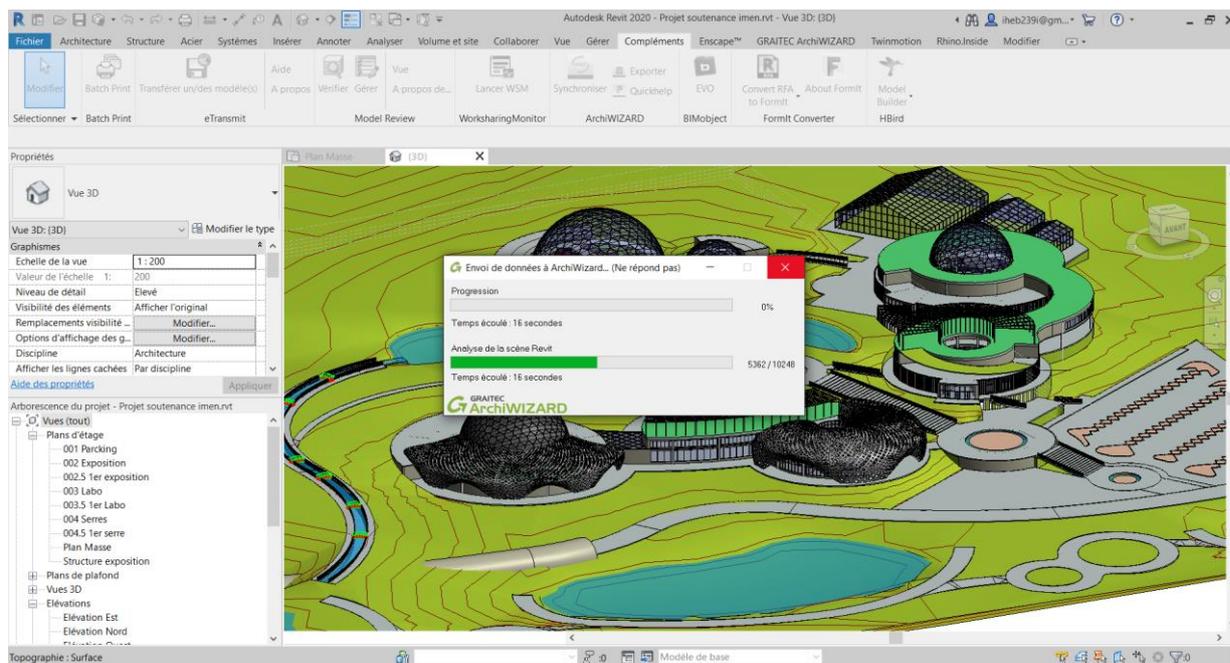


FIGURE 81 EXPORTATION DU MODÈLE ANALYTIQUE VIA L'EXTENSION ARCHIWIZARD, SOURCE: AUTEUR

Après l'exportation, on introduit des paramètres supplémentaires tel que le type de projet, le fichier climatique...

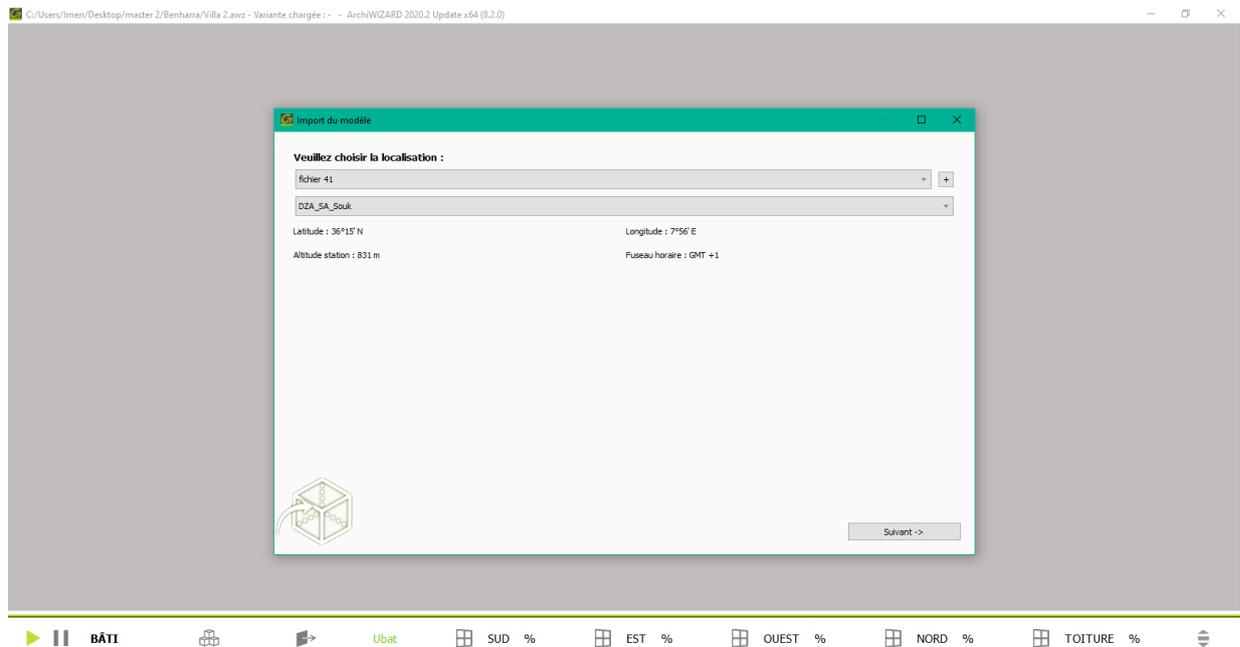


FIGURE 82 INSERTION FICHIER CLIMATIQUE ET DES CARACTERISTIQUES DU PROJET DANS ARCHIWIZARD, SOURCE : AUTEUR

Il est possible de répartir ces éléments selon 5 catégories : Parois, Vitrage, Cadres, Remplissage opaque, Environnement et objets.

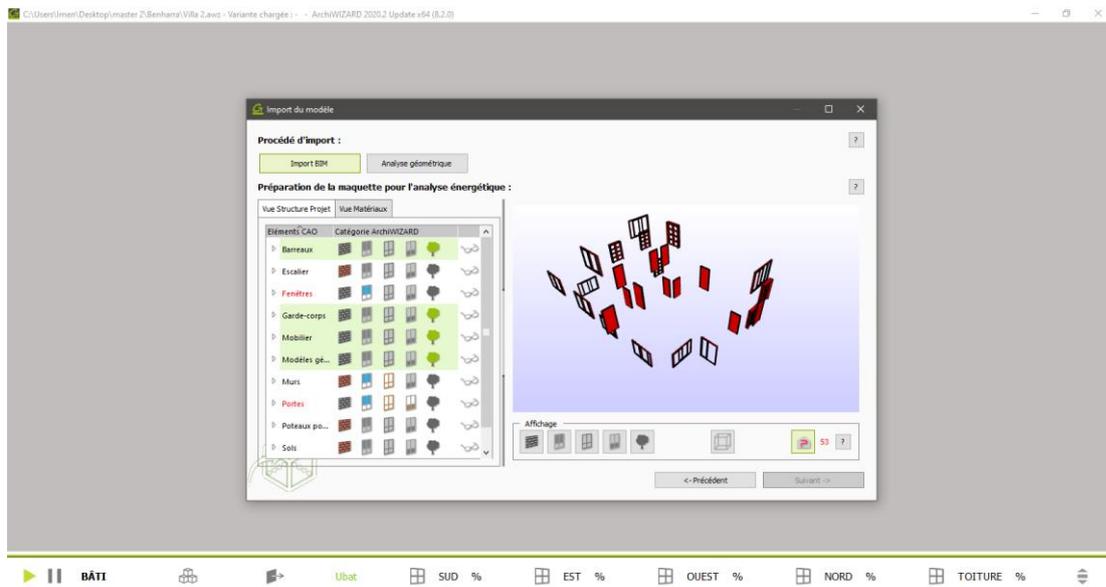


FIGURE 83 CLASSIFICATION DES ELEMENTS SELON LA CATEGORIE (SOURCE AUTEUR)

Ensuite, on accède au modèle dans l'interface Archiwizard et par la même, aux résultats de l'analyse. Arriver à cette étape, on a libre choix aux différents réglages et paramétrages du modèle énergétique et la possibilité de synchroniser le modèle à tout moment, notamment l'imagerie solaire.

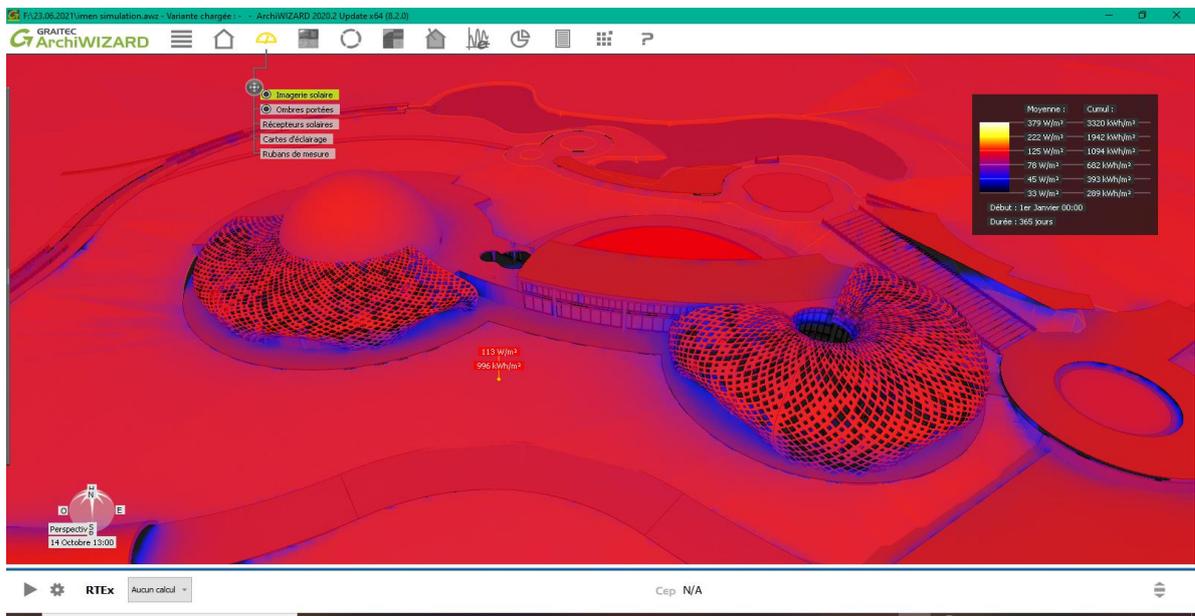


FIGURE 84 IMAGERIE SOLAIRE (SOURCE AUTEUR)

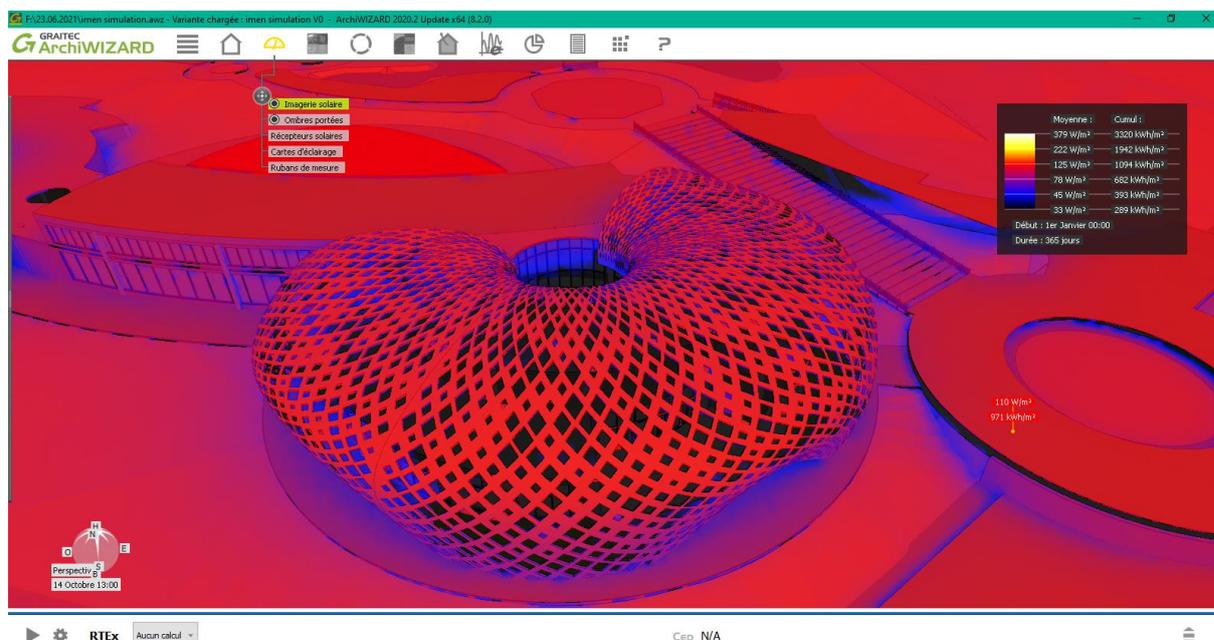


FIGURE 85IMAGERIE SOLAIRE EN TEMPS REEL DANS ARCHIWIZARD, SOURCE : AUTEUR

D'après les résultats de l'imagerie solaire on peut remarquer un niveau d'exposition moyen pour les parois de la façade Sud. On peut également remarquer :

- le système de double peau utilisée dans la façade expose sud de projet à minimiser l'exposition au rayon solaire ainsi permettre une température intérieur ambiante confortable
- l'utilisation de système de patio à minimiser l'exposition au rayon solaire donc les résultats de la simulation de l'imagerie solaire sont acceptables

Arriver a cette étape, on a libre choix aux différents réglages et paramétrages du modèle énergétique et la possibilité de synchroniser le modèle a tout moment, notamment l'imagerie solaire.

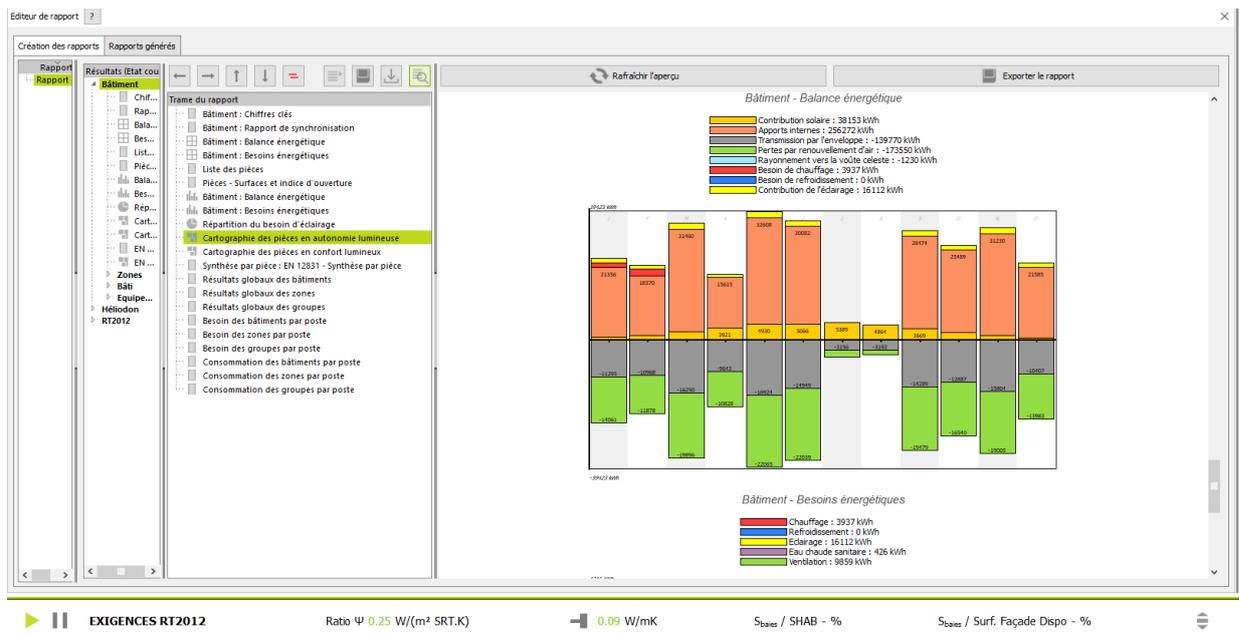


FIGURE 87 GENERATION DES RAPPORTS D'ANALYSE DANS ARCHIWIZARD, SOURCE : AUTEUR

La dernière étape consiste à générer les différents rapports dont on a besoin et ainsi visualiser les résultats obtenus.

Interprétation des Résultats

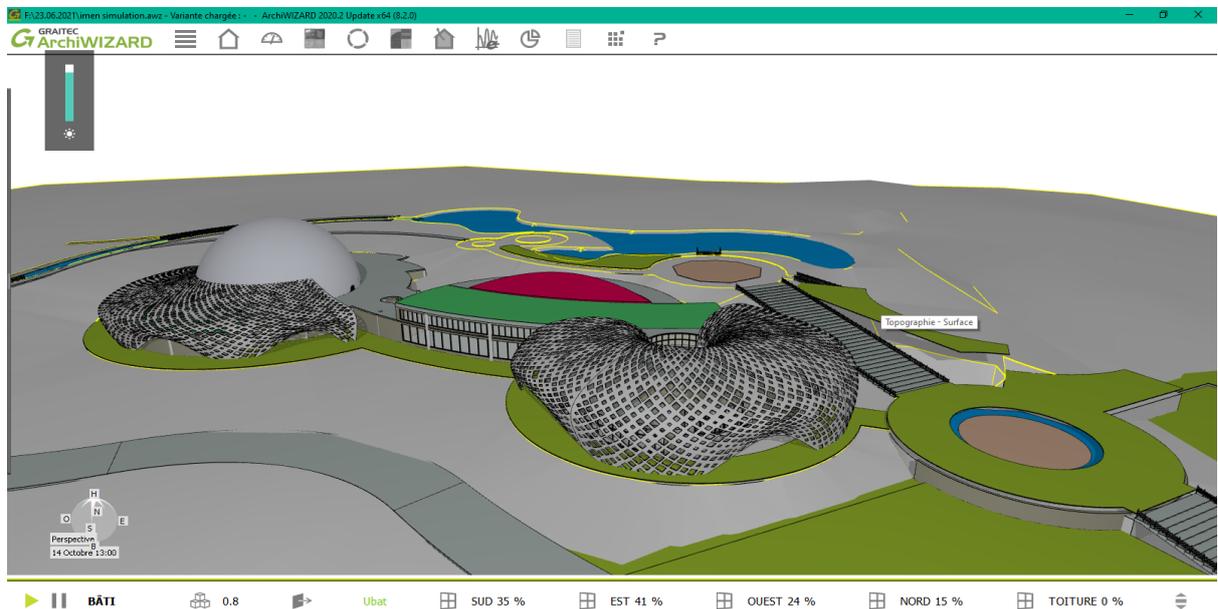


Tableau 4 Information globales sur le projet, source : Auteur

Informations générales	
Nom	Bâtiment
Nombre de zones	1
Nombre de pièces	19
SRT	2041.0 m ²
Surface utile (SU)	1700.8 m ²
Volume	5683.2 m ³
Coefficient de déperdition global de l'enveloppe	
Ubat	0.243 W/(m ² .K)
Besoins énergétiques	
Chauffage	3937 kWh
Refroidissement	0 kWh
Eclairage	16112 kWh
Ventilation	9859 kWh
Eau chaude sanitaire (besoin brut)	426 kWh
Eau chaude sanitaire (besoin final)	426 kWh
Taux de couverture solaire	0 %

FIGURE 88 INFORMATION GLOBALES SUR LE PROJET, SOURCE : AUTEUR

Le premier tableau nous donne des informations globales du bâtiment notamment la SRT, la surface utile ainsi que le volume de la partie du projet étudié.

Le premier paramètre à prendre en considération est le Ubat qui est l'indicateur de performance de l'enveloppe. Il est présenté sous forme de coefficient de déperdition global de l'enveloppe. Le coefficient issu de l'analyse du bâtiment est comparé à un Ubat calculé avec des performances de parois et de baies de références proposées par l'observatoire BBC. L'indicateur dans l'interface du logiciel passe au vert si la performance de l'enveloppe est supérieure ou égale au seuil normalisé de la performance référence.

On peut constater que l'indicateur de performance de l'enveloppe est de l'ordre de 0.243W(m². K) dans le tableau ci-dessus et au vert dans l'interface logiciel ce qui démontre une performance de l'enveloppe qui répond aux exigences de la RT 2012.

On peut également remarquer l'indice de compacité de l'enveloppe qui se calcule par la division de la surface déperditive sur le volume du bâtiment, dans notre projet on note qu'elle est de 0.8, or on considère que ce critère est performant s'il est inférieur à 0.8 donc il répond

aux exigences

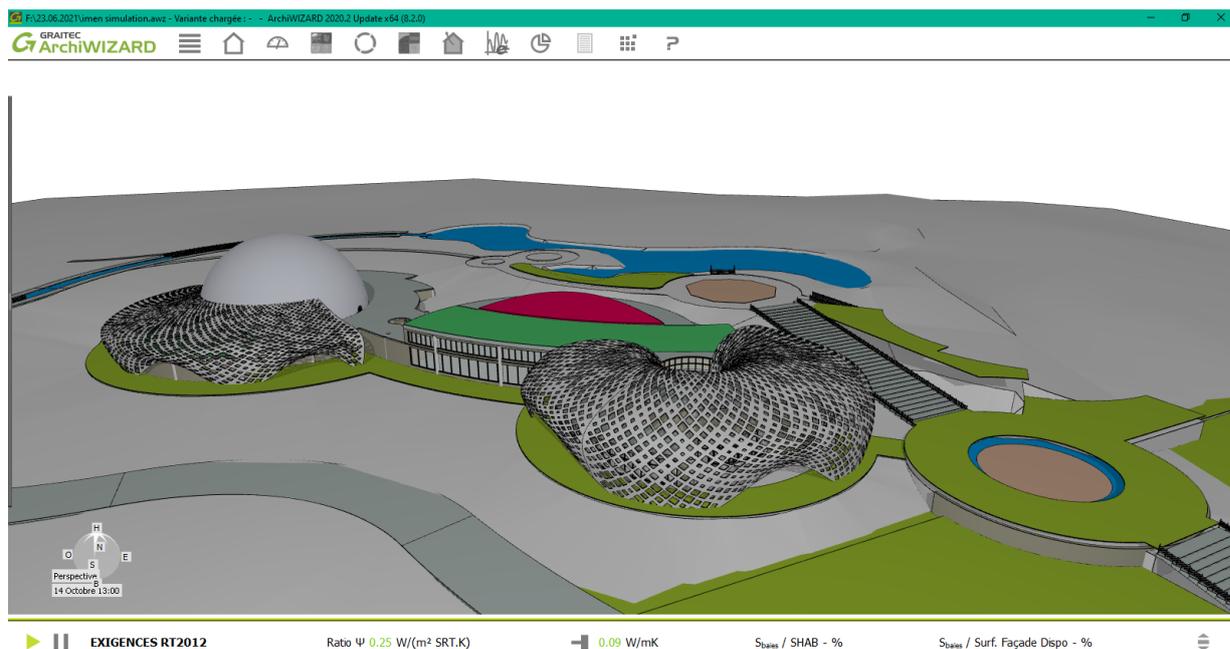


FIGURE 89 INTERFACE ARCHIWIZARD 2020, SOURCE : AUTEUR

La deuxième page de données nous permet de connaître des paramètres sur le comportement thermique du bâtiment.

Le premier paramètre à constater est le **ratio Ψ de transmission thermique linéique moyen global** qui est calculé comme suit $\Psi = \sum_i (\Psi_i \times L_i) / \text{SRT}$.

La **RT 2012** exige qu'il soit inférieur à **0.28 W/(m²SRT.K)**. Selon les résultats analytique on note que ce ratio dans notre bâtiment est de **0.25 W/(m²SRT.K)** et donc répond aux exigences de la **RT 2012**.

Bâtiments	Bâtiment
Département	94 - Val de Marne H1a (94)
SRT en m²	2041.0
Bbio en pts	55.3
Bbiomax en pts	60.5
Cep en kWhep/(m².an)	NA
Cepmax en kWhep/(m².an)	NA
Aepenr* en kWhep/(m².an)	0.0

FIGURE 90 TABLEAU DES RESULTATS RT 2012, SOURCE: AUTEUR

Ce tableau concerne les chiffres relatifs aux exigences de la **RT 2012** et on peut en extraire les 3 paramètres relatifs aux exigences de la **RT 2012** :

Le Besoin bioclimatique (**Bbio**):

C'est la première exigence de la **RT 2012** et elle concerne l'efficacité énergétique minimale du bâti, valorise le niveau d'isolation (étanchéité à l'air, la conception bioclimatique, la mitoyenneté). Il caractérise le besoin en énergie des composantes liées à la conception du bâti (chauffage, refroidissement et éclairage). Le **Bbio** se calcule par la formule suivante¹ :

$$\mathbf{Bbio} = 2 \times \mathbf{Besoin\ en\ Chauffage} + 2 \times \mathbf{Besoin\ en\ Refroidissement} + 5 \times \mathbf{Besoin\ en\ éclairage}$$

La RT 2012 exige que les besoins bioclimatique (**Bbio**) du bâtiment soient inférieurs aux besoins bioclimatiques maximales (**Bbiomax**). D'après les résultats obtenus on constate que la valeur des besoins bioclimatiques de notre bâtiment est de **55.3** et les besoins bioclimatiques maximales est de **60.5** et donc **Bbio < Bbiomax**, ce qui répond aux exigences de la **RT 2012**.

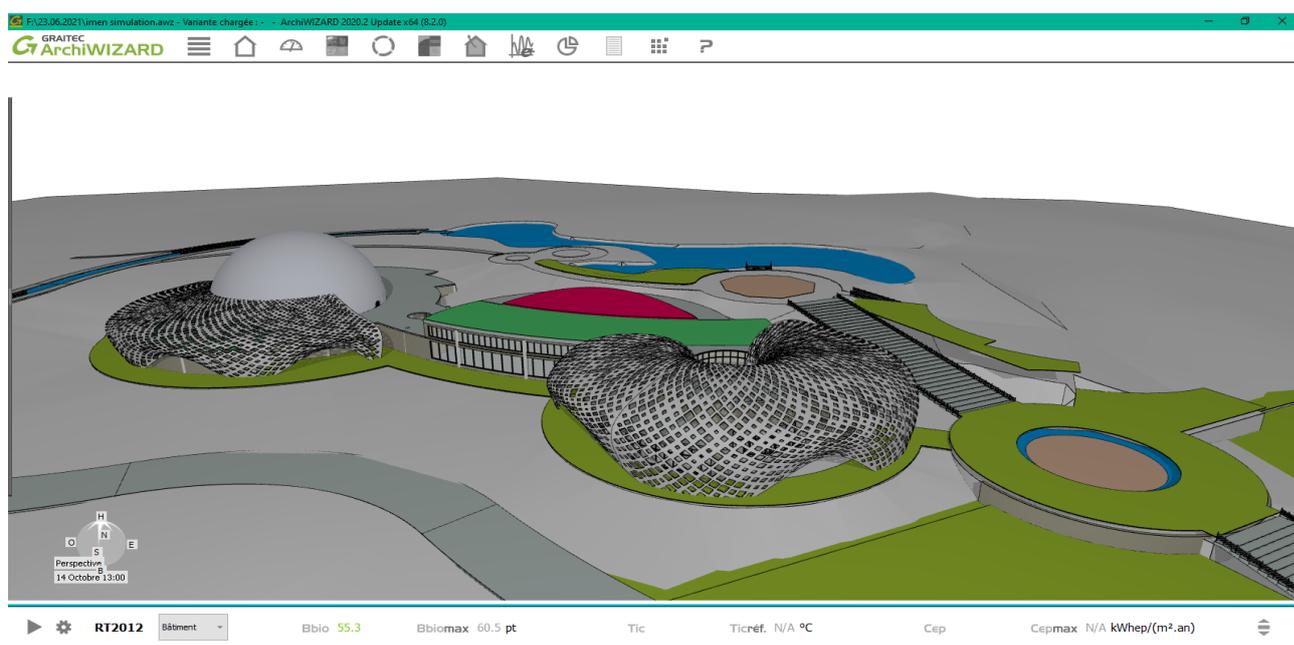
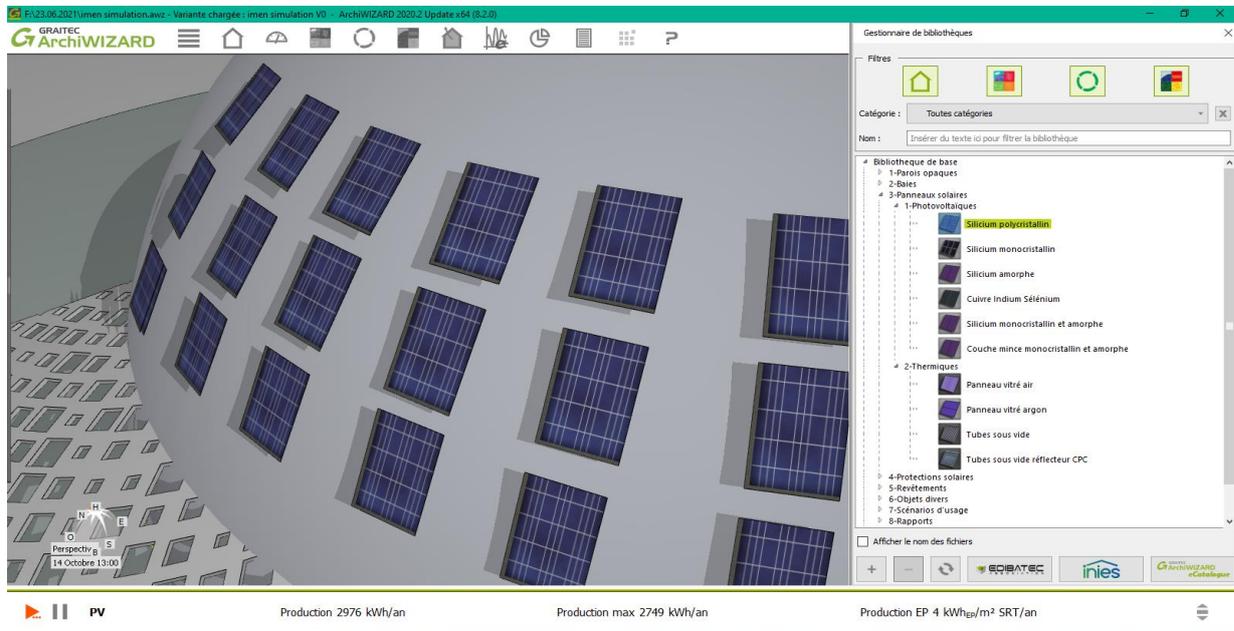
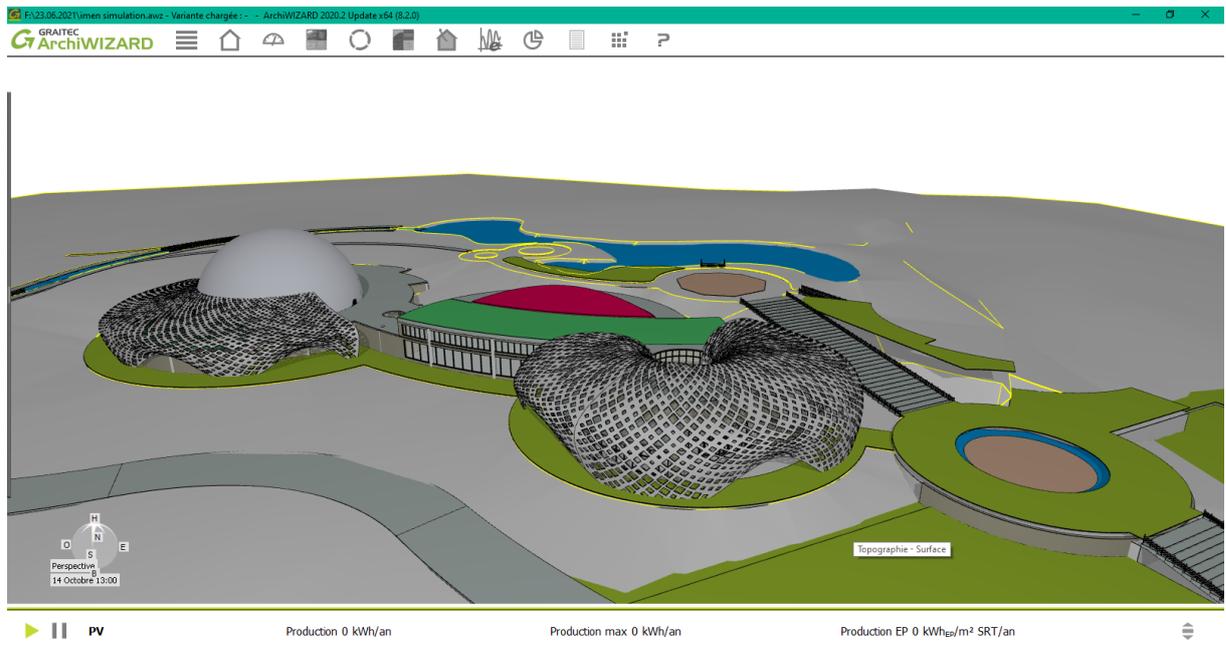


FIGURE 91 INTERFACE ARCHIWIZARD 2020, SOURCE: AUTEUR

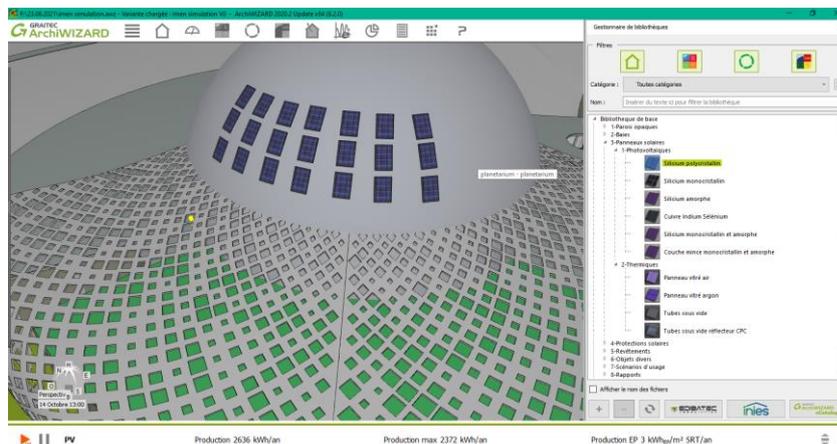
L'obtention de ces résultats a été permis grâce a l'utilisation d'isolants performant dans le but de minimiser les ponts thermiques et ainsi minimiser les déperditions thermiques afin de réduire les besoins énergétiques.

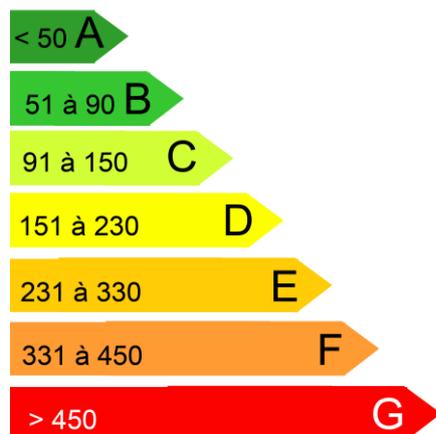
¹ www.e-rt2012.fr

Chapitre 04 : La simulation : un outil d'aide à une conception écologique

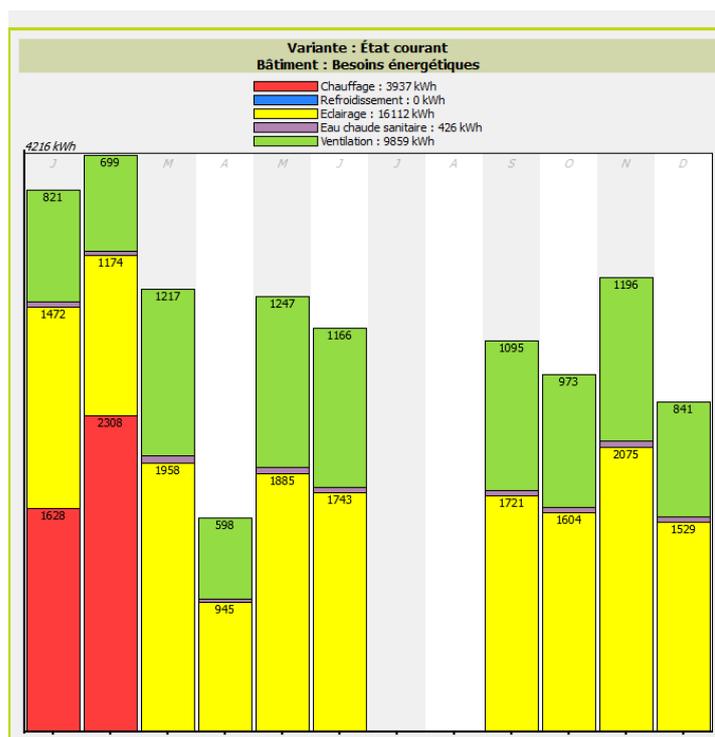


La mise en place des panneaux photovoltaïques au niveau de toiture orientée au sud pour équilibré entre la consommation et la production de projet





Ubat	0.243 W/(m².K)
Besoins énergétiques	
Chauffage	3937 kWh
Refroidissement	0 kWh
Eclairage	16112 kWh
Ventilation	9859 kWh
Eau chaude sanitaire (besoin brut)	426 kWh
Eau chaude sanitaire (besoin final)	426 kWh
Taux de couverture solaire	0 %



Après la division du total sur la surface habitable on opte la classification de projet qui est en classe A avec une consommation de 17.83

La simulation a été effectuée par le logiciel ArchiWIZARD montre les valeurs sente tique des niveaux de confort de consommation énergétique qui donne intervalle acceptable selon RT2021.le comportement environnemental pour notre cas d'étude peut être considéré comme conforme au label de référence cette application nous a permis de monter aussi l'importance des outils de simulation pour une conception environnementale de projet architecturale

IV.2.2. Simulation des ambiances extérieures : utilisation du logiciel Envi_Met

IV.2.2.1. Présentation de logiciel

Le recours aux méthodes numériques pour l'étude des questions climatiques en milieu urbain confère un avantage important en comparaison avec les mesures globales in-situ. La capacité de traitement de multiples variables de l'espace urbain ainsi que de différents phénomènes climatiques, rendent leurs usages de plus en plus courants¹ Les modèles microclimatiques peuvent être classés selon leur échelle spatiale, qui peut aller de kilomètres à quelques centimètres. Souvent, les modèles développés afin d'étudier des phénomènes liés à la climatologie urbaine, comme par exemple le phénomène de l'îlot de chaleur urbain, exigent une résolution spatiale importante qui correspond à une échelle d'environ $\sim 1/500$. Cette échelle correspond à l'échelle du modèle de simulation du microclimat urbain ENVI-met qui sera présenté plus en détails par la suite²



FIGURE 92 ENVI-MET - DECODE URBAN NATURE WITH ENVI-MET SOFTWARE ENVI-MET.COM

¹ [Arnfield 2003].

² [Gross 1991, Masson, 2000].

ENVI-met à la capacité de traiter l'ensemble des aspects du microclimat urbain d'ordre thermodynamique et aéraulique, en tenant compte des effets de la végétation. Cette capacité constitue un atout car la majorité des logiciels actuellement utilisés dans la simulation du microclimat urbain, se focalisent sur l'analyse d'un seul aspect du microclimat et ainsi ne recouvrent pas l'ensemble des aspects. A titre d'exemple, nous pouvons citer les modèles comme Miskam¹ ou Muklimo 3 i se concentrent sur le champ du vent et la distribution des gaz et aérosols dans l'atmosphère, et négligent les effets thermodynamiques et le calcul des températures des surfaces urbaines. D'autres modèles comme Solweig ²ou Rayman ³], s'orientent vers la simulation des flux de rayonnement dans l'environnement urbain. Enfin, des modèles comme celui proposé par⁴ analysent uniquement l'interaction de la végétation avec le microclimat urbain (évapotranspiration, ombres...).

Le logiciel Envi-Met est largement reconnu pour ses capacités à simuler des résultats précis pour des zones d'étude à grande échelle. Ceci fait sa particularité par rapport à d'autres logiciels entièrement dédiés à l'analyse du bâtiment ou de la ville à petite échelle. Le logiciel Envi-Met appréhende le champ urbain à une échelle de fragments urbains, de la rue canyon au quartier urbain.

IV.2.2.2. Principes généraux

Le logiciel de pronostic climatique en trois dimensions, ENVI-met⁵ apparaît actuellement comme le plus complet dans sa catégorie (thermoaéraulique). Il permet l'étude et la comparaison, à une échelle microclimatique, des surfaces artificielles (bâtiments) et de la végétation dans des rues, dans des cours privées ou dans des espaces verts publics. Ce modèle tridimensionnel résout les équations classiques en fonction du temps, et simule les modifications « fortes » du vent (limites solides), comme celles dues aux murs, et les modifications plus « faibles » (barrières poreuses), comme celles dues à la végétation. Il est composé d'un modèle atmosphérique (équations de Navier-Stokes en condition non-hydrostatiques et incompressibles, approximation de Boussinesq, modèle de clôturation de turbulence d'ordre 1.5), d'un modèle de sol (température, humidité, eau), d'un modèle de surface (bâtiments) et d'un modèle de végétation. Le modèle sol permet le calcul du transfert de la chaleur surfacique à l'intérieur du sol et vice-versa. La partie hydrologique permet le calcul de l'eau disponible dans le sol.

¹ [Eichhorn, 1989]

² [Lindberg et al., 2008]

³ [Matzarakis et al., 2007]

⁴ [Mahrer et Avissar, 1984],

⁵ [Bruse et al. 1998],

La principale différence entre ENVI-MET et les grands modèles atmosphériques utilisés pour la prédiction de la météo actuelle et future, est la résolution du modèle temporelle et spatiale. Avec une résolution spatiale entre 0,5 m et 10 m et un pas de temps de 10s, ENVI-MET simule à une échelle microscopique, les interactions entre l'atmosphère, les sols, la végétation et les bâtiments. Chaque structure urbaine et chaque élément végétal peuvent être explicitement simulés avec ENVI met, ce qui fait du logiciel « l'outil parfait » pour les urbanistes, les architectes et les climatologues urbains qui veulent simuler les composants météorologiques de l'environnement urbain

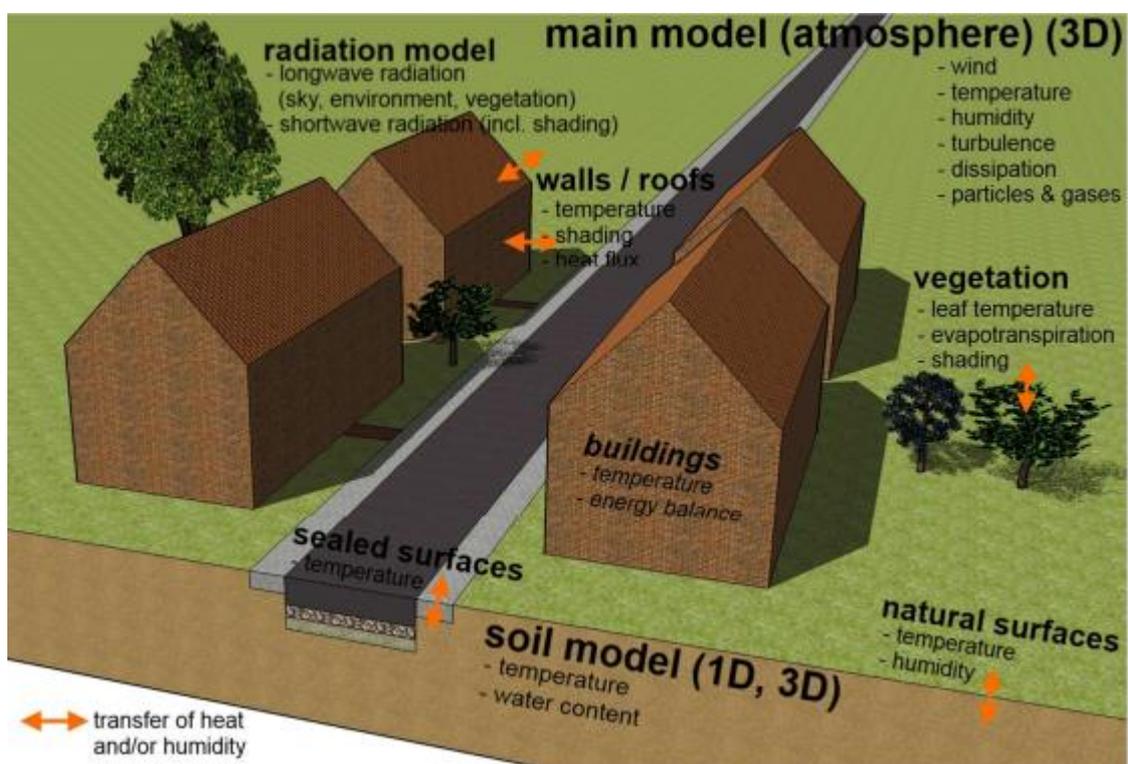


FIGURE 93 SCHEMA DES SOUS-MODELES DE ENVI-MET (SOURCE : [HTTP://WWW.ENVIMET.COM/DOCUMENTS/ONLINEHELPV3/HS800.HTM](http://www.envimet.com/documents/onlinehelpv3/hs800.htm))

ENVI-met calcule la dynamique du microclimat durant un cycle journalier (24 ou 48 heures) en utilisant les lois fondamentales de la dynamique des fluides et la thermodynamique précédemment citée. Le logiciel simule également les conditions autour et entre les bâtiments (interactions entre les surfaces extérieures d'un espace urbain ouvert) et les interactions entre les surfaces, l'air et la végétation. Le processus d'échange de la chaleur et de la vapeur au niveau du sol et des surfaces verticales, les turbulences, les échanges aux niveaux de la végétation, la bioclimatologie et la dispersion des parcelles, sont également simulés. Ces simulations sont

effectuées à travers une grille d'analyse tridimensionnelle avec des coordonnées variables sur les axes x, y et z.

Envi-Met est le seul logiciel où l'ensemble des facteurs influencent le confort thermique comme, la vitesse du vent, la direction et la température moyenne radiante (TMRT) sont intégralement simulés afin de calculer les indices du confort thermique.^{1]} ENVI-met détient également la capacité d'analyser des situations extrêmes comme le cas d'un climat aride qui se caractérise par une large durée d'ensoleillement la journée et de faibles précipitations.

IV.2.2.3. les avantages attribués à ENVI-met:²

- ENVI-met simule la dynamique du microclimat au sein d'un cycle journalier. Le modèle est en stationnaire et non - hydrostatique et simule tous les processus de changement, notamment l'écoulement du vent, les turbulences, les flux de rayonnement, la température et l'humidité. - Une représentation détaillée des structures urbaines complexes est possible, c'est à dire qu'avec Envi-met il est possible de représenter les bâtiments avec différentes formes et hauteurs. Avec ENVI-met il est également possible de représenter des détails de conception tels que des galeries et des formes géométriques irrégulières. - La végétation est traitée comme un obstacle poreux au vent et au rayonnement solaire. De plus, les processus physiologiques de l'évapotranspiration et de la photosynthèse sont 15 considérés et différents types de végétation avec des propriétés spécifiques peuvent être utilisés. Le sol est également considéré comme un volume composé de plusieurs couches et peut être de différents types. - La résolution spatiale élevée (jusqu'à 0,5 m horizontalement) et la résolution temporelle (jusqu'à 10 s), permettent une lecture fine des changements microclimatiques, surtout sensibles à la géométrie urbaine, ce qui constitue un élément pertinent pour les questions de confort. - Le modèle nécessite un nombre limité de données d'entrée et fournit un grand nombre de données de sortie. La variable clé pour le confort en plein air qui est la température moyenne radiante (TMRT), est également calculée

IV.2.2.4. Les thématiques suivantes peuvent être traitées avec ENVI-Met³

1) Morphologie urbaine : – Tissus urbains / Architecture urbaine – Urbanisme / Développement urbain

¹ [Lenzholer, S 2010]

² [Bruse, 1999]

³ ENVI-met software envi-met.com

2) Physique urbaine : – Climatologie urbaine – Aéraulique / Pollution de l'air – Thermique et énergétique urbaine – Eclairage naturel et artificiel – Végétation

3) Economie et gestion urbaine : – Gestion urbaine – Localisations des activités

4) Géographie et dynamique spatiale : – Dynamique spatiale intra-urbaine – Mobilité quotidienne – Choix résidentiels – Dynamique des systèmes de villes

IV.2.2.5. Metodologie de travail

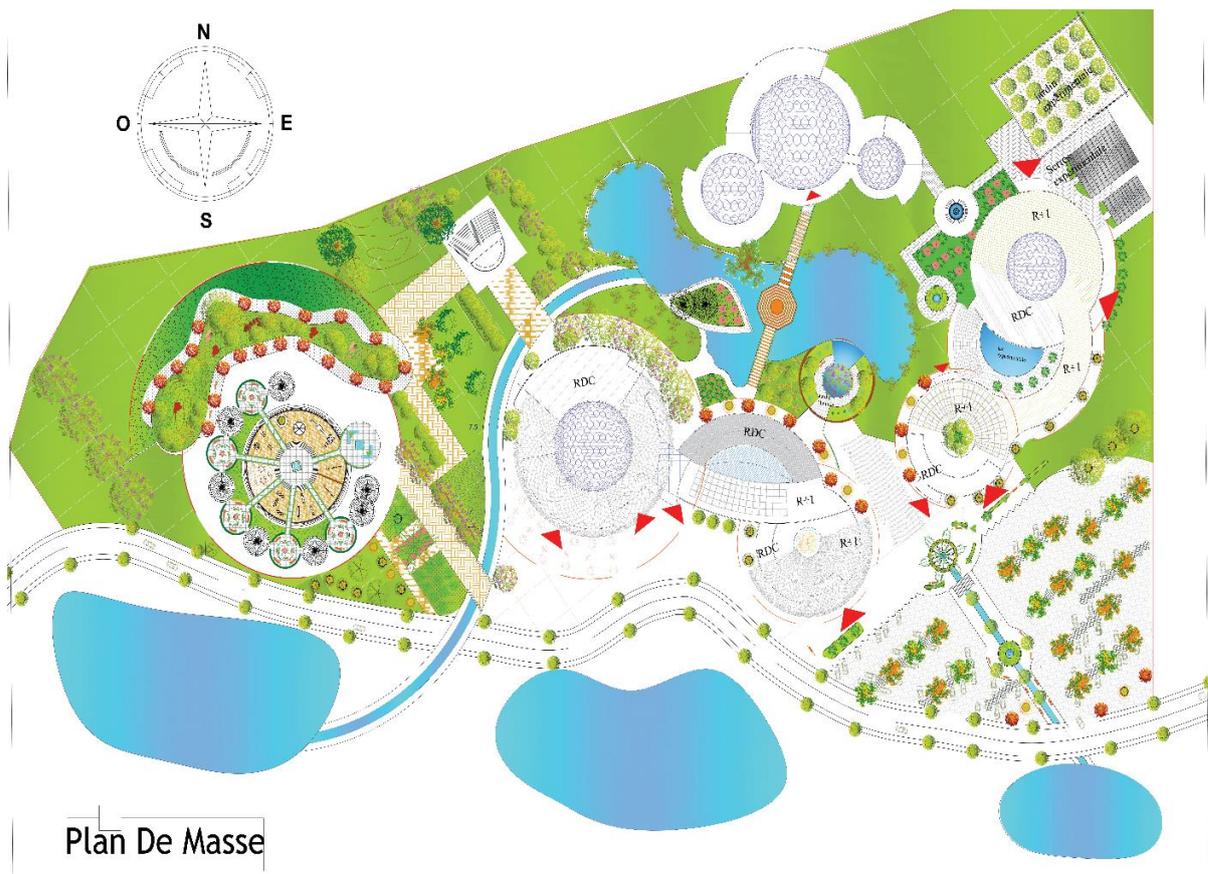
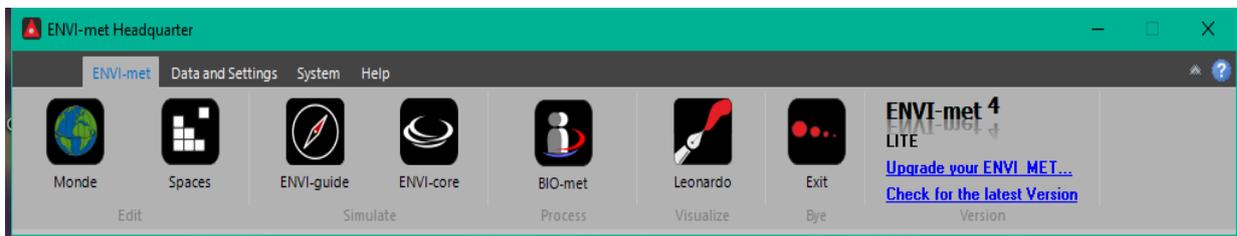


FIGURE 94 PLAN DAMENAGMENT DE CAS DETUDE



Les étapes de la simulation

Données d'entrée

Géométrie (fichier.IN) Propriétés morphologiques du modèle (Bâti, végétation, sol).

Fichier de configuration (fichier configuration. CF) Date, heure et durée de la simulation.

Propriétés physiques (température initiale, humidité relative, vitesse & direction du vent)

Base de données Dimensionnement des cellules de modélisation / Dimensionnement de la grille d'analyse / Définition des limites du modèle / Orientation du modèle/ Localisation/ végétation

- Dimensionnement des cellules de modélisation - Dimensionnement de la grille d'analyse - Définition des limites du modèle - Orientation du modèle - Localisation

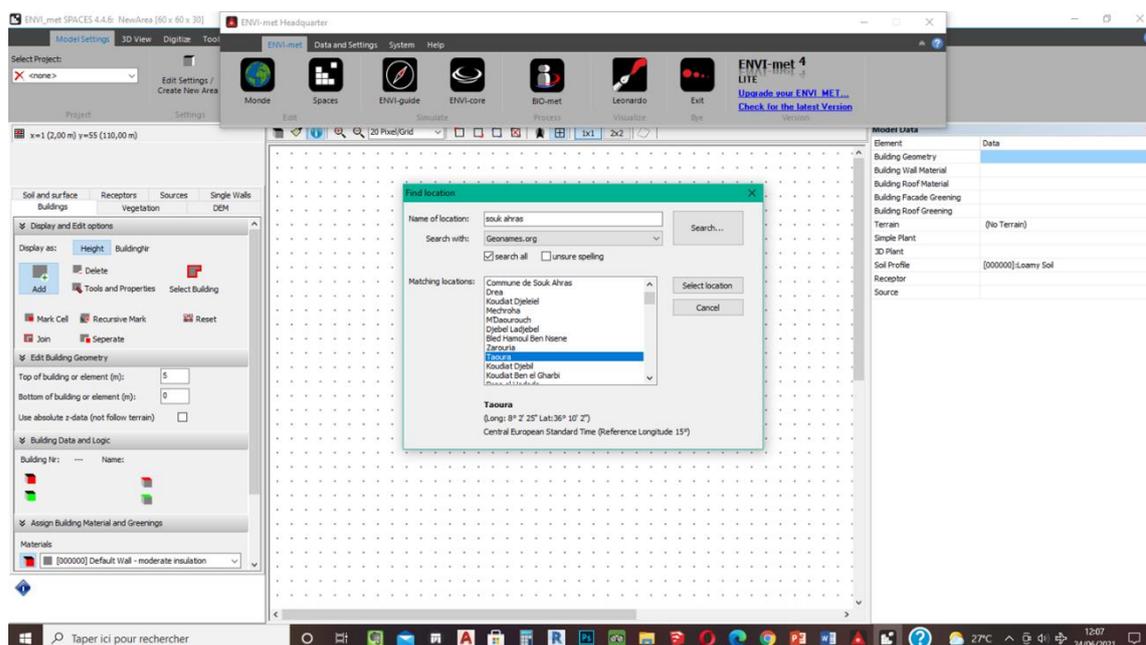


FIGURE 95 LES ETAPES DE LOGICIEL ENVI MET (SOURCES AUTEUR)

Dans le cadre de l'étape 1, nous devons également renseigner le fichier de configuration (fichier .CF) afin de pouvoir lancer les simulations. Dans ce fichier nous devons inclure des informations sur la date, l'heure et la durée de la simulation que l'on souhaite lancer. En outre, nous devons renseigner les conditions initiales des propriétés physiques notamment pour la température initiale (TA: Air dry bulb temperature), l'humidité relative (RH: relative humidity), la vitesse et direction du vent (V : wind speed), le coefficient de transmission thermique U pour les murs, le paramètre U pour les toitures, l'albédo des murs, et l'albédo des toitures. Une valeur par défaut est également attribuée à la température du sol.

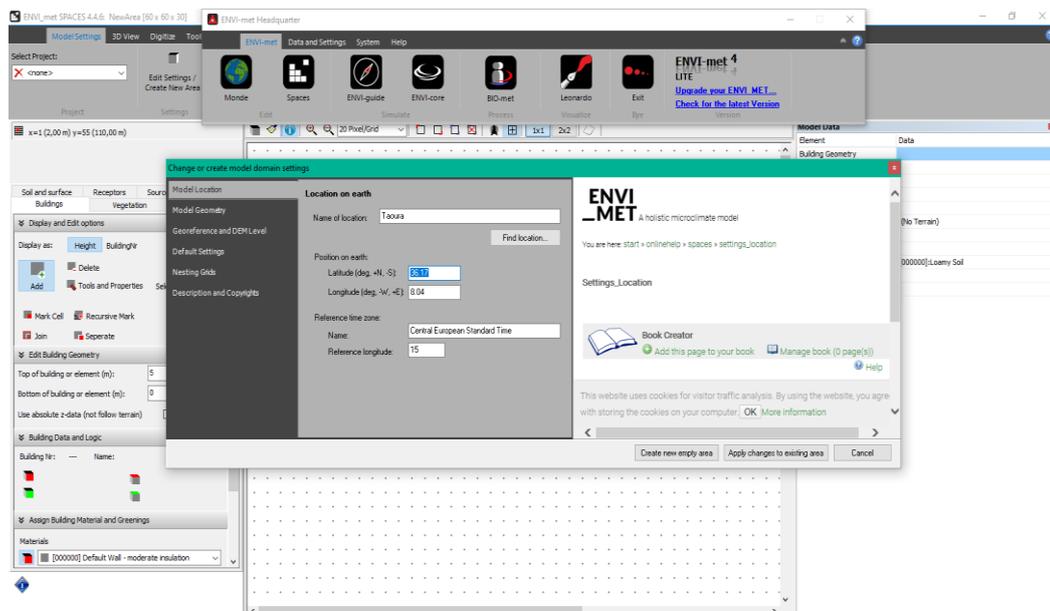


FIGURE 96 LES ETAPES DE LOGICIEL ENVI MET (SOURCES AUTEUR)

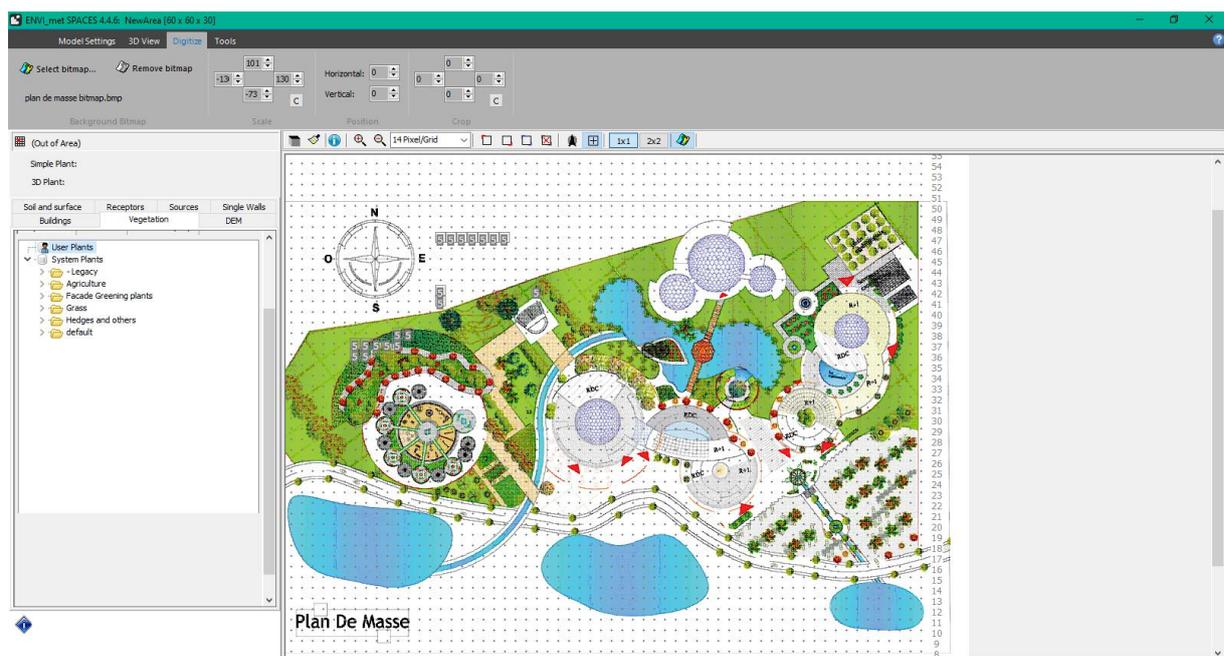
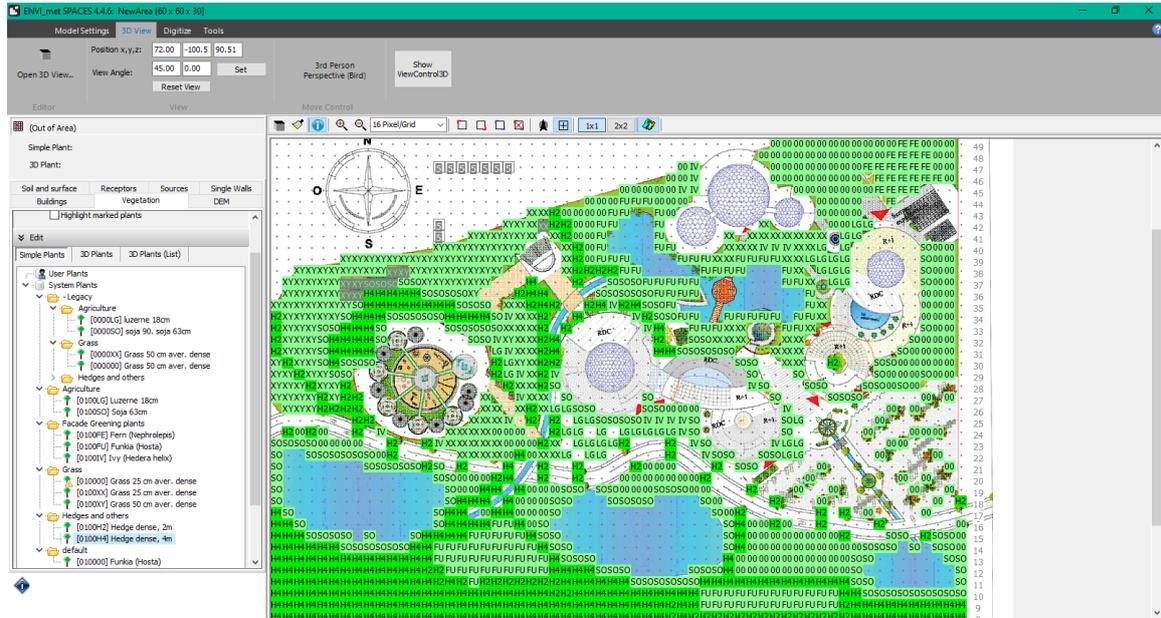


FIGURE 97 IMPORTATION DE PLAN DAMENAGEMENT SUR L'ENVI MET (SOURCE AUTEUR)

Chapitre 04 : La simulation : un outil d'aide à une conception écologique



FIGURE 98LA VEGETATION SUR LENVI MET (SOURCE AUTEUR)



Chapitre 04 : La simulation : un outil d'aide à une conception écologique

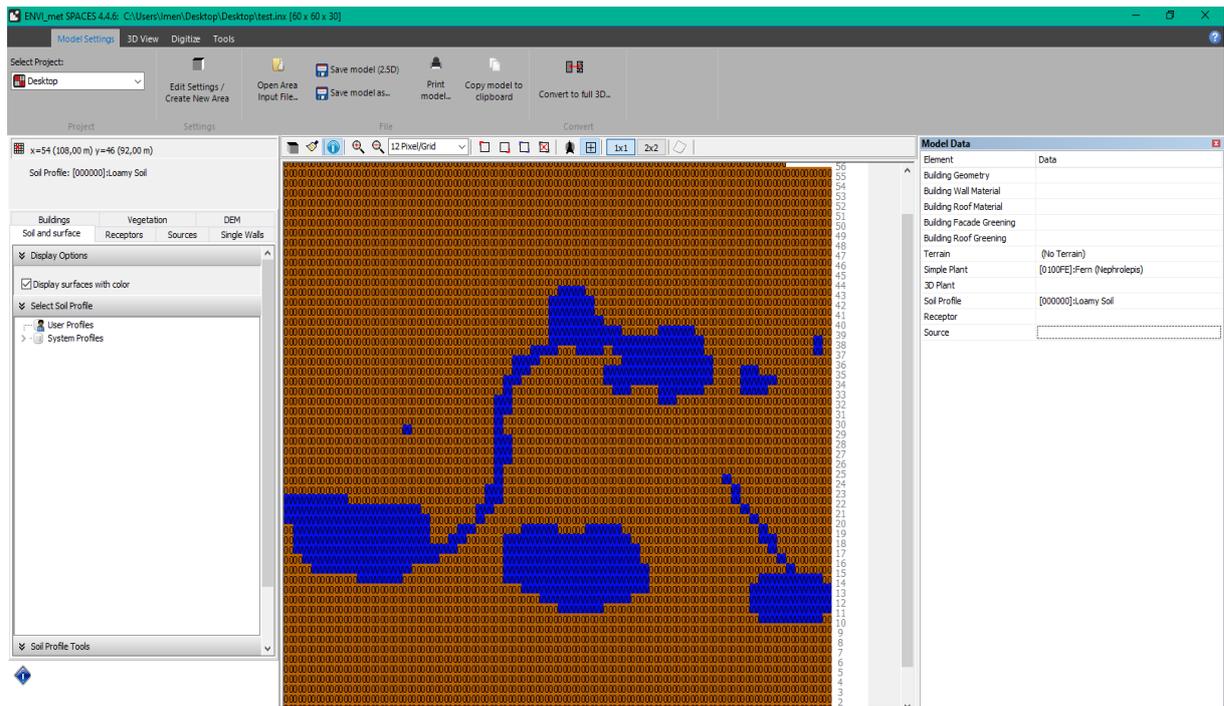


FIGURE 99 LES LACS SUR LENVI MET (SOURCE AUTEUR)

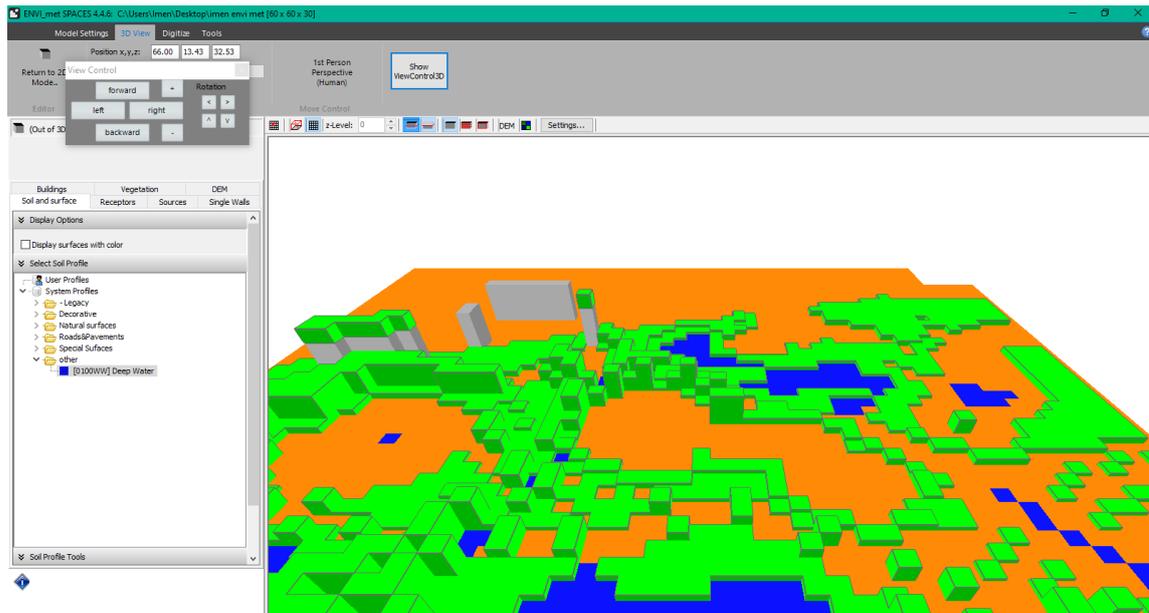
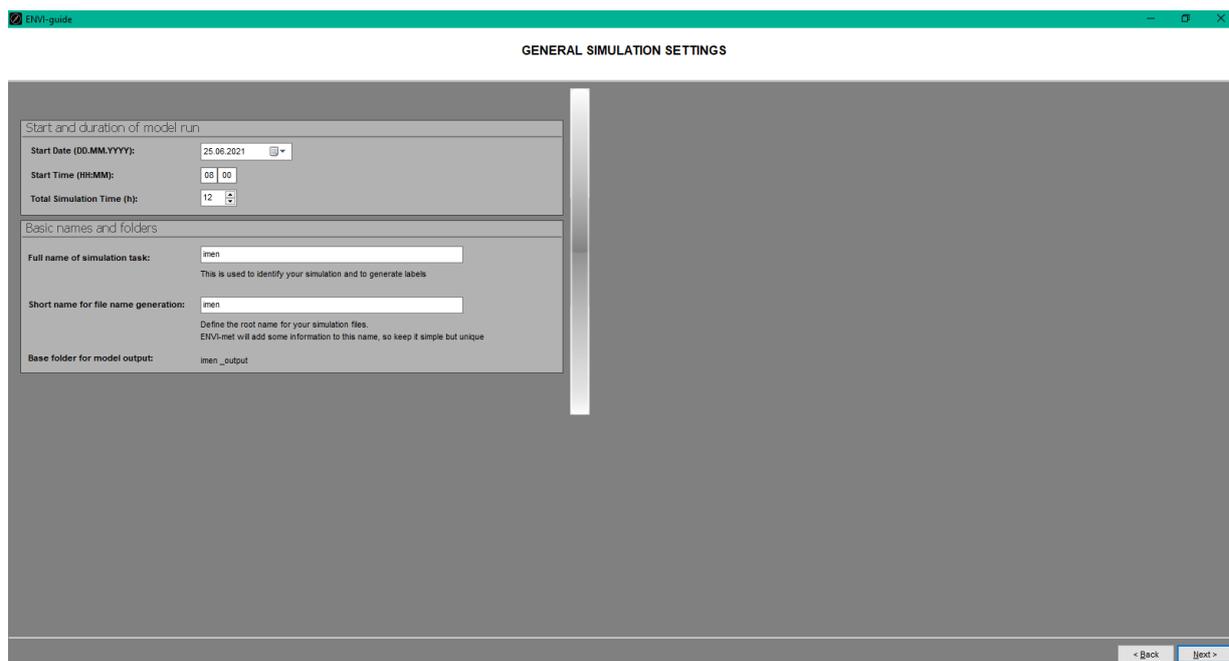
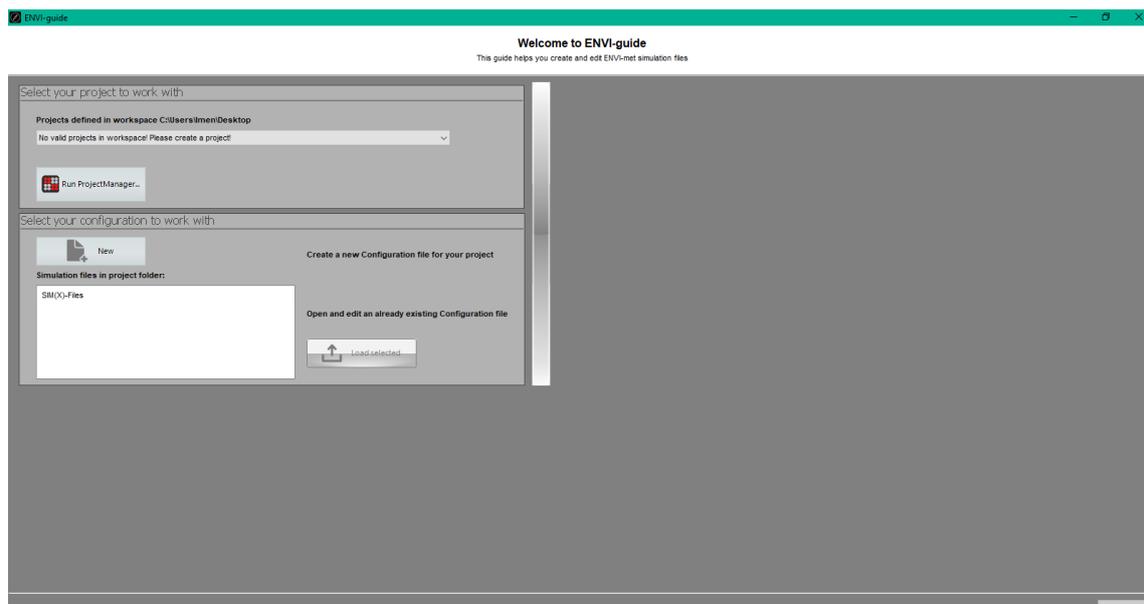


FIGURE 100 LA MODELISATION EN 3D SUR LENVI MET (SOURCE AUTEUR)



Une fois les données d'entrée renseignées, nous pouvons dans le cadre de l'étape 2, lancer des simulations. Comme mentionné précédemment, plusieurs paramètres peuvent être analysés via Envi_Met. Ces paramètres peuvent concerner le système atmosphérique (champ de vent, 3 Le modèle 1D s'étend de la surface du sol jusqu'à 2500 m de hauteur. Il fournit les valeurs de la partie supérieure du modèle 3D et, si une condition limite latérale forcée est sélectionnée, le modèle 1D fourni le profil d'entrée pour le modèle 3D 20 température et vapeur, turbulence et l'énergie cinétique), le système de sol (température, débit d'eau). Nous pouvons également analyser les paramètres liés à la végétation (échange de chaleur avec de l'air dans la canopée, échange de vapeur / eau avec de l'air dans la canopée, interception de l'eau), aux transports (chaleur anthropique, phénomènes liés à la présence de transports), au système de surface (flux de surface au sol, flux de murs, échanges intérieur/extérieur) et enfin le système de construction

(transfert de chaleur à travers les murs).



Interprétation des résultats

Dans le cadre de l'étape 3 des données de sortie, ENVI-met peut générer une multitude de paramètres sous plusieurs types de répertoires. Parmi ces répertoires le « Fichier de sortie en 3D » contient les fichiers atmosphère, surface et sol. Les résultats sont stockés sous un format binaire. Dans le cadre du projet de recherche Adaptatio, ces résultats sont visualisés grâce à un autre logiciel, LEONARDO 3.5 qui est couplé à ENVI-met (étape 4 interprétation des résultats). Nous avons également le «Fichier des récepteurs » qui permet de définir des récepteurs à l'intérieur du modèle et de les voir de plus en plus en détail. Se sont de simples fichiers qui peuvent être visualisés avec un simple programme tel qu'Excel, Bloc-notes et Wordpad. Enfin, nous avons le «1D fichier model ». Ce type de fichiers contient les données du profil vertical du model unidimensionnel d'Envi-met dans un format ASII. Ces fichiers sont généralement utilisés pour la vérification et la résolution des problèmes qui peuvent figurer pendant la simulation¹

¹ [Bruse 2004]

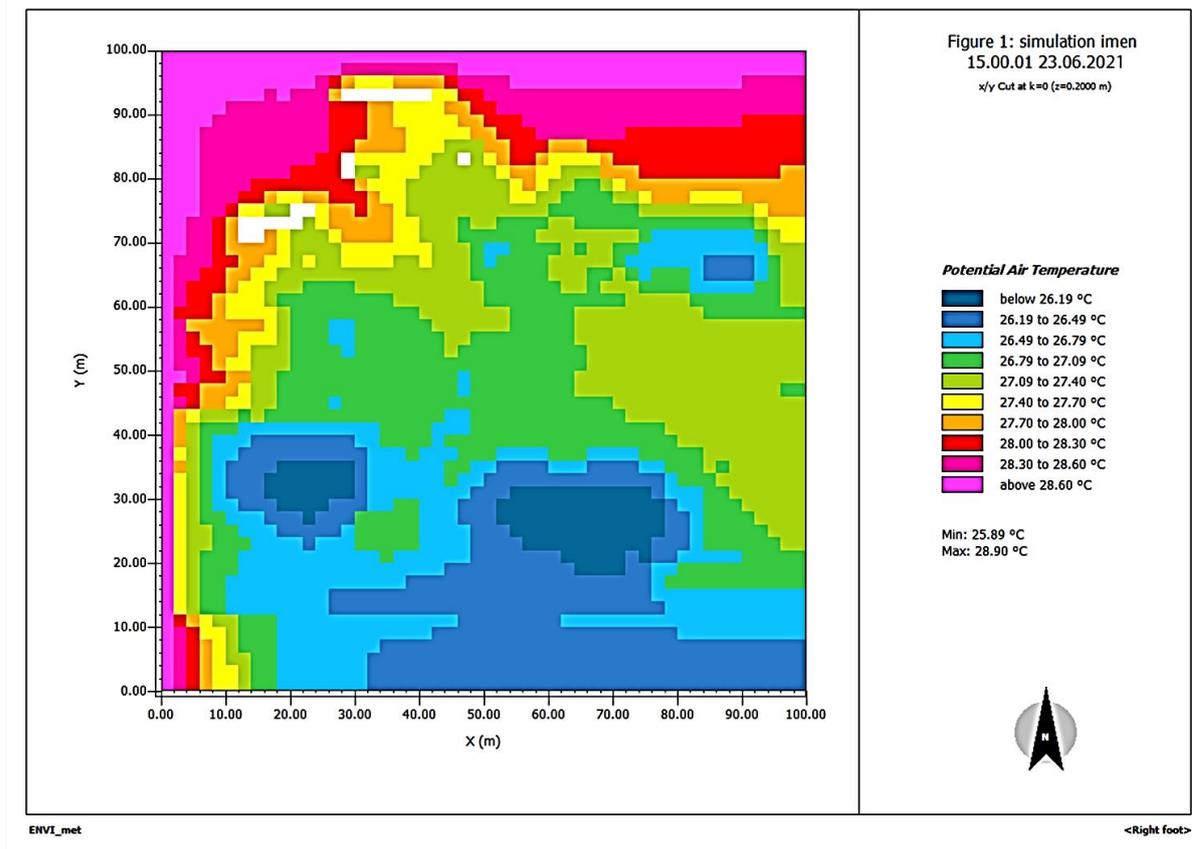
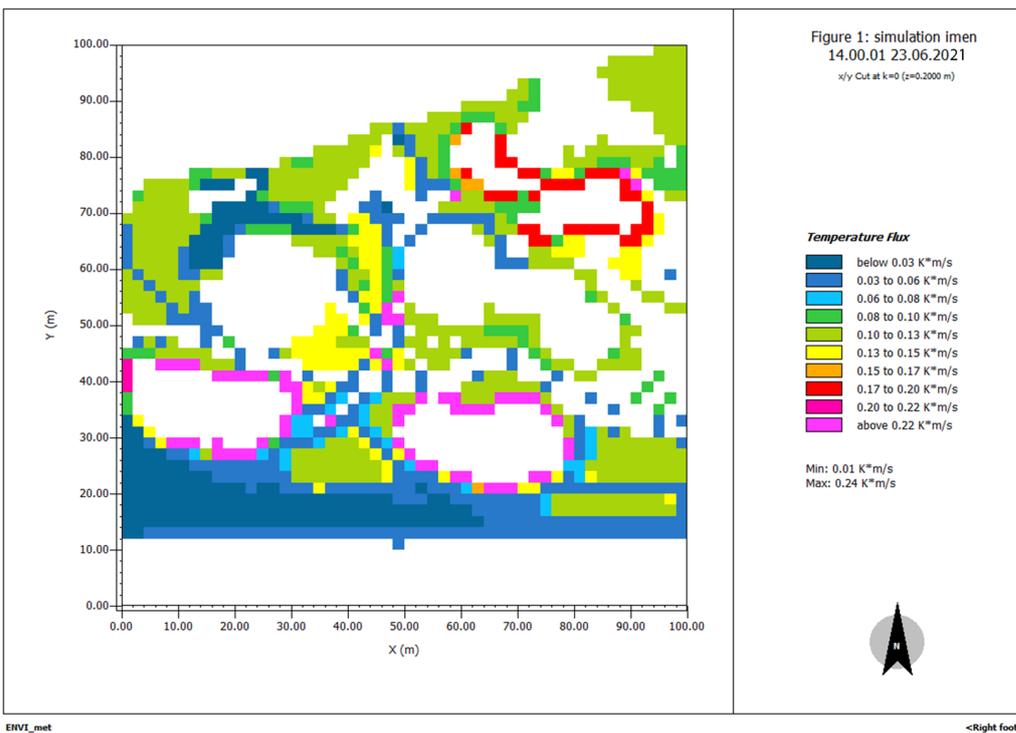


FIGURE 101 CARTE DE LA TEMPERATURE SUR L'ENVIMET (SOURCE AUTEUR)

Nous Remarquons que La température Est élevée au max :28 degré hors le terrain d'intervention qui est occupée par les terres agricoles. À cause de l'exposition directes au rayon solaire : manqué des masques, et de bâties et de la végétation



Nous remarquons que les températures les plus basses sont enregistrées près des points d'eau et les températures moyennes dans les zones végétalisées.

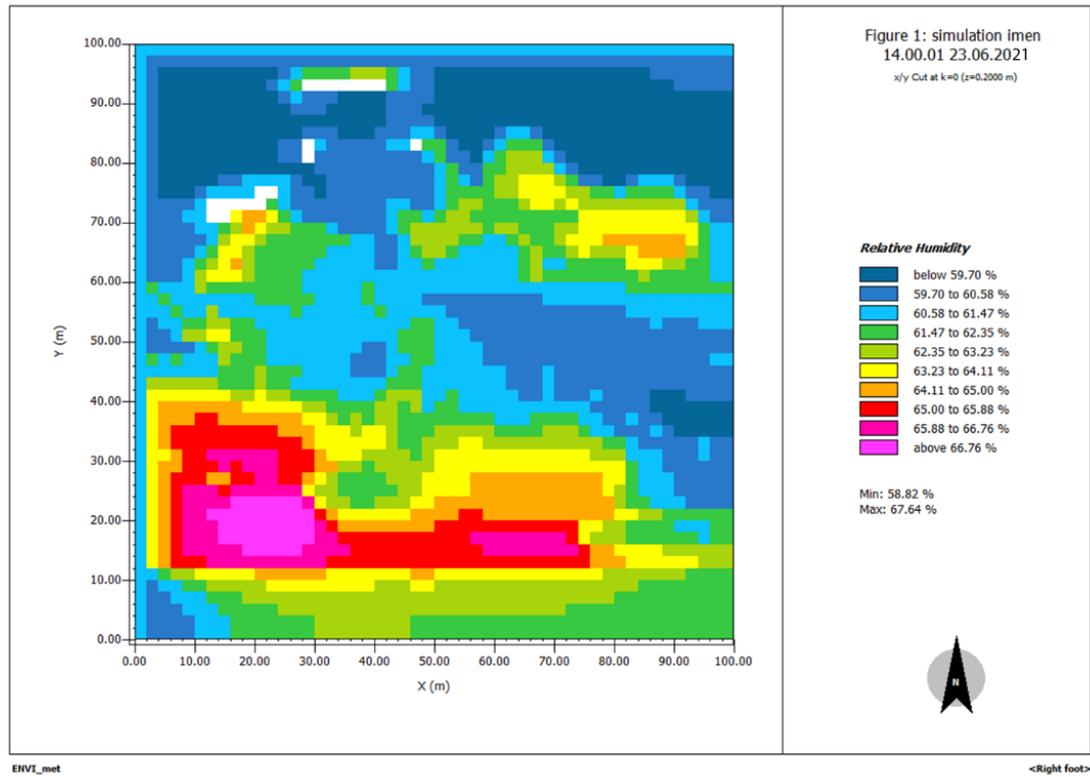


FIGURE 102 CARTE D'HUMIDITE RELATIVE PAR LENVI MET (SOURCE AUTEUR)

On Remarque que le taux d'humidité est élevé la ou il y a les points d'eau et contrairement basses dans les zones ou il y a absence d'eau

e

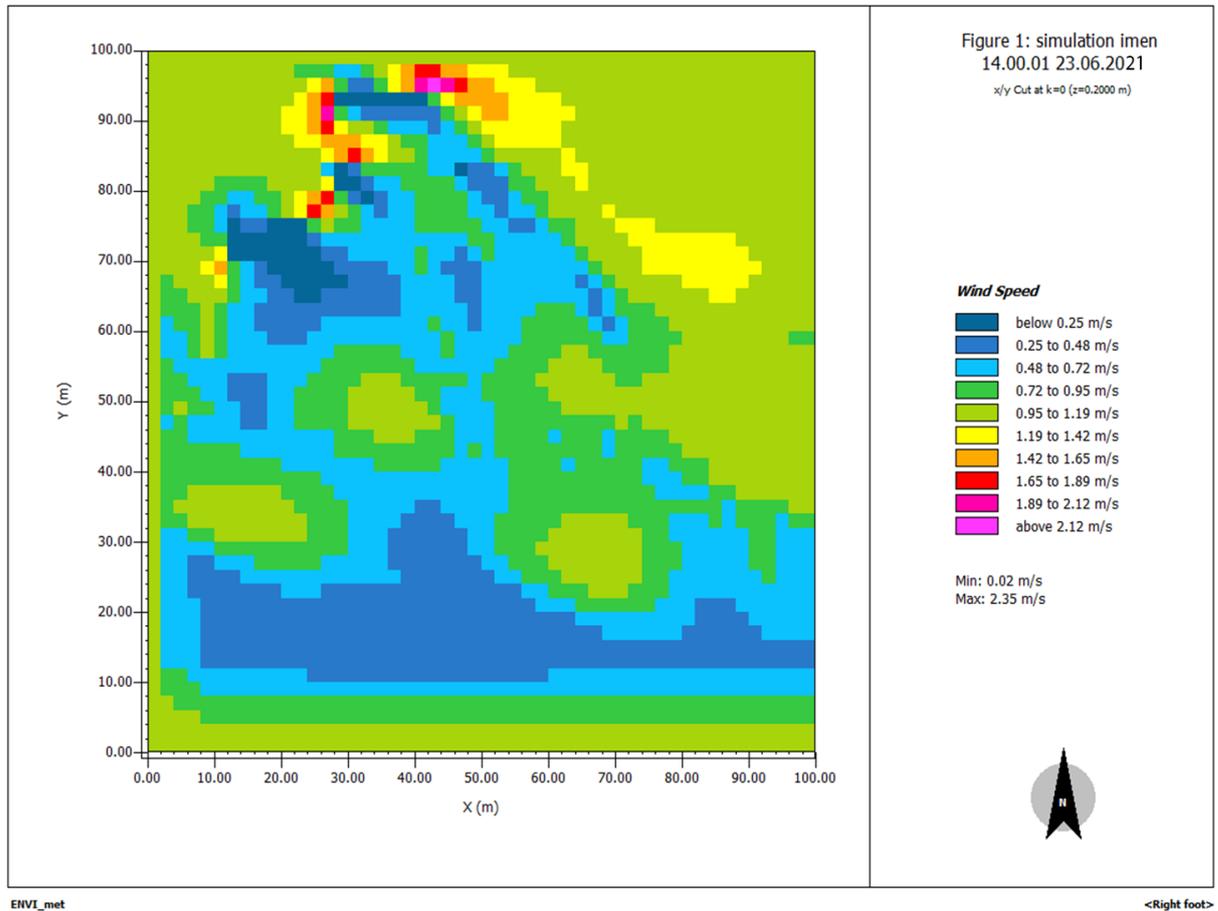


FIGURE 103 CARTE DE VITESSE DES VENTS PAR LENVI MET (SOURCE AUTEUR)

On Remarque la vitesse du vent est basses dans les zones végétalisées qui font office obstacles

Conclusion

La modélisation des interactions entre l'individu, les bâtiments et l'environnement est une tâche complexe et fastidieuse. Cependant, elle demeure prépondérante dans l'analyse du microclimat et les besoins notamment énergétiques et hydriques dans les espaces extérieurs. En effet, cette analyse met en lumière le rôle de l'eau et de la végétation dans le microclimat. Les principes et les phénomènes ayant été décrits, il est maintenant temps d'essayer de quantifier les différents impacts de choix liés à la végétation et à l'environnement bâti pour notre projet étudié.

IV.3. Analyse de site

IV.3.1. Présentation de la wilaya

IV.4. . Situation géographique

La wilaya de Souk Ahras se situe à l'extrême Est du pays, près de la frontière tunisienne à 640 Kilomètres d'Alger. La wilaya occupe une superficie de 4 360 Km², elle constitue l'une des Principales Wilayas frontalières avec la Tunisie, sur une bande de 88 km.

La wilaya de souk Ahras est limitée

- au Nord par les Wilayas de Taref et Guelma à l'Ouest par la Wilaya d'Oum El Bouaghi ;
- au Sud par la Wilaya de Tébessa ; -à l'Est par la Tunisie

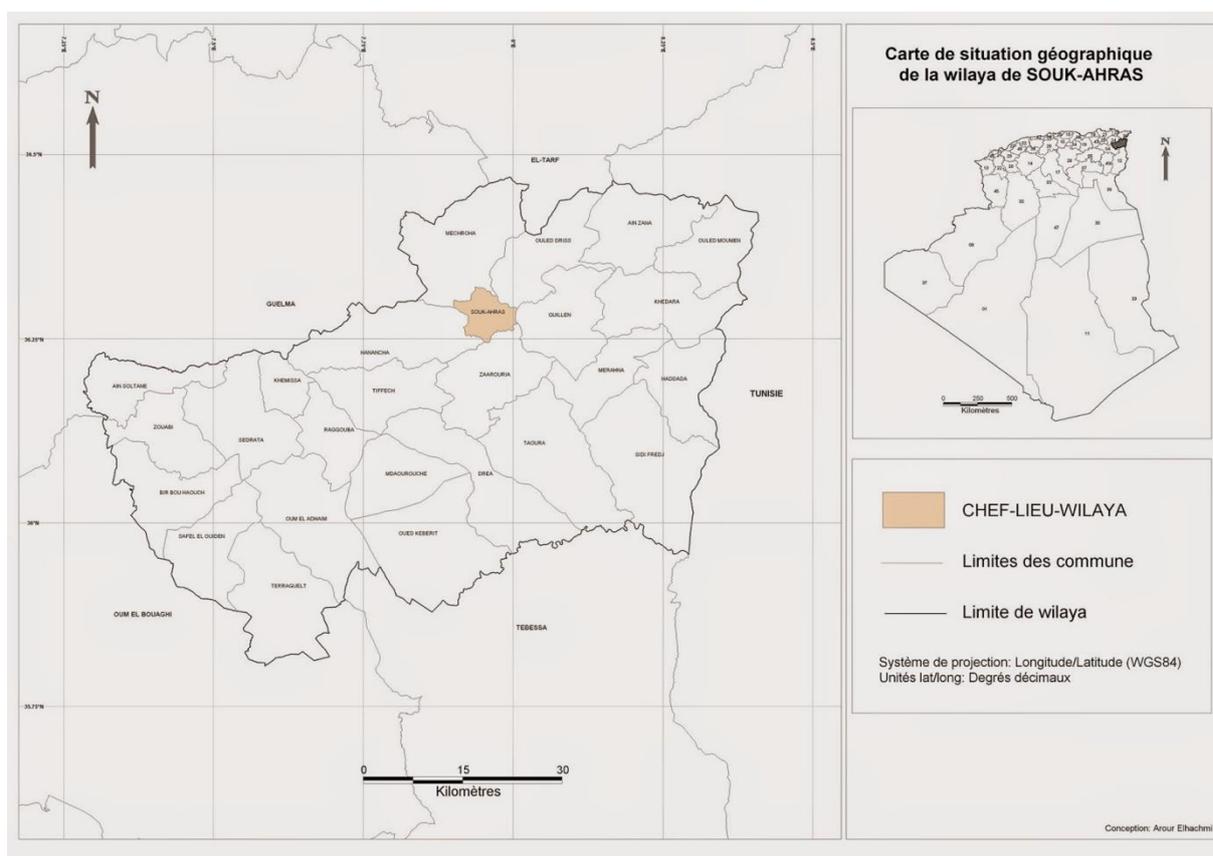


FIGURE 104 SITUATION GEOGRAPHIQUES DE LA WILAYA DE SOUK AHRAS

IV.4.1. POTENTIEL DE LA VILLE DE SOUK AHRAS

IV.4.1.1. Couverture forestière :

La willaya de Souk-Ahras détient un patrimoine forestier très important. La superficie Forestière est estimée à 97.280 hectares soit un taux de 23% de la superficie total de la willaya.

Les principales espèces sont le pin d'Alep, l'eucalyptus, le chêne liège, zeen et autres

Espèces.



FIGURE 105 EUCALYPTUS SOUK AHRAS

Les superficies recouvertes par ces espèces se répartissent comme suit :

Pin d'Alep avec 33.569 ha soit 34,50 % de la superficie totale de la willaya ;

Eucalyptus avec 29.779 ha soit 30,61 %.

Chêne liéé avec 12.535 ha soit 12,88 %.

Chêne zeen avec 4.387 ha soit 4,97 %.

Autres essences avec 16.560 ha soit 17,04 %¹.

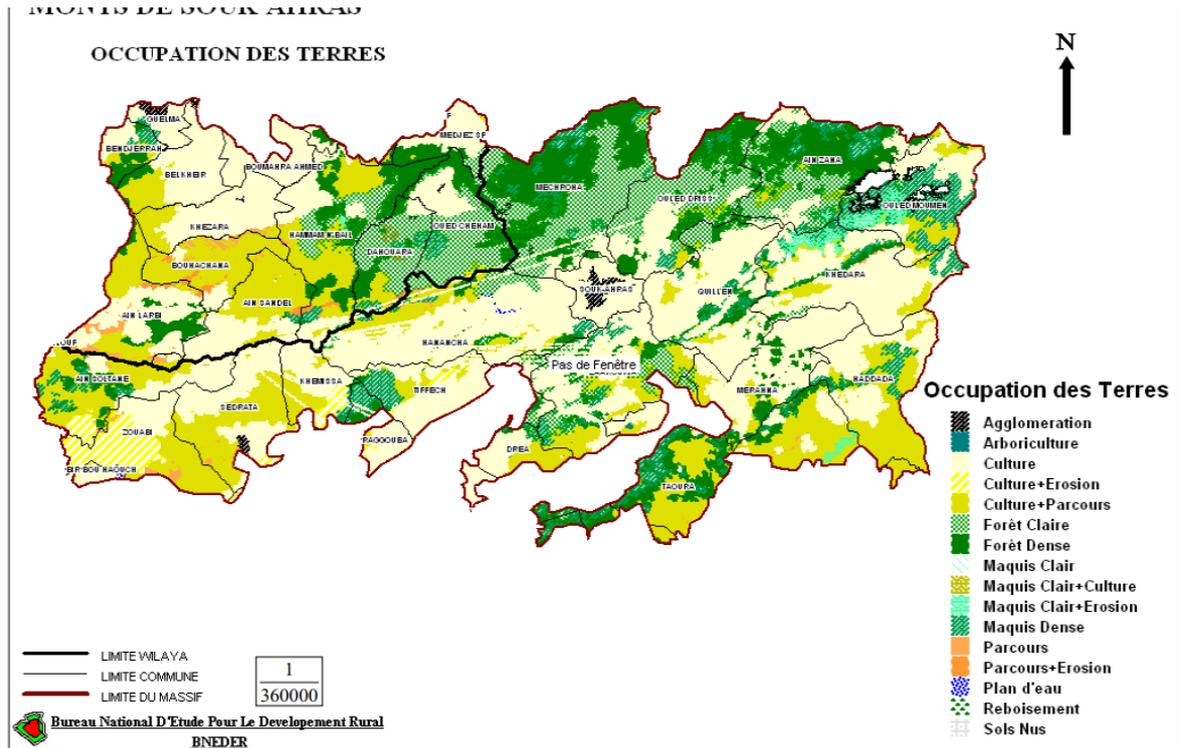


FIGURE 106 CARTE D'OCCUPATION DES TERRES SOUK AHRAS SOURCE BUREAU NATIONAL D'ETUDE POUR LE DEVELOPPEMENT RURAL

IV.4.1.2. Secteur de l'Agriculture

L'activité agricole de la wilaya est dominée par l'élevage (504 100 têtes, dont 89 000 bovins, 98 300 caprins et 316 800 ovins) et la surface céréalière (à plus de 135 000 hectares), cette richesse participe d'une manière significative dans l'économie du pays notamment à travers la production animale (production de viandes blanches 12 500 qx et rouges 45 200 qx, production de lait 45 Millions de litres, production de miel 900 qx, etc.)



FIGURE 107 IV.4.1.2. SECTEUR DE L'AGRICULTURE

¹ Zouaïdia, 2006) carte di

Dans ce cadre, la Wilaya de Souk-Ahras offre des potentialités confirmées de développement de la filière lait qui méritent d'être mieux exploitées. Elle constitue l'un des principaux bassins laitiers du pays et présente des atouts naturels pour son développement, le cheptel est estimé à (89 000 bovins dont 46 800 vaches laitières), pour lesquelles des stratégies adaptées pourraient être identifiées et mise en œuvre. Elle dispose également d'un nombre important d'éleveurs pratiquant qualitativement cette activité.

IV.4.1.3. Réseau hydrographique

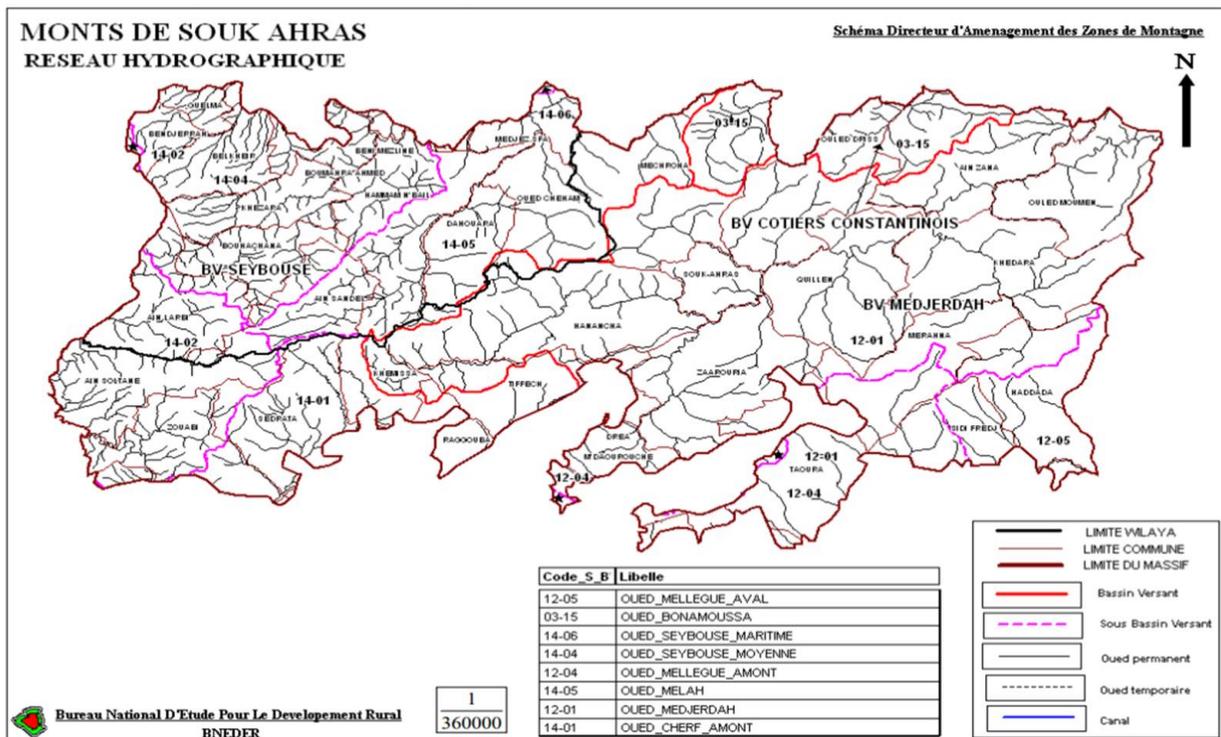


Fig. 11 – La carte du réseau hydrographique de Souk-Ahras.

FIGURE 108 LA CARTE DES RESEAU HYDROGRAPHIQUE DE SOUK AHRAS
SOURCE BUREAU NATION D'ETUDE POUR LE DEVELOPPEMENT RURAL

Couvre pratiquement toute la Wilaya ; la rareté de l'eau s'explique essentiellement par des conditions climatiques dont les précipitations sont nettement insuffisantes d'une part et le manque de moyens et d'infrastructures de récupération rationnelles et de stockage d'autre part. Trois grands oueds sillonnent la wilaya avec des débits irréguliers vus les conditions climatiques :

- **Oued Mellegue** : d'une superficie de 1.442 Km² avec un débit moyen de 210 million de m³
- **Oued Medjerda** : d'une superficie de 1.377 Km² avec un débit moyen de 400 million de m³
- **Oued Echaref** : d'une superficie de 1.040 Km² avec un débit moyen de 99 Million de m³

IV.4.1.4. La situation géologique

La willaya de Souk-Ahras se distingue par deux caractéristiques essentielles :

Le Nord a caractère montagneux faisant partie de l'atlas tellien. Le sud faisant partie des hautes plaines.¹

la région de Souk-Ahras est essentiellement caractérisée par des formations sédimentaires dont l'âge le plus ancien est le trias jusqu'au quaternaire, constituée généralement par des grès, des marnes, des cailloutis et des alluvions.²

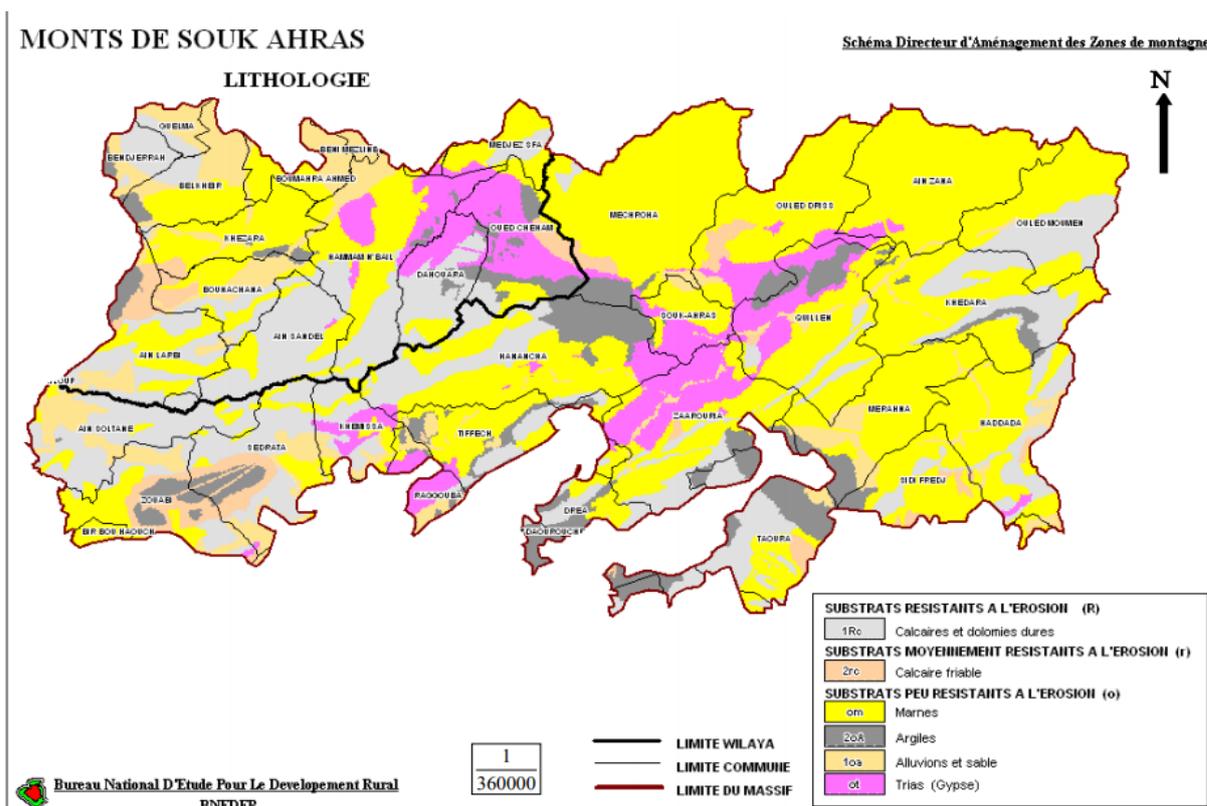


FIGURE 109 LA SITUATION GÉOLOGIQUE

IV.4.1.5. Situation géomorphologique :

Selon la classification des pontes et du climat dominant, la willaya de Souk-Ahras se caractérise par trois régions :

¹ D'après la direction de la conservation des forêts de la willaya de Souk-Ahras).

² Davide 1956 ;

Région Nord-est : région montagneuse présentant des pentes très rudes variant de 15 % à plus de 20 % et faisant partie de la chaîne tellienne, et qui constitue le patrimoine forestier.

Région Sud-ouest : région médiane constituée de piedmonts. Cette région est le prolongement des hauts plateaux, elle est caractérisée par de plaines agricoles et de pâturage.

Région sud : les terres sont de vastes étendues caractérisées par un relief plat, le sol est dégradé et de faible profondeur aggravé par une exposition aux divers aléas climatiques de faibles pluviométries, c'est l'espace des hauts plateaux. ¹

Le territoire de la willaya de Souk-Ahras est considéré comme une zone chaînier de montagnes entre l'atlas tellien au nord et l'atlas saharien au sud. D'une manière générale, il s'agit d'un relief montagneux complexe ; très élevé au nord, et moins élevé au sud de la willaya ; dont au nord, il est subdivisé en deux alignements séparés par la vallée de Medjerda, d'une orientation générale sud-ouest, nord-est²

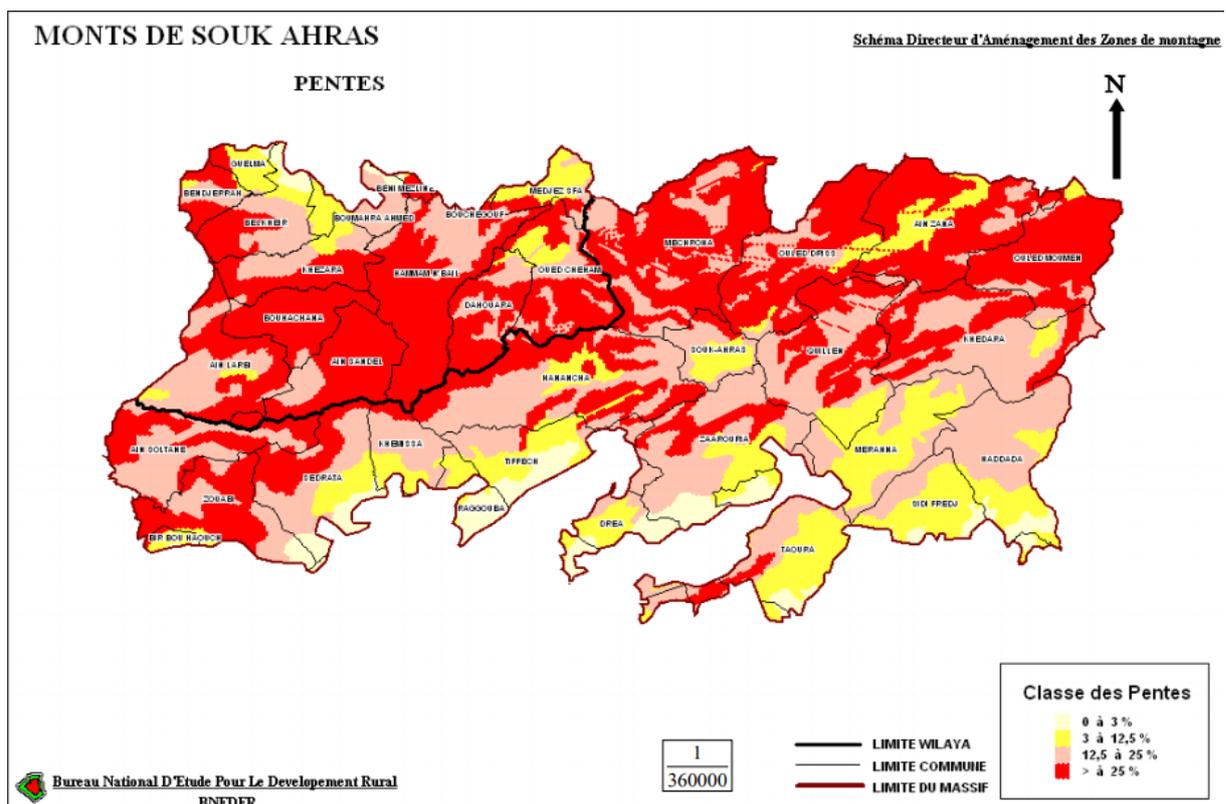


FIGURE 110 CARTE DES PENTES SOUK AHRAS

IV.5. Présentation de la commune TAOURA

¹ D'après la conservation des forêts de la willaya de Souk-Ahras).

² Djefjel 2005

TAOURA est l'Agglomération chef-lieu de commune est située a 20 km du chef-lieu de wilaya SOUK AHRAS s'étend sur une superficie de 30244 hectare, et comptabilise une population de 18258 habitant

IV.5.1.1. Se situant sur le RN82 ET LIMITEE PAR

- la commune d'OUNZA au sud
- la commune de ZAAROURIA au nord
- la commune de MERAHNA et SIDI FRADJ a lest
- la commune de DREA a l'Ouest



Daïras de la wilaya : 1. Bir Bou Haouch, 2. Heddada, 3. M'daourouch, 4. Mechroha, 5. Merahna, 6. Ouled Driss, 7. Oum El Adhaim, 8. Sedrata, 9. Souk Ahras, 10. Taoura.

FIGURE 11 LES DAIRAS DE WILAYA DE SOUK AHRAS

IV.5.2. PRESENTATION DE SITE DINTERVENTION

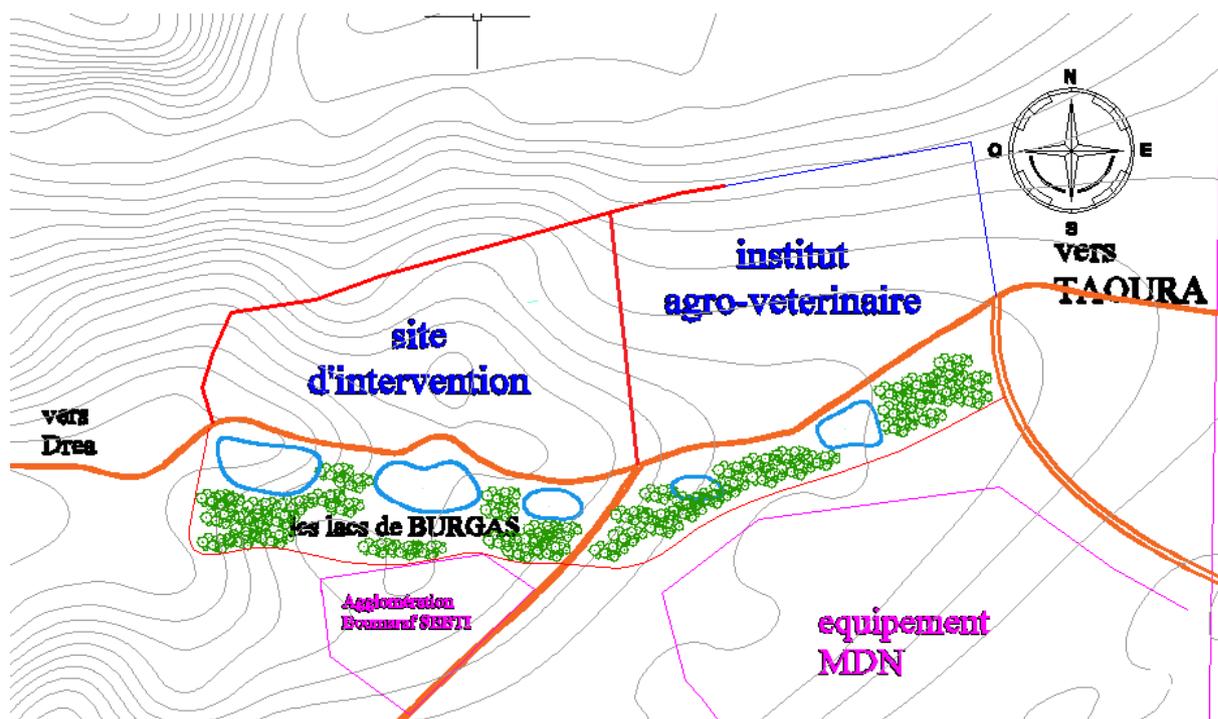
IV.5.2.1. PRESENTATION du site naturel BURGAS

Les 07 laces d'eau douces de la ferme BURGAS et a quelque kilomètre de l'agglomération BOUMAARAF SEBTI, située a 3km de la commune de TAOURA

Le site naturel BURGAS est caractériser par une richesse naturelle diversifiée



FIGURE 112 LA SITUATION DE SITE D'INTERVENTION (SOURCE GOOGLE EARTH)



Situation de site naturelle de Burgas source auteur

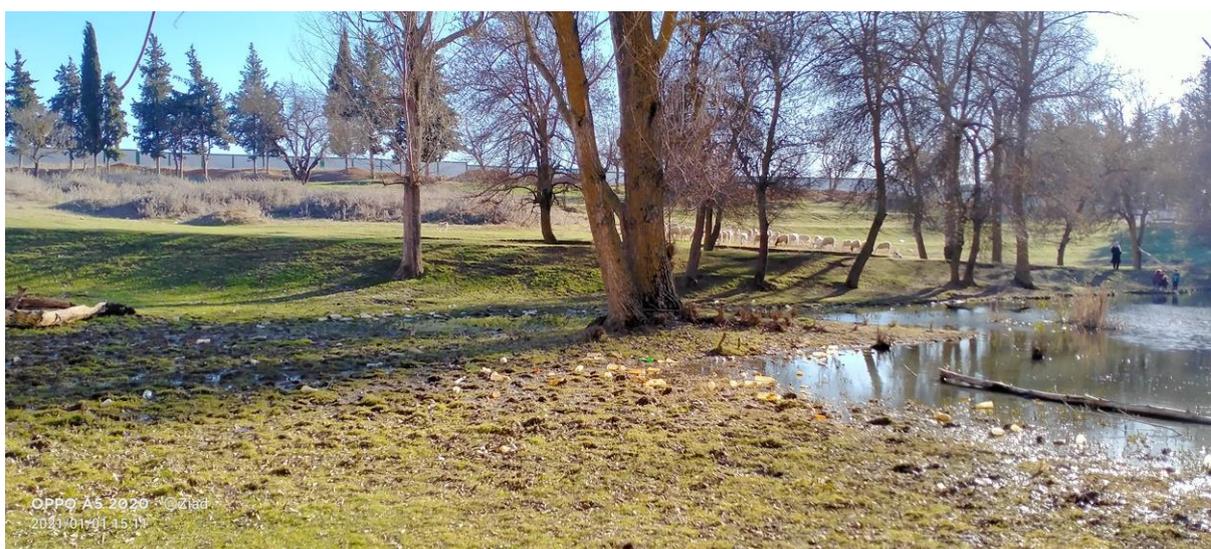


FIGURE 113 LES LACES DE BURGAS SOURCE AUTEUR

IV.5.2.2. L'accessibilité

Le terrain est bien accessible par la route national 16 B



FIGURE 114 LA ROUTE NATIONAL 16 B

IV.5.2.3. Les limites

Le terrain est limité par

-au côté est par l'institut agronomie vétérinaire

Au côté nord et ouest par des terres agricoles

Au sud par la route national 16B et les lacs de Burgas



FIGURE 115 CARTE DES LIMITS SOURCE AUTEUR



Institut d'agronomie vétérinaire est Considérer Comme un point de repère pour le site



**FIGURE ERREUR ! IL N'Y A PAS DE TEXTE RÉPONDANT
LE DANS CE DOCUMENT. 116 INSTITUT AV SOURCE
GOOGL MAP**

IV.5.2.4. Le maillage

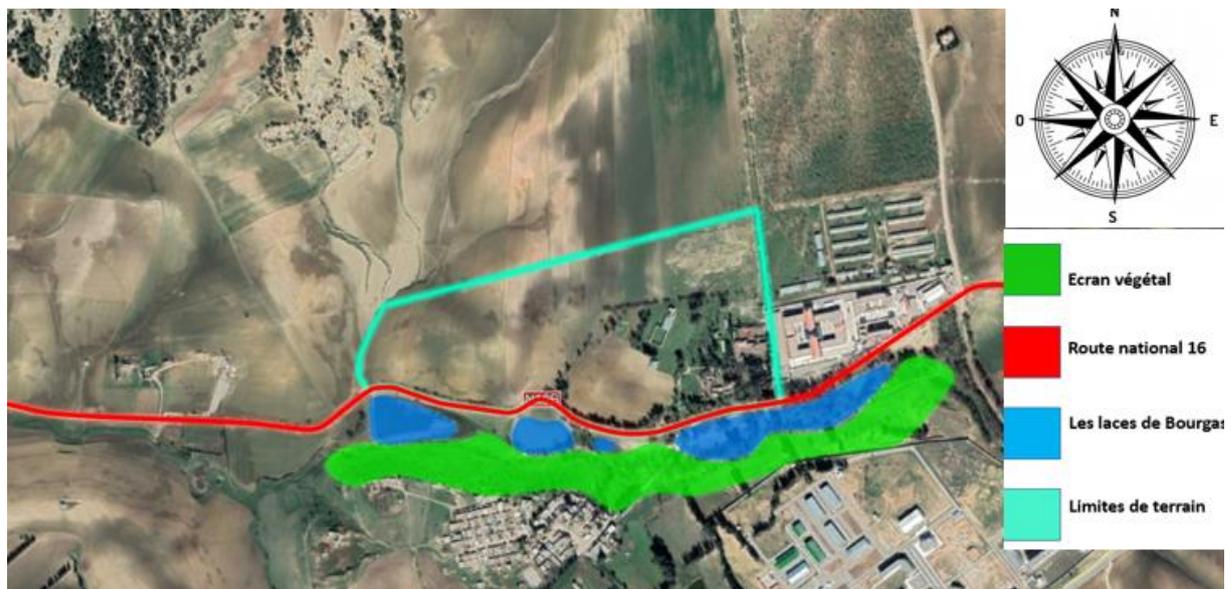


FIGURE 117 CARTE DE MAILLAGE SOURCE AUTEUR

Le type de maillage: un Maillage avec hiérarchie¹

-Adaptation du maillage au pontes

-Infléchissement des voix au relief du site

-La présence d'un projet mitoyenne : IAV

-la présence des laces d'eaux et de bande végétal qui constitue un obstacle entre le terrain et les constructions vis-à-vis



FIGURE 118 ECRAN VEGETAL

IV.5.2.5. L'interprétation de la forme de terrain



FIGURE 119 L'INTERPRETATION DE LA FORME DE TERRAIN

Le terrain est l'ensemble **de deux triangle** équilatéral et un triangle quelconque juxtaposée ¹

Le triangle équilatéral n'a qu'un centre très cache puisqu'il manque de diagonal et que les bissectrices ne trouvent pas de référence précises sur les droites opposées aux angles, en ce sens le triangle est moins centralisant que l'octogone ou le carre toute en définissant un espace extrêmement ferme et même claustrophobie à cause des angles aigus

S'il ne subsiste que les angles et si le milieu des parois cède a une ouverture, le centre retrouve sa place par l'intersection des oppositions entre angle et ouverture

IV.5.2.6. La topographie du terrain

Le relief présente une pente régulière d'un pourcentage de 5%



¹ De la forme au lieu. Une introduction de l'étude en architecture. Pierre Von meisse



IV.5.3. ANALYSE CLIMATIQUE

IV.5.3.1. Type de climat

Le climat de l'Algérie du Nord est partout marqué par l'influence méditerranéenne et se caractérise par deux types de saisons. La première est humide et froide, la deuxième est sèche et chaude.

-Située sur les hauteurs de l'atlas tellien, la wilaya de Souk-Ahras est exposée aux influences climatologiques méditerranéennes au nord d'une part, et désertiques au sud d'autre part Son régime climatique dépend de deux paramètres principaux : la précipitation météorologique et la température

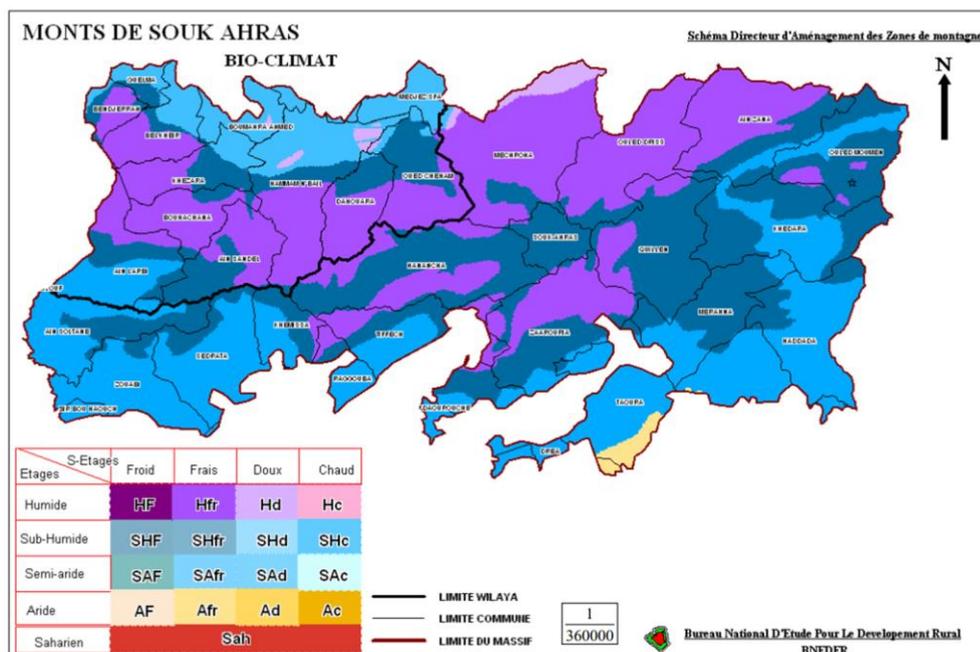


Fig.12 - La carte bioclimatique de Souk-Ahras.

FIGURE 120 LA CARTE BIOCLIMATIQUE SOUK AHRAS

IV-5.3.1.1.LA TEMPERATURE

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Moy temp C°	9.2	2.1	9.5	14.6	16.6	21.2	24.9	23.7	9.5	18.9	12.5	9.4
Evap mm	59	64	64	70	92	138	191	165	97	101	66	33

Température moyenne mensuelles enregistre a SOUK AHRAS 2016

Station météorologique de SOUK AHRAS

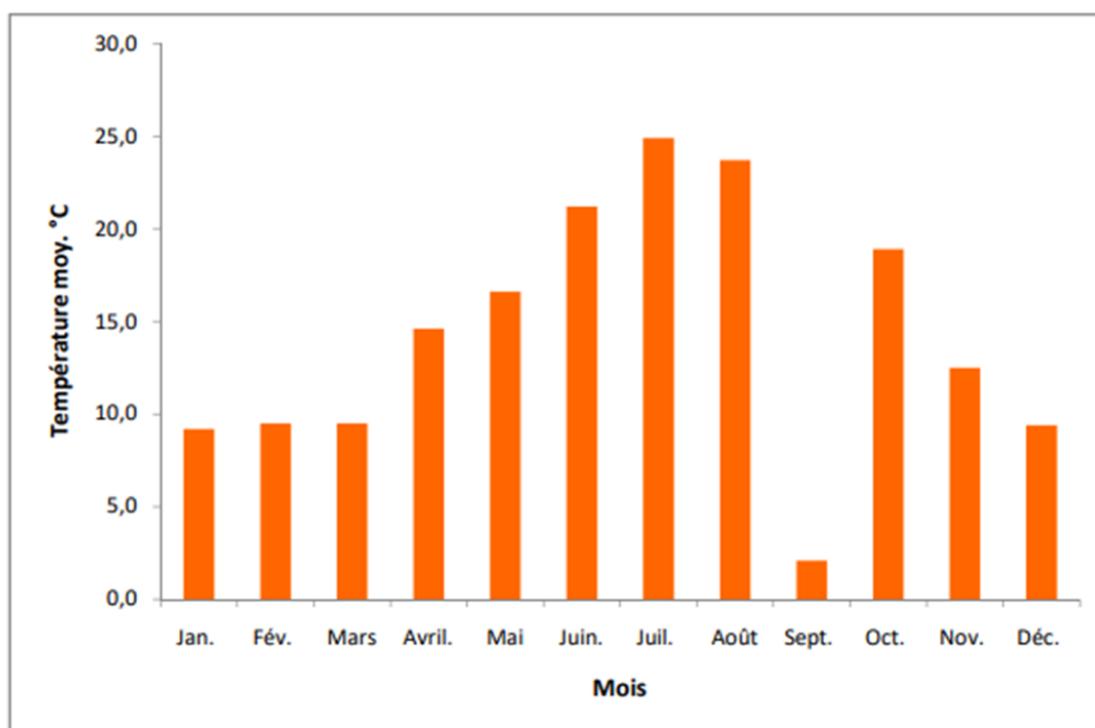


Figure 4 : Répartition des Températures moyennes mensuelle (année 2016)

Selon les données de la station météorologique :

- La température moyenne mensuelle la plus froide est enregistrée durant le mois de février (2.1°C).
- La température moyenne mensuelle la plus haute est enregistrée durant le mois de juillet et aout (23.7°).

Pendant la saison estivale, la température moyenne est élevée (23.7c°) De ce fait, L'évaporation et l'évapotranspiration sont fortes, par contre la saison hivernale est faible, ce qui engendre un déficit hydrique.

Nous remarquons aussi que la valeur la plus élevée de l'évaporation (191) situé dans le Mois de juillet ou la température est très élevée. (Température ↗ évaporation ↗)

IV-5.3.1.2. Les précipitations

Tableau 03 précipitations moyennes mensuelles (mm), enregistrées au Souk-Ahras 2016
(station météorologique de Souk-Ahras, 2016).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
P mm	88	37	165	62	72	10	2	2	48	18	55	36

La pluie est un facteur climatique très important qui conditionne l'écoulement saisonnier et influence directement le régime des cours d'eau, ainsi que celui des nappes aquifères (Davide, 1956). Les précipitations sont régularisées par trois facteurs : l'altitude, la longitude (elle augmente de l'Ouest vers l'Est) et la distance à la mer (Seltzer, 1946).

Des mesures pluviométriques mensuelles de la période 2016 ont été prises d'après la station météorologique de Souk-Ahras

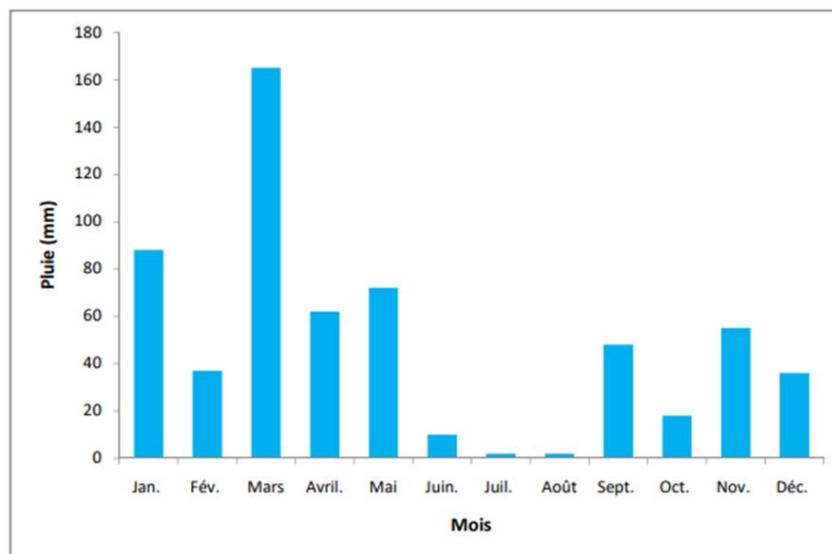


Figure 5 : Répartition pluviométrique mensuelle (année 2016).

Nous remarquons à partir des données récoltées de la station météorologique de Souk Ahras (7°55'21.06''E Latitude : 36°17'50.99''N Altitude : 845 m) et a partir de histogramme :

Que le mois de mars est le mois le plus arrosé (165 mm) tandis que les minimums de Précipitation sont enregistrés durant la période estivale pendant le mois juillet et aout (2mm)

IV-5.3.1.3.Les vents

Les vents dominants sont du nord-ouest dans la région de SOUK AHRAS

Tableau 05 vitesses moyenne des vents (station météorologique de souk ahras 2016).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	JUI	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Moy vent m / s	3.3	4.3	4.2	3.6	3.3	3.5	3.0	3.2	3.1	2.6	2.8	3.0

La région est très exposée aux vents. Les vents de Nord-Ouest sont prédominant surtout en hiver, en été, nous remarquons beaucoup plus les vents du Sud-est (le siroco) qui assèchent l'atmosphère et favorisent avec les températures élevées les incendies des forêts

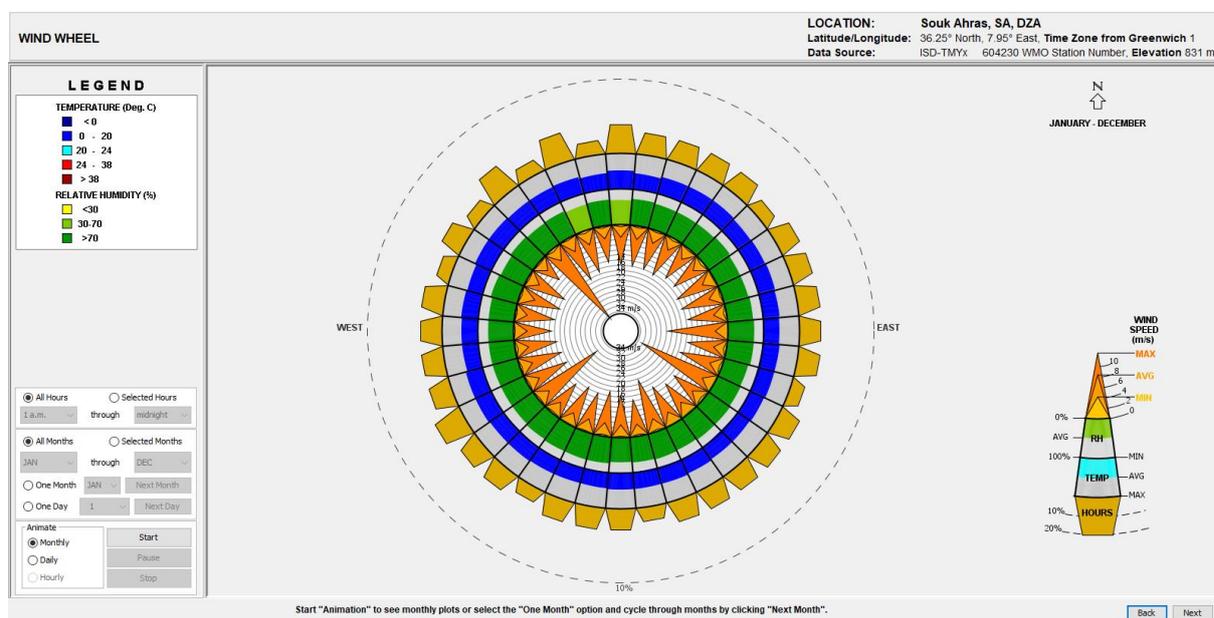


FIGURE 121LA ROSE DES VENTS SOUK AHRAS (LOGICIEL CLIMATES CONSULTANT)

Selon la rose des vents de fichier climatique de logiciel climats consultant

-le site est exposé au vent dominant de côte nord OUEST

-Le site est exposé au vent du nord-ouest

- Le site est exposée au brise de sud est

IV-5.3.1.4.L'humidité

Humidité de Lair moyenne mensuelle et annuelle est donnée après les résultats des observations par la station météorologique de Souk-Ahras de la période (2016). Le mois le plus sec de l'année est juillet avec humidité relative moyenne de l'air de 47 %, les mois les plus humides sont décembre, janvier et février mars dont humidité relative varie dont les limites de 84-71%

Tableau 04 : humidité et l'air moyenne mensuelle, enregistrées à Souk-Ahras 2016 (station météorologique de Souk-Ahras).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Moy hum%	72	71	73	69	68	58	47	52	69	66	72	84

Nous remarquons à partir des données récoltées de la station météorologique de Souk Ahras (7°55'21.06''E Latitude : 36°17'50.99''N Que le mois de décembre est le mois le plus est juillet (45%)

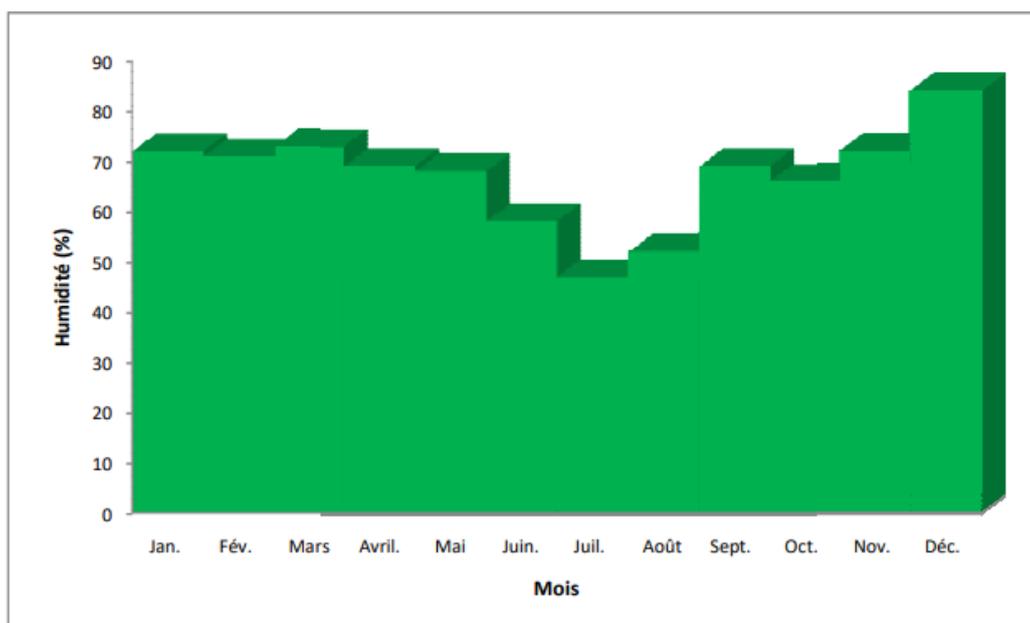


FIGURE 122LHUMIDITE MOYENNE RELATIVE DE LAIRE (2016)

IV-5.3.1.5. Gellée

Tableau 06 Nombre des jours gelée (station météorologique de Souk Ahras (2016).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Nb jours gelée	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2

Nous remarquons que le nombre des jours gelée le plus élevée est dans le mois de janvier ou les températures sont très inférieure.

Le diagramme solaire

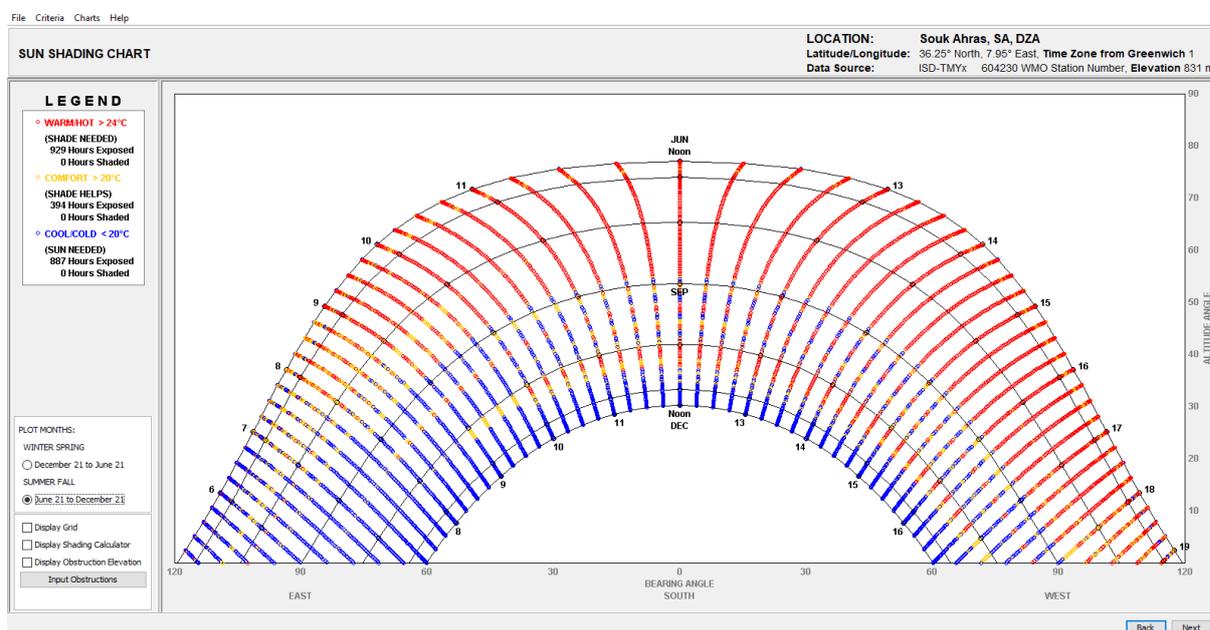
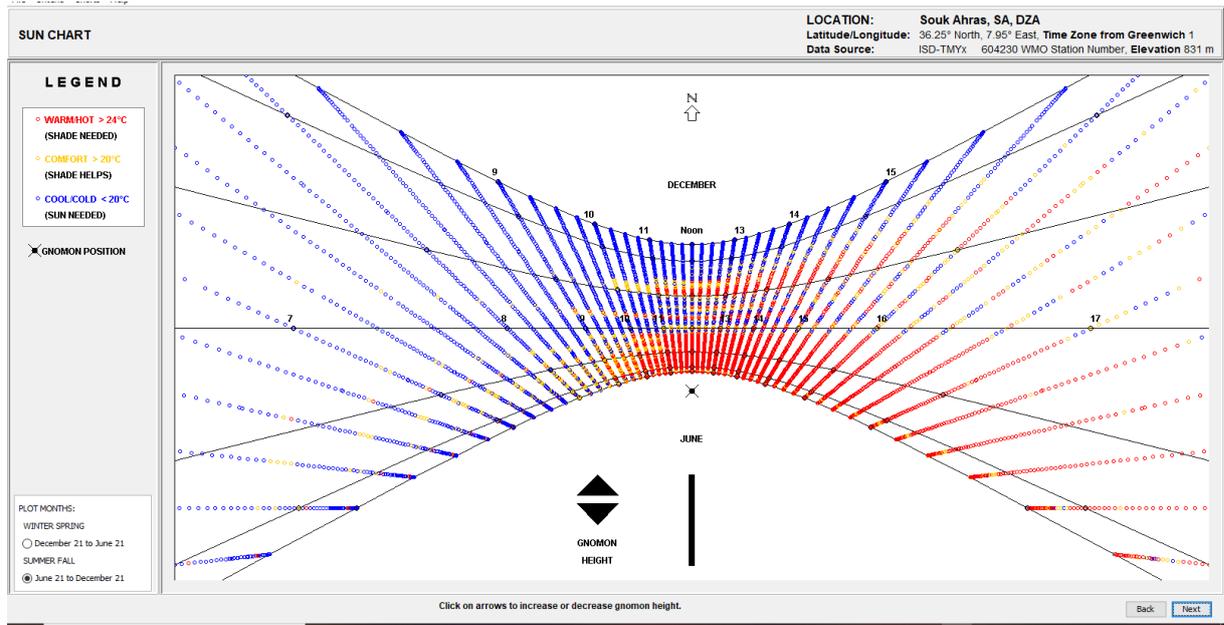
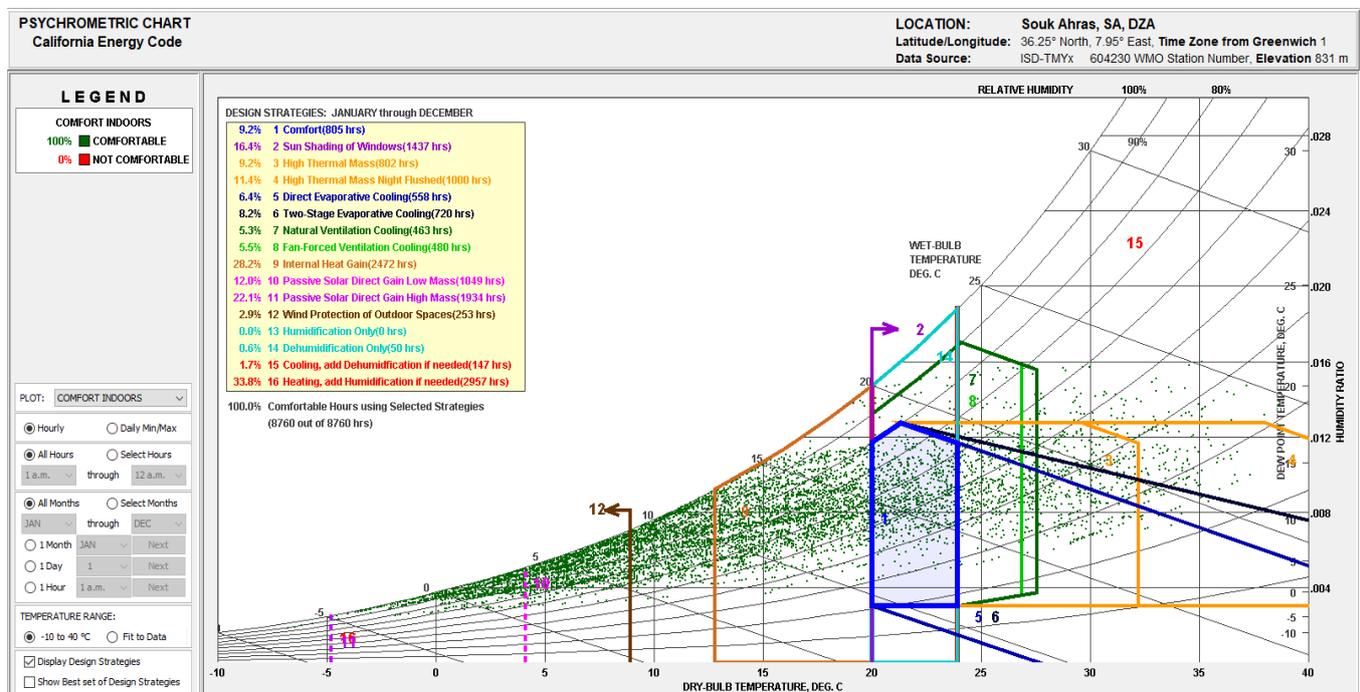


FIGURE 123 LE DIAGRAMME SOLIAIRE (SOUK AHRAS)

Chapitre 04 : La simulation : un outil d'aide à une conception écologique



Le diagramme peut être résumé en trois zones principales : la zone de sous chauffé qui s'étale durant la saison d'hiver le jour comme la nuit, et la saison de printemps et l'automne uniquement la nuit. La zone de confort, présente en saison d'automne et de printemps le jour et la saison d'été la nuit. Enfin la zone de surchauffe qui dure pendant l'été le matin et l'après-midi. Les températures à Souk Ahras comme ailleurs, varient principalement avec le moment de l'année où l'alternance du jour et de nuit permet de définir l'amplitude thermique diurne.



L le diagramme Psychrométrique chart représente des stratégies passive et active pour l'amélioration de la conception et pour arriver aux différents types de confort

Les stratégies de la conception par Givoni

Pour le chauffage solaire passif, faites face à la majeure partie de la zone vitrée au sud pour maximiser l'exposition au soleil en hiver et concevez les surplombs pour ombrager complètement en été

-Fournit un vitrage haute performance à double vitrage (Low-E) à l'ouest, au nord et à l'est, mais clair au sud pour un gain solaire passif maximal

-Les espaces extérieurs ensoleillés et protégés du vent peuvent étendre les zones occupées par temps frais (patios fermés, cours ou vérandas)

Un ventilateur dans toute la maison ou une ventilation naturelle peut stocker la " fraîcheur " nocturne dans les surfaces intérieures à masse élevée (rinçage nocturne), pour réduire ou éliminer la climatisation

Les toits plats fonctionnent bien dans les climats chauds et secs (surtout s'ils sont de couleur claire)

Organisez le plan d'étage pour que le soleil d'hiver pénètre dans les espaces d'utilisation de jour avec des fonctions spécifiques qui coïncident avec l'orientation solaire

-Utilisez des matériaux de construction de couleur claire et des toits froids (à haute émissivité) pour minimiser le gain de chaleur par conduction

IV.5.4. Les caractéristiques écologiques² de site

IV.5.4.1. Les lacs

. Le lac reçoit entre 800 et 1.200 mm de pluies, ce qui favorise une végétation abondante sur les berges, avec une flore aquatique variée et une Faune des zones humides plus riche.



IV.5.4.2. La végétation de site

Les principales espèces sont le pin d'Alep, l'eucalyptus, le chêne liège, zeen et autres espèces.¹



Les plante

d'eau: eucalyptus, le frêne, le peuplier blanc, la massette, le jonc, Les
végétation herbacée (les graminées, et autres

FIGURE 124 LA VEGETATION DE LAC BURGAS



eucalyptus

les graminés

le frêne

¹ Direction de la préservation des foret souk Ahras

IV-5.4.2.1.L'avifaune aquatique

La mosaïque d'écosystèmes du lac de Bourgas, constitue un habitat remarquable et un Biotope favorable à l'installation ou la transition d'une faune riche et diversifiée.

-Lac Bourgas est un lieu propice pour nombreuse **espèces d'oiseaux**, 50 espèces appartenant à 27 familles (Tableau 08) qui fréquentent le site pour l'escale, l'hivernage ou la reproduction. Parmi ces espèces : 35 sédentaires nicheuses qui trouvent cette zone humide un milieu favorable .il s'agit 15 espèces migratrices dont 10 hivernantes et 5 estivantes¹



Canard couvert



Fuligule nyroca



Poule d'eau



Grébecastagneux



Pigeon biset



Rouge-queue noir

¹ Etudes des quelques paramètres physico-chimiques et le degré de pollution du lac Burgas (Commune de Taoura, wilaya de Souk-Ahras), AID Sara, 2017

Tableau08. Composition de l'avifaune aquatique (Temimi, 2015).

Famille	Espèce	Famille	Espèce
Anatidae	Canard couvert	Fringillidae	Verdier d'europe
	Canard souchet		Serin Cini
	Fuligule milouin		Chardonnet Elégant
	Fuligule nyroca		Pinson Des Arbres
Rallidae	Foulque macroule	Falconidae	Faucon crécerelle
	Poule d'eau	Accipitridae	Buse du maghreb
Podicipédidae	Grébecastagneux		Aigle botté
Columbidae	Pigeon ramier	Cisticolidae	Buse variable
	Pigeon biset	Passeridae	Cisticole des joncs
	Tourterelle turque		Moineau domestique
Phylloscopidae	Pouillot véloce	Picidae	Pic epeiche
Paridae	Mésange nord-africaine	Hirundinidae	Hirondelle rustique
	Mésanges charbonnière		Hirondelle de fenêtre
Corvidae	Grand corbeau	Sturnidae	Etourneau sansonnet
	Grave a bec rouge	Turdidae	Etourneau unicolore
Ardéidae	Héron garde-bœuf	Alcédinidae	Marle noir
	Héron cendré	Ciconidae	Martin-pêcheur d'europe
	Aigrette garzette		Cigogne blanche
Muscicapidae	Gobemouche gris	Certiidae	Grimpereau des jardins
	Rouge-gorge familier	Alaudidae	Cochevis huppé
	Rosignol philomèle	Motacillidae	Bergeronnette grise
	Tarier pâtre	Upupidae	Huppe fasciée
	Rouge-queue noir	Laniidae	Pie grièche a tête rousse
		Emberizidae	Pie grièche grise
		Sylviidae	Bruant proyer
		Fauvette mélanocéphale	

IV-5.4.2.2. La faune Vertèbres et invertébrés

La faune du lac de Bourgas, est représentée par 38 espèces regroupées dans 27 familles, Le groupe le mieux représenté est le groupe d'insectes (9 espèces d'Odonates, une espèce de Diptères, 5 espèces Lépidoptères ,6 espèces Coléoptères). Puis les groupes des reptiles et mollusque avec 3 famille pour chaque groupe, ensuite les amphibiens et arachnides avec 2 famille pour chacun, enfin les crustacés et les poissons avec une seule famille¹

¹ Etudes des quelques paramètres physico-chimiques et le degré de pollution du lac Burgas (Commune de Taoura, wilaya de Souk-Ahras), AID Sara, 2017



Lacerta pater



Hyla meridionalis



Helixaspersa maxima

IV.5.4.3. Les recommandations pour la conception de projet

-Le projet doit être - Le projet doit avoir plissure accès principale destinée aux grand public: les visiteurs et secondaire destinée pour les services et les chercheurs pour faciliter la circulation et la distribution aux différentes espaces de projet

-Intégration au site : site naturel caractérisé par la présence du lac et de la verdure que nous allons introduire dans notre projet par :

-une implantation d'une façon respectueuse de l'environnement naturelle immédiat

-L'intégration de la notion des corridor écologique, espaces linéaires qui relient entre eux les réservoirs de biodiversité. Ces « couloirs de déplacement » sont nécessaires à la survie de la petite et la grande faune puisqu'ils permettent leur alimentation, leur repos, leur reproduction et leur migration; , cette notion se poursuivra bau sein de notre projet ; ces parcours feront office d'accès mais aussi de promenade pour découvrir le projet.

-La gestion des corridors visera à permettre la mobilité des espèces que l'on souhaite favoriser.

-l'alignement et l'orientation des différentes serres doit être simulés pour créer un environnement idéal en fonction de la zone climatique que représenterait la serre

Les serres

-Les serres sont équipés de verre spécialement sélectionné qui permet une lumière optimale pour les plantes, mais réduit une quantité substantielle de chaleur. Le toit est équipé de voiles rétractables actionnées par capteur qui s'ouvre automatiquement pour fournir de l'ombre aux plantes lorsqu'il fait trop chaud Refroidir uniquement les zones occupées

-Les serres appliquent la stratégie de refroidissement uniquement aux niveaux inférieurs, réduisant ainsi le volume d'air à refroidir. Ceci est réalisé par stratification thermique - refroidissement du sol par des tuyaux d'eau glacée coulés dans les dalles de plancher permettant

à l'air frais de se déposer dans la zone occupée inférieure tandis que l'air chaud monte et est évacué à des niveaux élevés

-Pour réduire la quantité d'énergie requise dans le processus de refroidissement, l'air de la serre est déshumidifié par un desséchant liquide (agent de séchage) avant d'être refroidi. Ce déshydratant est recyclé en utilisant la chaleur résiduelle de la combustion de la biomasse.

-l'utilisation de l'énergie de la biomasse comme une source d'énergie principale

-profiter de l'énergie éolienne au niveau de corridor nord-ouest

-l'ouverture du façades orienter sud maximiser l'exposition au soleil et profiter de la vue panoramique des lacs

-Fournit un vitrage haute performance à double vitrage (Low-E) à l'ouest, au nord et à l'est, mais clair au sud pour un gain solaire passif maximal

-l'utilisation de matériau de ionoplastie Dupont TM SentryGlas pour les serres

V. APPROCHE ANALYTIQUE

Introduction

Dans ce chapitre on va faire une analyse sur des exemples pour tirer des principes (constructifs ou écologique), et tirer les programmes surfaciques étudiés. Aussi, une analyse sur un terrain d'intervention pour avoir leurs contraintes et leur potentialité afin de bien avoir intégrer notre projet proposé.

V.1. Étude et analyses des exemples : Ecorium of the National Ecological Institute



FIGURE 125I.1. ECORIUM OF THE NATIONAL ECOLOGICAL INSTITUTE

V.2. Présentation



FIGURE 126 PLAN DE SITUATION DE ECORIUM OF THE NATIONAL ECOLOGICAL INSTITUTE

Situé à Seochon, en République de Corée, le parc écologique Ecoplex est une initiative gouvernementale visant à préserver l'environnement naturel de la région et à créer un centre national rassemblant divers objets de valeur écologiques pour la recherche avancée et l'exposition en Corée. Le site avait à l'origine été attribué au développement en tant que zone industrielle, mais en raison de ses valeurs environnementales

Localisation : Seochon-gun, Corée

Surface: 33090, 0 m²

V.2.1. Les limites de projet

Le projet se situe dans un site naturelle riche dans le périphérique de la ville

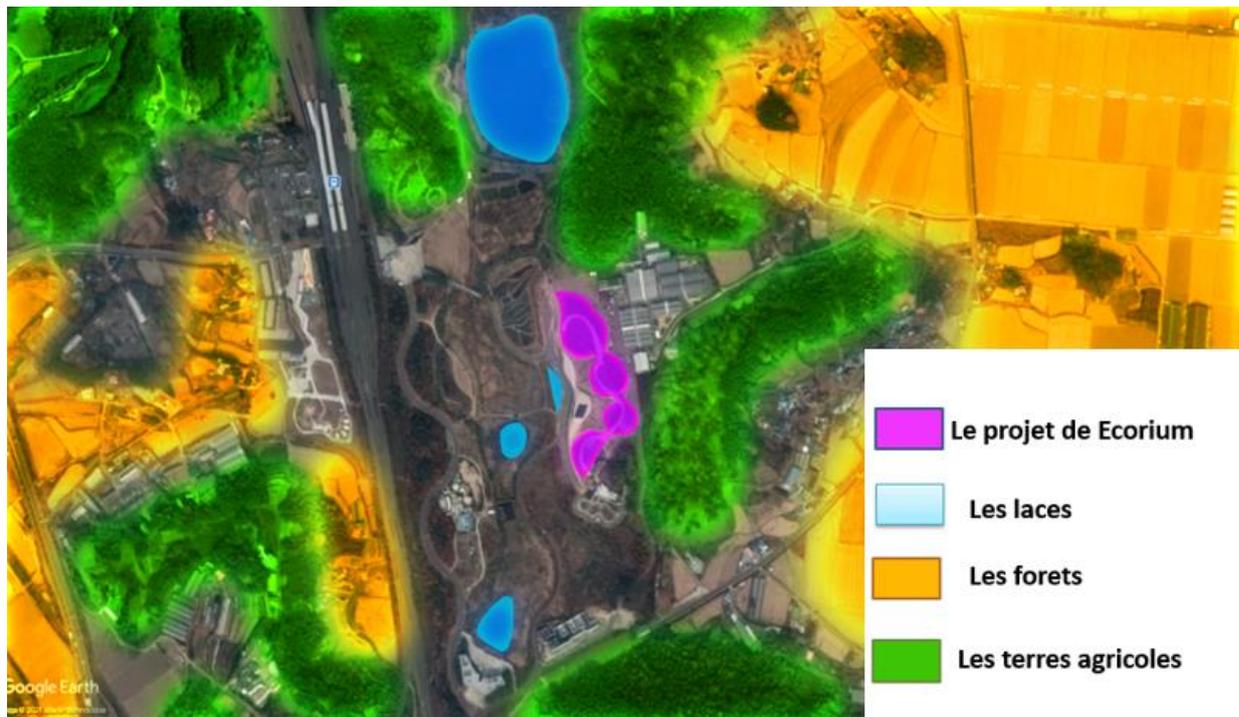


FIGURE 127LES LIMITES DE PROJET SOURCE AUTEUR

Le choix de site est stratégique pour la préservation de la richesse de la biodiversité de l'environnement naturelle de la région et créer un centre national rassemblant divers objets de valeur écologiques pour la recherche avancée et l'exposition environnementale

V.2.2. Analyse d'environnement naturelle



FIGURE 128 LES LACS DE LECORIUM

Le projet est situé dans un milieu de nature humide qui est caractérisée par la présence de différentes lacs d'eau douce de différentes formes

Le projet a une caractéristique écologique pour la préservation de ces lacs

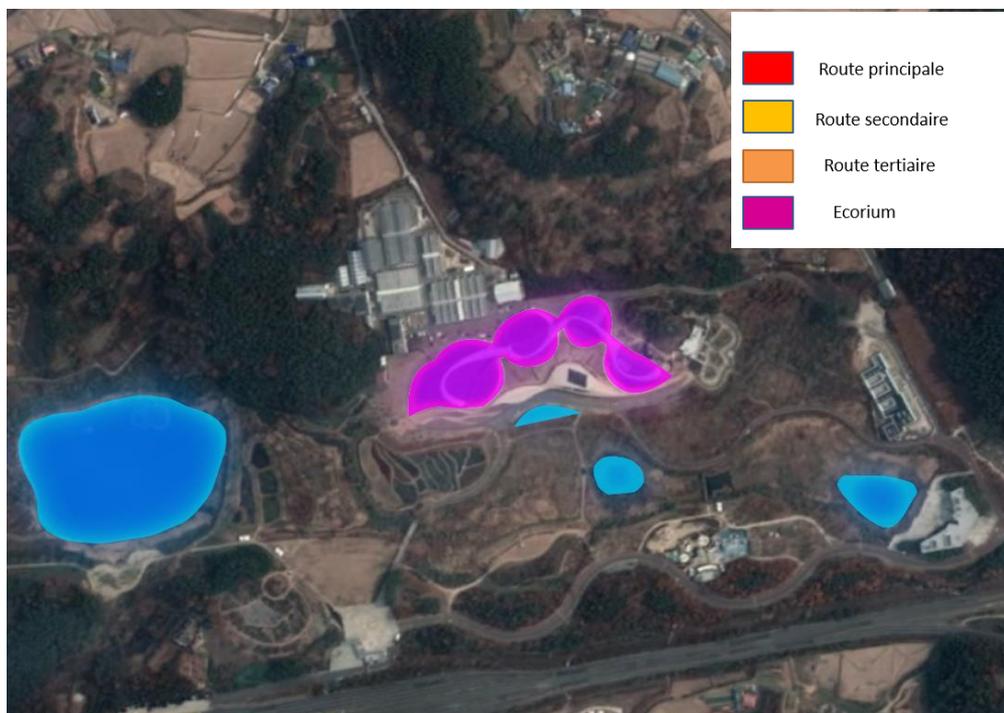


FIGURE 129 LOCALISATION DES LACS PAR RAPPORT AU PROJET DE ECORIUM : SOURCE AUTEUR

V.2.3. Hiérarchisation de L'accessibilité

Le projet est bien accessible selon une hiérarchisation des voix : principale, secondaire, tertiaire, La forme des rues secondaire sont en harmonie avec la forme de projet : suivent la morphologie de terrain et la présence des laces



FIGURE 130 CARTE D'ACCESSIBILITE SOURCE AUTEUR

V.2.4. L'accessibilité au niveau de projet

Le projet a des plissure accès principale destinée aux grand public: les visiteurs , Et secondaire destinée pour les services et les chercheurs pour faciliter la circulation et la distribution aux différentes espaces de projet

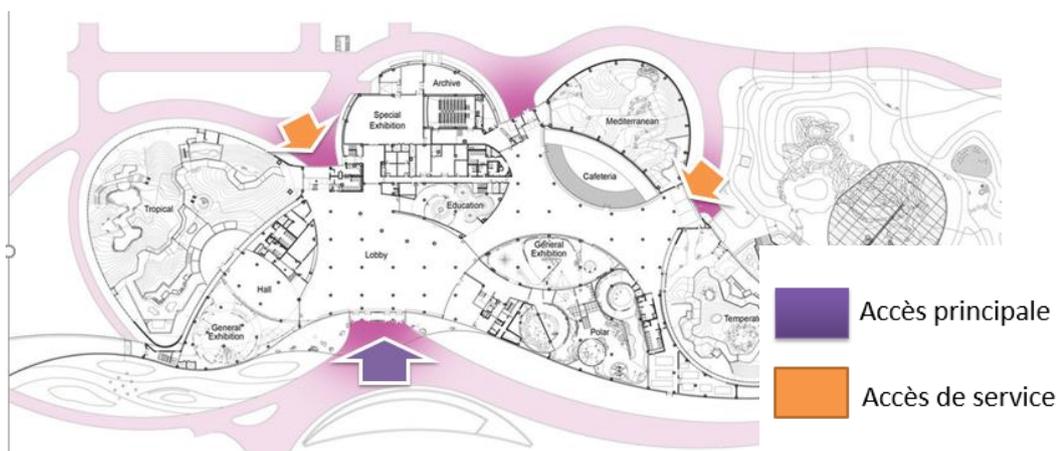


FIGURE 131 CARTE DE L'ACCESSIBILITE AU NIVEAU DE ECORIUM SOURCE AUTEUR

Plan de masse



FIGURE 132 PLAN DE MASSE DE LECORIUM

La forme de projet est de formes organique linéaire s'inspire de la nature : 'Natures Odyssée

-Le projet est implantée d'une façon respect use de l'environnement naturelle immédiat : la présence des lacs et en suivent la topographie de terrain

-Les serres sont implantée au nord-ouest du projet d'une façon régulière

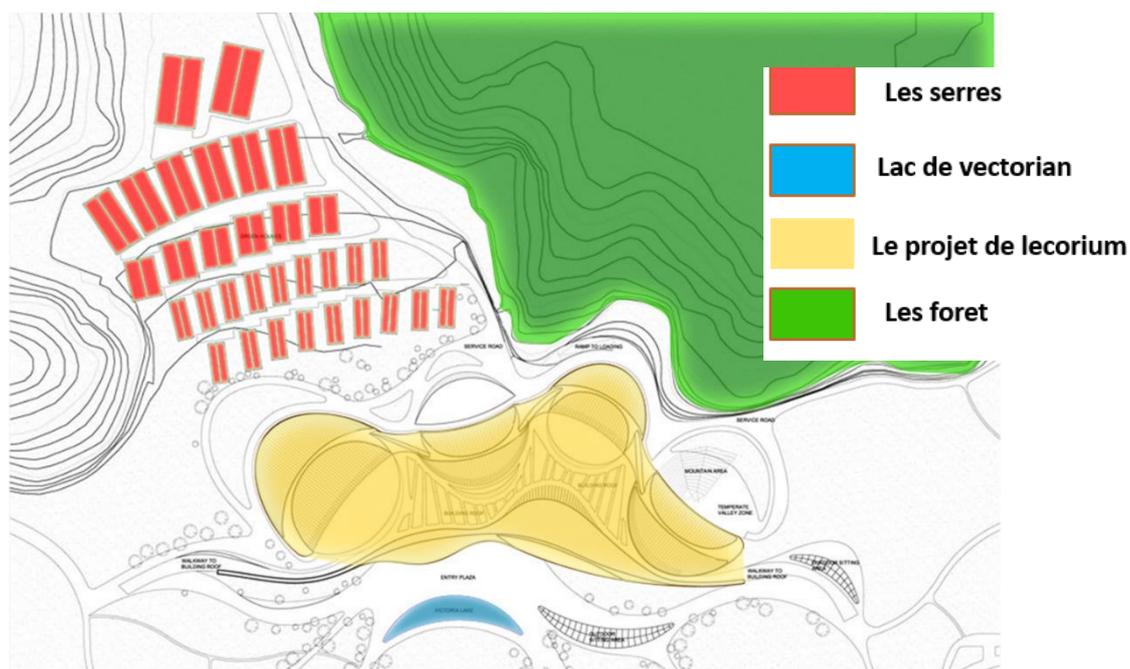


FIGURE 133 PLAN DE MASSE SOURCE AUTEUR

Analyse des plans

Le RDC est réservé pour les différentes 04 serres climatiques d'exposition qui sont regroupées dans un podium linéaire qui sert également de voie de circulation principale pour les expositions et permet aux visiteurs de vivre diverses expériences.



FIGURE 134 DISTRIBUTION DES ESPACES AU NIVEAU DE PLAN DE RDC SOURCE AUTEUR



les salles d'exhibition sont divisé en salle général et spécial temporaire et permanent destinée aux visiteurs pour l'éducation environnemental, -le RDC et aussi réserver pour les espaces de regroupement et des activité commercial : lobbies +cafeteria +cinéma +boutique s

Plan 1^{er} étage

Le 1^{er} étage est réservé pour l'exposition de la serre climatique de dessert -l'Eco galerie est réserver pour le regroupement et l'éducation environnemental

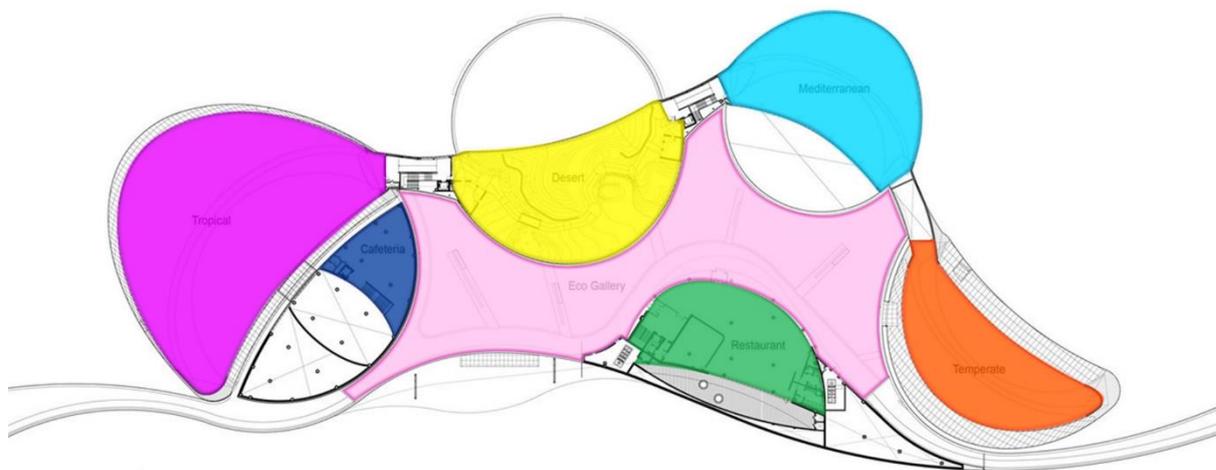


FIGURE 135 LA DISTRIBUTION DES ESPACES AU NIVEAU DE 1^{ER} ETAGE SOURCE AUTEUR

Les serres

L'Ecorium est composé de diverses serres et d'environnements contrôlés afin de reproduire l'écosystème global de cinq zones climatiques : tropical, méditerranée, dessert, tempérât, Polar -les zones climatiques individuelles sont regroupées dans un podium linéaire qui sert également de voie de circulation principale pour les expositions et permet aux visiteurs de vivre diverses expériences

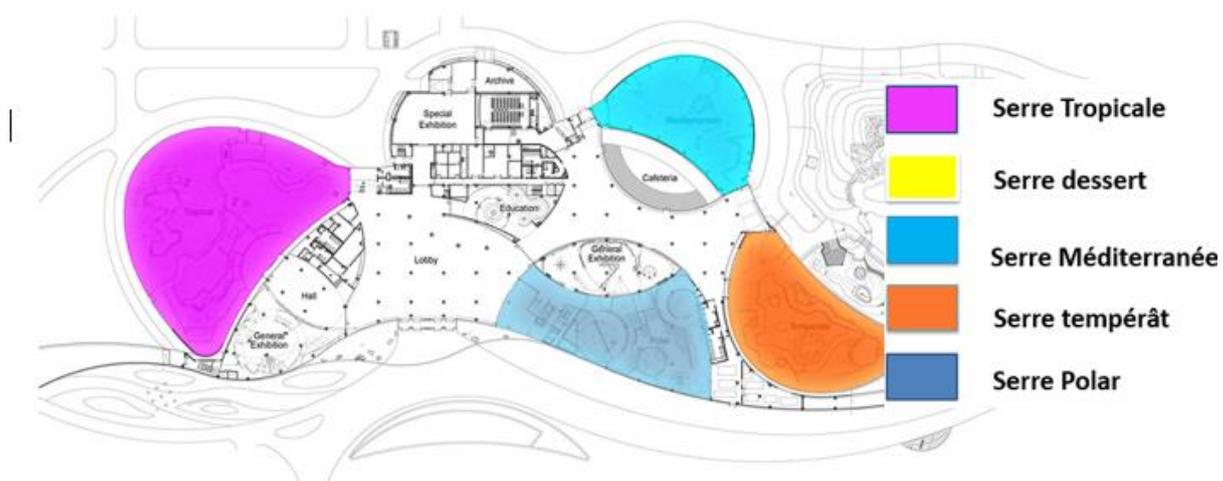


FIGURE 136 LES SERRES AU NIVEAU DE PROJET SOURCE AUTEUR

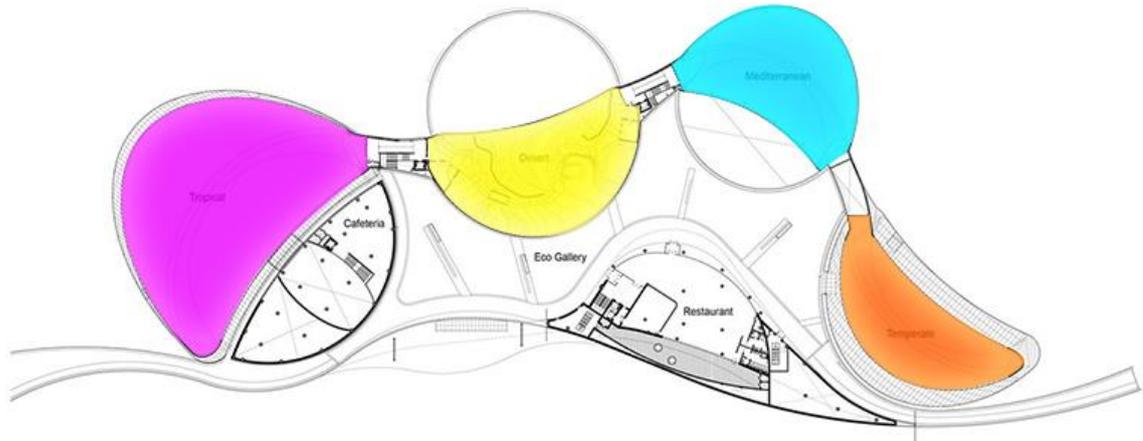


FIGURE 137 LA SERRE TEMPERAT



FIGURE 138 LA SERRE DESERTIQUE

La serre tropicale

Conçue comme la plus grande serre, la zone offre suffisamment d'espace pour la croissance future de diverses plantes et arbres. La serre offre un environnement réaliste dans lequel les visiteurs peuvent réellement voir, entendre, sentir et toucher comme s'ils se trouvaient à l'intérieur d'une forêt tropicale humide. La disposition des arbres, des plantes et de l'aquarium a été soigneusement définie avec des fonctionnalités de cascade pour offrir aux visiteurs une expérience complète. Et pour donner une idée plus réaliste de l'environnement, un pont d'observatoire a été installé, offrant une vue panoramique de toute la zone tropicale¹



FIGURE 139 LA SERRE TROPICALE

¹ Ecorium de l'Institut écologique national / Samoo Architects & Engineers + Grimshaw Architects.
<https://fre.architecturaldesignschool.com/ecorium-national-ecological-institute-90109>

Circulation



FIGURE 140 LA CIRCULATION HORIZONTALE AU NIVEAU DE PROJET SOURCE AUTEUR

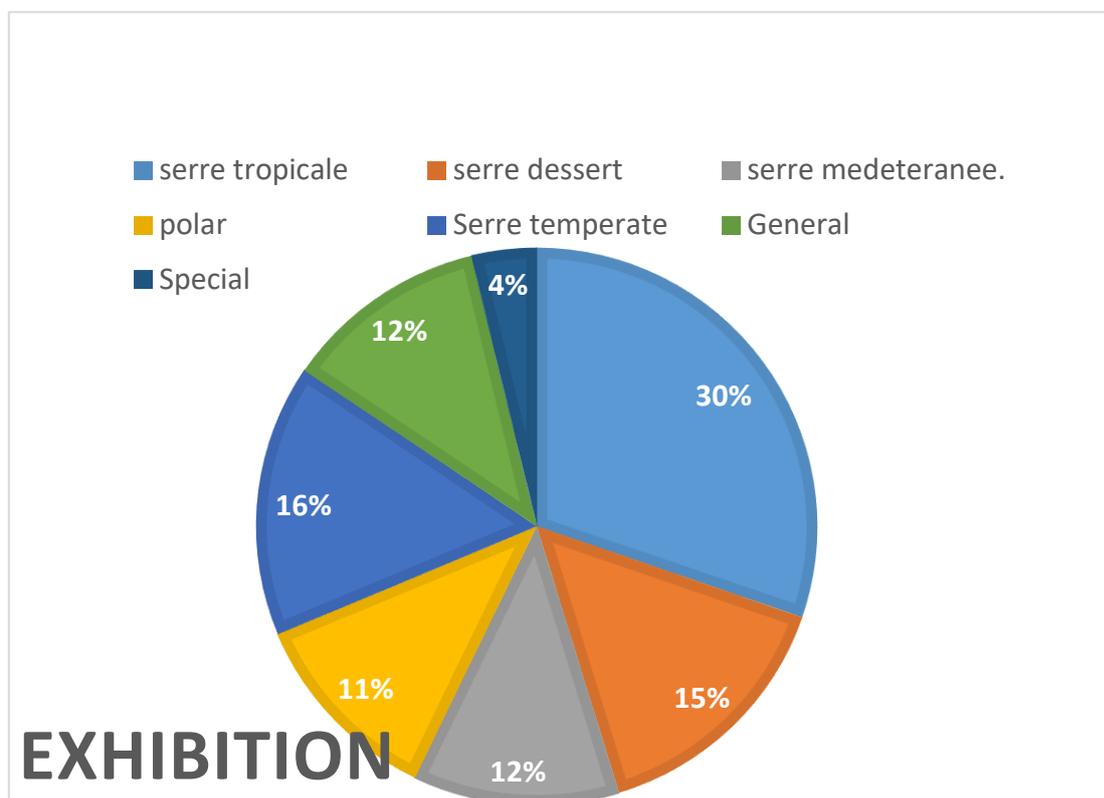
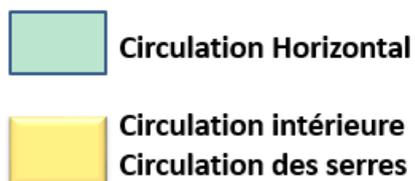


FIGURE 141 DIAGRAMME SUR LES SURFACE DES SERRES EN POURCENTAGE SOURCE AUTEUR

V.2.4.1. La structure du projet

Pour la rigidité structurelle des grandes serres, chacune des serres est soutenue par un arc principal mégastructure qui assure la stabilité de l'ensemble de la structure. Avec l'arc principal fournissant un support, il est équipé d'une ferme à bande horizontale qui fournit des stabilités latérales et une intégrité à l'ensemble de la structure. Les fermes verticales inclinées reliées à la voûte principale soutiennent le mur-rideau ainsi que la résistance au vent.



FIGURE 142 LA STRUCTURE DE ECORIUM

V.2.4.2. Analyse des plans à l'échelle environnementale

Conçu comme un bâtiment respectueux de l'environnement, l'Ecorium est stratégiquement conçu pour devenir un établissement de premier plan en matière de développement durable. L'idée de créer une installation durable était au cœur du projet et a été concrétisée par de multiples simulations conçues pour réduire les consommations d'énergie et l'empreinte carbone. Par exemple, **l'alignement et l'orientation des différentes serres** ont été simulés pour créer un environnement idéal en fonction de la zone climatique que représenterait la serre. De plus, des simulations d'écoulement d'air ont été effectuées afin que les effets de **la ventilation naturelle** puissent être maintenus tout au long des quatre saisons pour les installations nécessaires. Le rideau en pente de chaque zone climatique **recueillait l'eau de pluie pour les usines de refroidissement et d'arrosage**. Grâce à ces efforts divers, l'ensemble des installations a pu réduire la consommation totale d'énergie d'environ 10%.



V.2.4.3. Les matériaux de construction



FIGURE 143 LE MATERIEU PLEXIGLAS

Plexiglas 'acrylique, aussi appelée PMMA ou Plexiglas®, est une matière plastique transparente, rigide, incassable et résistante aux UV, qui appartient à la famille des thermoplastiques.

Les avantages du plexiglas

Le plexiglas est souvent utilisé pour remplacer le verre puisqu'il est facile à installer, résistant et lumineux, laissant passer près de 92 % de la lumière. C'est ce qui explique son surnom de verre acrylique, qui est l'un de ses composants.

Synthèse final de projet

- un projet respectueux de l'environnement pour la préservation des laces naturelles

- L'alignement et l'orientation des différentes serres ont été simulés pour créer un environnement idéal en fonction de la zone climatique que représenterait la serre
- -Le système lacustre illustre le rôle et l'importance des plantes dans le bon fonctionnement des écosystèmes. Il sensibilise à la valeur que les plantes aquatiques jouent dans la nature et souligne l'importance de l'eau propre dans le maintien de la biodiversité
- - des simulations d'écoulement d'air ont été effectuées afin que les effets de la ventilation naturelle puissent être maintenus tout au long des quatre saisons pour les installations nécessaires
- -Les conservatoires appliquent la stratégie de refroidissement uniquement aux niveaux inférieurs, réduisant ainsi le volume d'air à refroidir. Ceci est réalisé par stratification thermique - refroidissement du sol par des tuyaux d'eau glacée coulés dans les dalles de plancher permettant à l'air frais de se déposer dans la zone occupée inférieure tandis que l'air chaud monte et est évacué à des niveaux élevés
- L'utilisation de matériau d'ionoplastie Dupont TM SentryGlas pour les serres, une nouvelle technologie d'intercalaire pour le verre de sécurité architectural qui assure une transmission sans égale de la lumière UV naturelle, destinée aux espaces abritant une faune et une flore exigeant un éclairage particulier
- -l'utilisation du vitrage low-e double glazing au niveau de la serre tropicale pour réduire la quantité de transfert de chaleur
- -Le rideau en pente de chaque zone climatique recueillait l'eau de pluie pour les usines de refroidissement et d'arrosage. Grâce à ces efforts divers, l'ensemble des installations a pu réduire la consommation totale d'énergie d'environ 10%.

Solide et robuste, il supporte près de 40 fois mieux le choc que le verre. Sa durée de vie est donc quasiment illimitée. Léger et malléable, il est facile à travailler et permet de réaliser toutes sortes de personnalisations. Il est facile à peindre, à poncer, à couper ou à percer par exemple.¹

Aussi isolant que le verre en termes d'acoustique et de température, il résiste également à la pollution et aux UV. Ainsi, il convient autant à un usage intérieur qu'extérieur.

1

V.3. Exemple numéro 02

V.3.1. Patricia and Phillip Frost Museum of Science



FIGURE 144IV.3.1. PATRICIA AND PHILLIP FROST MUSEUM OF SCIENCE

V.3.2. Fiche technique

Building: Patricia and Phillip Frost Museum of Science

Location: Miami, Florida

Completion: 2015

Architect: Grimshaw Architects

Construction: Skanska USA

Project Management: Hill International Inc.

AEInterests: Seeking LEED certification, exhibits designed into the structure and design of the building, utilizes local water, wind and solar energy to increase sustainability

Surface: 250,000-square-foot

V.3.3. Présentation

Le musée de Frost sciences est décrit comme un « bâtiment vivant » et est conçu par Grimsey Architect, Structuré autour d'expositions paysagères luxuriantes, intérieures et extérieures, terrestres et aquatiques, le Musée présentera également un dôme numérique à la fine pointe de la technologie, des expositions pratiques et une technologie numérique interactive. Le musée travaille à l'obtention de la certification LEED pour la consommation d'énergie, la gestion des déchets et l'impact environnemental une fois terminé, mais il a déjà remporté un Britweek Business Innovation Awards pour l'innovation dans le développement durable.

V.3.4. Situation

Le Miami Science Museum est un musée scientifique situé dans la ville de Miami, Floride, .

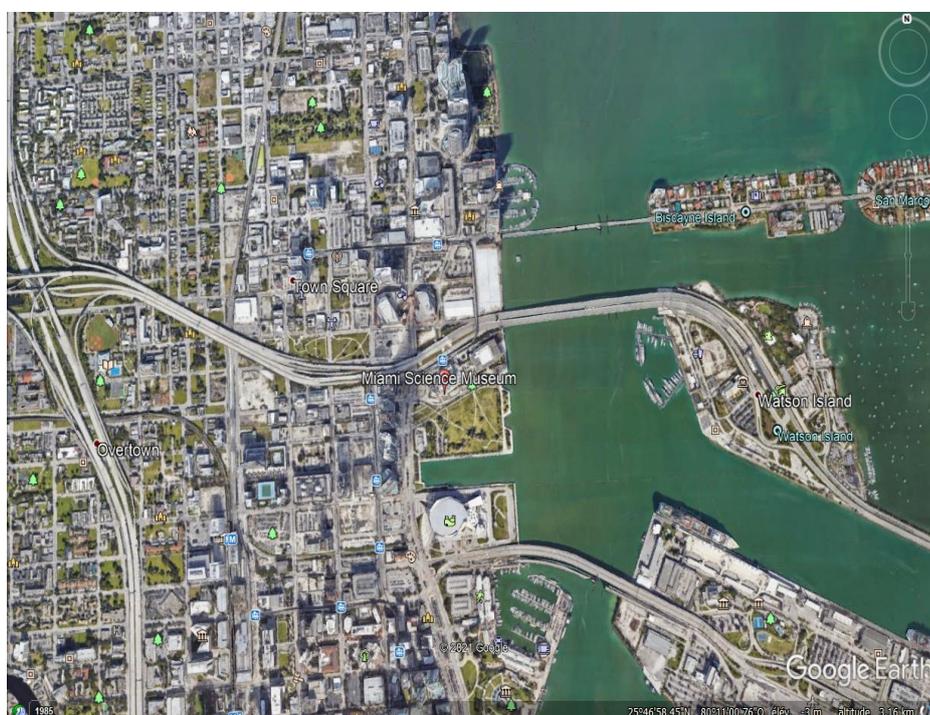


Figure 145 plan de situation de musée des sciences Phillip et Patricia Frost

Plan de masse Le musée des sciences Phillip et Patricia Frost est divisé en quatre bâtiments distincts: l'aquarium, le planétarium Frost et les ailes nord et ouest

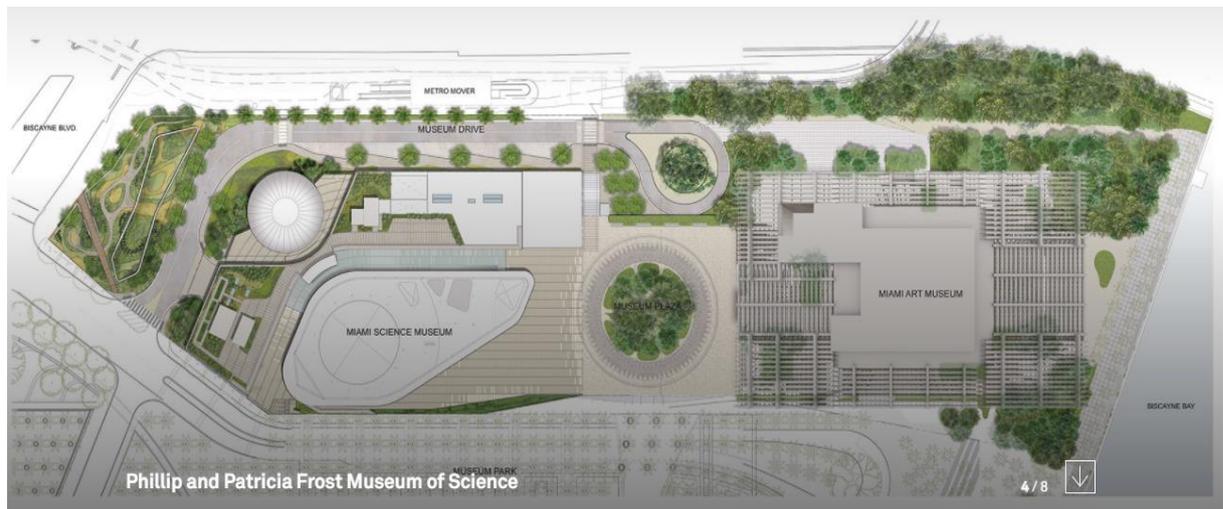


FIGURE 146 PLAN DE MASSE DE LE MUSEE DES SCIENCES PHILLIP ET PATRICIA FROST



FIGURE 147 COUPE SCHEMATIQUE QUI REPRESENTE L'AMENAGEMENT EXTERIEURE DE PROJET

V.3.5. La forme de projet

La forme d projet est divisée en deux aile Les nord et ouest forment les bras ouverts du site. Alors que leur programmation va de l'évolution à l'écologie en passant par les voyages dans l'espace, reliée par une sphère qui représente la forme du planétarium

Aile ouest: Est réservée pour les bureaux administratifs et la cafétéria Frost. Il en est de même pour deux niveaux d'une exposition spéciale

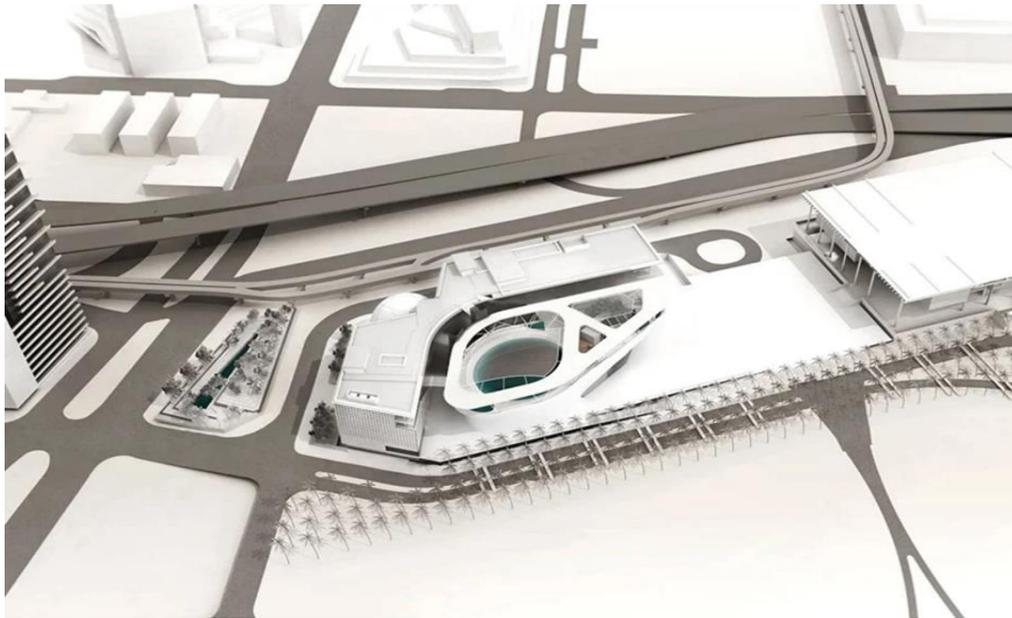


FIGURE 148 MAQUETTE DE MUSEE DES SCIENCES PHILLIP ET PATRICIA FROST

V.3.6. La genèse d'idée de projet

L'accessibilité au projet, La localisation de centre de terrain par l'aquarium, déterminer les axes par l'intersection des voies, Profiter de l'orientation des vents, Matérialiser l'intersection des axes par une sphère qui se présente le planétarium,

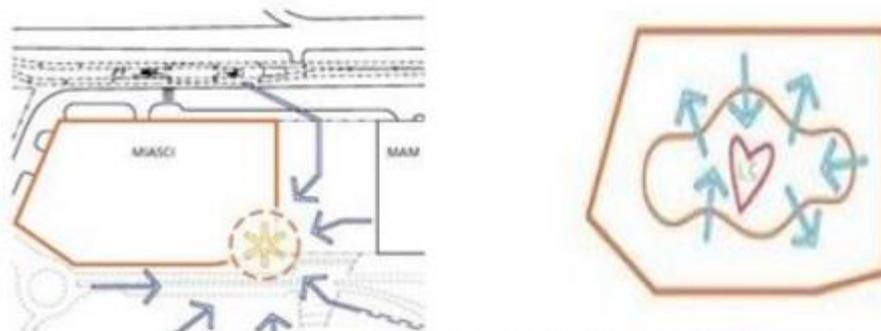




FIGURE 149 LA GENESE DE LA FORME MUSEE PATRICIA AND PHILIPS

V.3.7. Analyse des planes

Plan Sous-sol Le niveau du sous-sol est réserver pour les locaux technique et le parking sous terrain



FIGURE 150 PLAN SOUS-SOL DE LE MUSEE DES SCIENCES PHILLIP ET PATRICIA FROST



Plan RDC : Le niveau de RDC est réservé pour les espaces d'exposition pour la présentation des sciences, et aussi réserver pour l'entrée du planétarium

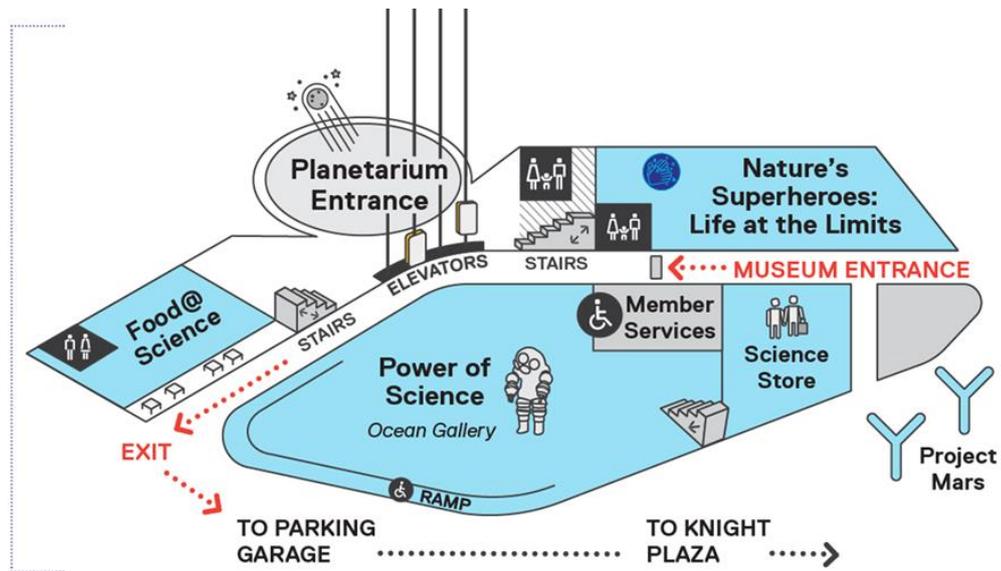


FIGURE 151 PLAN RDC DE LE MUSÉE DES SCIENCES PHILLIP ET PATRICIA FROST

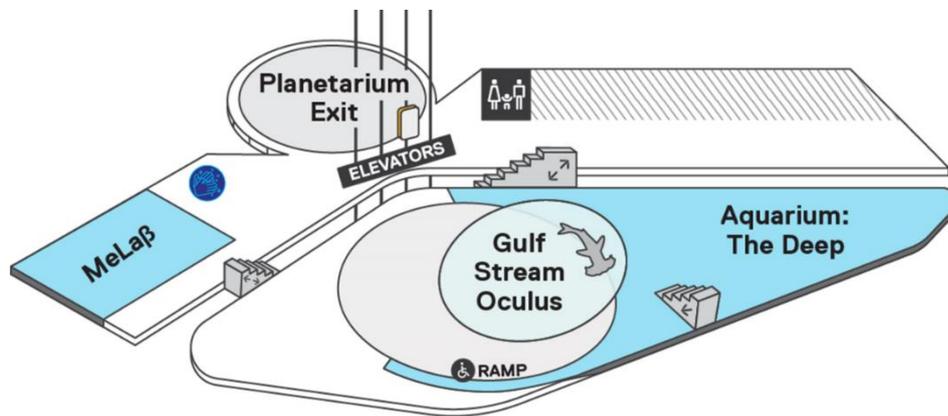


FIGURE 152 DEUXIEME NIVEAU DE LE MUSEE DES SCIENCES PHILLIP ET PATRICIA FROST

Plan deuxième niveau est réserver pour la première partie de l'aquarium et la partie exit du planétarium

Le troisième niveau est réserver pour le 2em niveaux de l'aquarium et les salles d'exposition

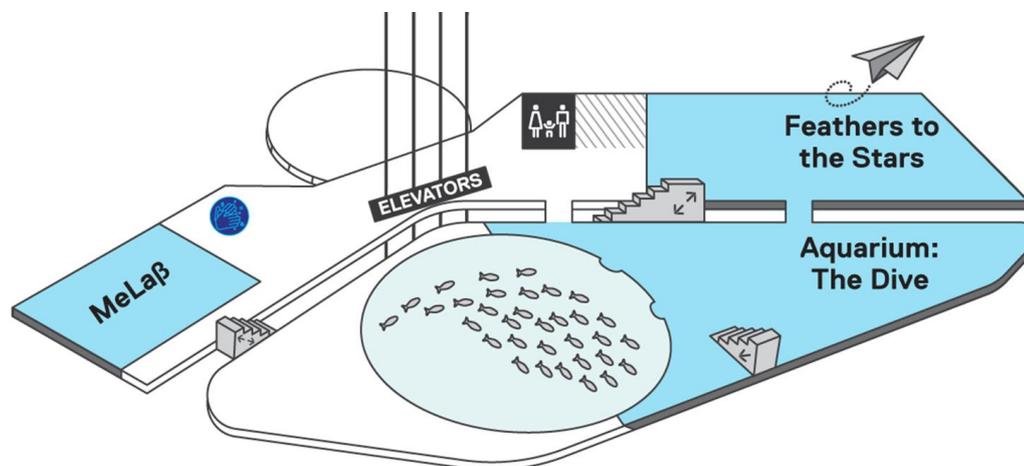


FIGURE 153 LE TROISIEME NIVEAU DE LE MUSÉE DES SCIENCES PHILLIP ET PATRICIA FROST

Le quatrième niveau est réservé pour la dernière partie de l'aquarium et les laboratoires de design

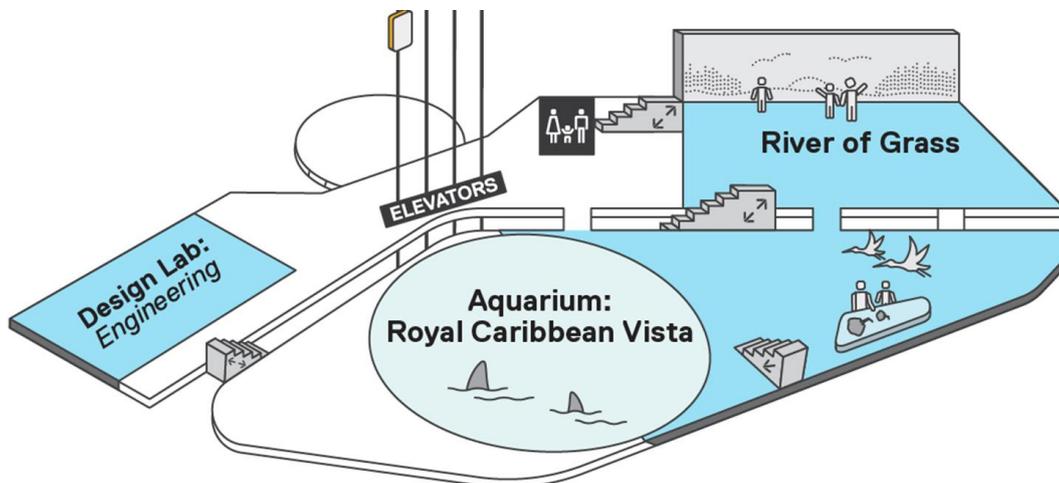


FIGURE 154 LE LE QUATRIEME NIVEAU DE LE MUSÉE DES SCIENCES PHILLIP ET PATRICIA FROST

Le cinquième niveau est réservé pour l'administration et les salles d'enseignement

Analyse des espaces

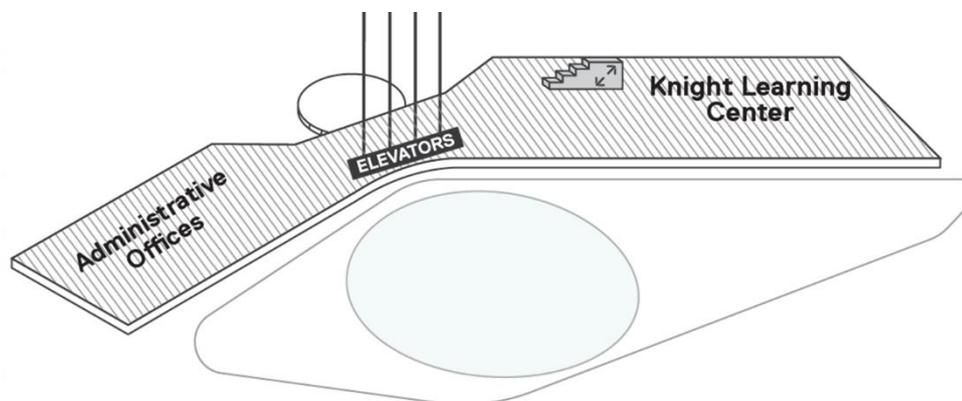


FIGURE 155 LE CINQUIEME NIVEAU DE LE MUSÉE DES SCIENCES PHILLIP ET PATRICIA FROST

Planétarium. Le planétarium Frost, avec son système visuel 8K affichant 16 millions de couleurs via des projecteurs compatibles 3D, est l'un des plus puissants et des plus haute définition de la planète. L'auditorium de 250 places est incliné pour permettre une expérience de près de 360 degrés alors que les visiteurs voyagent vers une galaxie lointaine ou plongent profondément sous la mer. Frost Science propose une expérience éducative interactive engageant les apprenants de tous âges à la découverte du monde naturel fascinant dans lequel nous vivons



FIGURE 156 LE PLANETARIUM

L'aquarium est devisé en trois niveaux :

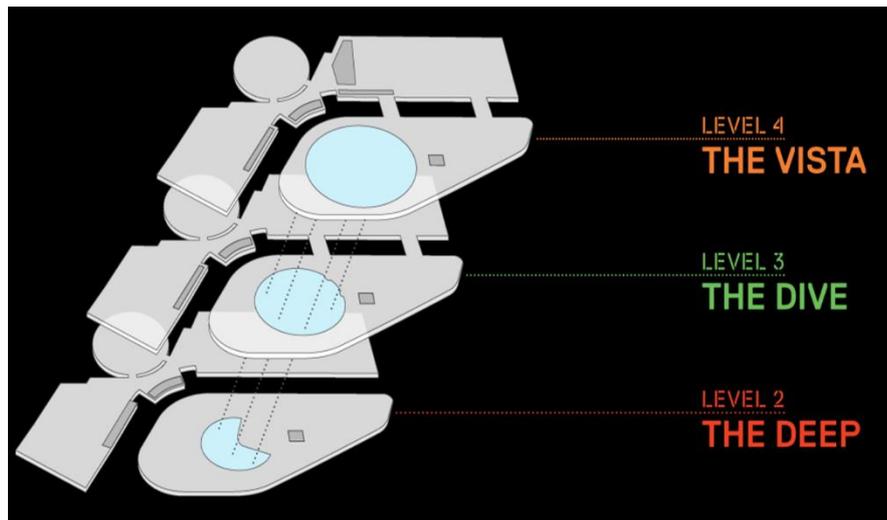


FIGURE 157 COUPE SCHEMATIQUE

The vista en 4 me Etage

-The dive en 3em Etage

-The Depp en 2em étage

Trois niveaux de réservoirs commencent au niveau supérieur de **Vista** avec des expositions extérieures imitant les écosystèmes du sud de la Floride, du « Gulf Stream » au corail en mer et à une plage, un bord de mangrove et un hamac en bois dur des hautes terres

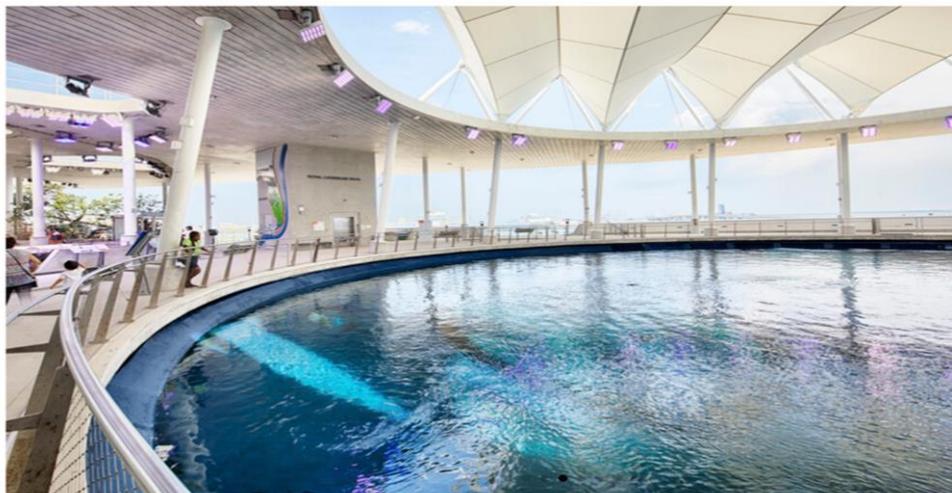


FIGURE 158 NIVEAU SUPERIEURE DE L'AQUARIUM : THE VISTA

Un deuxième niveau, « The Dive », offre une vue plus profonde sur le Gulf Stream, les réservoirs de corail et de mangrove, ainsi que 20 réservoirs autonomes et stations interactives où les visiteurs peuvent observer et toucher des étoiles de mer, des concombres de mer et des oursins



FIGURE 159 UN DEUXIEME NIVEAU DE LAQUARIUM THE DIVE

-Le niveau le plus bas, « The Deep », présente l'oculus et un remarquable mur animé de 80 pieds de long conçu pour le Frost par Formula D Interactive, une entreprise sud-africaine. Regardez les bancs de poissons nager - et fuyez quand vous leur faites un signe de la main. Alors préparez-vous à être surpris quand un **très grand visiteur, une baleine à bosse, surgit.**

Les galerie d'exposition Les expositions stimulantes du musée s'étendent sur six niveaux à l'intérieur d'une aile nord et ouest avec des ponts d'observation sur le toit abritant à la fois un télescope pour l'observation des étoiles et un jardin urbain. Les expositions permanentes du musée sont consacrées à la biodiversité du sud de la Floride, à la physique de la lumière, à l'aviation, à l'esprit et au corps humains, etc.

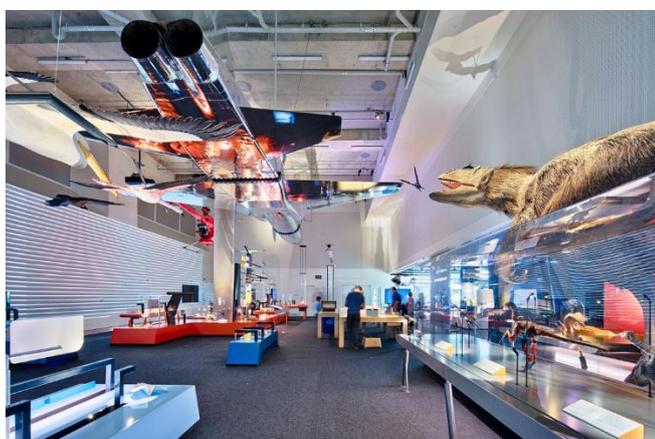


FIGURE 160 LES GALLERIE D'EXPOSITION

MeLaß

MeLaß est situé dans les galeries baptistes de la santé aux niveaux deux et trois de l'aile ouest du musée. Melab est réserver pour l'exposition de l'effet des produits naturelle sur santé et le bien-être.



FIGURE 161 L'ESPACE DE MELAB

V.3.8. Analyse des façades

Une texture de géométrie de pixel unifiant qui joue avec la lumière du jour tout au long du cycle diurne, permettant à l'arc du soleil d'animer la façade. Cette texture évoque également des modèles au sein de la science, qu'il s'agisse de cellules végétales ou de code pour les ordinateurs ou l'ADN



FIGURE 162 MUSÉE DES SCIENCES PHILLIP ET PATRICIA FROST

V.3.9. Les Solution Environnementale

Le Musée présentera également un dôme numérique à la fine pointe de la technologie, des expositions pratiques et une technologie numérique interactive. Le musée travaille à l'obtention de la certification LEED pour la consommation d'énergie, la gestion des déchets et l'impact environnemental une fois terminé, mais il a déjà remporté un Britweek Business Innovation Awards pour l'innovation dans le développement durable

Le site



FIGURE 163SCHEMA DE SITE DE MUSÉE DES SCIENCES PHILLIP ET PATRICIA FROST

-Transports publics solides via les bus et les stations Metro over sur place

Parking sous le bâtiment pour éviter les îlots de chaleur généralement causés par les parkings exposés à la lumière directe du soleil

-bornes de recharge pour véhicules électriques pour six véhicules électriques

-espace vert et espace ouvert avec parc et place adjacents

-zones humides pour fournir la collecte et le traitement naturel du ruissellement des eaux pluviales du site

-Friche industrielle réaménagée

L'exploitation des énergies renouvelables

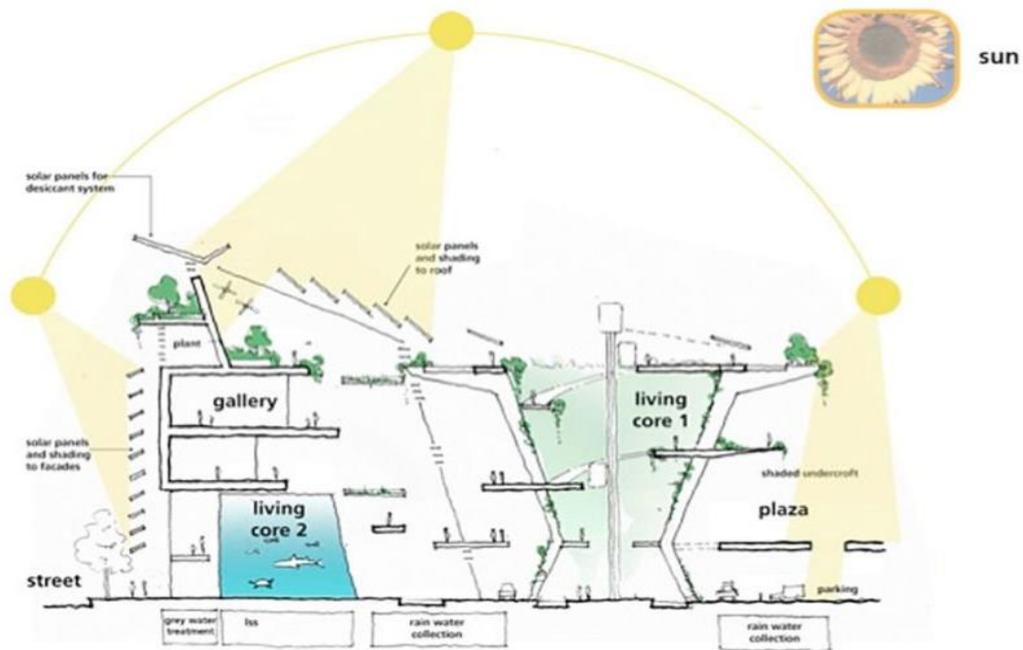


FIGURE 164 COUPE SCHEMATIQUE DE L'EXPLOITATION DES ENERGIES SOLAIRE

- L'utilisation des panneaux solaires au niveaux de toiture incline
- l'utilisation des brises solaire au côté ouest pour la protection

La ventilation

Le projet est orienté et ouvert vers le sud-ouest pour profiter des vents pour la ventilation

La ventilation naturelle est assurée par the plaza et l'atrium dans les galeries extérieures

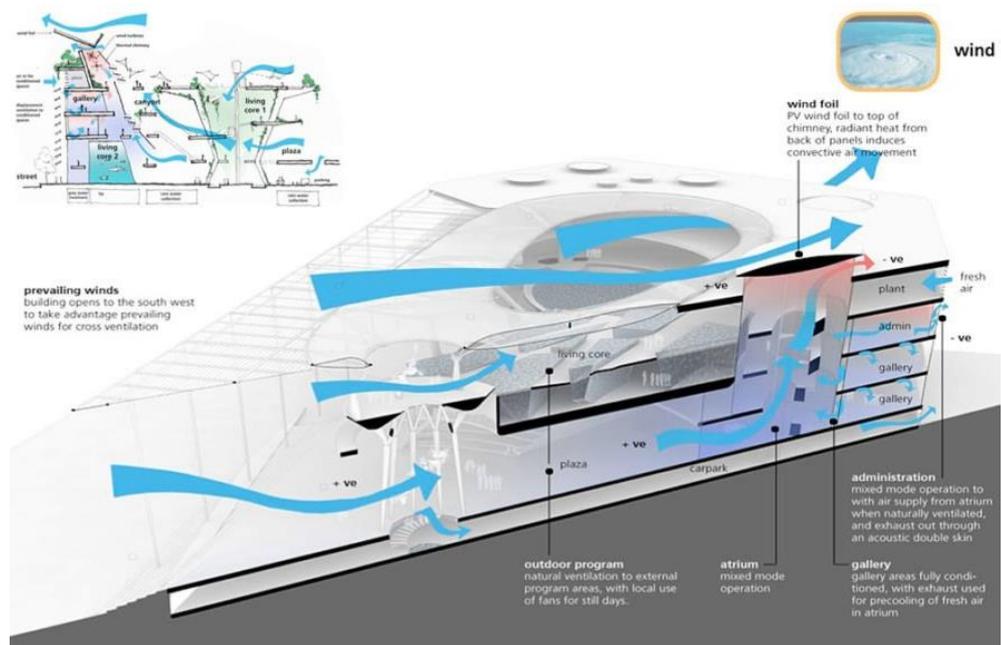


FIGURE 165 COUPE SHEMATIQUE DE LA VENTILATION

L'eau

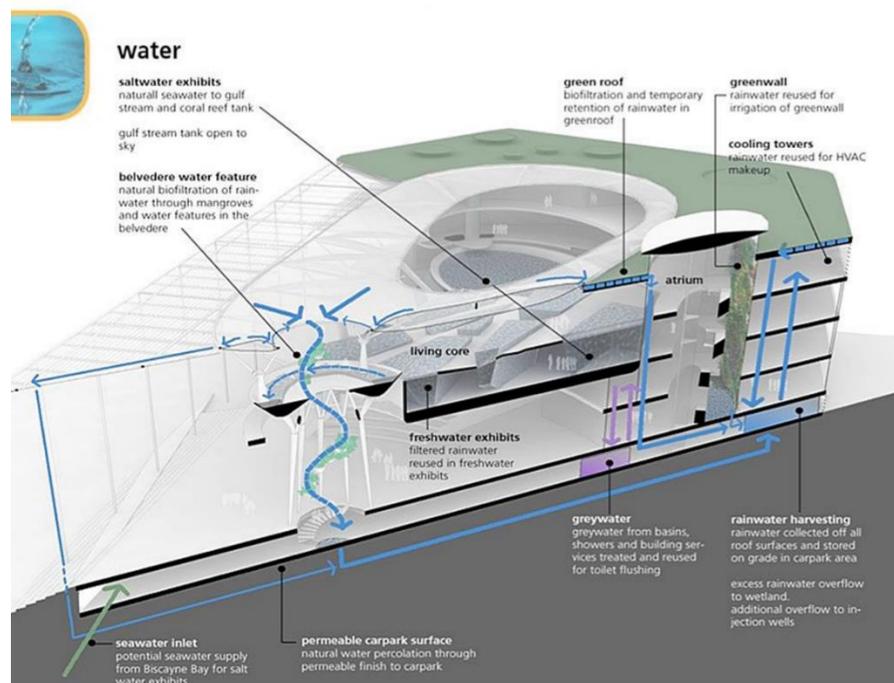


FIGURE 166 COUPE SHEMATIQUE SUR LA RECUPIRATION DES EAUX PLUVIALES

Appareils de plomberie à faible débit

Systèmes d'irrigation à faible débit

-collecte de l'eau de pluie pour une utilisation comme eau d'appoint CVC et pour irriguer les jardins sur les toits (environ 350000 gallons par an d'économies d'eau de la ville)

Collecte des eaux grises pour les toilettes et les urinoirs (environ 250000 gallons par an d'économies d'eau en ville)

V-3.9.1.1. Green Wall : les mures végétales



FIGURE 167 LES MURES VEGETALES

C'est un mur sur lequel poussent des plantes grimpantes, les concepts de mur vivant, mur-manteaux végétalisé et mur végétal décrivent des jardins ou écosystèmes verticaux, plus ou moins artificiels. Ces parois verticales végétales ou végétalisées sont conçues tantôt comme éléments esthétiques et de décor intérieur ou extérieur

Les Matériaux de construction



FIGURE 168 MATERIAUX RAPIDEMENT RENOUVELABLES

- Matériaux rapidement renouvelables pour les expositions
- utilisation du matériel régional
- sélection de matériaux de construction à haute teneur en matières recyclées
- utilisation de bois certifié par le Forest Stewards hip Council
- matériaux de construction et peintures à faible émission de produits chimiques
- recyclage des déchets de construction

Synthèse final de projet

- La situation du musée est dans un endroit stratégique Structuré autour d'expositions paysagères luxuriantes, intérieures et extérieures, terrestres et aquatiques
- Frost Science propose une expérience éducative interactive engageant les apprenants de tous âges à la découverte du monde naturel fascinant dans lequel nous vivons.
- . Le musée est parmi L'une des seules institutions au monde à disposer à la fois d'un planétarium à la pointe de la technologie et d'un aquarium en plusieurs étage
 - Le projet offrira un emplacement central pour surveiller tous les flux de données liés à la performance du bâtiment « vert », de la consommation d'eau à la quantité d'énergie renouvelable produite directement sur le site
 - Les expositions d'accompagnement exploreront les technologies émergentes et un terrain de jeu extérieur adjacent offrira aux jeunes visiteurs des opportunités amusantes et éducatives pour brûler leur propre énergie, tout en découvrant les ressources de notre planète
 - L'utilisation des matériaux de construction écologiques et renouvelables

Exemple 03 Cité de l'environnement de la Porte des Alpes en France



FIGURE 169 CITE DE L'ENVIRONNEMENT DE LA PORTE DES ALPES EN FRANCE

V.3.10. La fiche technique du projet :

Nom : Cité de l'Environnement de Saint-Priest

Situation : Parc technologique de
Saint-Priest, Lyon France

Inauguration : septembre 2010

Architectes : Atelier Thierry Roche & associés

Etages : 3 Etages + 2 parking sous-sol

Superficie : 4 495 mètres carrés

Occupation : La Cité de l'Environnement loge 28 entreprises spécialisées dans le domaine du bâtiment durable, lesquelles comptent 220 travailleurs : urbanistes, paysagistes, architectes, ingénieurs, consultants, constructeurs, rénovateurs... Ces entreprises ont pour mission commune de réduire l'impact environnemental de leurs activités dans le domaine du bâtiment.

V.3.11.Présentation du projet

bâtiment bioclimatique exemplaire qui produit plus d'énergie qu'il n'en consomme à énergie positive, accueille entre autres le premier pôle de compétences environnementales en France, et regroupe des urbanistes, des architectes, des bureaux d'études et des aménageurs reconnus en matière de qualité environnementale dans l'aménagement urbain du territoire.

V.3.12.L'objectif du projet

Développer des services partagés à valeur ajoutée pour la communauté des entreprises et organismes dans le réseau de l'innovation.

-Sensibiliser le grand public des grands problèmes environnementaux et les éduquer afin d'avoir une auto responsabilité envers la nature.

-Intégration et exploitation des systèmes et techniques écologiques, Recherche et Développement, Expérimentation, etc.

V.3.13.Localisation du projet

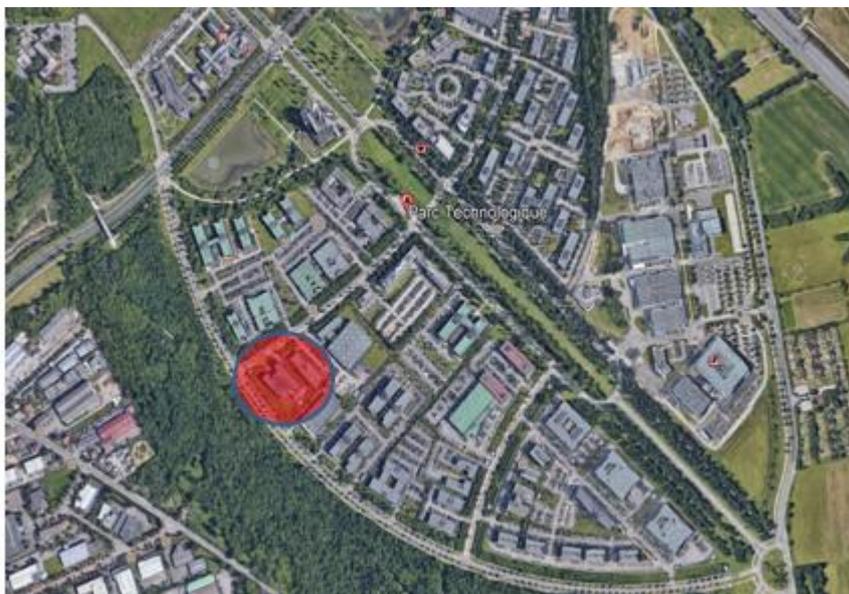


FIGURE 170 LOCALISATION DE CITE DE L'ENVIRONNEMENT DE LA PORTE DES ALPES EN FRANCE

La Cité de l'Environnement est située au cœur du parc technologique de la Porte des Alpes près de Lyon France . Ce dernier, situé au carrefour des 3 communes de l'Est lyonnais (Bron, Chassieu, Saint-Priest), est au cœur du développement de l'agglomération lyonnaise.

Grâce à sa localisation, son dynamisme économique, son accessibilité et ses infrastructures, le parc est devenu un pôle économique majeur de l'agglomération lyonnaise

le choix de site est porté grâce à l'attractivité du parc, sa facilité d'accès, la notoriété des sociétés qui y sont implantées.

Analyse de Plan de masse

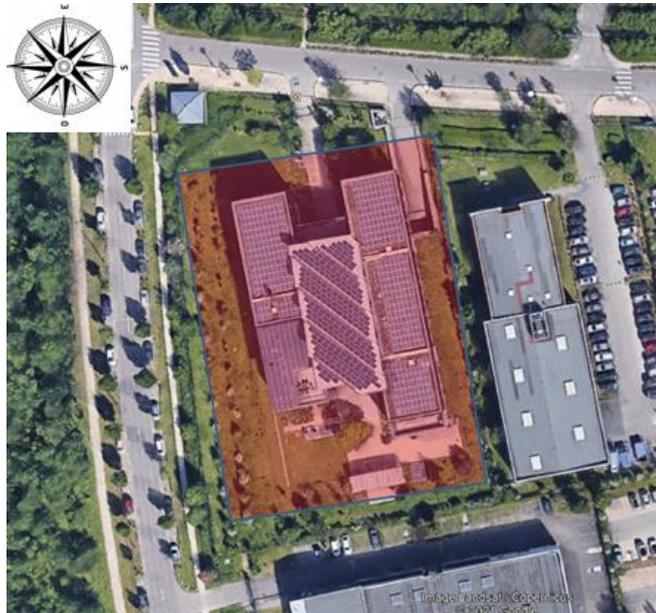


FIGURE 171 PLAN DE MASSE CITE DE L'ENVIRONNEMENT DE LA PORTE DES ALPES EN FRANCE

Le projet est constitué de deux bâtiments de forme parallélépipédique relié par un atrium

-le projet est d'une orientation Nord Sud

-La cité est dotée de deux sous-sol (parking)

L'aspect formelle du projet

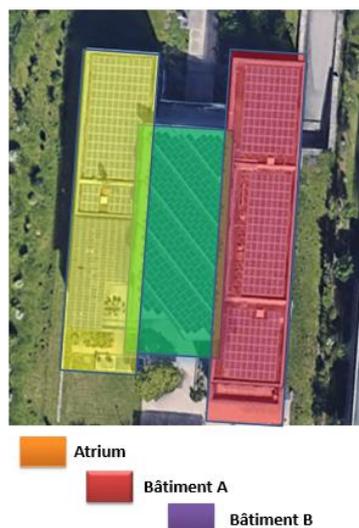


FIGURE 172 L'ASPECT FORMELLE DE CITE DE L'ENVIRONNEMENT DE LA PORTE DES ALPES EN FRANCE

Le projet est composé de deux ailes compactes avec espaces de bureaux, jointes par un vaste atrium pour les aires de service

Plan RDC

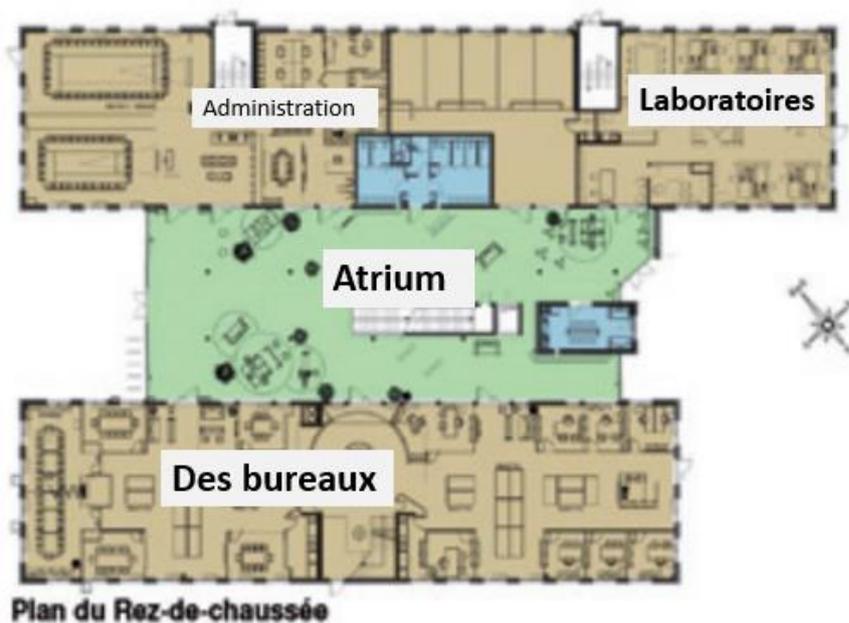
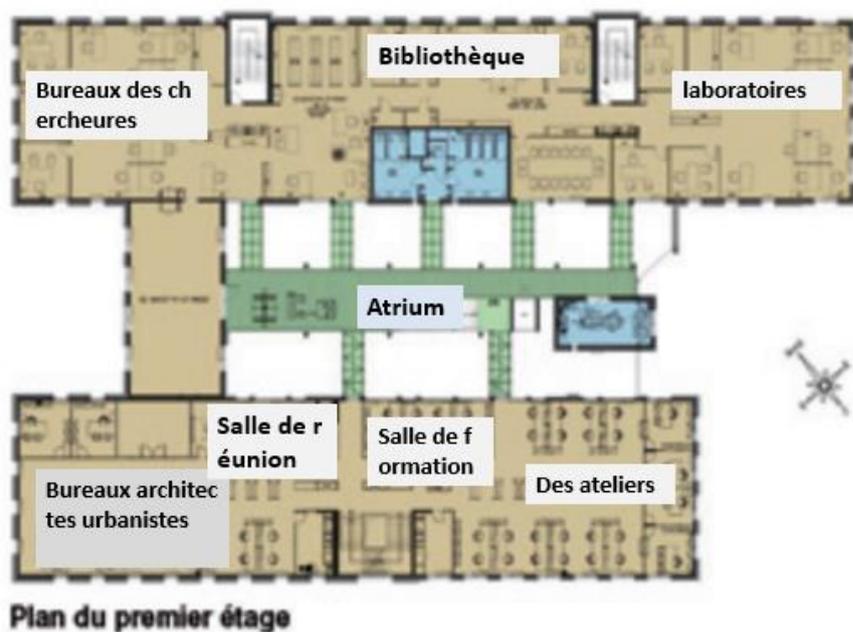


FIGURE 173 PLAN RDC CITE DE L'ENVIRONNEMENT DE LA PORTE DES ALPES EN FRANCE

Plan 1^{er} étage

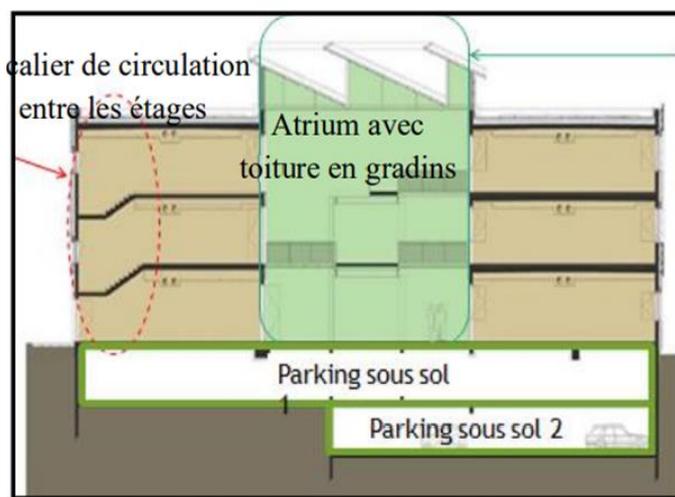


L'atrium :

-L'atrium est un espace à triple hauteur, abritant les espaces de circulation escalier en bois et aluminium et les passerelles intermédiaires entre les deux bâtiments

- La circulation intérieure entre les étages d'un même bâtiment se fait par un escalier et ascenseur

Le projet est traité comme un espace tampon non chauffé, mais il fait partie de l'enveloppe. Une approche bioclimatique raffinée a été nécessaire pour rendre le grand volume de l'atrium confortable en hiver comme en été.



Les solutions environnementales

V.3.14.L'architecture bioclimatique

-L'orientation est Sud/Nord,

-Les ouvertures ont été étudiées (positionnement, nature et taille pour favoriser l'éclairage, le réchauffement et la ventilation naturels.

-Le confort d'été naturel a été privilégié :

-le volume des apports solaires reste maîtrisé (surface habitable vitrée < 20% surface bureaux),

-la ventilation naturelle est assurée par les ouvertures et l'atrium de 424 m²,

-des protections solaires efficaces ont été retenues : brise-soleil motorisés, empilables et orientables pour mieux réguler les apports de lumière et de chaleur



V.3.14.1. Préservation de l'environnement et aménagement paysagère



Un potager est cultivé de mars à octobre par les résidents.

Des prairies naturelles ont été semées autour de la Cité. Elles favorisent un entretien simple et contribuent à créer une ambiance « bureau à la campagne ».

V.3.14.2. La prairie naturelle au service de la biodiversité

Une prairie naturelle est un terrain sur lequel poussent diverses plantes de façon spontanée. Ce type de prairie n'a pas besoin de l'Homme pour se renouveler car elle se reproduit d'elle-même.

V.3.14.3. Les prairies naturelles a des nombreux avantages :

- elles jouent un rôle dans la protection des nappes phréatiques
- elles protègent les sols, notamment de l'érosion
- Elles sont un réservoir de biodiversité
- elles permettent de réguler le climat

La ventilation mécanique contrôlée double flux



Figure **Bouches de ventilation extérieures de la VMC double flux thermodynamique**

La ventilation double flux thermodynamique qui permet, en plus de **ventiler**, de **chauffer l'air**, de **climatiser** voire même **de produire de l'eau chaude**.

Le Chauffage géothermique

Une pompe à chaleur réversible 87 kW sur 1700 m² de capteurs géothermiques alimente un plancher chauffant basse température sur toute la surface du bâtiment.

Dans la salle de formation, la climatisation est assurée par une pompe à chaleur Air/Eau de 20 KW (capacité de 100 personnes).

Spécifications techniques du plancher chauffant basse température : Hiver COP = 5,2, Eté COP = 5,8.



FIGURE 174 LE CHAUFFAGE GEOTHERMIQUE

V.3.14.4. Réseau hadronique muni de circulateurs à débit variable

Il s'agit d'un système qui **utilise de l'eau chaude comme source de chaleur**. Une chaudière électrique, au gaz naturel ou au mazout produit de la chaleur qui est ensuite transportée par de l'eau jusqu'à des radiateurs répartis à différents endroits dans la maison ou le bâtiment. L'eau refroidie retourne ensuite à la chaudière, soit par un système de pompes ou simplement par l'effet de la gravité, pour récupérer de la chaleur à nouveau et répéter le même circuit. Dans le cas d'un plancher radiant, des conduits en polyéthylène chauffants se trouvent à même le plancher, éliminant ainsi l'utilisation de radiateurs muraux. La pièce est donc chauffée par transfert de chaleur du plancher aux objets. Ce système de chauffage était très populaire dans les années 1900, pour éventuellement laisser sa place avec l'arrivée des nouvelles technologies et méthodes de construction. Au cours des dernières décennies, un regain d'intérêt s'est toutefois fait sentir et on a repensé les matériaux et les techniques utilisés pour la conception et l'installation du

chauffage hydronique, mais en s'appuyant toujours sur le même principe. Ici, on ne parle plus de méthode archaïque, mais bien d'avancée technique.

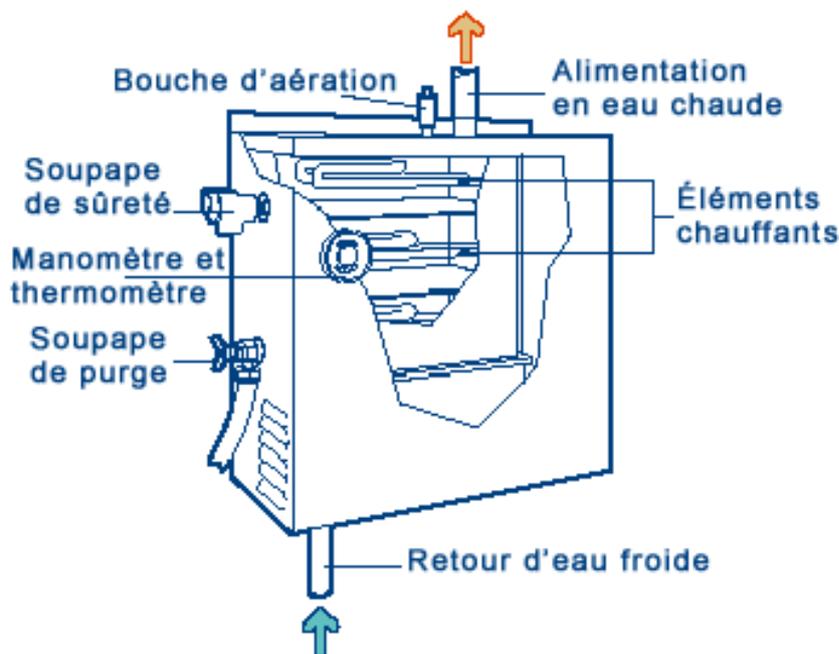


FIGURE 175 RESEAU HADRONIQUE MUNI DE CIRCULATEURS A DEBIT VARIABLE

V.3.14.5. Panneaux solaire photovoltaïque

1400 m² de panneaux solaires photovoltaïques (140 000 kWh/an) sont installés en toiture Ils permettent de compenser l'énergie nécessaire au fonctionnement du bâtiment avec une revente à EDF de 100 % de leur production électrique

Pour la production d'électricité, 1 400 mètres carrés de panneaux solaires photovoltaïques (170 kWc) produisent environ 146 000 kWh/an. La revente de la totalité de la production électrique permet de compenser l'énergie nécessaire au fonctionnement du bâtiment. Il est à noter que les panneaux ont été volontairement placés au nord. Ce choix ampute le volume de production d'environ 10 %, mais il permet de capter davantage de chaleur et de lumière au sud du bâtiment en saison hivernale

V.3.14.6. Equipment faible consommation

Luminaires à haut rendement avec gradation de lumière (6 watts/m²),

-Interrupteurs piézoélectriques (sans piles),

-Blocs de secours très basse consommation

-Ordinateurs peu énergivores avec gestion des veilles.

Éclairage performant (6 W/m²) avec tubes T5, avec ballasts électroniques et interrupteurs piézoélectriques. Le contrôle de ce dernier est effectué par détection de présence.

-Différenciation de l'éclairement lumineux entre les zones de bureaux (200 lux) et les aires de travail (400 lux).

-Éclairage doté d'un système de gradation automatique qui ajuste l'intensité lumineuse des appareils en fonction de l'apport de lumière naturelle.

-Usage généralisé d'ordinateurs et de serveurs peu énergivores avec gestion de veille.

V.3.14.7. L'isolation



La structure du bâtiment est en béton armé, isolée par l'extérieur pour limiter les ponts thermiques.

Les menuiseries bénéficient de triple vitrages peu émissifs avec lame argon et double vitrages sur l'atrium.

V.3.14.8. Spécifications techniques :

Isolation extérieure en polystyrène expansé de 200 mm,

Menuiseries extérieures bureau : bois intérieur / Alu extérieur,

Vitrages 4/16/4/16/4 peu émissifs avec lame Argon & Double vitrages 4/12/4

V.3.14.9. Habillage façade



La structure du bâtiment, en béton armé, est isolée par l'extérieur et habillée de bois.

Bois : les façades de bureaux sont en bardage bois type DOUGLAS traité AUTOCLAVE.

-Les brise soleil sont motorisés, empilables et orientables.

Fenestration low-e, à triple vitrage, sauf pour l'atrium, où il est double.

Apport solaire thermique de la façade sud de l'atrium modulé par des pare-soleil motorisés, empilables et orientables.

Structure de béton isolée par l'extérieur de 200 millimètres de polystyrène expansé.

Résistances thermiques des composantes de l'enveloppe : plancher du sous-sol, RSI 4,2 ; murs bureaux, RSI 5,3 ; murs atrium, RSI 2,3 ; toiture bureau, RSI 10 ; toiture atrium, RSI 5,



V.3.14.10. Terrasse bioclimatique protégées du soleil par des brise-soleil



Figure terrasse bioclimatique



Figure les pergolas au niveau de terrasse

Qualité des environnements intérieurs



Les passerelles et la mise en lumière naturelle abondante pour les lieux communautaires contribuent à favoriser les rencontres et les échanges entre les occupants.

Synthèse final de projet

-Une approche bioclimatique raffinée a été nécessaire pour rendre le grand volume de l'atrium confortable en hiver comme en été

-La Cité de l'Environnement est un bâtiment tertiaire novateur. De l'architecture à l'intégration dans le paysage, du choix des matériaux à la distribution des espaces, de la maîtrise des consommations énergétiques à l'accès aux énergies renouvelables, tout a été pensé pour aboutir à un lieu de vie qui concilie respect de l'environnement et bien-être des occupants.

-L'organisation repose sur la mutualisation des espaces et des services, optimisés en termes d'accès aux ressources, pour les salariés (cafétéria, lieux de détente, sanitaire) comme pour les entreprises résidentes (salles de réunion, de formation, matériel bureautique)

Les ouvertures ont été étudiées (positionnement, nature et taille pour favoriser l'éclairage, le réchauffement et la ventilation naturels.

-Fenestration conçue de manière à favoriser l'éclairage naturel et la ventilation passive. Toutefois, le confort estival a été privilégié dans la mesure où l'indice d'ouverture sur les façades ne dépasse pas 20 % dans les espaces de bureaux

Le confort d'été naturel a été privilégié par

- le volume des apports solaires reste maîtrisé (surface habitable vitrée < 20% surface bureaux),

- la ventilation naturelle est assurée par les ouvertures et l'atrium de 424 m²,

- des protections solaires efficaces ont été retenues : brise-soleil motorisés, empilables et orientables pour mieux réguler les apports de lumière et de chaleur.

La cité de l'environnement est l'exemple réel d'une architecture écologique respectueuse de l'environnement, elle est l'échelle réduite d'un monde sain et propre, d'un monde meilleur.

Synthèse :

L'analyse des exemples, leurs insertion dans leurs contextes, la diversité du programme ainsi que leurs souci de protéger l'environnement à contribuer fortement à l'amélioration de la qualité de vie des espèces (végétales et animales)d'un côté et à l'utilisation de l'énergie renouvelable . Cette lecture référentielle va conduire pratiquement toute notre conception soit sur le côté analytique, programmatique mais aussi conceptuel par l'importance des concepts tirés de cette lecture que nous essayerons d'induire dans notre projet tout en respectant les contraintes de notre contexte.

V.4. Programmation

V.4.1. Introduction

Le Programme est un moment fort du projet. C'est une information obligatoire à partir de laquelle l'architecture va pouvoir exister. C'est un point de départ mais aussi une phase préparatoire¹.

V.4.2. Intitulé du projet : centre de recherche en biodiversité

Centre : lieu où de multiples activités sont groupées ou elles sont à leur maximum ou l'on rencontre beaucoup de gens (dictionnaire Larousse).

Biodiversité: caractérise la diversité des espèces vivantes²

Éducation environnementale : action de former et donner connaissance sur l'environnement. C'est le lieu de convergence et de croisement des aspects qui sont liés à la nature et que l'un complète l'autre pour une amélioration du cadre environnemental.

Un centre de recherche en biodiversité : est un lieu qui englobe les fonctions liées à la biodiversité et à la croissance des connaissances du grand public sur la question de la protection de l'environnement en général et des zones humides en particulier.

V.4.3. Les fonctions de projet

La recherche environnementale : C'est une activité intellectuelle qui tend à la découverte de nouvelles connaissances concernant l'environnement et ses piliers, elle doit être détaillée, exacte, référenciée, et surtout axée sur des thèmes déterminés et vise à combler les lacunes en matière de connaissances et de qualifications, afin d'aider les gens à comprendre et à participer aux activités concernant l'environnement et le développement. Les recherches développées en sciences de l'environnement participent des sciences de : } La vie et de la santé, des sciences de la terre et de l'univers, des sciences de la mer, des disciplines fondamentales ainsi que des sciences économiques, sociales et de gestion.³

Sensibilisation environnementale Elle vise à relever la conscience environnementale du grand public au regard des phénomènes environnementaux dus entre autres aux catastrophes naturelles,

¹ Centre de la nature chapitre 5 approche programmatique

² (dictionnaire Larousse).

³ DENANE Sara, 2016

aux perturbations climatiques et des activités humaines sur l'environnement.les conséquences, longtemps dénoncées n'ont jusque-là pas trouvé les solutions à la résolution partielle des problèmes.

Outils de sensibilisation environnementale :



FIGURE 176 OUTILS DE SENSIBILISATION ENVIRONNEMENTALE :

-L'éducation environnementale :

Définition : Une éducation pour l'environnement, centrée sur une meilleure prise en compte de l'environnement par un individu éco-citoyen, et une éducation par l'environnement, centrée sur la personne et qui reconnaît l'environnement comme un terrain particulièrement motivant pour l'apprentissage grâce à la confrontation au réel et à la possibilité de mener des actions individuelles ou collectives.¹

Exposition environnementale

Définition : Une exposition est une manifestation qui, quelle que soit sa dénomination, a un but principal d'enseignement pour le public, faisant l'inventaire des moyens dont dispose l'homme. L'exposition entre dans le cadre de l'éducation à l'environnement, elle propose une sensibilisation à la protection de l'environnement et à l'écologie en mettant en scène des dégradations produites par l'homme.

Programme proposé

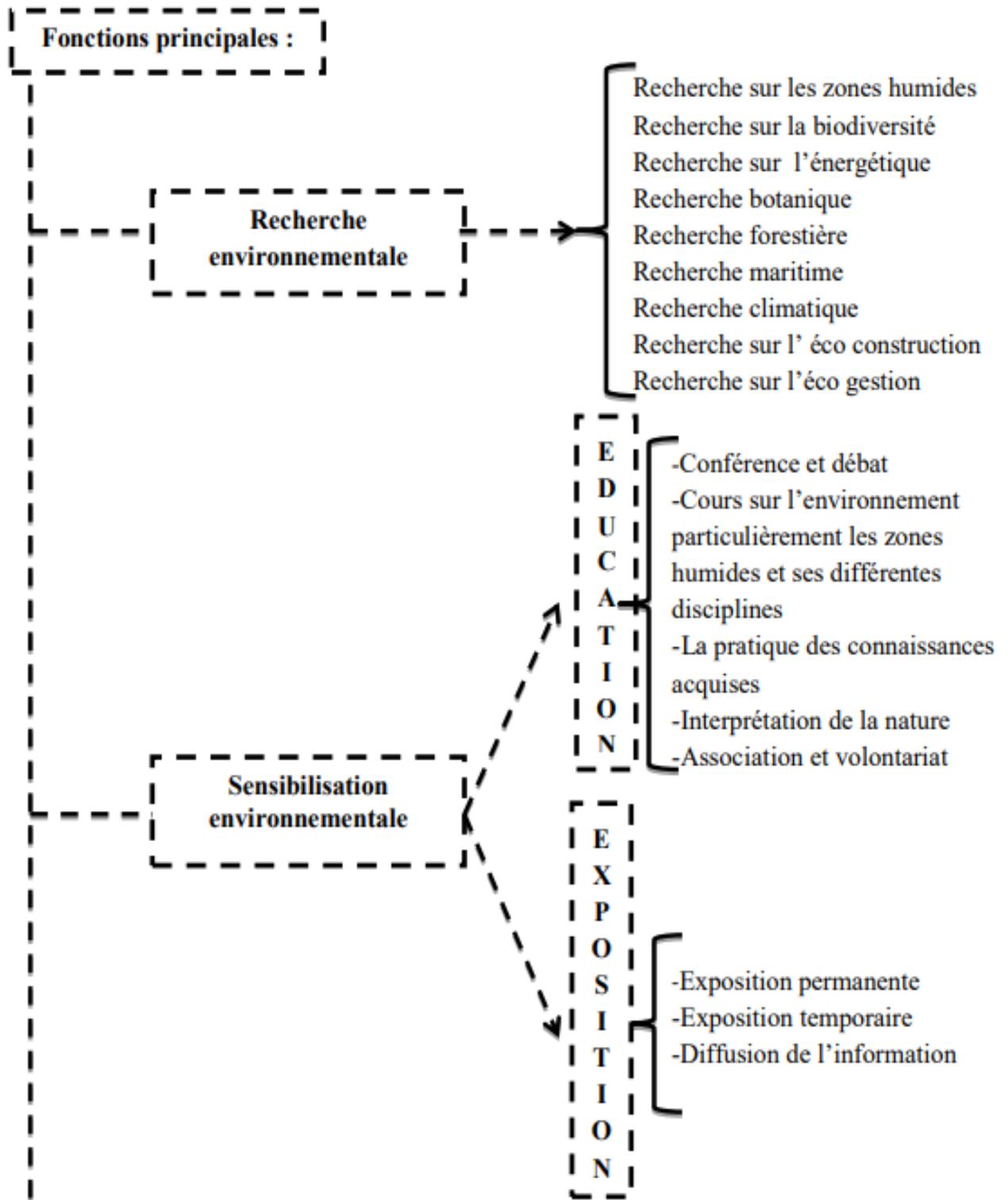
En analysant les différentes activités liées, et en s'appuyant sur les exemples bibliographiques, on constate que les grandes lignes du projet sont :

Entité d'exposition : Au cœur de Bio-centre, un vaste ensemble d'expositions spectaculaires qui donnent à réfléchir sur la biodiversité, technologiques et le monde agricole de notre époque et leurs enjeux. Des représentations interactives, des maquettes, des audiovisuels, des objets,

¹ Mémoire fin d'études, Patrick Bonin, -Enjeux et stratégies d'éducation relative à l'environnement en milieu collégial, Université du Québec à Montréal, 2006.<http://www.memoire en ligne.com>.

animent les différents espaces d'exposition et qui s'organisent en secteurs de visites suivants : - Exposition faune et flore, - Les différents climats.

Entité Recherche scientifique : La recherche, préservation et conservation, Elle implique les activités des clubs scientifiques en matière de création d'innovation et d'expérimentation, c'est un espace pour s'initier, à l'aide de manipulations diverses à la technologie



Entité	Espace	Projet 01:musee de science	Projet 02:lecorium	Projet 03:cite de l'environnement
Accueil	Plaza	+	/	/
	lobby	+	+	+
	Atrium	+	/	+
	Boutique	+	+	/
Exposition	Les serres	/	+	/
	planétarium	+	/	/
	Aquarium	+	+	/
	Les galeries d'exposition	+	+	/
	Health galerie	+	/	/
	Salle Natures Superhéros	+	/	/
	Salle d'innovation techno	+	/	/
	River Grass galerie Salle d'exhibition générale	+	+	/
Education environnementale	Eco galerie	/	+	/
	Salle d'éducation	+	+	+
	Salle de formation	+	+	+
	Les ateliers	+	/	+
	Bibliothèque	/	/	+
	Graphique Studio Laboratoire de design	+	/	/
		+	/	+

Entité	Espaces
Accueil +commerce	Réception Les bio-boutique
Administration	Les bureaux de gestion Les bureaux de contrôle
Exposition	Les salle d'exposition permanant Les salles d'exposition temporaires Aquarium Planétarium
Recherche scientifique	Les laboratoires Les Jardins botaniques universitaires Les serres expérimentales Le lac expérimentale
Éducation environnementale	Les ateliers Les salle de coures Bibliothèque environnementale
Les serres	Serre méditerrané Serre tropical Serre désertique
Loisir , détente et service	Restaurant Cafeteria Théâtre en plein aire Les aires de jeux Les aires de pique nique
Aménagement extérieure	Les jardins Le jardin humide Les roserais La foret tropical

Entité	Espace	Sous espace	Nombre	Surface	
Exposition	Les serres	-serre méditerranée	1	1000m ²	
		-serre tropical	1	2000m ²	
		-serre désert	1	1000m ²	
		Planétarium	-	1	700m ²
		-Espace d'exposition végétale floristique -Espace d'exposition animale faunistique -Espace d'exposition maritime -Espace d'exposition historique		1	200m ²
		Aquarium		1	300m ²
		Exposition temporaire Salle de restauration des œuvres		1	150 m ² 100 m ²
			1	100 m ²	
			1		
	-		1	150 m ²	

Entité	Espace	Sous espace	Nombre	Surface	
Recherche	laboratoire de Recherche botanique Jardin botanique 155 m ² -archive	-une salle de trie	1	25m ²	
		-laverie		15m ²	
		-Salle de stockage		35m ²	
		-Salle informatique		40m ²	
		-Sanitaires		20m ²	
		laboratoire de recherche sur les zones humides	-une salle de trie -laverie -Salle de stockage -Salle informatique -Sanitaires	1	125 m ²
		laboratoire de recherche forestière:		1	125 m ²
		-laboratoire de limnologie: -Chambre de conservation des produits		1	150 m ²
	-Laboratoire de recherche éthologique et bien être animale		1	100 m ²	
	--,Laboratoire de technique d'épuration des eaux, -Laboratoire de traitement de déchets		1	100 m ²	
	-laboratoire d'analyse		1	150 m ²	

Entité	Espace	Sous espace	Nombre	Surface
Administration	-Bureau du directeur -Bureaux des sous-directeur -Bureaux de gestion -Salle de réunion. -Salle d'archivage. -Sanitaire.		1	30 m ² 25 m ² 35 m ² 60 m ² 30m ² 20 m ²
Loisirs et détente	-Restaurant -Terrasse -Cafeteria	-	1	150m ² 70m ² 50m
Aménagement Extérieure	-Exposition extérieur -Jardin publique traité - Des roseraies -Tours de garde -Promenade par des voies cyclables -des aires de jeux			
Accueil	-Réception Atrium (exposition permanente) -billetterie -Accueil groupe scolaire -Infirmierie		1	80m ² 120m ² 10m ² 70m ² 30m ²

Entité	Espace	Sous espace	Nombre	Surface
Education	Les salles de cours		4	35m ²
	salle des professeurs		1	40 m ²
	-les ateliers Atelier faune et flore -Atelier d'aquariophilie --Atelier d'interprétation de la nature -Atelier pollution -Atelier de recyclage -Atelier de traitement des énergies renouvelables -Atelier de maitrises de risques -Atelier de technologie des matériaux de l'éco construction -atelier de jardinage.		1	40m ²
	Salle de réunion		1	30 m ²
	Bibliothèque environnementale			100 m ²

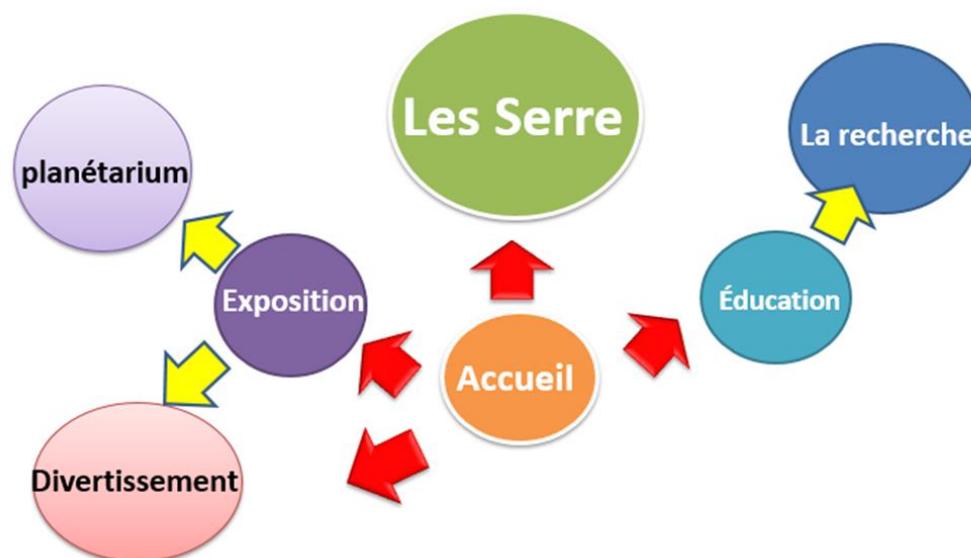


FIGURE 177 L'ORGANIGRAMME SPATIAL ET FONCTIONNELLE DES ENTITES

V.5. Les recommandations de la conception écologique de projet

Le projet proposé : un centre de recherche sur la biodiversité végétale à Burgas Souk Ahras

Objectifs principaux : la valorisation de la biodiversité existante dans le site par la conception d'un projet architectural écologique respectueux de l'environnement naturel suivant les principes de l'architecture bioclimatique

Principes à suivre :

Intégration au site : le site naturel présente un grand potentiel naturel caractérisé par la présence des lacs et une richesse de biodiversité faunistique et floristique que nous allons introduire dans notre projet par :

- une implantation d'une façon respectueuse de l'environnement naturel immédiat

- Le projet doit avoir une accessibilité principale destinée au grand public : les visiteurs et une accessibilité secondaire destinée pour les services et les chercheurs pour faciliter la circulation et la distribution aux différents espaces de projet

- l'intégration des principes de l'écologie de paysage dans l'aménagement de projet pour assurer la continuité et la connectivité écologiques des écosystèmes à travers l'intégration des corridors écologiques, espaces linéaires qui relient entre eux les réservoirs de biodiversité. Ces « couloirs de déplacement » sont nécessaires à la survie de la petite et la grande faune puisqu'ils permettent

leur alimentation, leur repos, leur reproduction et leur migration; et le réglage des microclimat par réduction de l'impact de changement climatiques, cette notion se poursuivra au sein de notre projet ; ces parcours feront office d'accès mais aussi de promenade pour découvrir le projet

-l'intégration des trames bleues pour assurer la valorisation de la diversité naturelle existante dans le site pour rétablir un maillage écologique favorable au déplacement d'un maximum d'espèces

-La gestion des corridors visera à permettre la mobilité des espèces que l'on souhaite favoriser

-la valorisation des tourbières aux niveaux des lacs pour minimiser l'impact de changement climatiques

-l'utilisation de l'énergie de la biomasse d'origine de déchet organique comme une source d'énergie thermique dans le projet

-profiter de l'énergie éolienne orienter vers les vents dominant au niveau de corridor nord-ouest

-Fournit un vitrage haute performance à double vitrage (Low-E) à l'ouest, au nord et à l'est, mais clair au sud pour un gain solaire passif maximal

-l'ouverture de la façade orienter sud maximiser l'exposition au soleil et profiter de la vue panoramique des lacs

-l'intégration des principes de l'architecture bioclimatiques : les serres bioclimatiques

-l'utilisation de matériau d'ionoplastie Dupont™ SentryGlas pour la construction des serres

-l'utilisation de bois comme un matériau écologique au niveau de la façade

-l'utilisation de système de double peaux au niveaux des façades orienter vers le sud pour minimiser l'exposition au rayonnement solaire

-l'utilisation des brises solaires au niveau des façades orienter vers l'est et l'Ouest

-l'utilisation des systèmes des patios dans la conception pour assurer la ventilation et l'éclairage naturelle

-l'utilisation de la technique de la récupération des eaux pluviales et la réutilisation dans l'arrosage des différents jardins

-l'utilisation de technique de packing écologique

-l'intégration des panneaux photovoltaïques pour réduire la consommation énergétique

-l'intégration des terrasses jardins accessible dans la conception pour profiter des vue panoramique et favoriser le reconnaître et le contact avec la nature

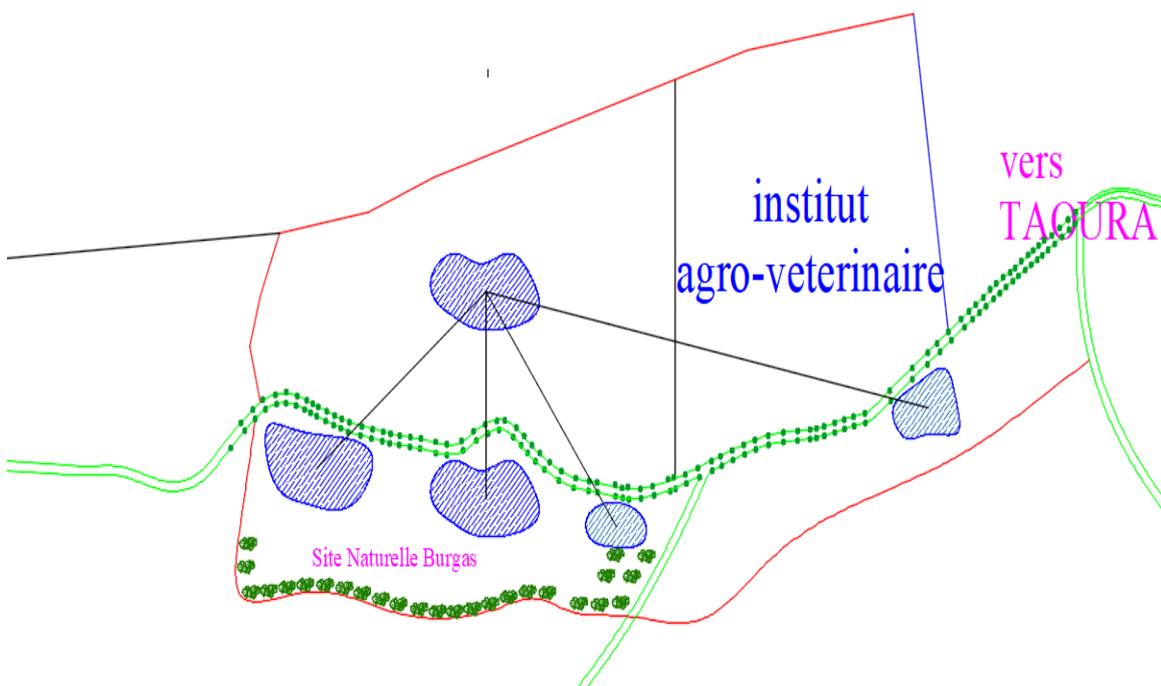
-la valorisation et la promotion des lacs du burgas par le réaménagement et la proposition des espaces de détente et de loisir

Le schéma de principe

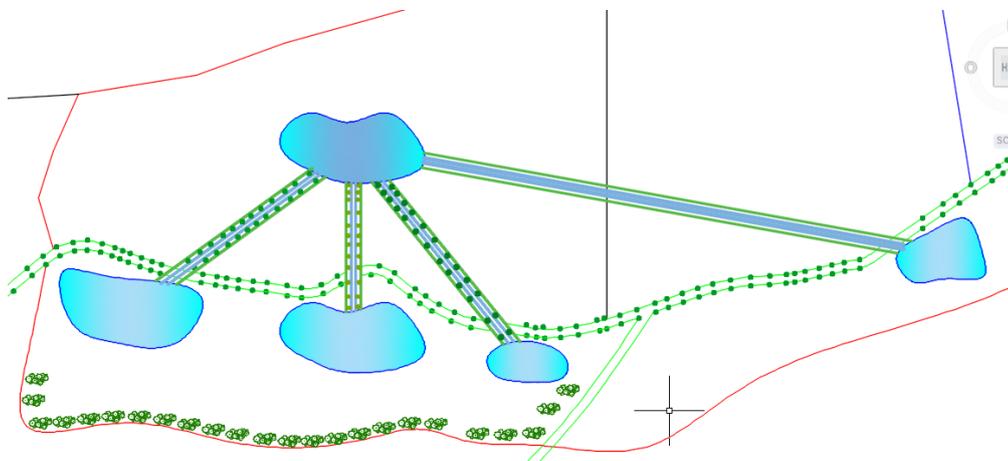


Première étape : les axes principaux :

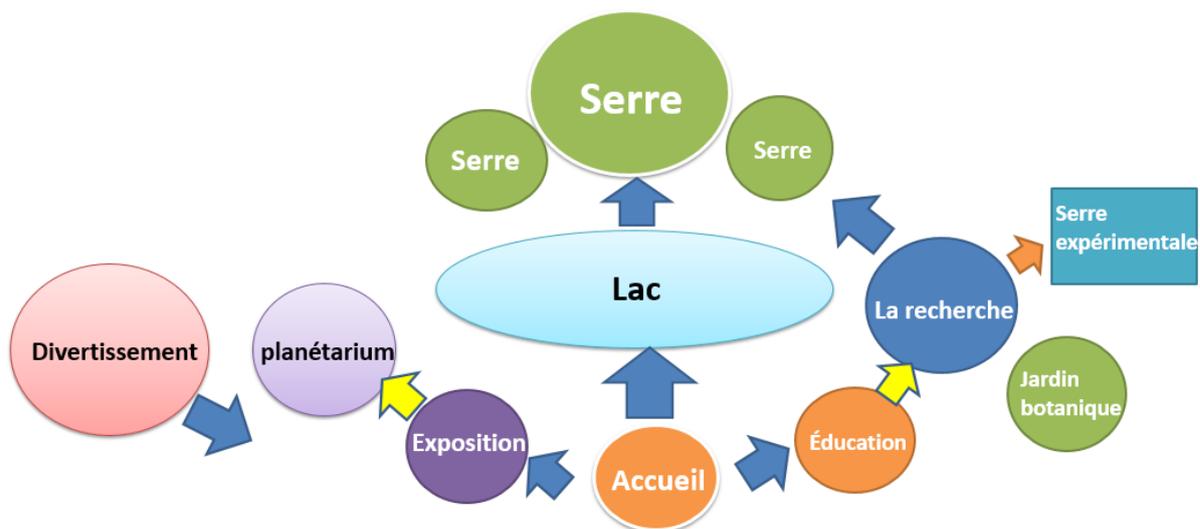
Ramener la nature au cœur du projet. Et cela par la projection d'un lac artificiel qui relie entre les différentes laces pour marquer les axes majeurs du projet



La Valorisation des axes structurantes par la création des corridors écologiques différents qui forment des trames vert et bleu pour un objectif principal de contribuer à enrayer la perte de biodiversité en renforçant la préservation et la restauration des continuités écologiques entre les milieux naturels grâce au maillage de celui-ci.



La disposition des différentes entités du projet selon leur fonctionnement autour des axes structurant et le lac artificiel



L'utilisation de principe de la circulation fluide pour la liaison entre les différentes entité de projet ,Cette fluidité nous a permet d'arriver à une forme organique respectueuse

del'environnement immédiat pour une meilleure intégration de projet dans le site naturelle

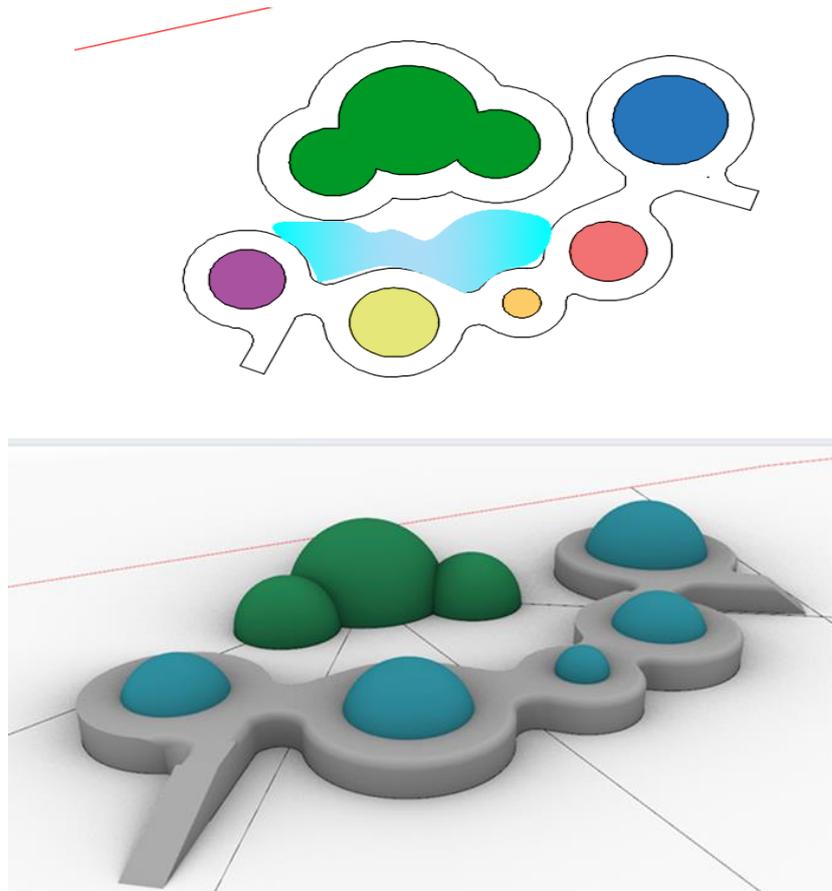


FIGURE 178 ESQUISSE DE LA FORME EN MODEL 3D (SOURCE AUTEUR)



-la proposition des aménagements extérieure autour d'expositions paysagères luxuriantes, intérieures et extérieures, terrestres et aquatiques a travers les corridors écologiques et la forêt tropicale

Les expositions d'accompagnement exploreront les technologies émergentes et un terrain de jeu extérieur adjacent offrira aux jeunes visiteurs des opportunités amusantes et éducatives pour brûler leur propre énergie, tout en découvrant la biodiversité de notre planète



Les vues 3d de projet







Conclusion général

Les milieux naturels et sensibles se trouvent actuellement en situation inquiétante à la suite de l'intensification irresponsable de l'activité humaine qui est jugée consommatrice voire destructive des potentiels environnementaux et naturels. L'altération des paysages naturels locaux et l'un des aboutissements les plus évidents de ces modes irresponsables de production architecturale. La protection et la promotion de ces espaces font appel à la compréhension et à la prise en compte de la biodiversité locale dont la sauvegarde des conditions d'épanouissement constitue un but principal. C'est dans ce sens que se manifeste l'architecture écologique comme alternative de durabilité paysagère permettant une meilleure intégration de ce potentiel dans les projets de construction dans ces milieux particuliers.

Notre travail de recherche a pour but majeur la revalorisation d'un milieu naturel, le lac Burgas. L'aboutissement de notre projet architectural n'est autre que le résultat d'une méthodologie qui répond à différents paramètres à la fois spatiaux, fonctionnels, et référentiels, avec la prise en considération de l'aspect environnemental qui représente un volet très important de la conception architecturale.

Nous avons essayé d'apporter de nouvelles solutions en réponse à la problématique actuelle de l'environnement, à travers une thématique en projetant un équipement à caractère scientifique dans le but de sensibilisation du public pour la protection et la revitalisation de cet environnement et renforcer la sauvegarde de la biodiversité des zones humides. De plus assurer la continuité écologique de son existence par une intervention durable qui prend en charge les différentes menaces et met en valeur les potentialités dans le but de répondre aux préoccupations actuelles d'un tel milieu écologique et ouvrir une porte de réconciliation entre homme, architecture et nature. Espérant que cette thématique de la sensibilisation à l'environnement pourra se développer de plus en plus pour que la protection de l'environnement devienne une responsabilité de chaque individu. Enfin, nous pouvons dire que notre projet n'est seulement un semblant de réponse à un site et à un programme donné. Ainsi on espère pouvoir répondre à la problématique posée au début.

Cette étude nous a conduit à conclure que l'application des principes de l'architecture écologique permet de mieux matérialiser les objectifs de valorisation de la biodiversité locales. Compte tenu de la vision globale qu'elle porte, cette approche de durabilité est une approche globale qui offre la possibilité de combiner et d'associer. L'ensemble des aspects écologiques, paysagers et fonctionnels des centres de recherche scientifique. Le résultat de la simulation architecturale en montre que la présence des corridors verts est très importante pour l'amélioration

des ambiances intérieurs et extérieures .la simulation peut constituer donc un outil assez faisable pour l'évaluation des formes architecturales proposées.

La bibliographie

notre-planete.info, <http://www.notre-planete.info/environnement/>

(Article 2 de la Convention sur la diversité biologique, adoptée le 22 mai 1992 et ouverte à la signature des Etats lors de la Conférence de Rio le 5 juin 1992, entrée en vigueur le 29 décembre 1993)

Projet-Biodiv

L'éducation au service de la biodiversité <https://projet-biodiv.com/la-valeur-de-la-biodiversite/>

Projet-Biodiv

L'éducation au service de la biodiversité

<https://projet-biodiv.com/la-valeur-de-la-biodiversite/>

<https://youmatter.world/fr/definition/biodiversite-definition-etat-protection/>

Cours d'environnement et développement durable. 2ème année TC, Enseignante MADI

Cours d'environnement et développement durable. 2ème année TC, Enseignante MADI

Source : notre-planete.info, <http://www.notre-planete.info/environnement/biodiversite/biodiversite.php>

BIODIVERSITY IS A BALANCE <https://bebiodiversity.be/biodiversity-is-a-balance/>

Rappel: Experts-conseil en environnement et en gestion de Léau

Composantes d'un lac, <https://rappe1.qc.ca/fiches-informatives/composantes-dun-lac>

Rappel: Experts-conseil en environnement et en gestion de Léau

Composantes d'un lac, <https://rappe1.qc.ca/fiches-informatives/composantes-dun-lac>

Rappel: Experts-conseil en environnement et en gestion de Léau

Composantes d'un lac, <https://rappe1.qc.ca/fiches-informatives/composantes-dun-lac>

Rappel: Experts-conseil en environnement et en gestion de Léau

Composantes d'un lac, <https://rappe1.qc.ca/fiches-informatives/composantes-dun-lac>

LACS, ÉTANGS ET PLANS D'EAU EAU ET MILIEUX AQUATIQUES EAU ET BIODIVERSITÉ, <https://www.eaufrance.fr/lacs-et-etangs-des-ecosystemes-riches-et-dynamiques>

La maison d'alzaz ou le blog de l'écologie, <https://lamaisondalzaz.wordpress.com/tag/limnologie/>

<http://les.cahiers-developpement-durable.be/vivre/07-la-biodiversite-aspects-environnementaux>

La biodiversité en Belgique; une question vital, Peeters M SCHLESSER, M, FRANKLIN, institut royal des sciences naturelles de Belgique et institut royal de la gestion durable des ressources naturelles et la promotion des technologies propres , BRUXELLES, 2007, p32

<http://les.cahiers-developpement-durable.be/vivre/07-la-biodiversite-aspects-environnementaux>

Lexique Des Changements climatiques, Le Cres, un Pôle de recherche scientifique Et d'enseignement supérieur Pour l'Afrique, https://www.cres-edu.org/wp-content/uploads/2018/08/Lexique_changements_climatiques.pdf

Canada.ca Environnement et ressources naturelles <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/changements-climatiques/causes.html>

Canada.ca Environnement et ressources naturelles <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/changements-climatiques/causes.html>

Commission européenne Énergie, changement climatique, environnement,
https://ec.europa.eu/clima/change/causes_fr

« PLANIFICATION NATIONALE SUR LA DIVERSITE BIOLOGIQUE ET MISE
EN OEUVRE EN ALGERIE DU PLAN STRATÉGIQUE DE LA CONVENTION SUR
LA DIVERSITE BIOLOGIQUE 2011-2020 ET DES OBJECTIFS D'AICHI », Février 2015
McKinney ML, 1997).

Chown SL, Gaston KJ, 2008).

(McKinney ML, 1997²

Fjerdin gstad E et al., 2007).

« PLANIFICATION NATIONALE SUR LA DIVERSITE BIOLOGIQUE ET MISE
EN OEUVRE EN ALGERIE DU PLAN STRATÉGIQUE DE LA CONVENTION SUR
LA DIVERSITE BIOLOGIQUE 2011-2020 ET DES OBJECTIFS D'AICHI », Février 2015

« PLANIFICATION NATIONALE SUR LA DIVERSITE BIOLOGIQUE ET MISE
EN OEUVRE EN ALGERIE DU PLAN STRATÉGIQUE DE LA CONVENTION SUR
LA DIVERSITE BIOLOGIQUE 2011-2020 ET DES OBJECTIFS D'AICHI », Février 2015

Paysage - impressionisme.wikibis.com. <http://www.impressionisme.wikibis.com/paysage.php>

Forman and Godron, 1986

Burel et Baudry, 1999).

(Forman et Godron, 1986; Risser et al., 1984; Turner et al., 1989; Urban et al., 1987).

Impacts écologiques des formes d'urbanisation :

Modélisations urbaines et paysagères, Marc Bourgeois, 2015

MacArthur et Wilson, 1967).

Burel et Baudry, 1999).

Hanski et Gilpin, 1991).

Pulliam, 1988)

(Gilpin et Hansi, 1991)

Impacts écologiques des formes d'urbanisation :

Modélisations urbaines et paysagères, Marc Bourgeois, 2015

(Forman et Goudron 1986)

Réservoir de biodiversité et corridor écologique, http://www.ville-saint-aubin-les-elbeuf.fr/08-Sites/Biodiversite/reservoir_biodiversite.htm

<https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/developpement-durable-corridor-ecologique-6418/>

Impacts écologiques des formes d'urbanisation :

Modélisations urbaines et paysagères, Marc Bourgeois, 2015

DOCUMENT-CADRE ORIENTATIONS NATIONALES POUR LA PRÉSERVATION ET LA REMISE EN BON ÉTAT DES CONTINUITÉS ÉCOLOGIQUES.

[TRAME VERTE ET BLEUE - Actu Environnement](#)

(CARNETDECOUVERTE_TRAME_VERTE_ET_BLEUE_CAUE63.pdf)

Wiens et al., 1997).

Impacts écologiques des formes d'urbanisation :

Modélisations urbaines et paysagères, Marc Bourgeois, 2015

Calabrese et Fagan, 2004).

Mougenot et Melin, 2000

(Bennett, 1999).

Mougenot et Melin (2000)

(Wey et al., 2008)

Fath et al., 2007).

(Opdam et al., 2002). Mougenot et Melin (2000)

Mougenot et Melin, 2000).

Impacts écologiques des formes d'urbanisation :

Modélisations urbaines et paysagères, Marc Bourgeois, 2015

(Bennett, 1999

Lefeuvre et Barnaud, 1988).

Mougenot et Melin, 2000).

(Jongman et al., 2004).

Opdam et al., 2002;

Impacts écologiques des formes d'urbanisation :

Modélisations urbaines et paysagères, Marc Bourgeois, 2015

(Jongman et Pungetti 2004)

La trame verte et bleue pour préserver la biodiversité, <https://www.fondation-nanosciences.fr/trame-verte-et-bleue/>

Les composantes de la trame verte et bleue, SRCE Île-de-France – Tome

La trame verte et bleue et les enjeux relatifs au changement climatique / MEEM, H&B - 2016

: MNHN-SPN 2016, d'après Allag-Dhuisme et al., 2010

MNHN-SPN 2016, d'après Allag-Dhuisme et al., 2010

La trame verte et bleue et les enjeux relatifs au changement climatique / MEEM, H&B - 2016

<http://www.grand-est.developpement-durable.gouv.fr/trame-verte-et-bleue-r203.html>

Centre de ressources pour la mise en œuvre de la Trame verte et bleue, <http://trameverteetbleue.fr/presentation-tvb/qu-est-ce-que-trame-verte-bleue/outil-alliant-preservation-biodiversite-amenagement-territoire?language%3Den=fr>

<https://www.seine-centrale-urbaine.org/actions/trame-verte-et-bleue/>

Centre de ressources pour la mise en œuvre de la Trame verte et bleue, <http://trameverteetbleue.fr/presentation-tvb/qu-est-ce-que-trame-verte-bleue/outil-alliant-preservation-biodiversite-amenagement-territoire?language%3Den=fr>

MEEM, H&B - 2016.)

La trame verte et bleue et les enjeux relatifs au changement climatique / MEEM, H&B - 2016.

Observatoire des Sciences de l'Univers Terre Homme Environnement Temps Astronomie de Franche-Comté-Bourgogne, <https://theta.obs-besancon.fr/?lang=fr>

MEEM, H&B - 2016.

(IUCN-BGCS et WWF, 1989)

(WYSE JACKSON, 1999)

BGCI, 2000).

WYSE JACKSON, 1999) :

Objets/formes/projets physiques > Sur le sol > Parcs et jardins > JARDIN BOTANIQUE

IUCN-BGCS et WWF, 1989),

BGCI, 2000):

Botanical Garden, jardin botanique du nouveau –BRUNSWICK, <https://jardinnbgarden.com/>

Botanical Garden ,jardin botanique du nouveau –BRUNSWICK, <https://jardinnbgarden.com/>

<https://www.coursehero.com/file/p5ke194/201314-mabessedikyahoofr-103-Au-cours-des-ann%C3%A9es-80-cest-lexistence-de/>

Youmatter,Développement Durable : définition, histoire et enjeux – Qu'est-ce que le développement durable, <https://youmatter.world/fr/definition/definition-developpement-durable/>, consulter 20/06/2012

Youmatter,Développement Durable : définition, histoire et enjeux – Qu'est-ce que le développement durable, <https://youmatter.world/fr/definition/definition-developpement-durable/>, consulter 20/06/2012

5 Strange, T., & Bayley, A. Sustainable development: Linking economy, society, environment. _OECD insights. Paris: OECD, 2008, p.141

Serageldin, I., Steer, A. D., & Cernea, M. M. Making development sustainable: From concepts to action. _Environmentally sustainable development occasional paper series, no. 2. Washington, D.C. WorldBank, 1994,Chapitres 1,2,3,4et5pp. 1-20

7 Idem

Baker, Susan 2006. Sustainable Development. London. Routledge, p.26

Radio Canada, Moratoire sur /a morue: ID années difficiles, 3 juillet 2007, disponible enligne: <http://www.radio-canada.ca/nouvclleslinclcxlnOllvclles/200207103/004-morue-morn-toi-re-asp>

Pêches et Océans Canada, Plan intégré de gestion des pêches; disponible en-ligne: <http://www.dfompo.gc.ca/fm-gp/pccches-fisherieslifrn-p-gmp/cod-morue/cod-morue2009-fi-a.htm>

Conover, RJ. et al, Climate, Copepods, and cod: some thoughts on the long-range prospects for a sustainable northern cod fishery, *Climate Research*, vol 5: 69-82, 1995

2Radio Canada, Moratoire sur la morue: JO années difficiles, 3 juillet 2007, disponible en ligne: <http://v.lww.radio-canada.ca/nouvelles/ndcx/nollvellcs/200207103/004-morue-moratoire.asp>

Kivner, M. Pollination crisis hitting India's vegetable farmers, BBC, disponible en ligne: <http://www.bbc.co.uk/news/science-environment-11418033>

Développement humain durable ,diversitéculturelle, solidarité
http://www.adequations.org/spip.php?article568#outil_sommaire, consultée le 22/06/2021

Développement humain durable, diversitéculturelle, solidarité
http://www.adequations.org/spip.php?article568#outil_sommaire, consultée le 22/06/2021

Développement humain durable, diversitéculturelle, solidarité
http://www.adequations.org/spip.php?article568#outil_sommaire, consultée le 22/06/2021

Youmatter, Développement Durable : définition, histoire et enjeux – Qu'est-ce que le développement durable, <https://youmatter.world/fr/definition/definition-developpement-durable/>, consulté 20/06/2012

Architecture bioclimatique - Définition et Explications, https://www.techno-science.net/glossaire-definition/Architecture-bioclimatique.html#ref_1

Olgay, V. (1963) « Design with climate: bioclimatic approach to architectural regionalism », Princeton, Université press

<https://sites.google.com/site/maisonaenergiepositive/conception-bioclimatique>

Dillen, D. (2003) « L'énergie solaire, ici et maintenant » in revue Bio info, Editions Changer d'R. Bruxelles

Les principes de base d'une conception bioclimatique, <https://www.e-rt2012.fr/explications/conception/explication-architecture-bioclimatique>

BARDOU Patrick, ARZOUMANIAN Varoujan. Op.cit., p 17).

LIEBARD Alain, DE HERDE André. Op. cit, p142

CONSTRUIRE UNE ARCHITECTURE BIOCLIMATIQUE PAR LE RETOUR AUX ORIGINES TRADITIONNELLES (CAS DU TAGHIT). thèse de magister, MESLI Houda

LIEBARD Alain, DE HERDE André. Op.cit., Paris, 2005, p 67

KHALEF Naima, Etude de patrimoine architectural de la période ottomane : entre valeurs et confort, thèse de magister, université de Tizi-Ouzou, 2012

MAZARI Mohammed, Etude et évaluation du confort thermique des bâtiments à caractère public, thèse de magister, université de Tizi-Ouzou, 2012, p46.

GANDEMER Jaques, GUYOT Alain, intégration du phénomène vent dans la conception du milieu bâti, Ed Ministère de l'équipement, Direction de l'aménagement foncier et de l'urbanisme, 1976

FERNANDEZ Pierre, LAVIGNE Pierre. Op.cit., p290

CONSTRUIRE UNE ARCHITECTURE BIOCLIMATIQUE PAR LE RETOUR AUX ORIGINES TRADITIONNELLES (CAS DU TAGHIT). thèse de magister, MESLI Houda

LIEBARD Alain, DE HERDE André. Op.cit., 2005, p77

[ECO-MATÉRIAUX - Mairie de Paris. 26 févr. 2020.](#)

<https://cdn.paris.fr> › paris › consulte 22/06/2021

Les éco-matériaux : matériaux de construction écologiques.

https://www.m-habitat.fr/terrassement-et-fondation/maconnerie/les-eco-materiaux-materiaux-de-construction-ecologiques-4095_A consultée 22/06/2021

DESIGN D'ESPACE. <https://poleecodesign.com/design-despace/serre-a-semis-bioclimatique-a-the-camp/>

DESIGN D'ESPACE. <https://poleecodesign.com/design-despace/serre-a-semis-bioclimatique-a-the-camp/>

Une technique durable réinventée : le mur Trombe. Stéphane Miget | le 14/01/2014 | [murtrombe](#), [Architecture](#), [Environnement](#), [Europe](#), [Alpes-Maritimes](#).
<https://www.lemoniteur.fr/article/une-technique-durable-reinventee-le-mur-trombe.1220319>

Renewable Energy & Development. Brochure to accompany the Mobile Exhibition on Renewable Energy in Ethiopia. By Jargstorf, Benjamin. GTZ & Ethiopian Rural Energy Development and Promotion Centre (EREDPC). Addis Ababa 2004

Les principes de base d'une conception bioclimatique, <https://www.e-rt2012.fr/explications/conception/explication-architecture-bioclimatique>

Les principes de base d'une conception bioclimatique, <https://www.e-rt2012.fr/explications/conception/explication-architecture-bioclimatique>

Qu'est-ce que la géothermie ?. <https://www.edf.fr/groupe-edf/espaces-dedies/l-energie-de-a-a-z/tout-sur-l-energie/produire-de-l-electricite/qu-est-ce-que-la-geothermie>. Consultee 22/06/2021

La biomasse et les enjeux de la photosynthèse. <https://www.mtaterre.fr/dossiers/comment-ca-marche-la-biomasse/la-biomasse-et-les-enjeux-de-la-photosynthese>

[Biomasse - Définition - Actu Environnement](#)

<https://www.actu-environnement.com>

(Larousse, 2019)

(Futura-Sciences, 2014)

(Chatelet, et al., 1998)

(Thesis Univ Biskra, 2012)

. (Thesis Univ Biskra, 2012)

NR+, 2017)

(Bureau 2E

Ecome Energie, 2016

Mdph35, 2015)

Simulation thermique dynamique, les avantages et limites. https://conseils.xpair.com/actualite_experts/simulation-thermique-dynamique.htm.consultee 23/06/21

Simulation Thermique Dynamique : l'outil du maître d'ouvrage ou concepteur.
<https://www.alternative2e.fr/simulation-thermique-dynamique-outil-maitre-ouvrage-ou-concepteur-i3.html>

Simulation thermique dynamique (STD). 02/08/2019. <https://cegibat.grdf.fr/dossier-techniques/conception-batiments/simulation-thermique-dynamique>

Simulation thermique dynamique, les avantages et limites. https://conseils.xpair.com/actualite_experts/simulation-thermique-dynamique.htm.consultee 23/06/21

(Damien Lambert, 2014)

(Xpair, 2013

Evolutions ArchiWIZARD 2018 R2

<https://fr.graitec.com/archiwizard/rt-2012/>

Météo bleu, Climat Souk Ahras, https://www.meteoblue.com/fr/meteo/historyclimate/climatemodelled/souk-ahras_alg%C3%A9rie_2479215

www.wikipedia.org

www.e-rt2012.fr

[Arnfield 2003].

[Gross 1991, Masson, 2000].

[Eichhorn, 1989]

[Lindberg et al., 2008]

[Matzarakis et al., 2007

[Mahrer et Avissar, 1984],

[Bruse et al. 1998],

[Lenzholer, S 2010

[Bruse, 1999]

ENVI-met software envi-met.com

[Bruse 2004]

Zouaidia, 2006) carte di

D'après la direction de la conservation des forêts de la wilaya de Souk-Ahras).

Davide 1956 ;

D'après la conservation des forêts de la wilaya de Souk-Ahras).

Djeffel 2005

Définitions : maillage - Dictionnaire de français Larousse<https://www.larousse.fr>

De la forme au lieu. Une introduction de l'étude en architecture. Pierre Von meisse

Direction de la préservation des foret souk Ahras

Etudes des quelques paramètres physico-chimiques et le degré de pollution du lac Burgas (Commune de Taoura, wilaya de Souk-Ahras), AID Sara, 2017

Etudes des quelques paramètres physico-chimiques et le degré de pollution du lac Burgas (Commune de Taoura, wilaya de Souk-Ahras), AID Sara, 2017

Ecorium de l'Institut écologique national / Samoo Architects & Engineers + Grimshaw Architects.
<https://fre.architecturaldesignschool.com/ecorium-national-ecological-institute-90109>

Centre de la nature chapitre 5 approche programmatique

(dictionnaire Larousse).

DENANE Sara, 2016

Mémoire fin d'études, Patrick Bonin, -Enjeux et stratégies d'éducation relative à l'environnement en milieu collégial, Université du Québec à Montréal, 2006.<http://www.memoire en ligne.com>.