

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

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 écologique

Présenté par : OUMEDDOUR Zina Narimane

---

---

**Thème : Design D'un Système De Ventilation  
Biomimétique Pour Assurer L'efficacité  
Énergétique  
-cas d'étude la ville de Guelma-**

---

---

Sous la direction de : KHELIL Sara

---

Juillet 2019

---

# Remerciement

Le premier remerciement à **DIEU** est celui qui nous a singularisés à travers cette partie de notre expérience terrestre que nous avons vécue avec son aide et sa miséricorde éternelles... **DIEU** merci ;

Après cela, je remercie mon encadreur **KHELIL Sara** pour son empressement à nous donner le meilleur pendant cette période d'encadrement et d'encouragement constant... merci madame ;

**A ma mère**, ton remerciée n'occupe aucun rang car il serait toujours avant tout. Merci maman pour vos soins dans mes nuits blanches, vos encouragements, vos intérêts, et malgré ce qui est dit et ce qui je dis je ne vous donnerai pas votre droit...merci maman ;

**A mon père**, à mes frères **Mohammed** et **Ahmed**, à ma sœur **Bouchra**... merci pour vos patiences et vos soutiens constants ;

**A mon chère amie KHERRABI Manal**, qui partage la vie ensemble ;

**A mes amis immigrants Sara et Oussama ;**

**A Meriem, Selma, Asma, Amira, Hind, Abir, Houda et Borhane;**

**A toute ma famille OUMEDDOUR et BOUSNOBRA ;**

**A toutes mes enseignants et mes collègues** au niveau du département d'architecture à Guelma... merci à toutes et à tous.

# ***RESUME***

---

## **RESUME**

Dans la conception architecturale, la réduction de la consommation d'énergie dans les bâtiments est une préoccupation majeure à la fois pour des raisons économiques mais aussi depuis quelques années pour répondre aux enjeux environnementaux. Au cours du développement durable, les architectes sont retournés vers la nature par la création des nouvelles pistes de conception comme le biomimétisme qui fournit un potentiel énorme pour l'efficacité énergétique. Dans cette recherche nous proposons la Charte méthodologique de conception comme un outil essentiel pour trouver des nouvelles procédures et systèmes de ventilation naturelle. Par une analyse des exemples naturels pour nous orienter vers des nouvelles pistes pour surmonter le problème de l'efficacité énergétique à partir de l'inconfort thermique à l'intérieur du bâtiment dans la région de Guelma du climat tempéré chaud. Cette recherche focalise sur les fonctions des systèmes de ventilation biomimétique « refroidissement et processus de thermorégulation » qui assurent l'efficacité énergétique par une température confortable aux habitants.

## **MOTS CLES**

L'architecture biomimétique, la ventilation naturelle, la nature, efficacité énergétique.

## **ABSTRACT**

In architectural design, reducing energy consumption buildings is a major concern for economic reasons but also for a few years to respond to environmental issues. During the course of sustainable development, architects have returned to nature by creating new design approaches such as biomimicry which provides enormous potential for energy efficiency. In this research we propose the chart of the design methodology as an essential tool to find new processes and natural ventilation systems through natural examples to guide us towards new ways to overcome the problem of energy efficiency from the thermal discomfort inside the building in Guelma region of warm temperate climate. This research focuses on the functions of biomimetic ventilation systems "cooling and thermoregulation process" that are ensuring energy efficiency by a comfortable temperature for residents.

## **KEYWORDS**

Biomimetic architecture, natural ventilation, nature, energy efficiency.



**TABLE DES MATIERES**

**REMERCIEMENT** \_\_\_\_\_

**RESUME** \_\_\_\_\_

**TABLE DES MATIERES** \_\_\_\_\_

**LISTE DES FIGURES** \_\_\_\_\_

**LISTE DES TABLEAUX** \_\_\_\_\_

**INTRODUCTION GENERAL**

**INTRODUCTION** \_\_\_\_\_ **I**

**LA PROBLEMATIQUE** \_\_\_\_\_ **II**

**LES HYPOTHESES** \_\_\_\_\_ **II**

**LES OBJECTIFS** \_\_\_\_\_ **II**

**METHODOLOGIE DE RECHERCHE** \_\_\_\_\_ **II**

**STRUCTURE DE MEMOIRE** \_\_\_\_\_ **III**

**CHAPITRE 01 FONDEMENTS THÉORIQUES**

**INTRODUCTION** \_\_\_\_\_ **1**

**I. LE BIOMIMÉTISME EN ARCHITECTURE** \_\_\_\_\_ **1**

**I.1 DEFINITION DU TERME BIOMIMÉTISME** \_\_\_\_\_ **1**

**I.2 APERÇU HISTORIQUE** \_\_\_\_\_ **2**

**I.3 LES PRINCIPES DU VIVANT** \_\_\_\_\_ **5**

**I.4 PROCESSUS DU BIOMIMÉTISME** \_\_\_\_\_ **7**

    I.4.1 Du défi à la biologie (challenge to biologie) \_\_\_\_\_ **7**

    I.4.2 De la biologie au design (biologie to design) \_\_\_\_\_ **7**

**I.5 L'ARCHITECTURE BIOMIMÉTIQUE** \_\_\_\_\_ **8**

**I.5.1 La démarche biomimétique** \_\_\_\_\_ **9**

**I.5.2 Les niveaux du biomimétisme en architecture** \_\_\_\_\_ **10**

    I.5.2.1 Le niveau de l'organisme (Organism level) \_\_\_\_\_ **11**

    I.5.2.2 Le niveau de comportement (Behaviour level) \_\_\_\_\_ **11**

    I.5.2.3 Le niveau de l'écosystème (Ecosystem level) \_\_\_\_\_ **11**

**II. LE CONFORT THERMIQUE ET LA VENTILATION NATURELLE** \_\_\_\_\_ **12**

**II.1 DEFINITION DU CONFORT THERMIQUE** \_\_\_\_\_ **12**

    II.1.1 Les Transfert de chaleur dans une paroi \_\_\_\_\_ **13**

    II.1.2 Paramètres du confort thermique \_\_\_\_\_ **14**

        II.1.2.1 Température de l'air \_\_\_\_\_ **14**

        II.1.2.2 Humidité de l'air \_\_\_\_\_ **14**

        II.1.2.3 Courants d'air \_\_\_\_\_ **14**

**II.2 LA VENTILATION NATURELLE** \_\_\_\_\_ **15**

    II.2.1 Définition du vent \_\_\_\_\_ **15**

    II.2.2 Effets types dus au vent \_\_\_\_\_ **16**

    II.2.3 L'intérêt de la ventilation naturelle dans le bâtiment \_\_\_\_\_ **20**

        II.2.3.1 Qu'est-ce que la ventilation ? \_\_\_\_\_ **20**

## TABLE DES MATIERES

II.2.3.2	Pourquoi ventiler un bâtiment ?	20
II.2.3.3	Protéger : notre santé et nos locaux	21
II.2.4	Ventiler tout en économisant l'énergie	21
II.2.5	Les Stratégies de la ventilation naturelle	22
II.2.5.1	La ventilation transversale	22
II.2.5.2	La Ventilation par une seule façade	23
II.2.5.3	La Ventilation naturelle par tirage d'air (effet de cheminée)	23
II.2.6	Les stratégies passives de la ventilation naturelle	24
II.2.6.1	La Cheminée solaire	24
II.2.6.2	Tour à vent	24
II.2.6.3	Puits canadien ou Puits provençal	25
II.2.6.4	Les atriums	26
<b>III.</b>	<b>LA VENTILATION BIOMIMETIQUE</b>	<b>26</b>
<b>III.1</b>	<b>IMPACT DE LA VENTILATION BIOMIMETIQUE SUR L'HABITAT</b>	<b>27</b>
	<b>CONCLUSION</b>	<b>27</b>

## CHAPITRE 02 EXEMPLE DE LA THÉMATIQUE

	<b>INTRODUCTION</b>	<b>28</b>
<b>I.</b>	<b>L'EASTGATE BUILDING, « LE BÂTIMENT TERMITIÈRE »</b>	<b>28</b>
<b>I.2</b>	<b>PROCESSUS : TERMITIERES ET VENTILATION PASSIVE</b>	<b>28</b>
I.1.1	Etape 1 : Fonction, biomécanique, morphologie et anatomie	28
I.1.2	Etape 2 : Compréhension des principes	31
I.1.3	Etape 3 : Abstraction, dissociation du model organique	31
I.1.4	Etape 4 : Etude de faisabilité	33
<b>II.</b>	<b>LE 30 SAINT MARY AXE</b>	<b>38</b>
<b>II.1</b>	<b>VOLUMETRIE DU PROJET</b>	<b>39</b>
<b>II.2</b>	<b>L'ENVELOPPE _ VENTILATION NATURELLE</b>	<b>39</b>
<b>III.</b>	<b>COUNCIL HOUSE 2</b>	<b>41</b>
	<b>CONCLUSION</b>	<b>44</b>

## CHAPITRE03 CONCEPTION D'UN SYSTEME DE VENTILATION BIOMIMETIQUE

<b>I.</b>	<b>LE CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL</b>	<b>45</b>
<b>I.1</b>	<b>PRESENTATION DE LA VILLE DU GUELMA</b>	<b>45</b>
I.1.1	Situation et description de la ville	45
I.1.2	Climat de la ville du Guelma	45
I.1.2.1	Température	47
I.1.2.2	Précipitation	47
I.1.2.3	L'humidité	48
I.1.2.4	Les vents	48
<b>I.2</b>	<b>ANALYSE DU SITE D'INTERVENTION</b>	<b>48</b>
I.2.1	Motivation du choix du site (Les critères du choix du site)	48
I.2.2	Présentation du site	49

## TABLE DES MATIERES

1.2.2.1	Situation géographique	49
1.2.2.2	Analyser le plan fonctionnel	49
1.2.3	Analyse du site	51
1.2.3.1	Analyse Physique	51
1.2.3.2	Analyse technique	53
<b>RECOMENDATION</b>		<b>55</b>
<b>II.</b>	<b>SYSTEME DE VENTILATION BIOMIMETIQUE</b>	<b>56</b>
<b>II.1</b>	<b>DESCRIPTION DE LA METHODOLOGIE</b>	<b>56</b>
<b>II.2</b>	<b>DEFINITION DU DEFI DE LA CONCEPTION</b>	<b>58</b>
<b>II.3</b>	<b>CONSTRUCTION DU MODELE FONCTIONNEL</b>	<b>58</b>
II.3.1	La régulation de l'air dans la nature	58
II.3.2	La thermorégulation dans la nature	60
<b>II.4</b>	<b>ANALYSES DES PINACLES SELECTIONNES</b>	<b>61</b>
II.4.1	Les terriers de chien de prairie	61
II.4.2	Thermite	61
II.4.3	Termites boussoles	61
<b>II.5</b>	<b>MATRICE DES DONNEES</b>	<b>63</b>
<b>III.</b>	<b>VALIDATION DES DONNEES</b>	<b>64</b>
<b>III.1</b>	<b>PRESENTATION DU MODELE DE CONCEPTION</b>	<b>64</b>
<b>III.2</b>	<b>CONFIGURATION DU SYSTEME DE VENTILATION</b>	<b>65</b>

## CHAPITRE 04 PROGRAMMATION ET PROCESSUS DE CONCEPTION

<b>I.</b>	<b>PRESENTATION DU PROJET</b>	<b>68</b>
<b>I.1</b>	<b>DEFINITION DE LA TOUR MULTIFONCTIONNELLE</b>	<b>68</b>
<b>I.2</b>	<b>MOTIVATION DU CHOIX DU PROJET</b>	<b>68</b>
<b>I.3</b>	<b>LA RELATION DU PROJET AVEC LE THEME</b>	<b>69</b>
<b>I.4</b>	<b>HISTORIQUE</b>	<b>69</b>
<b>I.5</b>	<b>LE BIOMIMETISME POUR AUGMENTER LA DURABILITE DES GRANDS BATIMENTS</b>	<b>71</b>
<b>II.</b>	<b>ANALYSE DES EXEMPLES</b>	<b>72</b>
<b>II.1</b>	<b>L’EASTGATE BUILDING</b>	<b>72</b>
II.1.1	Présentation du projet	72
II.1.2	Situation	73
II.1.3	La volumétrie	74
II.1.4	La façade	74
II.1.5	L’analyse des plans	75
II.1.6	Organigramme fonctionnel	76
II.1.7	Système constructif	76
<b>II.2</b>	<b>TOUR CAYAN</b>	<b>77</b>
II.2.1	Présentation du projet	77
II.2.2	Motivation du choix	78
II.2.3	Situation	78
II.2.4	La volumétrie	79
II.2.5	La façade	80
II.2.6	L’analyse des plans	81
II.2.7	Organigramme fonctionnel	83
II.2.8	Système constructif	83

## TABLE DES MATIERES

<b>II.3</b>	<b>LA TOUR HELICOÏDALE AGORA GARDEN</b>	<b>83</b>
II.3.1	Présentation du projet	83
II.3.2	Motivation du choix	84
II.3.3	Situation	85
II.3.4	La volumétrie	85
II.3.5	La façade	86
II.3.6	L'analyse des plans	86
II.3.7	Système constructif	87
<b>II.4</b>	<b>COMPARAISON</b>	<b>89</b>
<b>III.</b>	<b>PROGRAMMATION</b>	<b>91</b>
<b>III.1</b>	<b>L'OBJECTIF DE L'ETUDE PROGRAMMATIQUE</b>	<b>92</b>
<b>III.2</b>	<b>COMPOSANTES DU PROJET</b>	<b>92</b>
<b>III.3</b>	<b>LA DEFINITION DES FONCTIONS</b>	<b>93</b>
➤	Habitat	93
➤	Commerce	94
➤	Détente et loisir	99
➤	Parking	102
<b>III.4</b>	<b>PROGRAMME</b>	<b>102</b>
<b>III.5</b>	<b>ORGANIGRAMME FONCTIONNEL</b>	<b>104</b>
<b>III.6</b>	<b>SYNTHESE</b>	<b>105</b>
	<b>CONCLUSION GENERALE</b>	<b>107</b>
	<b>LES REFERENCES</b>	<b>109</b>
	<b>OUVREGES</b>	<b>109</b>
	<b>MEMOIRES</b>	<b>110</b>
	<b>ARTICLES</b>	<b>111</b>
	<b>SITE WEB</b>	<b>111</b>

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 01</b> : Approche du biomimétisme.	2
<b>Figure 03</b> : Design tournés vers le monde vivant Bionic car.	3
<b>Figure 02</b> : Les démarches de l'évolution d'un avion.	3
<b>Figure 04</b> : Janine Benyus, scientifique américaine.	4
<b>Figure 05</b> : Le biomimétisme ; approche conceptuelle multidisciplinaire.	4
<b>Figure 06</b> : chronologique de l'évolution de l'approche biomimétisme.	5
<b>Figure 07</b> : Lentille de conception biomimétique.	6
<b>Figure 08</b> : Du défi à la biologie (challenge to biologie).	7
<b>Figure 09</b> : De la biologie au design (biologie to design).	7
<b>Figure 10</b> : Séquences de processus dans la recherche biomimétique : progression d'un projet biomimétique à partir de modèles biologiques aux produits biomimétiques. (a) Processus orienté problème.	9
<b>Figure 11</b> : Séquences de processus dans la recherche biomimétique : progression d'un projet biomimétique à partir de modèles biologiques aux produits biomimétiques. (b) Processus orienté solution.	10
<b>Figure 12</b> : Les niveaux d'imitation du biomimétisme.	10
(Source : Biomimétisme en architecture. État, méthodes et Outils)	10
<b>Figure 13</b> : Les niveaux du biomimétisme en architecture.	11
<b>Figure 14</b> : l'humidité relative de l'air.	14
<b>Figure 15</b> : le mouvement de l'air en été et en hiver.	15
<b>Figure 16</b> : L'écoulement de vent de l'anticyclone vers la dépression en hémisphères du nord.	15
<b>Figure 17</b> : Exemple de rose du vent.	16
<b>Figure 18</b> : pas ou peu de ventilation revient à mettre notre logement sous cloche et à accumuler les polluants.	21
<b>Figure 19</b> : Répartition du champ de pression autour d'un bâtiment sous l'effet du vent au niveau du sol	21
<b>Figure 20</b> : La ventilation transversale.	22
<b>Figure 21</b> : Principe de la ventilation mono-façade ( $W_{max} \sim 2H$ pour être efficace)	23
<b>Figure 22</b> : Ventilation par effet de cheminée.	24
<b>Figure 23</b> : Principe de ventilation d'une construction munie d'une cheminée solaire.	24
<b>Figure 24</b> : Principe d'un tour à vent.	25
<b>Figure 25</b> : Schéma de principe d'un puits canadien.	26
<b>Figure 26</b> : Principe de ventilation naturelle dans un atrium.	26
<b>Figure 27</b> : Effet de la combinaison de la ventilation e l'architecture biomimétique	27
<b>Figure 28</b> : L'Eastgate Building, Harare, Zimbabwe	28
<b>Figure 29</b> : Fonctionnement de la termitière en été. a- Processus de ventilation (schémas de gauche) et b- processus de régulation du taux d'hygrométrie (schémas de droite).	30

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 30</b> : Fonctionnement de la termitière en hiver. a- Processus de ventilation (schémas gauche) et b- régulation du taux d'humidité (schémas droite) _____	30
<b>Figure 31</b> : Lien entre conditions climatiques et forme de la termitière. Graphiques redessinés à partir des données climatiques. _____	30
<b>Figure 32</b> : Processus de ventilation de la termitière en été (schémas du haut) et en hiver (schémas du bas). _____	31
<b>Figure 33</b> : Analogie des processus de ventilation en été. _____	32
<b>Figure 34</b> : Analogies adaptation des systèmes de ventilation, chauffage et climatisation suivant les saisons. _____	33
<b>Figure 35</b> : Processus de ventilation identique/termitière _____	34
<b>Figure 36</b> : Analogie des systèmes de ventilation de l'Eastgate et termitière en été _____	34
<b>Figure 37</b> : Principe de rafraichissement. _____	35
<b>Figure 38</b> : Processus de ventilation, chauffage et climatisation du système rock store _____	35
<b>Figure 39</b> : Système rock store, processus de ventilation, chauffage et climatisation _____	36
<b>Figure 40</b> : Plan et section de l'amphithéâtre. Pearce Partnership office, Mura Tarabuku,1992. _____	37
<b>Figure 41</b> : Fonctionnement du système rock store en été _____	38
<b>Figure 42</b> : l'Euplectella aspergillum (gauche) Tour de cornichons (droite) ____	38
<b>Figure 43</b> : l'effet de la forme du projet au vent. _____	39
<b>Figure 44</b> : Effet de vent. _____	40
<b>Figure 45</b> : le comportement de la lame d'air en été (à gauche) et en hiver (à droite). _____	40
<b>Figure 46</b> : le bâtiment CH2. _____	41
<b>Figure 47</b> : Toit du CH2 _____	41
<b>Figure 48</b> : Schéma de fonctionnement des systèmes de rafraichissement et de renouvellement de l'air et vue intérieure des bureaux du bâtiment CH2. _____	42
<b>Figure 49</b> : Système de rafraichissement « tours de douche » du bâtiment CH2. _____	43
<b>Figure 50</b> : Façade Nord du bâtiment CH2 où du béton massif est utilisé. _____	43
<b>Figure 51</b> : Situation géographique de la Wilaya de Guelma _____	45
<b>Figure 52</b> : La classification climatique de l'Algérie. _____	46
<b>Figure 53</b> : Zones climatiques d'été et d'hiver en Algérie _____	46
<b>Figure 54</b> : Les classifications des zones climatiques en Algérie _____	47
<b>Figure 55</b> : Diagramme de la température de Guelma. _____	47
<b>Figure 56</b> : Diagramme de la précipitation de Guelma. _____	48
<b>Figure 57</b> : Situation de site par rapport la ville de Guelma (gauche) Situation de terrain de projet (droite) _____	49
<b>Figure 58</b> : Carte de la composition urbaine de site d'intervention. _____	50
<b>Figure 59</b> : carte des équipements existants. _____	50
<b>Figure 60</b> : les équipements existants. _____	51
<b>Figure 61</b> : Forme et délimitation du terrain. _____	51
<b>Figure 62</b> : coupe topographie du site. _____	52
<b>Figure 63</b> : l'environnement immédiat. _____	52
<b>Figure 64</b> : la carte géotechnique du site Ain Defla. _____	53

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 65</b> : carte de flux mécanique (gauche) carte de flux piéton (droite).	53
	53
<b>Figure 66</b> : Exposition de terrain au rayon solaire.	54
<b>Figure 67</b> : la vitesse de l'air au niveau du site. (Gauche : l'hiver ; droite : l'été)	54
	54
<b>Figure 68</b> : les vues nord - nord-ouest au site.	55
<b>Figure 69</b> : Création d'une voie secondaire à l'ouest du terrain.	55
<b>Figure 70</b> : Charte méthodologique de conception présentant les différentes phases.	57
	57
<b>Figure 71</b> : Fonctions clés proposées.	58
<b>Figure 72</b> : Les gaz se déplacent par diffusion de haute à basse concentration.	59
<b>Figure 73</b> : Modèle fonctionnel extrait pour la régulation de l'air	60
<b>Figure 74</b> : Modèle fonctionnel extrait pour la régulation thermique.	60
<b>Figure 75</b> : Terrier de chien de prairie.	61
<b>Figure 76</b> : Champ de termitières magnétiques.	62
<b>Figure 77</b> : Matrice de chemin de conception.	64
<b>Figure 78</b> : le système de ventilation proposé.	65
<b>Figure 79</b> : l'entrée de l'air frais	65
<b>Figure 81</b> : la distribution de l'air dans l'espace.	66
<b>Figure 80</b> : Les dalles proposés pour transférer l'air au espaces habiter.	66
<b>Figure 83</b> : extraction de l'air chaud par des ventilateurs.	67
<b>Figure 82</b> : utilisation des ventilateurs en haut de la maison.	67
<b>Figure 84</b> : Regroupement des fonctions.	68
<b>Figure 86</b> : Château de Loches 1035, 36m de hauteur.	69
<b>Figure 85</b> : Pyramide de Khéphren 143,87m de hauteur.	69
<b>Figure 87</b> : Home Insurance Building.	69
<b>Figure 88</b> : a- Equitable Building. b- Chrysler Building. c- Empire State Building.	70
	70
<b>Figure 89</b> : Les Tours Petronas, 452m.	70
<b>Figure 90</b> : The Bank of China - Shanghai World Financial Centre.	71
<b>Figure 91</b> : a- La Bionic Tower (Shanghai). b- Tours Flammes.	71
<b>Figure 92</b> : L'Eastgate Building au Zimbabwe.	72
<b>Figure 93</b> : Situation de l'Eastgate building.	73
<b>Figure 94</b> : Plan de masse de l'Eastgate building.	73
<b>Figure 95</b> : La volumétrie du centre	74
<b>Figure 96</b> : La façade de l'Estgate building	74
<b>Figure 97</b> : Vue détaillé sur la façade (gauche) Réflexion du soleil sur les surfaces lisses et épineuses (droite).	74
<b>Figure 98</b> : Coupe sur l'immeuble.	75
<b>Figure 99</b> : plan du rez-de-chaussée.	75
<b>Figure 100</b> : plan des étages des bureaux.	76
<b>Figure 101</b> : Dalle préfabriquée (droite) et plafond voûté en béton (gauche)	76
<b>Figure 102</b> : Schéma des dalles de ventilation choisies pour transfère et expulse la chaleur.	77
	77
<b>Figure 103</b> : la tour de Cayan à Dubai	77
<b>Figure 104</b> : la tour de Cayan à Dubai.	78
<b>Figure 105</b> : Localisation de tour Cayan a Dubai	78
	78

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 106</b> : Optimisation du contexte et de la vue du site de la tour. _____	79
<b>Figure 107</b> : La tour crée une silhouette variable dans son environnement. ____	79
<b>Figure 108</b> : Elévation de la tour Cayan (gauche) ; vue de dessus de la tour (droite) _____	79
<b>Figure 109</b> : idée de conception. _____	80
<b>Figure 110</b> : Système de revêtement (gauche) ; Le mur extérieur : le vitrage est poussé à 20 cm de la face extérieure des colonnes. _____	80
<b>Figure 111</b> : Vue détaillé de la façade de la tour. _____	80
<b>Figure 112</b> : Coupe sur le tour. _____	81
<b>Figure 113</b> : Plan de RDC (gauche) ; Plan d'étage 4 – 6 (droite). _____	81
<b>Figure 114</b> : Les différentes types des plans. _____	82
<b>Figure 115</b> : Piscine, terrasse aménagée. _____	82
<b>Figure 116</b> : Salle gymnase (gauche) ; Vue sur les intérieurs de luxe (droite). _	83
<b>Figure 117</b> : La tour hélicoïdale Agora Garden. _____	84
<b>Figure 118</b> : plan de situation. _____	85
<b>Figure 119</b> : Inspiration de la forme. _____	85
<b>Figure 120</b> : La façade de la tour. _____	86
<b>Figure 121</b> : plan de masse. _____	86
<b>Figure 122</b> : les différentes type de plan. _____	87
<b>Figure 123</b> : Coupe du tour. _____	87
<b>Figure 124</b> : Système de ventilation naturelle. _____	88
<b>Figure 125</b> : système de double plancher. _____	88
<b>Figure 126</b> : système de structure. _____	88
<b>Figure 127</b> : Le joint sismique adopte une forme circulaire à la base du bâtiment. _____	89
<b>Figure 128</b> : Schéma de la méthode programmatique. _____	91
<b>Figure 129</b> : Schéma représentatif de l'objectif de l'étude programmatique. ____	92
<b>Figure 130</b> : Diagramme des fonctions principales du tour multifonctionnel. __	92
<b>Figure 131</b> : Organigramme fonctionnel de la tour multifonctionnelle. _____	104
<b>Figure 132</b> : organigramme fonctionnel détaillé du projet. _____	104
<b>Figure 133</b> : Faire des interventions sur site pour offrir l'accessibilité. _____	105
<b>Figure 134</b> : les champs de vision et les axes de perception. _____	105
<b>Figure 135</b> : schéma de principe inespéré de la termitière. _____	106

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1</b> : Courant architecturaux relevant de la démarche biomimétique. __	8
<b>Tableau 2</b> : Mode de transmission de la chaleur dans une paroi simple. ____	13
<b>Tableau 3</b> : Effets types dus au vent. _____	16
<b>Tableau 4</b> : Analogie de besoins entre termitières et bâtiments. _____	32
<b>Tableau 5</b> : systèmes de ventilation différents et projets associés. _____	33
<b>Tableau 6</b> : Sommaire des pinacles analysés. _____	62
<b>Tableau 7</b> : La matrice des différentes fonctionnalités des pinacles étudiés. _	63
<b>Tableau 8</b> : comparaison des exemples. _____	89

# **Introduction générale**

## ***INTRODUCTION GENERALE***

### **INTRODUCTION**

*« ...contrairement à la révolution industrielle, la révolution biomimétique ouvre une ère qui ne repose pas sur ce que nous pouvons prendre dans la nature mais sur ce que faire les choses à la manière de la nature offre en effet la possibilité de changer notre façon de cultiver, de fabriquer des matériaux, de produire de l'énergie, de nous soigner, de stocker de l'information et de gérer nos entreprises... » (Benyus, 1997)<sup>1</sup>*

A l'heure actuelle, la planète fait face à une crise environnementale majeure (réchauffement climatique, épuisement des ressources naturelles, extinction des espèces végétales et animales...) due essentiellement à l'action de l'homme et son activité et changement sur la nature.

En effet, les craintes futures dépendent de l'énergie naturelles, car elles fournissent les services de base de vie humaine.

Au 21<sup>ème</sup> siècle, les observations montrent que la consommation mondiale d'énergie continue d'augmenter et d'énormes quantités d'énergie primaire sont gaspillés en raison de la conception inefficace des bâtiments. Outre le fonctionnement des équipements utilisés pour convertir l'énergie en services requis. Alors que nous faisons face à une diminution des ressources en énergies fossiles et à des risques importants pour le futur de notre planète avec le changement climatique. Ainsi, l'énergie deviendra plus rare et plus chère. C'est pourquoi les êtres humains doivent apprendre à vivre en harmonie avec les limites offertes par la planète.

Le secteur de bâtiment résidentielle, l'un des plus gros consommateurs d'énergie au monde, constitue un objectif majeur en matière de réduction de la consommation en raison de la forte demande de logement résultant d'une augmentation démographique important.

En Algérie ; la consommation d'énergie dans ce secteur représente plus de 40% de la consommation globale nationale ; d'où la nécessité d'assurer la promotion de l'efficacité énergétique (Imessad, 2018) <sup>2</sup>.

En conséquence, la prise de conscience énergétique et l'efficacité énergétique ont augmenté rapidement et fortement, et de nombreux concepts et solutions ont été utilisés pour résoudre les problèmes d'énergie. Une de ces approches est la biomimétisme. Ce dernier est défini comme étant une science appliquée qui reprend des inspirations de solutions retrouvées dans la nature afin de répondre à des problématiques humaines. En 2015, le biomimétisme est présenté par le conseil économique social et environnemental européen comme un champ de recherche intéressant avec l'architecture comme domaine

---

<sup>1</sup> Biomimétisme et bio-inspiration : quand la nature nous inspire (1/2). Récupéré sur sud-ouest : <https://www.sudouest.fr/2018/04/16/biomimetisme-et-bio-inspiration-quand-la-nature-nous-inspire-4377573-10275.php> (consulté le 18-11-2018).

<sup>2</sup> Energie : Le secteur du bâtiment représente plus de 40% de la consommation nationale globale selon le CDER. Récupéré sur Portail Algérien des Energies RenouvelablesEnergie: <https://portail.cder.dz/spip.php?article6315> (consulté le 10-11-2018).

## ***INTRODUCTION GENERALE***

d'application prometteur face aux enjeux du développement durable. (Stylianidis & Eleftherios, 2018)<sup>3</sup>

Parmi les éléments d'une conception écologique et durable qui ont inspiré à cette approche et améliorent le confort thermique et l'efficacité énergétique est la ventilation biomimétique.

### **LA PROBLEMATIQUE**

La nature nous donne plusieurs exemples et solutions d'adaptation pour notre logement. Ces systèmes biologiques n'offrent pas seulement des caractéristiques physiques mais aussi des systèmes fonctionnels.

Donc l'étude de ce mémoire se portera sur les questions suivantes :

- Comment l'approche biomimétique peut-elle être utilisée en architecture comme solution appropriée pour garantir l'efficacité énergétique dans les bâtiments dans la région de Guelma ?
- Comment peut un système de ventilation biomimétique d'assurer l'efficacité énergétique d'une tour multifonctionnelle ?

### **LES HYPOTHESES**

- Transfère les processus de la nature dans les bâtiments à partir d'une analyse des outils biomimétiques.
- La ventilation biomimétique permet d'assurer l'efficacité énergétique dans l'espace intérieur par l'amélioration du confort thermique des habitants.

### **LES OBJECTIFS**

- Etudier la possibilité de lier et appliquer des principes biologiques dans la conception architecturale, dans le but d'explorer le potentiel des deux sciences émergentes dans le développement d'une architecture plus durable et régénératrice.
- Design d'un système de ventilation biomimétique assurant l'efficacité énergétique par la préservation de la qualité de l'air intérieur, l'amélioration du confort des résidents et préservation de la santé.

### **METHODOLOGIE DE RECHERCHE**

Afin de répondre aux différentes questions posées et vérifier les hypothèses émises ainsi qu'atteindre les objectifs de la recherche que nous nous sommes fixés, nous procédons comme suit :

- Une recherche bibliographique et documentaire à travers les ouvrages, les revues, les thèses et mémoires ainsi que les sites Web.
- Approche conceptuelle concernant la thématique et l'imitation de la nature.

---

<sup>3</sup> Outil d'aide à la décision pour la conception de façades biomimétiques. Retrieved from mémoire de Master en ingénieur civil architecte, à finalité spécialisée en ingénierie architecturale et urbaine : <https://matheo.uliege.be/handle/2268.2/4644>

## ***INTRODUCTION GENERALE***

- Des observations sur terrain et sortie sur la zone d'étude à savoir et analyse du site pour la formalisation du projet dans son aspect formel et fonctionnel.
- Prise de photos sur le site d'intervention et du paysage autour.
- Une approche comparative des modèles similaires pour de définir le programme nécessaire après l'interprétation des besoins quantitatifs et qualitatifs
- L'utilisation de logiciels informatiques de design.

## **STRUCTURE DE MEMOIRE**

Le mémoire est structuré en deux parties :

- La première partie :

Cette partie est purement théorique consiste à présenter et étudier les concepts et ses exemples se rapportant au thème à partir des recherches bibliographiques et documentaires (livres ; thèses ; mémoires ; articles...) Elle est constituée en 2 chapitres:

1- Le premier chapitre : est basé sur :

- Le biomimétisme en architecture.
- Le confort thermique et la ventilation naturelle.
- L'impact de la ventilation biomimétique sur l'habitat.

2- Le deuxième chapitre : est basé sur :

- Une analyse des exemples selon notre thématique de recherche.

- La deuxième partie :

Cette partie est une partie pratique composé de :

3. Le troisième chapitre : est basé sur :

- Le contexte environnementale « une analyse urbaine et bioclimatique du site d'intervention (cas de ville Guelma) »

- L'extraction du système de ventilation biomimétique à partir une analyse d'une analyse des êtres vivants.

4. Le quatrième chapitre : est basé sur :

- Une analyse quantitative du projet à partir des exemples existants (élaboration du programme)
- Le projet ( schéma de principes de création et mise en forme).

# **Chapitre 01**

**fondements**

**théoriques**

# CHAPITRE 01 FONDEMENTS THEORIQUES

## INTRODUCTION

La nature a 3.8 milliard d'années pour évoluer. Aujourd'hui les architectes essayent d'extraire les stratégies, les systèmes et les processus de la nature et mélanger avec l'architecture pour rendre des constructions plus durable, économique et respecte l'environnement.

Dans ce chapitre nous avons défini et présenté les différents concepts essentielles de notre recherche pour mieux le cerner, étudier son émergence et sa genèse afin de connaître son impact et son évolution à travers l'histoire car elle représente une source de compréhension de l'évolution et de développement du thème.

## I. LE BIOMIMÉTISME EN ARCHITECTURE

L'inspiration de la nature est très ancienne, elle est apparue depuis l'aube de l'humanité à travers l'utilisation des formes, des matériaux et des systèmes.

Au cours des développements et des progrès technologiques, l'homme a oublié sa nature, il façonne son environnement comme il l'entend, créé des villages et développe des communautés sans planification sensible à la nature, c'est ce qui a conduit à des dangers rencontrés comme le changement climatique et l'extinction des espèces vivantes, sans compter les nombreux problèmes socio-économique qui en découlent.

Au contraire, la nature a déjà réussi à régler beaucoup des problèmes auxquels l'homme attaque aujourd'hui. Cependant, depuis quelques années, le biomimétisme a été remis au goût du jour par différents acteurs en période de crise écologique et économique. Ceux qui exigent de revenir vers le monde naturel pour tirer des leçons de durabilités et changement nos méthodes de production en conséquence. Le biomimétisme se présente comme une solution aux enjeux écologiques, énergétique et sociétaux actuels.

### I.1 DEFINITION DU TERME BIOMIMÉTISME

Le biomimétisme est une approche scientifique. Etymologiquement le terme provient du racine grec « bios » qui signifie « vie » et « mimesis » qui signifie « imitation ».

En effet, Le biomimétisme c'est une philosophie et approche conceptuelle multidisciplinaire qui combine des mondes souvent séparés : la nature et la technique, la biologie et l'innovation, la vie et la conception (**Fig.01**). La notion de biomimétisme introduite en 1997 par le naturaliste américaine Janine Benyus, il consiste à s'inspirer de la biologie et du comportement des organismes vivants pour innover et apporter des solutions utiles en terme de

## CHAPITRE 01 FONDLEMENTS THEORIQUES

technologie, de confort, d'économie et d'esthétique à l'homme et qui permettant un développement durable des sociétés.



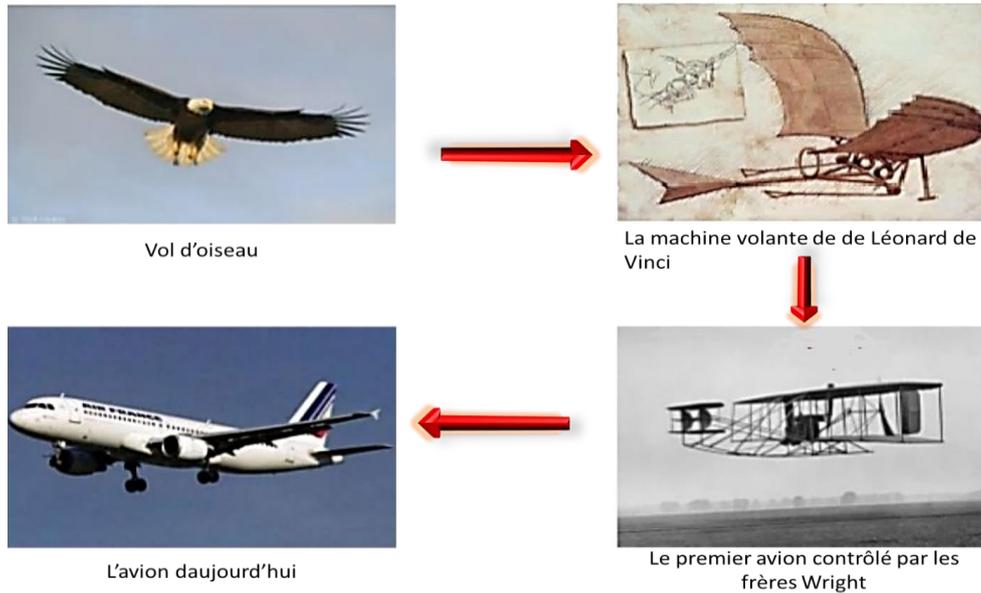
**Figure 01** : Approche du biomimétisme. (Source : biomimicry 3.8 2017)

### I.2 APERÇUE HISTORIQUE

Depuis l'avènement de l'humanité, l'homme est inspiré de la nature pour construire ou produire. Qu'il s'agisse de chasser, pêcher ou de chauffer. Il tire des lacons de leur environnement pour reproduire ou transformer des procédés qui pouvant être utile.

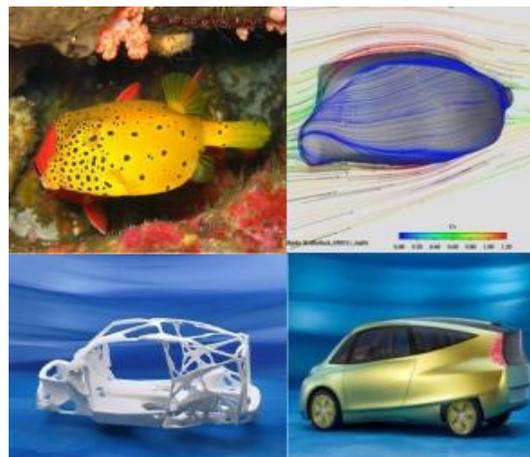
Parmi les premiers exemples des biomimétisme est l'imitation par la forme. Ainsi les premières machines volantes prenaient la forme d'oiseaux, jusqu'à l'avion, moderne d'aujourd'hui. Abbas ibn Fernas c'est le premier homme à voler à l'aide d'une volante ; observait la nature des oiseaux, puis à la renaissance, l'Leonardo da Vinci s'inspira du vol des oiseaux pour imaginer des machines volantes, ouvrant la voie au biomimétisme moderne. Sa démarche se résume par ses mots : « L'oiseau est un instrument qui fonctionne selon les lois mathématiques et l'homme n'a qu'à mettre au point une machine susceptible de reproduire chacun de ses mouvements ». Ce qui a même a mené au premier avion contrôlé par les frères Wright en 1903 (**Fig.02**).

## CHAPITRE 01 FONDLEMENTS THEORIQUES



**Figure 02 :** Les démarches de l'évolution d'un avion. (Source : <https://www.slideshare.net/vaisalik/biomimetic-architecture>)

Les avancées scientifiques et techniques qui ont apparus dans les années 60 ouvrent des nouveaux champs d'application par l'observation de la nature et de ses composants pour interpréter ses principes dans les transposer aux créations humaines. Source inépuisable de progrès et d'innovations, ces nouvelles approches scientifiques, telle que la bionique, se situent au carrefour des disciplines et se conçoivent comme un pont entre le monde vivant et le monde technologique. L'Homme utilise certaines aptitudes des organismes vivants pour produire des molécules biologiques qu'il n'arrive pas à synthétiser. (Mélanie, Sophie, & Théodora, s.d.)<sup>4</sup>



**Figure 03 :** Design tournés vers le monde vivant Bionic car. (Source : <https://www.slideshare.net/vaisalik/biomimetic-architecture>)

<sup>4</sup> L'évolution du biomimétisme. Récupéré sur BIOMIMÉTISME : <http://tpe-biomimetisme-lascases.blogspot.com/p/levolution-du-biomimetisme.html> (consulté le 23-12-2018).

## CHAPITRE 01 FONDEMENTS THEORIQUES

À la fin des années 70, il utilise ses capacités « naturelles » sans apporter de modification significative, donnant ainsi naissance à la bio-assistance. C'est dans les années 90 que Janine Benyus, met en exergue le fait que « la nature a 3,8 milliards ». L'ingéniosité de la nature fournit de nouvelles pistes d'innovation et de création, de succès non pas à exploiter, mais à imiter par une approche transversale et ce de façon durable.



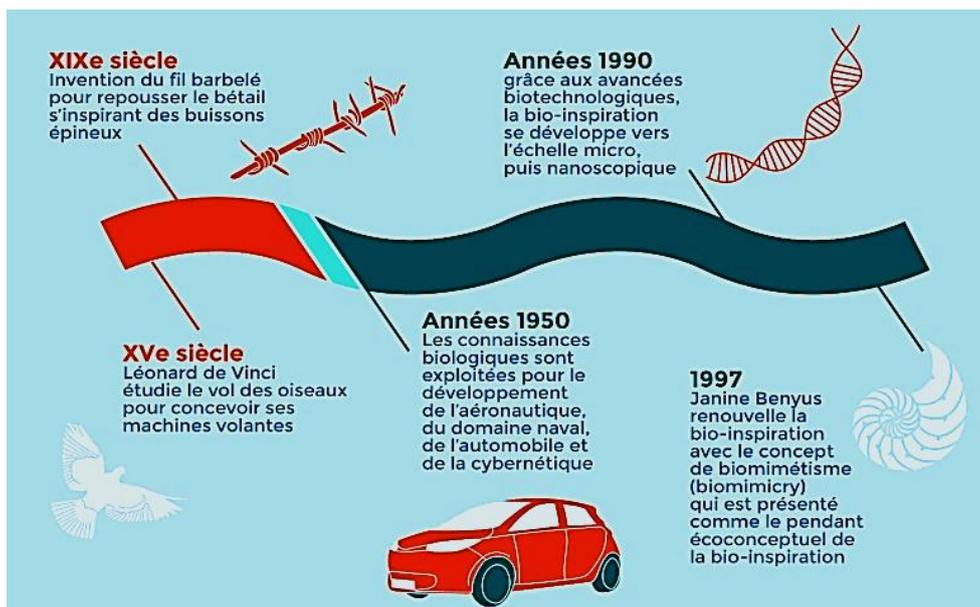
**Figure 04 :** Janine Benyus, scientifique américaine. (Source : tpe-biomimetisme-lascases)

L'idée centrale est que dans la nature, l'évolution a déjà résolu, par nécessité, plusieurs des problèmes avec lesquels nous sommes aux prises : l'énergie, la production alimentaire, le contrôle climatique, la chimie non-toxique, le transport et les matériaux. Cette manière de penser se base sur une vision où l'invention et la relation avec la nature occupent une place prépondérante. Le biomimétisme serait alors un tremplin vers une nouvelle révolution industrielle, où l'organisation humaine serait en équilibre durable avec la Terre, avec pour objectif le « zéro-déchet, zéro-pollution ».



**Figure 05 :** Le biomimétisme ; approche conceptuelle multidisciplinaire. (Source : tpe-biomimetisme-lascases)

## CHAPITRE 01 FONDEMENTS THEORIQUES



**Figure 06** : chronologie de l'évolution de l'approche biomimétisme. (Source : <https://www.techniques-ingenieur.fr/actualite/articles/le-biomimetisme-un-outil-dinnovation-durable-44693/>)

### I.3 LES PRINCIPES DU VIVANT

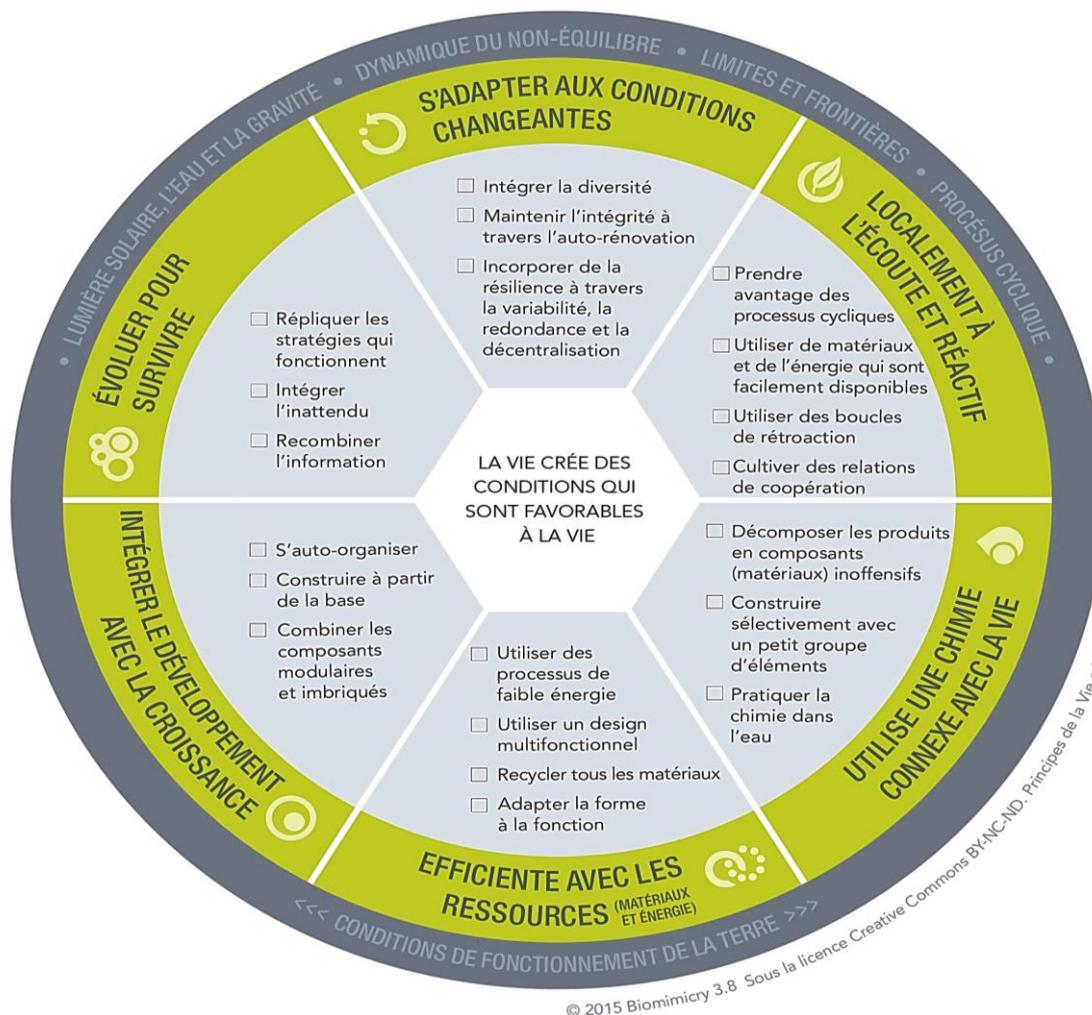
Les scientifiques ont déterminé des principes communs utilisés par tous les êtres vivants pour rester sur la planète. En d'autres termes, ces principes représentent des stratégies et des systèmes de vie pour survivre, en abordant les conduites de leur environnement. Par conséquent, ils servent à guider la conception de nos projets, de nos organisations, de nos systèmes, de nos villes...etc. ils fournissent ainsi le fondement nécessaire pour changer la mentalité et permettre aux concepts humains de devenir durables et efficaces.

En effet, la Guilde du biomimétisme a mis en place la « Lentille de conception biomimétique » (Biomimicry Design Lens, 2017)<sup>5</sup> (**Fig.07**). Cette dernière sert de guide à l'application des principes biomimétiques pour toute discipline et pour toute échelle avec pour but de reprendre des stratégies naturelles permettant de répondre au développement durable. Elle reprend six principes généraux et vingt sous-principes. Ces principes généraux sont équivalents les uns par rapport aux autres et sont : s'adapter aux conditions changeantes ; être localement à l'écoute et réactif ; utiliser la chimie adaptée à la vie ; être efficace en ressources ; intégrer le développement à la croissance ; évoluer pour survivre.<sup>6</sup>

<sup>5</sup> Biomimicry Design Lens. (2017, 2 28). Récupéré sur Biomimicry 3.8 : <https://biomimicry.net/the-buzz/resources/designlens-lifes-principles/> (consulté le 21-11-2018).

<sup>6</sup> Stylianidis, & Eleftherios. (2018, jui 25-26). Outil d'aide à la décision pour la conception de façades biomimétiques. P16. Retrieved from mémoire de Master en ingénieur civil architecte, à finalité spécialisée en ingénierie architecturale et urbaine : <https://matheo.uliege.be/handle/2268.2/4644>

# CHAPITRE 01 FONDEMENTS THEORIQUES



**Figure 07 :** Lentille de conception biomimétique. (Source : biomimicry 3.8.2017)

Ces principes font, en partie, échos aux critères retrouvés dans le livre de Janine Benyus. La lentille présentée ci-dessus est cependant bien plus développée. Selon l'environnementaliste américaine, il existerait 9 critères permettant de juger si le projet a été réalisé selon une philosophie « biomimétique ». Ces critères sont indicatifs, il ne s'agit donc pas de les remplir tous (Benyus, 1997).

- L'énergie solaire comme source d'énergie renouvelable.
- N'utiliser que l'énergie dont on a besoin.
- La forme est adaptée à la fonction.
- Recyclage de l'ordre de 100%.
- Récompenser la coopération.
- Parier sur la diversité.
- Valoriser l'expertise locale.
- Limiter les excès de l'intérieur.
- Transformer les limites en opportunité.

# CHAPITRE 01 FONDEMENTS THEORIQUES

## I.4 PROCESSUS DU BIOMIMETISME

La pensée biomimétique se matérialise à travers deux processus :

### I.4.1 Du défi à la biologie (challenge to biologie)

Est un processus spécifique à travers la pensée biomimétique, qui recadre le défi dans un contexte biologique. C'est cette étape qui permet de commencer à chercher de la nature pour trouver des stratégies permettant de résoudre des problèmes de conception. Il est particulièrement utile pour un mode de « contrôle » de créer un processus de conception interactif. Les meilleurs résultats sont obtenus lorsque vous suivez le processus plusieurs fois.

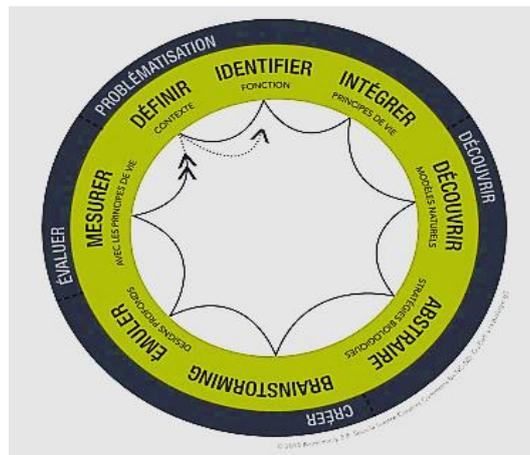


Figure 08 : Du défi à la biologie (challenge to biologie). (Source : Biomimicry 3.8, 2017)

### I.4.2 De la biologie au design (biologie to design)

C'est un processus spécifique à travers la pensée biomimétique. Ce processus est le plus approprié lorsque ce dernier s'initie à partir d'un aperçu inespéré de la nature (y compris les principes de la vie) que vous voulez manifester en tant que design. Ceux qui suivent cette voie sont souvent les inventeurs, les entrepreneurs, et les étudiants qui ne possèdent pas encore leur propre processus de design, ceux qui sont intéressés à découvrir des stratégies qui pourraient inspirer de nouvelles innovations, et les éducateurs intéressés à partager la biologie d'une manière qui génèrent des discussions avec des non biologistes.

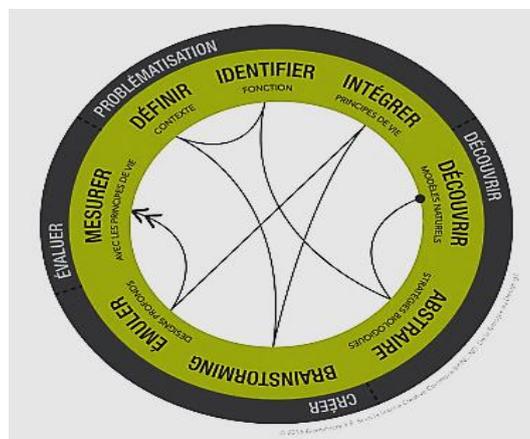


Figure 09 : De la biologie au design (biologie to design). (Source : Biomimicry 3.8, 2017)

# CHAPITRE 01 FONDEMENTS THEORIQUES

## I.5 L'ARCHITECTURE BIOMIMETIQUE

A travers l'histoire, les architectes ont toujours regardé la nature pour chercher des sources d'inspiration, de façon formelles ou pour des approches décoratives, mais pas sur le fond... L'architecture biomimétique donc ne peut pas considérer comme un nouveau mouvement architectural car il continue les mouvements qui le précédant mais il marque une rénovation dans les conceptions architecturales. Les architectes dans les mouvements précédents imitant la nature ces formes ; en s'inspirant des courbes et des motifs présents dans les formes organiques. L'architecture biomimétique est essais de passer les limites de l'architecture, de passer les apparences et la copie formelle et s'approfondit dans sa copier de la nature en imitant les principes et les stratégies de la nature et bien d'autres dimension environnementales. C'est une architecture qui évolue, qui vit, qui croit du micro au macro. Ainsi, sans adopter en totalité la démarche biomimétique, certains courants architecturaux s'inspirent de la nature pour rendre les bâtiments plus écologiques :

Par exemple en cherchant à rendre ceux-ci plus adaptables aux conditions extérieures, ou en créant un écosystème entre le bâti et le milieu naturel, ou bien encore en concevant le bâtiment comme un écosystème à part entière. D'autres démarches architecturales sont éloignées du biomimétisme, mais sont désignées par des termes similaires. Enfin, certains architectes inventent des dénominations, qui évoquent la démarche, mais constituent en même temps des sortes de slogans publicitaires (« architonic » par V. Caillebaut, orgacinetic architecture par A. Douangmanivan, biornametics...). Le tableau ci-dessous résume la situation, sans prétendre à l'exhaustivité :

**Tableau 1** : Courant architecturaux relevant de la démarche biomimétique. (LEFER, 2016)

	EN FRANÇAIS	EN ANGLAIS
<b>Courants architecturaux relevant de la démarche biomimétique</b>		
<b>Adjectif identique pour les deux courants biomimétique et dans les deux langues</b>	- Architecture biomimétique.	- Biomimetic architecture
<b>Variantes</b>	- Architecture bio-inspirée - Biomimétisme architectural.	- Bio-inspired architecture. - Architectural biomimicry.
<b>Périphrases</b>	- Le biomimétisme en architecture. - Application de l'approche biomimétique en architecture.	- Biomimetic in architecture. - Biomimicry in architecture.
<b>Le bâtiment est conçu pour s'intégrer au maximum à son environnement naturel et interagir avec lui. La forme naturelle est recherchée, mais pas nécessairement la fonction.</b>	- Architecture organique. - Architecture symbiotique. - Architonic (Caillebaut). - Architecture intelligente.	- Organic architecture. - Symbiotic architecture. - Biophilic design/ architecture. - Intelligent façades, walls...
<b>Recherche d'adaptabilité aux conditions extérieures. Toutefois, ces termes désignent également les bâtiments</b>	- Architecture adaptive. - Architecture dynamique.	- Adaptive architecture. - Responsive architecture. - Kinetic architecture.

## CHAPITRE 01 FONDEMENTS THEORIQUES

<p>« modifiables », sans référence à des systèmes naturels : de bâtiments dits « flexibles » (flexible) à bâtiments dits intelligents (intelligent).  A noter qu' «intelligent » a été utilisé au départ pour désigner les bâtiments assimilés à des organismes naturels, puis le terme a évolué et englobe les bâtiments connectés/automatisés.</p>		
<p><b>Le bâtiment est conçu et situé de telle sorte que les ressources naturelles sont optimisées ( le rayonnement solaire notamment)... ce qui font les organismes vivants</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Architecture bioclimatique.</li> <li>- (passivHaus, architecture passive .</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bioclimatic architecture ( passevHaus, passive architecture).</li> </ul>
<p><b>Le bâti et son environnement forment un écosystème ou tout ce qui consomme le bâtiment est produit par le milieu naturel, tout ce que rejette le bâtiment peut être valorisé et constituer une ressource pour le milieu.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Architecture régénérative.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Regenerative architecture.</li> </ul>
<p><b>Construction à partir de matériaux écologiques et selon une conception visant à réduire l'impact environnemental.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Architecture naturelle.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Natural architecture.</li> </ul>

### I.5.1 La démarche biomimétique

Selon une étude menée par Pedersen Zari à l'université de victoria en new Zélande en 2007, il existe deux approches distinctes de la biomimétisme comme approche de conception (Chayaamor-Heil, Guéna, & Hannachi-Belkadi, 2018) <sup>7</sup>:

- La première approche d'un besoin humain ou d'un problème de conception ensuite étudié la manière dont les organismes ou écosystèmes de la nature résolvent ce problème. Il s'agit d'une approche axée sur les problèmes (Top-down ou design looking to biology). Cette approche dirige efficacement les concepteurs qui après atteint les objectifs initiaux et les paramètres de conception, cherche des solutions dans le monde des plantes ou des animaux.



**Figure 10 :** Séquences de processus dans la recherche biomimétique : progression d'un projet biomimétique à partir de modèles biologiques aux produits biomimétiques. (a) Processus orienté problème.

<sup>7</sup> Biomimétisme en architecture. État, méthodes et outils p04. OpenEdition Journals.

## CHAPITRE 01 FONDEMENTS THEORIQUES

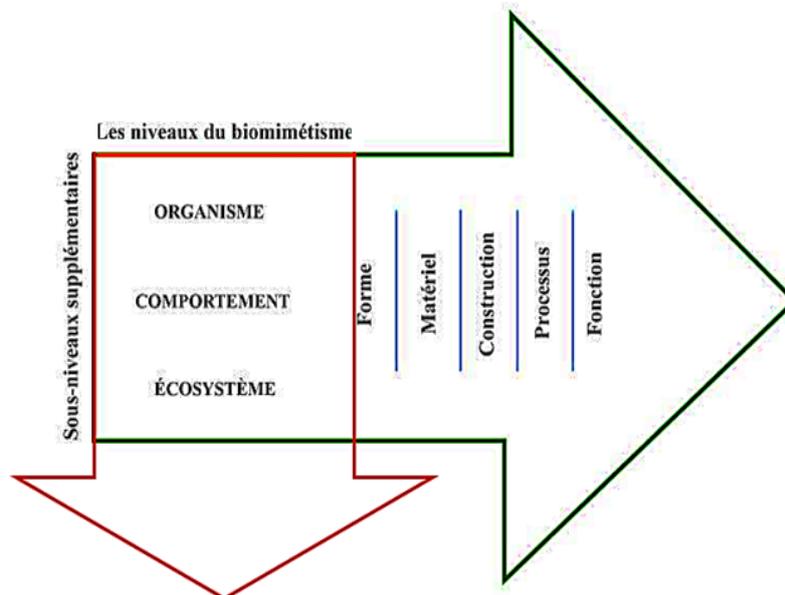
➤ La deuxième approche consiste à identifier une caractéristique, un comportement ou une fonction particulière dans un organisme vivant ou un écosystème, puis à examiner les problèmes de la conception pouvant être résolus. Il s'agit d'une approche axée sur les solutions (Bottom-up ou biology influencing design) (Biomimicry Guild, 2007). Cette approche est celle où la connaissance biologique effectue la conception humaine. Ils sont conduits par des personnes ayant une connaissance scientifique de la nature et qui recherchent des applications possibles liées à la conception.



**Figure 11 :** Séquences de processus dans la recherche biomimétique : progression d'un projet biomimétique à partir de modèles biologiques aux produits biomimétiques. (b) Processus orienté solution.

### I.5.2 Les niveaux du biomimétisme en architecture

En plus de ces deux approches précédentes, il y a trois niveaux d'imitation qui peuvent être appliqués dans les conceptions sont : le niveau de l'organisme, du comportement ou de l'écosystème. A travers chaque niveau, il y a cinq dimensions possibles à imiter. La conception peut être biomimétique par exemple en terme de à quoi ça ressemble (forme), en quoi s'est fait (matériaux), comment c'est fait (construction), comment ça travaille (processus) ou qu'est-ce qui ce que ça fait (fonction) (Zari, 2007)<sup>8</sup>



**Figure 12 :** Les niveaux d'imitation du biomimétisme.

(Source : Biomimétisme en architecture. État, méthodes et Outils)

<sup>8</sup> BIOMIMETIC APPROACHES TO ARCHITECTURAL DESIGN FOR INCREASED SUSTAINABILITY p33.

[https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwjDjPuP3eTiAhXB8uAKHTzyC9AQFjAAegQIBhAC&url=http%3A%2F%2Fwww.cmznz.co.nz%2Fassets%2Fsm%2F2256%2F61%2F033-PEDERSENZARI.pdf&usg=AOvVaw1RkOmlNb0PwyiQGK077dL\\_](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwjDjPuP3eTiAhXB8uAKHTzyC9AQFjAAegQIBhAC&url=http%3A%2F%2Fwww.cmznz.co.nz%2Fassets%2Fsm%2F2256%2F61%2F033-PEDERSENZARI.pdf&usg=AOvVaw1RkOmlNb0PwyiQGK077dL_)

## CHAPITRE 01 FONDEMENTS THEORIQUES

- Le 1er niveau implique que le concepteur regarde la forme d'un organisme spécifique, le concepteur peut choisir d'imiter une partie ou l'organisme dans son ensemble.

- Le 2ème niveau c'est l'imitation de l'interaction d'un organisme avec son environnement immédiat afin de construire une structure qui peut s'intégrer sans résistance dans son environnement immédiat.

- Le 3ème niveau qui consiste à imiter la façon dont un organisme interagit avec l'environnement et combien d'éléments travaillent ensemble, il s'agit généralement d'un projet à l'échelle urbaine ou d'un projet plus vaste comportant plusieurs éléments plutôt qu'une structure solitaire.

Pedersen Zari a tenté de clarifier les différences niveau et dimension de biomimétisme pour comprendre son application :

### I.5.2.1 Le niveau de l'organisme (Organism level)

Ce niveau peut aider à comprendre l'impact environnemental négatif des activités humaines sur le monde et ses nombreux écosystèmes. Pendant des milliards d'années, les organismes ont résisté et se sont adaptés à de nombreux changements au fil du temps. Les humains disposent donc d'une grande variété d'exemples pour étudier et proposer des solutions aux problèmes déjà traités, notamment en ce qui concerne l'utilisation efficace de l'énergie et des matériaux.

### I.5.2.2 Le niveau de comportement (Behaviour level)

Basé sur le fait qu'un grand nombre d'organismes ont appris à fonctionner dans des conditions environnementales spécifiques et dans les limites d'énergie et de disponibilité matérielle, ils rencontrent les mêmes conditions environnementales que les humains et doivent donc résoudre des problèmes similaires auxquels ils sont confrontés.

### I.5.2.3 Le niveau de l'écosystème (Ecosystem level)

Basé sur le fait qu'un grand nombre d'organismes ont appris à fonctionner dans des conditions environnementales spécifiques et dans les limites d'énergie et de disponibilité matérielle, ils rencontrent les mêmes conditions environnementales que les humains et doivent donc résoudre des problèmes similaires auxquels ils sont confrontés.

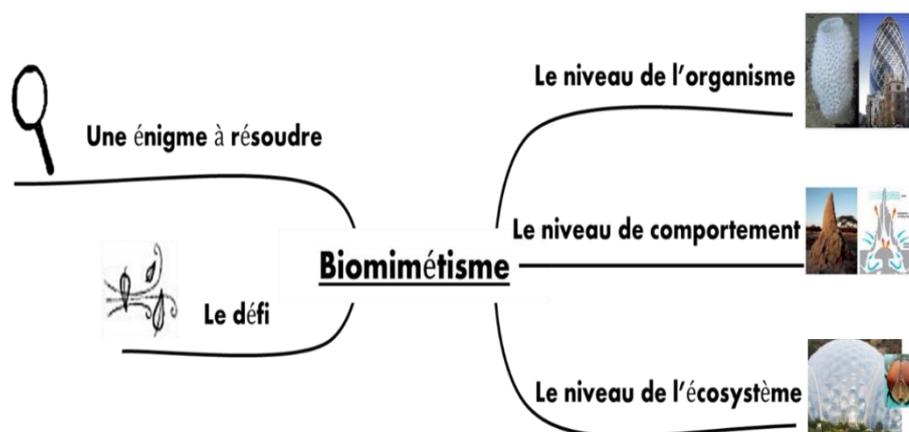


Figure 13 : Les niveaux du biomimétisme en architecture. (Source : OUMEDDOUR 2019)

## **CHAPITRE 01 FONDEMENTS THEORIQUES**

### **II. LE CONFORT THERMIQUE ET LA VENTILATION NATURELLE**

La ventilation naturelle est une stratégie adoptée pendant la saison estivale pour réduire les gains thermiques et par là-même abaisser les températures internes de sorte qu'elles s'égalisent avec les températures extérieures. Le principe de fonctionnement de cette stratégie consiste à remplacer l'air interne chaud par de l'air frais provenant de l'extérieur. Ce renouvellement d'air gratuit peut avoir pour force motrice les différences de températures entre l'intérieur et l'extérieur, dans ce cas il s'agit de ventilation naturelle par tirage thermique. Le renouvellement d'air peut aussi être occasionné par les différences de pressions sous l'effet du vent. (RAHAL, 2011)<sup>9</sup>

La plupart des bâtiments anciens ou existants ne contiennent pas de systèmes de ventilation, mais la ventilation est un élément important pour non seulement le confort thermique mais également améliorer la qualité de l'air intérieur en évacuant les polluants (les odeurs, produits chimiques, bactéries...)

L'étude de la ventilation nécessite la compréhension du phénomène du « vent ». Le dictionnaire Larousse le définit comme étant, le mouvement de l'air qui se déplace d'une zone de haute pression vers une zone de basse pression. En d'autres termes, il peut être défini par le mouvement horizontal de l'air ambiant provoqué par la différence de pression entre certaines zones et qui tend à les équilibrer. Il faut qu'il y ait un mouvement pour que les pertes de charges provoquées par celui-ci correspondent à la différence de pression provocatrice.

Cette partie du chapitre traite d'abord le confort thermique de façon générale avec ses paramètres, puis en détail l'un de ses paramètres tel que : la ventilation naturelle et le mouvement du vent à l'échelle urbaine jusqu'à l'intérieur du bâtiment, ainsi que ses objectifs et rôle, ses techniques différentes et systèmes.

#### **II.1 DEFINITION DU CONFORT THERMIQUE**

Le confort thermique est défini comme « un état de satisfaction du corps vis-à-vis de l'environnement thermique ».

La norme ASHRAE 55 définit le confort thermique comme « la condition d'esprit qui exprime la satisfaction en présence d'un environnement thermique donné ».

Le confort thermique concerne principalement la température intérieure des pièces, sa répartition harmonieuse dans l'espace et la qualité de l'air ambiant. Les principes généraux de la transmission de la chaleur sont universels et les mêmes mécanismes se retrouvent, à différents niveaux d'importance, dans tous les échanges thermiques de l'enveloppe d'un bâtiment. Le

---

<sup>9</sup> Mémoire de magister, thème : L'IMPACT DE L'ATRIUM SUR LE CONFORT THERMIQUE DANS LES BATIMENTS PUBLICS, P66.

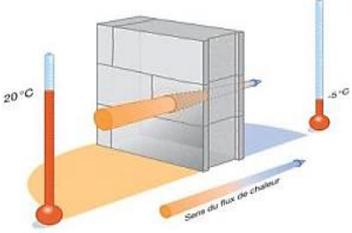
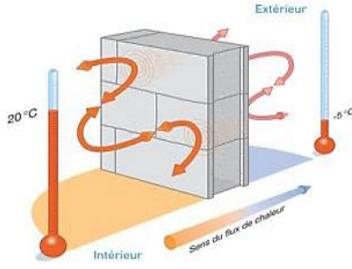
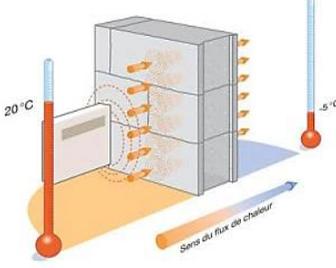
## CHAPITRE 01 FONDEMENTS THEORIQUES

tableau 2 illustre Les différents modes de transmission de la chaleur. (DJERROUFI M. E., 2014)<sup>10</sup>

### II.1.1 Les Transfert de chaleur dans une paroi

Les transferts thermiques dans une construction sont de différentes natures. Ils sont fonction des matériaux composants les parois, les murs, les sols, les planchers ou les toitures. Tout l'enjeu de l'isolation sera d'évaluer et de maîtriser ces phénomènes pour un habitat confortable en hiver comme en été. Les grands principes de la thermique et de ses modes de transmission associés (la conduction, la convection et le rayonnement) se retrouvent dans une paroi simple.

**Tableau 2 :** Mode de transmission de la chaleur dans une paroi simple.

MODE DE TRANSMISSION	DETAILS
<p><b>La convection</b></p> 	<p>C'est la transmission d'énergie ou de chaleur par la matière même de la paroi (sa partie solide). Une paroi conduit plus ou moins bien la chaleur selon sa résistance thermique.</p>
<p><b>La convection</b></p> 	<p>Au niveau d'une paroi, c'est le mouvement de l'air provoqué quand la température de ce dernier est différente de celle de la paroi. Le local chauffé cède de la chaleur à la paroi par convection.</p>
<p><b>Le rayonnement</b></p> 	<p>Le rayonnement se manifeste quand des corps chauds émettent des rayons porteurs d'énergie qui sont absorbés par d'autres corps et alors transformés en chaleur. Au niveau d'une paroi, le rayonnement se traduit par celui des émetteurs de chaleur cédant leur chaleur à la paroi.</p>

<sup>10</sup> Mémoire de master MANAGEMENT DE L'EFFICACITE ENERGETIQUE DANS LE BATIMENT, p. 34

# CHAPITRE 01 FONDEMENTS THEORIQUES

## II.1.2 Paramètres du confort thermique

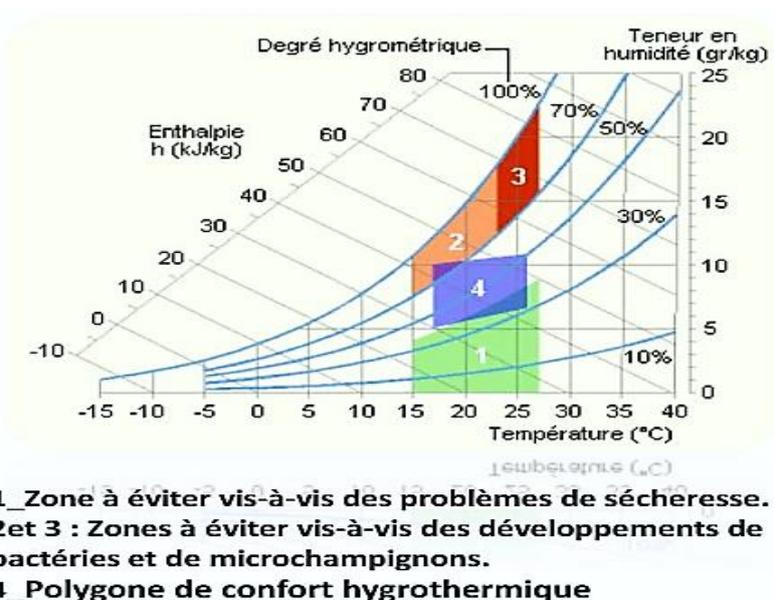
La notion de confort thermique dépasse la simple gamme des températures. Elle repose sur la température, la vitesse de l'air, l'humidité et la pureté de l'air. Ces facteurs (paramètres) sont bien évidemment liés à la ventilation naturelle qui fait défaut à la plupart de nos bâtiments (DJERROUFI M. , 2014):

### II.1.2.1 Température de l'air

Une température idéale de chaque espace dépend de l'activité qu'on y pratique, du moment de la journée et des préférences de chacun. L'idéal est d'éviter les grands écarts de température dans le temps entre le jour et la nuit ou entre les saisons.

### II.1.2.2 Humidité de l'air

L'humidité relative de l'air influence aussi la sensation de confort thermique. Idéalement, elle doit se situer entre 30 % et 70 % en hiver. En été, il est préférable que l'air soit sec pour favoriser la transpiration du corps.



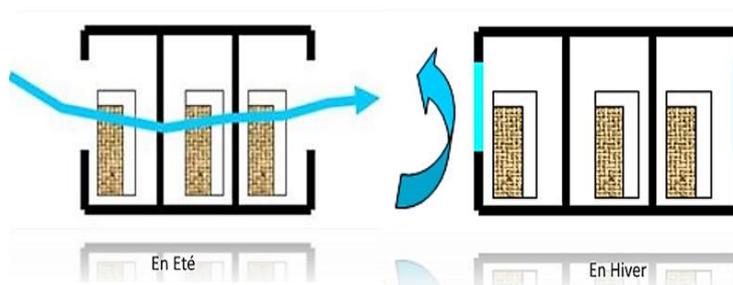
**Figure 14** : l'humidité relative de l'air. (Source : Le confort thermique des bâtiments et l'effet de la conception architecturale bioclimatique).

### II.1.2.3 Courants d'air

Les courants d'air (ou circulation d'air), très agréables en été, puisqu'ils favorisent la transpiration, sont très pénibles en hiver, car ils facilitent les échanges thermiques entre le corps et l'air, c'est le principe de convection :

- En été, des ouvertures bien conçues peuvent créer des courants d'air utiles et rafraîchissants.
- En hiver, au contraire, il est préférable de les diminuer ou de les canaliser afin qu'ils ne balayent pas tout l'espace.

# CHAPITRE 01 FONDEMENTS THEORIQUES

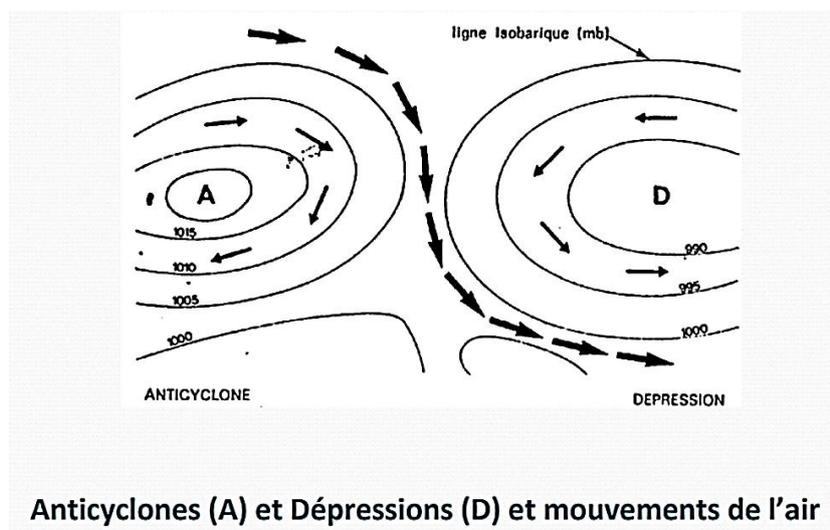


**Figure 15 :** le mouvement de l'air en été et en hiver. (Source : Exposé : Le confort thermique des bâtiments et l'effet de la conception architecturale bioclimatique)

## II.2 LA VENTILATION NATURELLE

### II.2.1 Définition du vent

L'étude de la ventilation nécessite la compréhension du phénomène du « vent ». A partir de dictionnaire Larousse le vent est un mouvement de l'air se déplaçant d'une zone de hautes pressions (anticyclone) vers une zone de basses pressions (dépression). En d'autres termes, il peut être défini par le mouvement horizontal de l'air ambiant provoqué par la différence de pression entre certaines zones et qui tend à les équilibrer. Il faut qu'il y ait mouvement pour que les pertes de charges provoquées par celui-ci correspondent à la différence de pression provocatrice. L'écoulement n'est pas rectiligne mais il prend une forme de « S », à cause de la force de Coriolis. Cette force provoque une déviation qui entraîne l'air de l'hémisphère nord d'un mouvement horaire autour des anticyclones vers un mouvement antihoraire autour des dépressions et dans le sens inverse dans l'hémisphère sud.



**Anticyclones (A) et Dépressions (D) et mouvements de l'air**

**Figure 16 :** L'écoulement de vent de l'anticyclone vers la dépression en hémisphères du nord. (Source : le vent et la ventilation/ le vent et son origine)

# CHAPITRE 01 FONDEMENTS THEORIQUES

Le vent mesurer en m/s ou en km/h, il est variable et instable, il présente plusieurs directions et peut être schématisé sur ce qu'on appelle ROSE DES VENT.

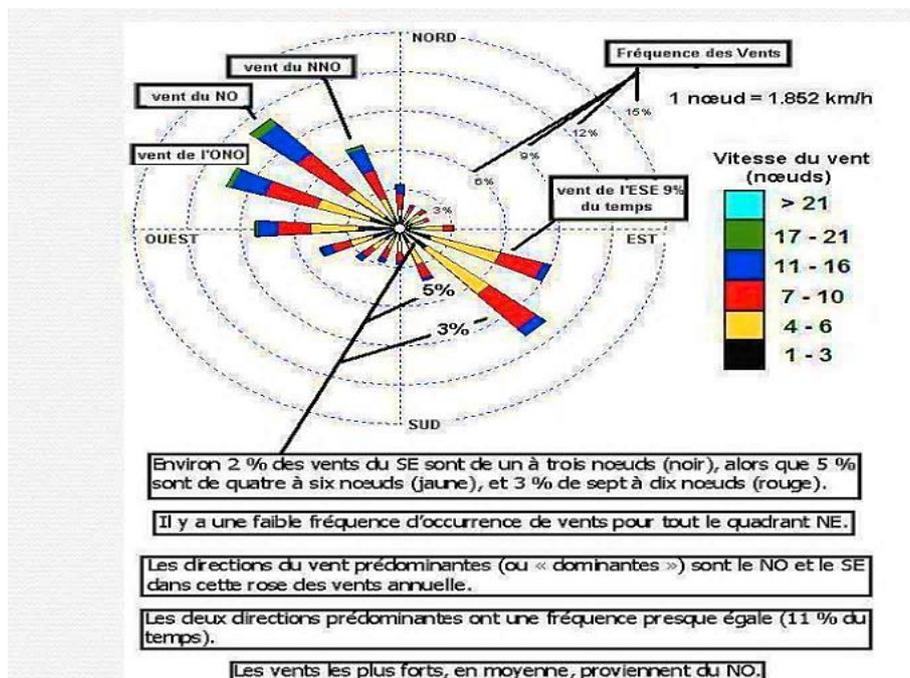


Figure 17 : Exemple de rose du vent. (Source : le vent et la ventilation/ le vent et son origine)

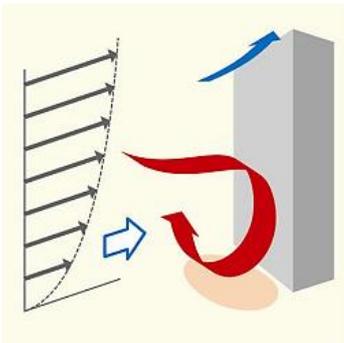
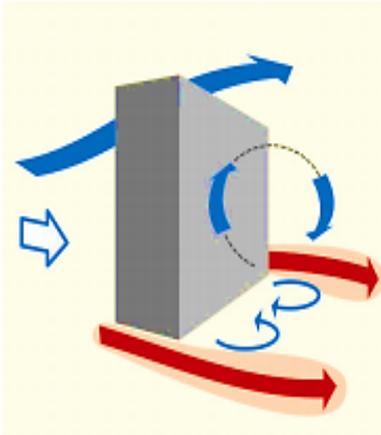
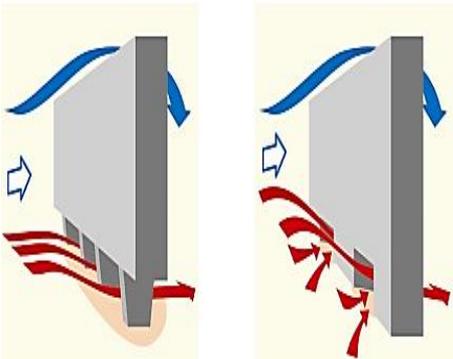
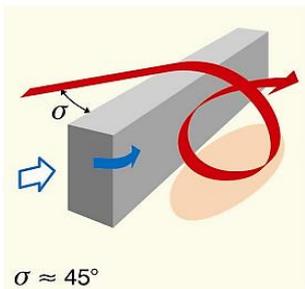
## II.2.2 Effets types dus au vent

Tableau 3 : Effets types dus au vent. (KERROUCHE Ibrahim, 2015)<sup>11</sup>

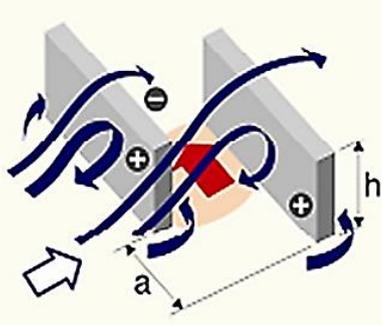
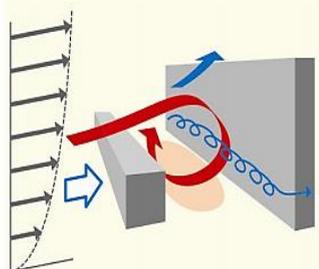
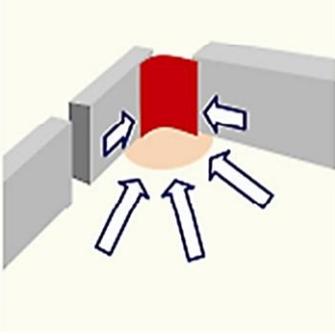
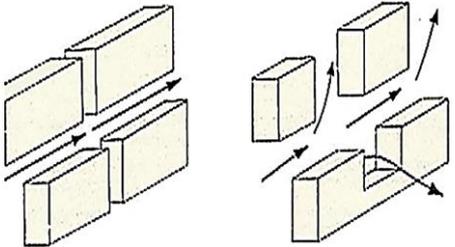
Effet	Définition	Evaluation de la vitesse
Les Formes isolées		
<p><b>Effet de coin</b></p>	<p>Phénomène d'accélération localisée à l'angle d'un bâtiment.</p>	<p>L'effet est proportionnel à la hauteur de l'angle de la construction : la vitesse peut augmenter de 1,2 à plus de 2 fois son état initial pour des bâtiments de quelques niveaux à des tours de grande hauteur (R+30).</p>

<sup>11</sup> Mémoire de master thème : La ventilation naturelle dans les bâtiments sous climat humide Cas d'étude la ville de Skikda.

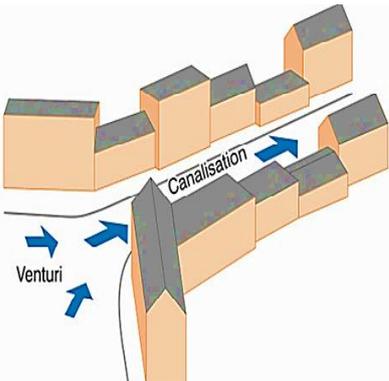
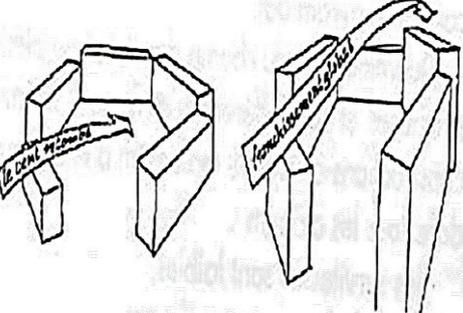
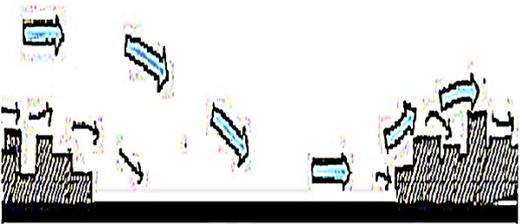
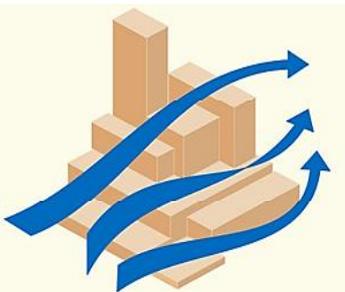
## CHAPITRE 01 FONDEMENTS THEORIQUES

<p style="text-align: center;"><b><u>Effet de tourbillon amont</u></b></p> 	<p>Phénomène de mouvement d'air tourbillonnaire, à composante verticale, plongeant sur la façade directement exposée au vent</p>	<p>Peu sensible pour les constructions basses, importante pour les constructions supérieures à R+5. (Accélération de 1,5 dans le cas d'un immeuble de R+20).</p>
<p style="text-align: center;"><b><u>Effet de sillage et de rouleau aval</u></b></p> 	<p>phénomène de mouvement d'air tourbillonnaire sur la façade située sous le vent et plongeant sur la façade en dépression située sous le vent.</p>	<p>Le phénomène est proportionnel à la surface du bâtiment qui s'oppose à l'écoulement principal du vent. vitesse faible au centre. La zone de séparation des écoulements au niveau du sol est instationnaire et se situe à une distance d'une à deux fois la hauteur de la construction.</p>
<p style="text-align: center;"><b><u>Effet de trou ou de passage sous immeuble</u></b></p> 	<p>Quand un immeuble de hauteur minimum supérieure à 15m est élevé sur des colonnes, des trous ou des pilotis, l'air passe à travers ces derniers.</p>	<p>Le vent s'accélère en s'engouffrant au travers de ces ouvertures reliant la façade au vent et la façade sous le vent. Des ouvertures à travers la base d'un bâtiment élevé peuvent induire de très hautes vitesses de vent à travers celles-ci. L'incidence du vent par rapport au trou joue un rôle capital sur cet effet.</p>
<p style="text-align: center;"><b><u>Effet de barre</u></b></p>  <p><math>\sigma \approx 45^\circ</math></p>	<p>Il s'agit d'une déviation en vrille de l'écoulement du vent au passage d'une barre avec un angle proche de <math>45^\circ</math></p>	<p>Ce phénomène pourra exister dans le cas de la hauteur <math>H &lt; 25</math> m, et la longueur minimum de la barre <math>L &gt; 8H</math>. Les barres isolées, ou groupées et alignées sans un grand espacement subissent également le même effet.</p>

# CHAPITRE 01 FONDEMENTS THEORIQUES

Les formes associées		
<p><b><u>Effet de liaison des zones de pression différente entre immeubles</u></b></p>  <p><math>a \geq h</math></p>	<p>Disposition décalée de 2 constructions créant un couloir de liaison entre eux lié au champ de pression existant entre la façade sous le vent du bâtiment amont et la façade au vent du bâti.</p>	<p>La valeur de la survitesse évolue entre 1,2 et 1,6 pour des constructions entre 12 et 35m de hauteur. Entre 2 tours de 100m de haut la valeur du coefficient peut atteindre 1,8.</p>
<p><b><u>Effet Wise</u></b></p> 	<p>L'association de bâtiments de tailles différentes et implantés parallèlement entretient un tourbillon à composante verticale issu de l'effet de tourbillon aval ou de sillage du bâtiment amont combiné avec le tourbillon amont du bâtiment situé en aval.</p>	<p>Lorsque l'association se situe entre 10 et 30m le coefficient prend la valeur 1,5. Pour une association entre 15 et 90m la valeur est de 1,8.</p>
<p><b><u>Effet venturi</u></b></p> 	<p>Ce phénomène ressemble à celui de la dynamique des fluides où les particules gazeuses ou liquides se retrouvent accélérées à cause d'un rétrécissement de leur zone de circulation.</p>	<p>Dans ce phénomène, l'ouverture face au vent et la disposition en angle des constructions ayant une hauteur moyenne <math>H &gt; 15m</math> et une longueur minimale des deux bras (<math>L1 + L2 &gt; 100 m</math>), forment une sorte de canal collecteur de vents. Cet angle est la zone la plus critique vis-à-vis du confort aéralique car la vitesse de l'air y est considérable.</p>
<p><b><u>Effet de canalisation</u></b></p>  <p>canalisation                      Pas de canalisation</p>	<p>Ceci correspond à une configuration classique d'une rue délimitée par des constructions en continu de chaque cotés. Cette disposition entretient et prolonge tout phénomène situé au début de la rue</p>	<p>Le phénomène est entretenu pour un espacement de 2 fois la hauteur moyenne de la rue. (GUYOT)</p>

# CHAPITRE 01 FONDEMENTS THEORIQUES

<p><b><u>Effet combiné venturi et canalisation</u></b></p> 	<p>Il s'agit de l'association d'une place ouverte et d'une rue, la première fait office de collecteur et accélère les flux, la deuxième développe spatialement le phénomène.</p>	<p>coefficient proche de ceux enregistrés pour l'effet venturi seul.(GUYOT)</p>
<p><b><u>Effet de maille ou de cour</u></b></p> 	<p>Configuration appartenant à un tissu urbain homogène et créant une rugosité de sol, tendance générale à l'amélioration des conditions locales du vent.</p>	<p>lorsque la maille a une ouverture de 3 fois la hauteur moyenne de 10m, elle est exposée quel que soit l'incidence du vent pour les autres cas l'effet de protection l'emporte. (GUYOT).</p>
<p><b><u>Effet agora</u></b></p>  <p style="text-align: center;">Zone dégagé                  exposé</p>	<p>Espace ouvert et dégagé soumis à l'exposition directe du vent</p>	<p>Pour un espace dégagé de plus de 100m les effets de l'environnement proche ne se font plus sentir. Les lieux de type place sont dépendant des accès rues et autres éléments de convergence du vent.</p>
<p><b><u>L'effet de pyramide</u></b></p> 	<p>Est un effet aérodynamique provoqué par un groupement de constructions à caractère pyramidal. Les formes pyramidales, par leur géométrie assez aérodynamique n'offrent pas de résistances brutales au vent (continuité dans les évolutions de hauteur) et associées à leur rugosité de surface, représentée par les décrochements de niveaux et terrasses, semblent dissiper le maximum d'énergie du décrochement de niveaux et terrasses, semblent dissiper le maximum d'énergie du vent dans tous les azimuts. Par suite, au niveau du sol, les flux sont relativement peu rapides et le niveau du confort est généralement bon.</p>	

## CHAPITRE 01 FONDEMENTS THEORIQUES

### II.2.3 L'intérêt de la ventilation naturelle dans le bâtiment

La ventilation au travers de son fonctionnement et surtout de son impact sur nous ou notre environnement est très souvent peu maîtrisée. De ce fait, la qualité de l'air a longtemps été négligée. Bien souvent, il faut être soumis à des désordres de types moisissures ou problèmes d'odeurs pour réagir.

Depuis quelques années, la qualité de l'air intérieur fait l'objet d'études approfondies, et son impact sur la santé et sur le bâti est une préoccupation de plus en plus forte. Les problèmes de qualité d'air peuvent être résolus par l'usage d'un système de ventilation adapté. (AVEMS, 2010)<sup>12</sup>

#### II.2.3.1 Qu'est-ce que la ventilation ?

La ventilation des locaux permet de renouveler et d'assainir l'air intérieur dans le but d'assainir le bâtiment et d'apporter l'air neuf hygiénique nécessaire aux individus. En général depuis les pièces principales (séjour, chambres etc.) vers les pièces de service humides (salle de bain, WC, cuisine, buanderie etc.) puis dehors.

#### II.2.3.2 Pourquoi ventiler un bâtiment ?

La raison est simple, l'air intérieur est plus pollué que l'air extérieur donc la ventilation d'un logement est indispensable pour préserver la qualité de l'air intérieur, améliorer le confort des résidents et préserver la santé. Elle permet de :

- Pour éviter la surchauffe dans un bâtiment.
- Pour évacuer la vapeur d'eau afin de maintenir un taux d'humidité dans des proportions favorisant le bien-être en évitant la condensation.
- Satisfaire les besoins en oxygène.
- Pour évacuer les polluants tels que les CO<sub>2</sub>.
- Pour évacuer le radon dans les régions concernées.
- Pour apporter de l'air neuf extérieur, moins vicié que l'air intérieur.
- Fournir aux appareils à combustion l'oxygène dont ils ont besoin pour fonctionner sans danger pour notre santé (en plus de l'arrivée d'air spécifique au fonctionnement de certains appareils). Attention à la dégradation de la qualité de l'air intérieur par les appareils de combustion mal réglés/posés/approvisionnés en air neuf : chauffe-d'eau à gaz, gazinière, poêle etc.

Donc la ventilation dans le bâtiment est pour deux enjeux major qui sont :

- La qualité de l'air intérieur.
- La maîtrise de l'énergie.

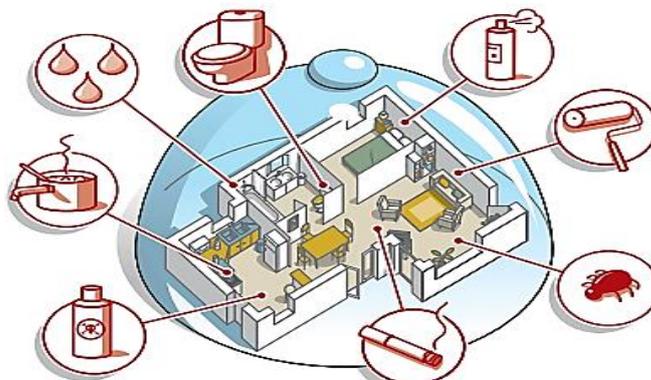
---

<sup>12</sup> GUIDE DE LA VENTILATION NATURELLE ET HYBRIDE "VNHY"®.

## CHAPITRE 01 FONDEMENTS THEORIQUES

### II.2.3.3 Protéger : notre santé et nos locaux

La ventilation a pour but d'éviter les dégradations du bâtiment et de préserver la qualité de l'air intérieur. Elle permet d'évacuer l'humidité produite par les occupants et leurs activités, les gaz et les particules volatils et autres polluants qui pourraient stagner.

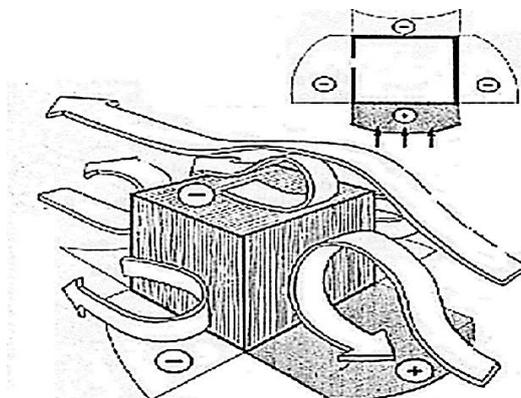


**Figure 18 :** pas ou peu de ventilation revient à mettre notre logement sous cloche et à accumuler les polluants. (Source : <https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/guide-ventilation-naturelle-et-hybride-vnhy-2010.pdf>)

### II.2.4 Ventiler tout en économisant l'énergie

Ventiler = économiser. La ventilation d'un logement permet de faire des économies d'énergie.

Le principal intérêt de la ventilation naturelle est d'exploiter une ressource gratuite et abondante tout en restant fiable, simple d'utilisation et sans entrainer de surcoût à la conception du bâtiment. Selon Stephan : « il est primordial de concevoir les bâtiments de manière à favoriser la ventilation naturelle et essayer de créer « naturellement » une vitesse de brassage suffisante (dimensions d'ouvertures, orientation...) capable d'assurer une ambiance confortable et avoir recours, dans les cas extrêmes, à un appoint par brassage mécanique ». En effet, devant l'amélioration des performances énergétiques des bâtiments permettant d'atteindre des besoins très faibles en chauffage, il devient nécessaire de prendre en compte tous les postes de consommation (Ghjuvan-Antone-Faggianelli, 2014).<sup>13</sup>



**Figure 19 :** Répartition du champ de pression autour d'un bâtiment sous l'effet du vent au niveau du sol. (Source : Rafraîchissement par la ventilation naturelle traversant des bâtiments en climat méditerranéen)

<sup>13</sup> Rafraîchissement par la ventilation naturelle traversant des bâtiments en climat méditerranéen, p9.

## CHAPITRE 01 FONDEMENTS THEORIQUES

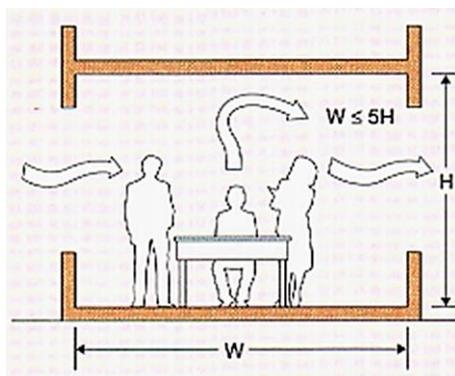
### II.2.5 Les Stratégies de la ventilation naturelle

Il existe de nombreux types de modes de ventilation naturelle dans les bâtiments, les trois principaux sont :

- La ventilation transversale
- La ventilation de simple exposition
- La ventilation par tirage thermique

#### II.2.5.1 La ventilation transversale

La ventilation transversale utilise les variations des pressions sur les différentes façades d'un bâtiment exposé au vent : lorsque des fenêtres sont ouvertes à la fois sur les parois exposées et opposées au vent, il se crée un flux d'air à travers le bâtiment allant des zones à haute pression vers celles de basse pression. (KERROUCHE, 2015)<sup>14</sup>



**Figure 20 :** La ventilation transversale. (Source : NATURAL VENTILATION IN NON-DOMESTIC BUILDINGS)

Pour faciliter la ventilation transversale d'un locale, il y a lieu de placer l'entrée et la sortie de l'air sur deux façades opposées ou, à la rigueur adjacente.

Le débit d'air pénétrant à travers un ouvrant de la façade au vent d'une pièce est à son efficacité maximum lorsque la direction du vent ne s'éloigne pas de plus de 30° de la normale au plan de cette ouverture.

Les capteurs à vent, la végétation et le modèle de fenêtre peuvent servir à canaliser l'air vers les entrées à partir de n'importe quelle direction. Toutefois, le concepteur doit veiller à ce que les dimensions des ouvertures du côté sorti, sous le vent, soient plus grandes que celles du côté de l'entrée, au vent. Car cette dissymétrie créerait ainsi la libre circulation de l'air à travers le local. En absence de vent, la ventilation transversale s'opère naturellement de la façade à l'ombre, en surpression, vers la façade ensoleillée en dépression puisque plus chaude.

- **PRINCIPE FONCTIONNEL DE LA VENTILATION NATURELLE TRANSVERSALE**

<sup>14</sup> Mémoire de master thème : La ventilation naturelle dans les bâtiments sous climat humide-Cas d'étude la ville de Skikda-.

## CHAPITRE 01 FONDEMENTS THEORIQUES

La prise en compte de la position des ouvertures par rapport au vent est importante dans la création du déplacement d'air. La ventilation transversale dans un local doit réunir des conditions : la première est que le local comporte deux ouvertures, et la deuxième est que celles-ci soient sur deux façades opposées du local. La différence de pression entre le côté sous le vent du bâtiment et le côté face au vent va entraîner des écoulements d'air d'une ouverture à l'autre. Givoni B, estime que la meilleure condition de ventilation transversale est obtenue lorsque le flux d'air change de direction à l'intérieur de l'espace en se déplaçant de l'entrée vers la sortie.

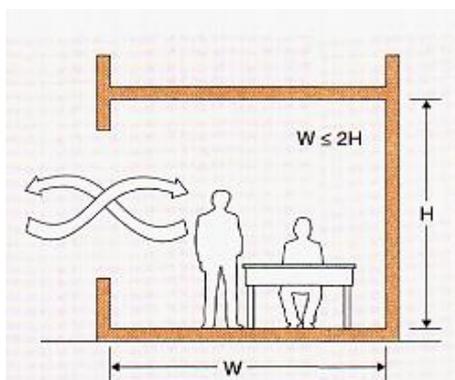
- **L'IMPACT DE L'ORIENTATION ET LA POSITION DES OUVERTURES SUR LA VENTILATION NATURELLE TRANSVERSALE**

L'orientation du bâtiment et la conformité du cloisonnement permettent un balayage complet. C'est souvent le vent qui sera le moteur principal et qui imposera à l'architecte tous les artifices permettant de favoriser le flux en créant des pressions et dépressions artificielles

### II.2.5.2 La Ventilation par une seule façade

C'est le mode de ventilation naturelle le plus simple, il consiste en l'aération d'un espace sur une seule façade, permettant à l'air extérieur d'accéder et à l'air intérieur de sortir par la même ouverture, ou par une autre ouverture située sur le même mur de façade.

Les fenêtres doivent être hautes, ou être munies d'ouvertures en bas et en haut de la façade, pour favoriser l'établissement d'un tirage thermique qui permettra à l'air extérieur plus frais d'entrer par les entrées basses, et à l'air intérieur de s'extraire par les orifices hauts.



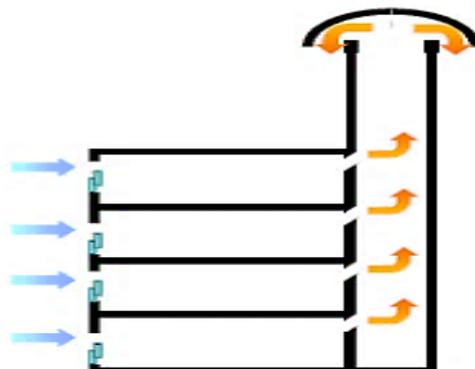
**Figure 21** : Principe de la ventilation mono-façade ( $W_{max} \sim 2H$  pour être efficace). (Source : Mémoire de master thème : La ventilation naturelle dans les bâtiments sous climat humide)

### II.2.5.3 La Ventilation naturelle par tirage d'air (effet de cheminée)

La ventilation par tirage thermique est parfois utilisée quand la ventilation transversale n'est pas possible et quand la ventilation par exposition simple n'est pas suffisante. Le tirage thermique est en général assuré par la différence de température entre l'air chaud intérieur et l'air plus frais de l'extérieur.

## CHAPITRE 01 FONDEMENTS THEORIQUES

L'effet cheminée, particulièrement efficace en hiver et les nuits d'été, est le mouvement ascensionnel de l'air intérieur dans un conduit, du fait qu'il est plus chaud et donc plus léger que l'air extérieur. Ce mouvement induit une entrée d'air frais dans le bas du bâtiment ou du conduit et une sortie de l'air chaud par le haut... Un effet cheminé peut se réaliser à l'échelle d'une fenêtre, ou d'un bâtiment entier, ce procédé dépend de la hauteur de la (cheminée) et de différence de température.

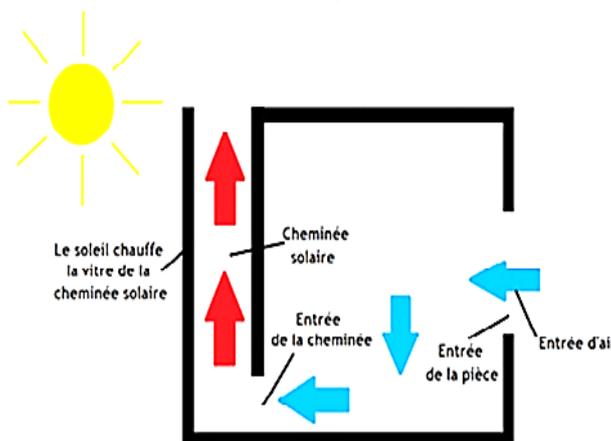


**Figure 22 :** Ventilation par effet de cheminée. (Source : Mémoire de master thème : La ventilation naturelle dans les bâtiments sous climat humide)

### II.2.6 Les stratégies passives de la ventilation naturelle

#### II.2.6.1 La Cheminée solaire

La cheminée solaire, cheminée provençale ou cheminée thermique est un système de ventilation naturelle constitué d'un conduit vertical, souvent peint en noir, exposé au rayonnement solaire. Pendant la journée, le soleil chauffe le conduit créant un appel d'air aspirant l'air en bas de la cheminée (convection) permettant de ventiler et refroidir le bâtiment.



**Figure 23 :** Principe de ventilation d'une construction munie d'une cheminée solaire.

(Source : Mémoire de master : La ventilation naturelle dans les bâtiments sous climat humide)

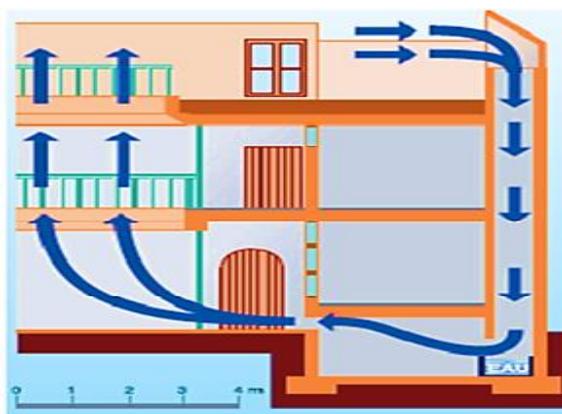
#### II.2.6.2 Tour à vent

Les tours à vent sont destinées à "capter" le vent et augmenter sa pression. Selon les modèles, l'air peut être insufflé et extrait par deux conduits situés dans la même tour. L'air, issue

## CHAPITRE 01 FONDEMENTS THEORIQUES

d'une tour à vent, est plus frais, moins poussiéreux, mais moins humide, car il est capté au niveau des toitures. Les tours à vent modernes sont généralement pourvues d'écopes auto-orientables dans les vents dominants, pour créer un effet venturi.

Lorsque le vent dominant est centré sur un secteur étroit, l'écoppe est constituée d'une large section verticale qui va en se rétrécissant légèrement jusqu'à celle du conduit intérieur. Dans les climats à forte amplitude thermique, utiliser des matériaux à forte inertie pour la construction du conduit, permet de rafraîchir l'air efficacement. Les tours à vents sont rarement exploitées en climat humide, car le taux hygrométrique de l'air est souvent déjà supérieur à celui requis pour le niveau de confort. En revanche, avec le climat sec du pourtour Méditerranéen, elles permettent une ventilation rafraîchie des espaces intérieurs, et un taux de poussière encore diminué. En ce qui concerne la capture de l'air en hauteur, les considérations à prendre en compte sont les mêmes que pour les écopes fixes.



**Figure 24 :** Principe d'un tour à vent. (Source : Mémoire de master thème : La ventilation naturelle dans les bâtiments sous climat humide)

### II.2.6.3 Puits canadien ou Puits provençal

Système de climatisation naturelle basé sur le simple constat que la température du sol à 1.60 mètre de profondeur est plus élevée que la température ambiante en hiver et plus basse en été. Le puits canadien tire profit de la capacité du sol à résister au changement de température de l'air (inertie thermique). L'air extérieur pulsé dans le bâtiment en passant au préalable à travers un tuyau d'une certaine longueur enterré à au moins 1.5 mètres dans le sol. La prise d'air se fait par une extrémité du tuyau (borne de prise d'air) sortant du sol à quelques mètres du bâtiment. Le type de sol influence aussi le rendement de rafraîchissement de l'air. Ce système est souvent couplé à une ventilation mécanique pour obtenir le maximum d'efficacité et un bon renouvellement de l'air. Une maison constamment ventilée par un puits canadien voit ses courbes de Température intérieure considérablement amorties par rapport à la même maison qui ventile 0.5 volumes/heures en journée caniculaire avec de l'air extérieur ne passant pas par des tuyaux enterrés. A l'intérieur du bâtiment, l'air passe dans un ventilateur avec récupérateur de condensât (humidité) créé par le changement de température de l'air entre l'extérieur et l'intérieur. La distribution de l'air neuf à l'intérieur du bâtiment est assurée par des conduits (différents que ceux d'extraction d'air) intégrés dans les murs ou dalles. Les bouches d'insufflation sont principalement situées en haut des murs ou en dalle.

## CHAPITRE 01 FONDEMENTS THEORIQUES

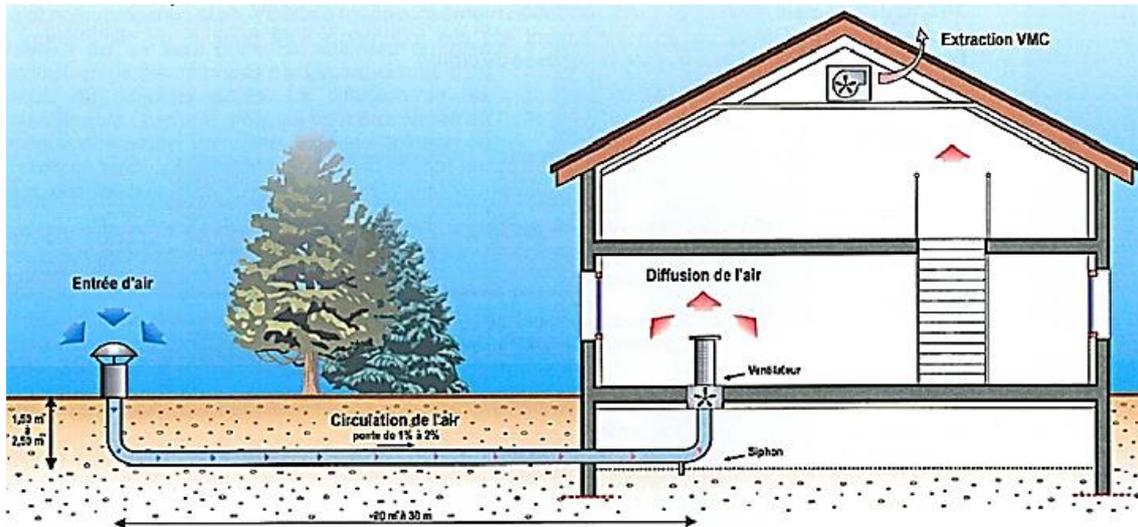


Figure 25 : Schéma de principe d'un puits canadien. (Source : <http://www.eole-fr.com/a-propos/principe-puits-canadien/>)

### II.2.6.4 Les atriums

Il peut générer la flottabilité thermique pour la ventilation naturelle représenté sur la figure. L'air chaud dans les chambres adjacentes échappe à l'espace haut de l'atrium ou l'effet de cheminée se produit et le flux d'air continu est généré.

L'infiltration a lieu localement dans les façades des espaces. L'effet peut être amélioré avec le gain chaleur du rayonnement solaire en faisant un atrium avec une façade en verre ou un couvercle de verre étendu sur le toit.

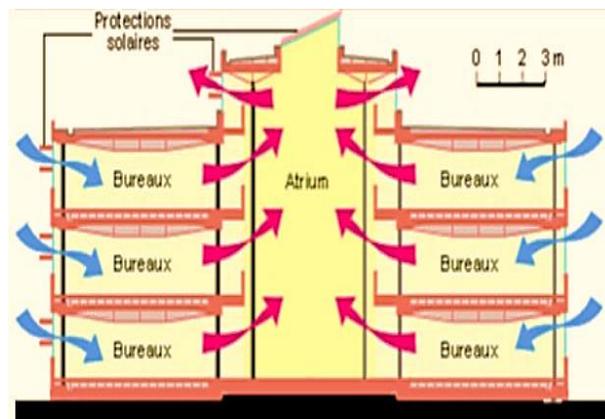


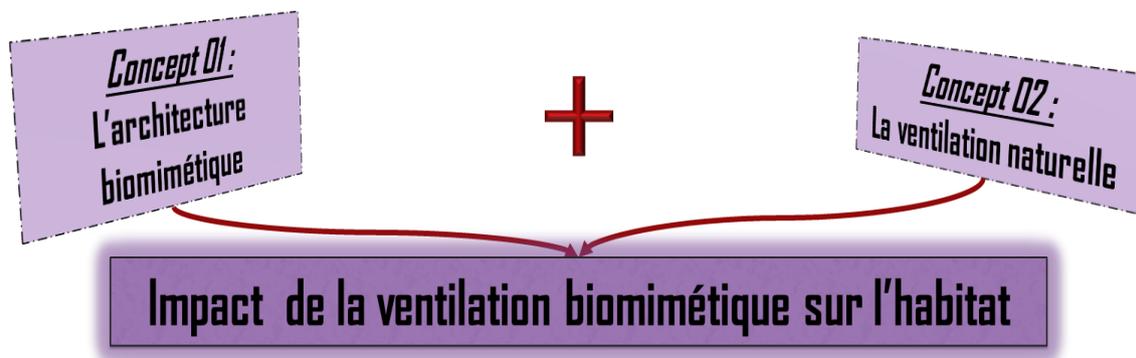
Figure 26 : Principe de ventilation naturelle dans un atrium. (Source : [app.bruxellesenvironnement.be](http://app.bruxellesenvironnement.be))

## III. LA VENTILATION BIOMIMETIQUE

Comme annoncé dans l'introduction générale, les recherches et les conceptions biomimétique en architecture se sont concentrés à l'heure actuelle sur l'interface entre l'extérieur et l'intérieur de bâtiment.

## CHAPITRE 01 FONDEMENTS THEORIQUES

La manière de faire l'architecture mêlant la biomimétisme et la ventilation naturelle donne un système durable et efficace qui a un impact sur l'habitat c'est la ventilation biomimétique.



**Figure 27 :** Effet de la combinaison de la ventilation et l'architecture biomimétique. (Source : OUMEDDOUR 2019)

### III.1 IMPACT DE LA VENTILATION BIOMIMETIQUE SUR L'HABITAT

Les développements actuels des systèmes de ventilation visent principalement à réduire les problèmes de qualité de l'air intérieur, améliorer le confort thermique avec une consommation d'énergie minimale. Une mauvaise qualité de l'air intérieur peut entraîner le syndrome du bâtiment malade. Plusieurs lignes directrices et exigences en matière de qualité de l'air et du confort thermique ont été étudiées et introduites pour éviter tout effet négatif.

La prise en compte des économies d'énergie dans les bâtiments modernes a permis d'obtenir des systèmes au bâtiment étanches à l'air, qui empêchent l'infiltration d'air à travers l'enveloppe du bâtiment.

L'échange et le mouvement de l'air sont des fonctions importantes dans la nature, car les organismes ont besoin d'oxygène pour survivre. Les solutions actives et passives efficaces de la nature pourraient favoriser la conception de systèmes de ventilation novateurs pour l'enveloppe des bâtiments et améliorer la qualité de l'air intérieur tout en assurant l'efficacité énergétique et la consommation.

## CONCLUSION

La nature ayant toujours été une source d'inspiration fiable dans nombre de domaines, il semble que nous progressions pour mieux comprendre ce que le monde naturel peut offrir comme solution de nos problèmes de confort thermique dans le secteur de bâtiment. La ventilation naturelle l'un des systèmes importants de ce secteur et l'imitation de la nature favorise notre conception de façon durable et respecte l'environnement.

# **Chapitre 02**

## **Exemples de la thématique**

## CHAPITRE 02 EXEMPLE DE LA THEMATIQUE

### INTRODUCTION

L'analyse des exemples sur notre thématique est très importante dans la conception architecturale car elle représente une source de compréhension des différents systèmes de ventilation biomimétique utilisés dans les constructions qui sera donner un support de travail à la phase conceptuelle.

#### I. L'EASTGATE BUILDING, « LE BÂTIMENT TERMITIÈRE »

L'Eastgate Building, construit en 1996 et conçu par l'architecte Mick Pearce, est un centre commercial d'Harare au Zimbabwe. Ce bâtiment s'inspire des termitières. En effet, il abrite un système de ventilation inédit lui permettant une excellente rentabilité énergétique grâce à une régulation « passive », c'est-à-dire une ventilation basée sur des mouvements d'air provoqués par des différences de température.



Figure 28: L'Eastgate Building, Harare, Zimbabwe

#### I.2 PROCESSUS : TERMITIÈRES ET VENTILATION PASSIVE

L'inspiration des processus régissant le système de ventilation des termitières a permis le design de deux systèmes différents assurant ventilation, chauffage et climatisation : open chimney et rock store system. L'analyse ci-dessous explique en six étapes la méthodologie biomimétique solution based appliquée aux termitières avec l'intégration de feedback. (CRUZ, 2015)<sup>15</sup>

##### I.1.1 Etape 1 : Fonction, biomécanique, morphologie et anatomie

###### • Observations

Au Zimbabwe et sous de nombreux climats tropicaux, les chercheurs relèvent la présence de termitières dont la forme et le fonctionnement varient suivant la localisation (compass mound en Australie, chimney mound in Zimbabwe...). Mick Pearce a remarqué la présence de termitières dont la taille de la cheminée partie émergente de la termitière varie au fil des saisons et événements climatiques. Cette espèce de termites nommée *Odontotermes transvaalensis* est

<sup>15</sup> INNOVER DURABLE / Recherche en architecture et ingénierie biomimétique / Zimbabwe. <https://docplayer.fr/55786688-Innover-durable-easa-estelle-cruz-france-recherche-en-architecture-et-ingenierie-biomimetique-zimbabwe-juin-septembre-2015.html>

## CHAPITRE 02 EXEMPLE DE LA THEMATIQUE

localisées au Zimbabwe. Celles-ci construisent des cheminées de septembre à Novembre qui perdurent pendant quelques mois avant de disparaître vers avril.

### •Analyse

Durant plusieurs mois, Mick Pearce a mené une analyse complète de ces termitières via des observations quotidiennes sur leur site d'implantation complétée par des lectures scientifiques. Chaque élément au sein d'un système vivant – également appelé système complexe – est interconnecté et assure plusieurs fonctions. Par conséquent, la compréhension du fonctionnement de la cheminée et rôles joués par celle-ci implique une connaissance globale du fonctionnement de la colonie (besoins physiologiques de termites, lien entre climat et habitat, comportements sociaux de l'espèce). Les termites régulent le taux d'humidité au sein de la termitière pour des raisons physiologiques et de culture d'un champignon, leur partenaire symbiotique. Cette espèce extrait la cellulose du bois, le rendant ainsi plus digeste pour les termites. Il pousse uniquement au sein des termitières et car il requiert des conditions d'humidité très particulières. D'un point de vue physiologique, les termites vivent exclusivement sous terre car leur métabolisme n'est pas adapté à une exposition à la lumière. La termitière assure donc 3 fonctions principales :

- Protection de la colonie des éventuels prédateurs et la lumière du jour.
- Stockage et élevage du champignon, nourriture de la colonie.
- Élevage des larves.

Or abriter des activités collectives dans des espaces confinés implique un besoin de renouvellement d'air afin d'approvisionner les occupants en O<sub>2</sub> et évacuer les gaz produits par ceux-ci tels que le CO<sub>2</sub>.

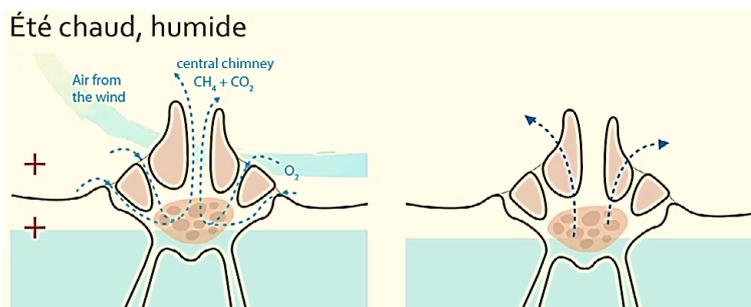
L'analyse approfondie du fonctionnement des termitières par l'équipe du projet GAIA mené par Scott Turner et Rupert Soar a démontré que la cheminée est requise uniquement en été (période chaude et humide) afin d'assurer différentes fonctions :

- Ventilation naturelle : apport en CO<sub>2</sub> et évacuation des gaz. **(Fig.29a)**
- Régulation du taux d'hygrométrie au sein de la termitière. **(Fig.29b)**

En été, la différence de température entre le sol et l'air est relativement similaire. La ventilation naturelle est assurée grâce à un apport d'air frais en parties basses de la termitière, directement acheminé par des conduits d'air au niveau des chambres de culture des champignons. Au contact des activités de la colonie (reproduction, élevage des larves et champignons...), l'air est chauffé et se charge en CO<sub>2</sub> et autres type de gaz nécessitant d'être évacués. Cet échauffement de l'air entraîne son ascension vers le haut dont le mouvement de convection est accentué par la cheminée centrale (effet de cheminée). Le taux d'hygrométrie est également régulé grâce à la cheminée centrale. En été, les pluies sont très abondantes en

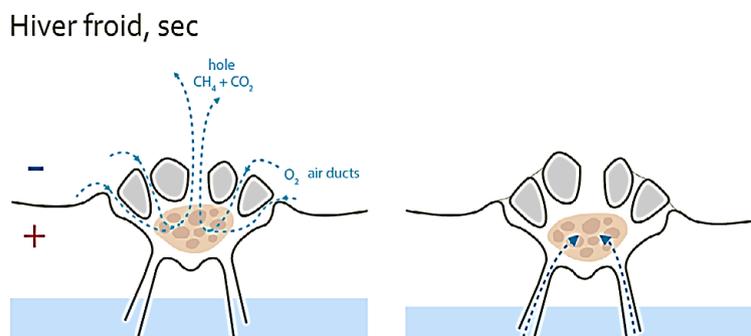
## CHAPITRE 02 EXEMPLE DE LA THEMATIQUE

augmentent très fortement le niveau de la nappe phréatique. Afin d'abaisser le taux d'humidité, l'eau en excédent est amenée jusqu'à la cheminée centrale où elle est évacuée par évaporation.

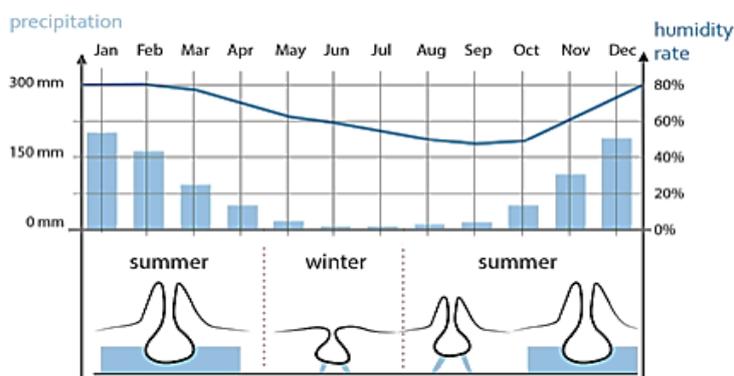


**Figure 29 :** Fonctionnement de la termitière en été. a- Processus de ventilation (schémas de gauche) et b- processus de régulation du taux d'hygrométrie (schémas de droite).

En hiver, saison froide et sèche, le processus est inversé. La différence de température entre le sol et l'air est suffisante pour entraîner le mouvement de l'air. La cheminée centrale n'est donc pas requise. Il en est de même concernant la régulation du taux d'humidité au sein de la termitière : celui-ci étant insuffisant, les termites connectent les chambres d'élevage des champignons à la nappe phréatique via des conduits qu'elles ajustent continuellement. Les processus de ventilation et régulation du taux d'humidité sont donc en équilibre dynamique avec les variations climatiques extérieures. La taille de la cheminée centrale suit l'évolution du taux d'humidité lié aux précipitations.



**Figure 30 :** Fonctionnement de la termitière en hiver. a- Processus de ventilation (schémas gauche) et b- régulation du taux d'humidité (schémas droite)



**Figure 31 :** Lien entre conditions climatiques et forme de la termitière. Graphiques redessinés à partir des données climatiques.

## CHAPITRE 02 EXEMPLE DE LA THEMATIQUE

### • Conclusion

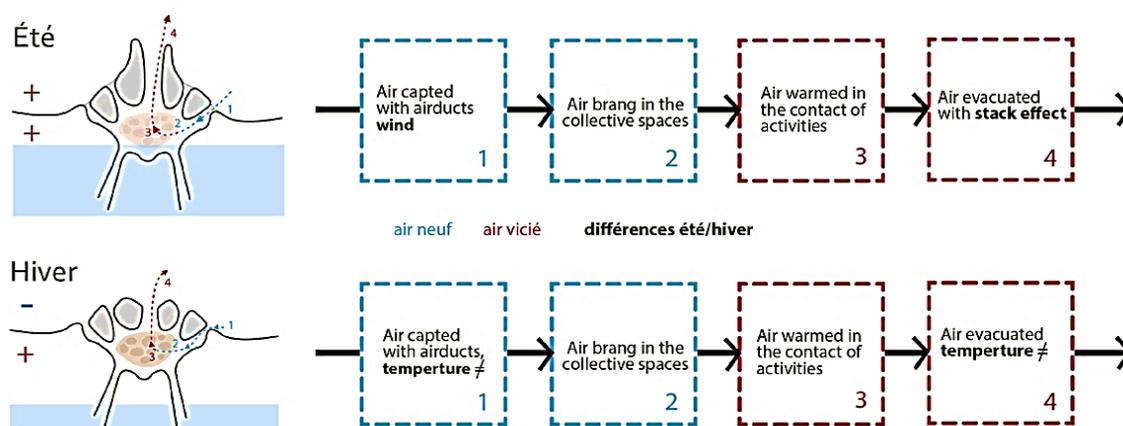
Cette analyse non exhaustive du fonctionnement des termitières du type open-chimney met en évidence un fonctionnement en interaction dynamique avec l'environnement où chaque élément est interconnecté. Dans les années 90 lorsque Mick Pearce étudia cette espèce de termites *Odontotermes transvaalensis*, il n'existait pas de travaux expliquant leur fonctionnement. Au vu des expériences qu'il a effectué, il conclue que la termitière type open chimney permettait la régulation de la température intérieure et non le taux d'hygrométrie.

### I.1.2 Etape 2 : Compréhension des principes

A chaque saison est donc associée un processus de ventilation différent (été et hiver). En été, le processus de ventilation des termitières des *Odontotermes Transvaalensis* est le suivant (Fig.32 en été).

1. Apport d'air neuf en partie basse de la termitière grâce au vent
2. Acheminement de l'air au sein des espaces collectifs via des conduits
3. Au contact des espaces collectifs, l'air neuf est chauffé par les activités (reproduction, élevage des larves et culture du champignon).
4. L'air chaud est entraîné par un mouvement ascendant provoquant son évacuation en partie haute de l'espace collectif. Le processus est accentué par l'effet de cheminée lié à la présence de la cheminée centrale.

La principale différence entre les processus de ventilation en été et hiver concerne les étapes 1 et 4. En hiver, la différence de température entre le sol et l'air est suffisante pour créer appel d'air et ainsi ventiler la termitière (Fig.32).



**Figure 32 :** Processus de ventilation de la termitière en été (schémas du haut) et en hiver (schémas du bas).

### I.1.3 Etape 3 : Abstraction, dissociation du model organique

- Analogie des besoins

Que l'habitat soit destiné aux hommes ou bien aux termites, tous deux abritent des activités effectuées par une collectivité : culture de champignon ou travail en collectivité pour les hommes. Ces activités nécessitent plusieurs type d'espaces collectifs : les termites ont besoin d'une multitude de chambres afin de cultiver le champignon, élever les larves... Les hommes

## CHAPITRE 02 EXEMPLE DE LA THEMATIQUE

nécessitent plusieurs types d'espaces de travail : bureaux, salles de réunion... Dans les deux cas, ces activités génèrent de la chaleur, des gaz tels que le CO<sub>2</sub> et requièrent un apport d'oxygène (**Tab4**). La différence entre ces deux super systèmes – termitière et bâtiment – concerne un des besoins des espaces collectifs.

La culture du champignon requiert des conditions d'humidité stables et les variations de température n'ont que très peu d'influence sur la culture. A l'inverse, les espaces de travail destinés aux hommes ont besoin d'être maintenus à une température avoisinant les 21°C. A Harare, le taux d'humidité annuel est acceptable d'un point de vue confort pour l'homme et ne rentre donc pas en considération lors de la conception de bâtiments.

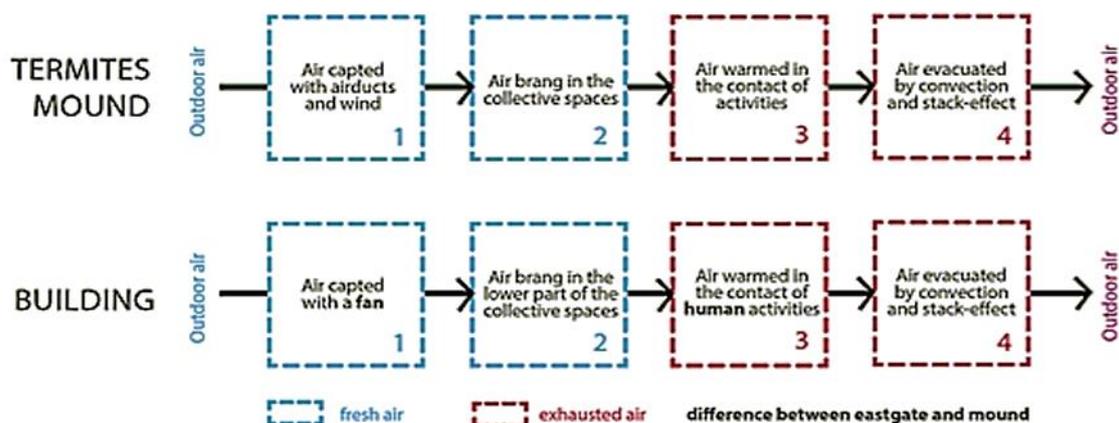
**Tableau 4** : Analogie de besoins entre termitières et bâtiments.

Analogie de besoins	Termitières	Bâtiments
Activités de besoins	Culture du champignon	Travail en collectivité
Différents types d'espaces collectifs	Chambres d'élevage des larves et champion	Bureaux personnels et bureaux en open-space.
Besoins des espaces collectifs	Apport d'oxygène. Evacuation des gaz (co <sub>2</sub> ). Maintien du taux d'humidité constant.	Apport d'oxygène. Evacuation des gaz (CO <sub>2</sub> ) Maintien de la température constate

- Analogie des processus

La phase de dissociation entre le système de ventilation de la termitière (été et hiver) a permis le design d'un système de ventilation, climatisation et chauffage passifs dont le processus est analogue à celui des termitières. L'adaptation du système de ventilation au bâtiment conduit aux 4 étapes suivantes :

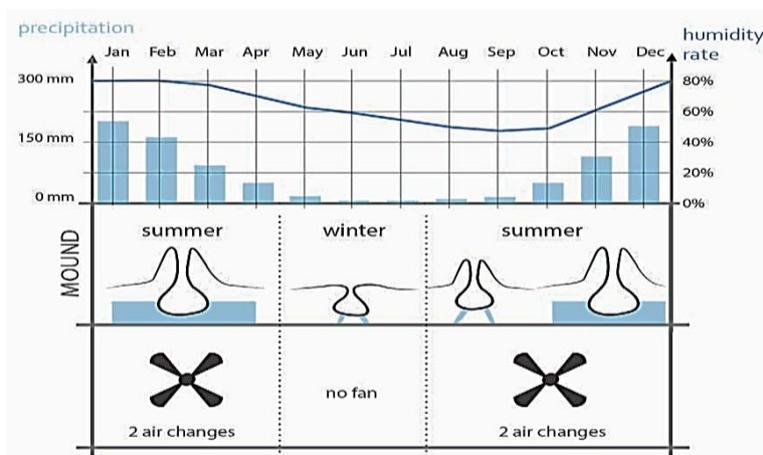
1. Apport d'air neuf en partie basse du bâtiment via une hélice (aide mécanique).
2. L'air est acheminé en partie basse des espaces collectifs.
3. Au contact des espaces collectifs, l'air neuf est chauffé par les activités humaines.
4. Le chauffage de l'air créer un mouvement ascendant entraînant son évacuation en partie haute de l'espace collectif.



**Figure 33** : Analogie des processus de ventilation en été.

## CHAPITRE 02 EXEMPLE DE LA THEMATIQUE

Les termites utilisent la force du vent et ajustent en temps réel le diamètre des conduits d'air afin de capter l'air neuf en partie basse de la termitière. Ce fonctionnement est possible à l'échelle de la termitière en revanche une adaptation strictement identique au bâtiment n'est pas réalisable : le vent n'est pas assez puissant et les bâtiments en ville s'abritent entre eux des rafales. L'apport d'air frais en été est donc assuré par une aide mécanique (hélice). Bien qu'un recours à un système mécanique soit nécessaire, la consommation électrique permettant son fonctionnement est largement inférieure à l'apport d'énergie nécessaire au fonctionnement de systèmes d'air conditionné. A titre d'exemple, et cela est développé en détail dans la partie « feedback », le système de ventilation de l'Eastgate building a permis d'abaisser les consommations électriques de 80% par rapport à un bâtiment de même type, taille similaire, et climatisé par un système d'air conditionné à Harare au Zimbabwe.



**Figure 34 :** Analogies adaptation des systèmes de ventilation, chauffage et climatisation suivant les saisons.

Tout comme les termitières, les systèmes de chauffage, climatisation et ventilation sont adaptés suivant les 2 différentes saisons : été et hiver. La vitesse de rotation de l'hélice permettant de réguler l'apport d'air à l'intérieur des conduits d'air est ajustée suivant les saisons.

### I.1.4 Etape 4 : Etude de faisabilité

Ce même processus a été adapté au bâtiment sous la forme de deux systèmes assurant chacun ventilation, chauffage et climatisation. Ils se nomment **rock store** et **open chimney**. La différence fondamentale entre ces deux systèmes concerne la régulation de la température du bâtiment. Cette fonction est dissociée de la structure pour le système rock store contrairement au système open chimney. Les différentes exigences des projets (condition climatiques, demandes du client, besoins de l'édifice...) ont impliqué leur adaptation et entraîné leur amélioration au fil des projets.

**Tableau 5 :** systèmes de ventilation différents et projets associés.

## CHAPITRE 02 EXEMPLE DE LA THEMATIQUE

Processus	Systèmes	Bâtiments
Ventilation passive inspirée des termitières	Open chimney	Estgate, Zimbabwe
		Chinoyhi Hospital, Zimbabwe
		ZERA, Zimbabwe
	Rock store	International school, Zimbabwe
		John Boyne House
		Fuxian Lake, Chine

- Système open chimney

Ce système a été développé à l'occasion de la construction de plusieurs bâtiments au Zimbabwe. Le processus de ventilation (**Fig.35**) des édifices suit rigoureusement le même processus que celui des termitières open chimney à l'exception de l'apport d'air neuf en été qui est assuré par un système mécanique (**Fig.36**).

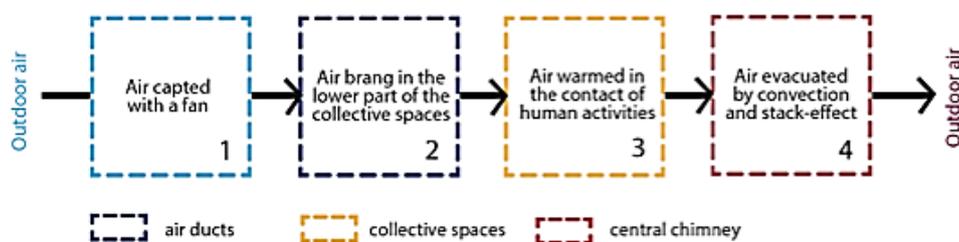


Figure 35 : Processus de ventilation identique/termitière

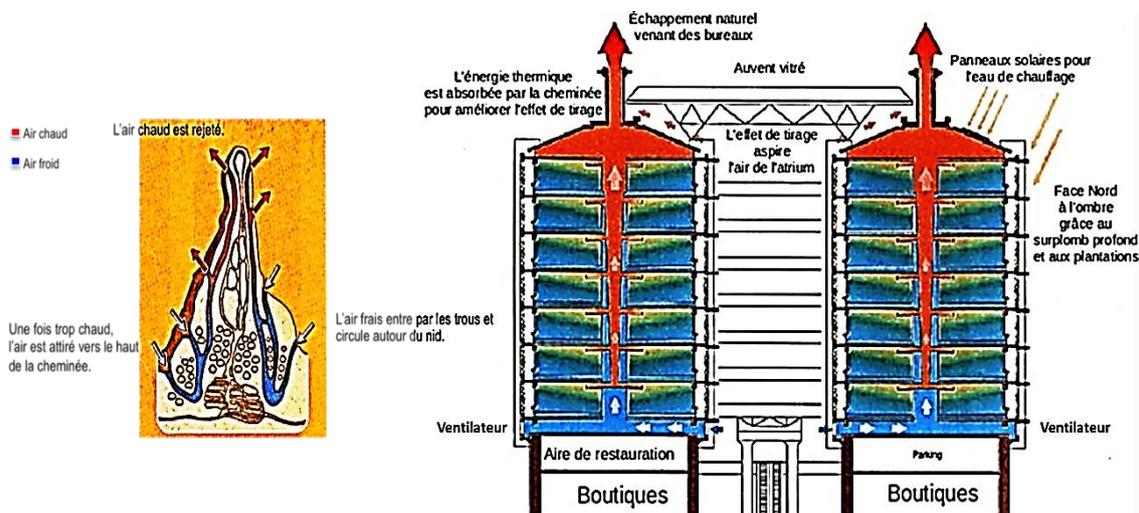


Figure 36 : Analogie des systèmes de ventilation de l'Estgate et termitière en été. (Source : <https://spftpe.wordpress.com>)

Le chauffage et climatisation du bâtiment sont assurés par la structure du bâtiment. La structure porteuse de l'Estgate building est en brique et granite, matériaux dominants dans la construction au Zimbabwe. Ainsi, durant le jour et l'été, la chaleur s'accumule dans le matériau pour être restituée la nuit lorsque les locaux sont inoccupés. La chaleur est alors évacuée par le système de ventilation qui assure 10 fois le renouvellement de l'air durant la nuit contrairement

## CHAPITRE 02 EXEMPLE DE LA THEMATIQUE

à la journée où l'air est renouvelé 2 fois. L'inertie thermique du matériau assure donc des espaces naturellement climatisés.

L'hiver le matériau ne peut assurer le processus et permettre le chauffage passif du bâtiment. Par conséquent un système de chauffage d'appoint est ajouté dans les bureaux.

L'atrium central est un espace couvert et ouvert permettant l'évacuation de l'air vicié et par convection. Cet espace s'apparente à la cheminée centrale des termitières.

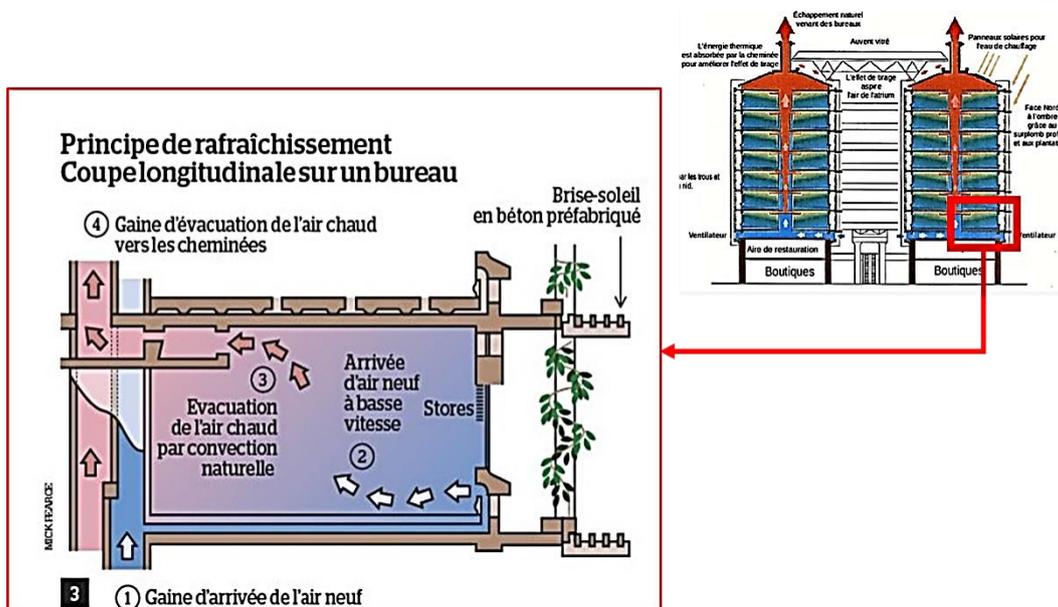


Figure 37 : Principe de rafraîchissement. (Source : le Moniteur)

- Rock store system

Contrairement au système open chimney, le système rock store permet le chauffage et climatisation passive grâce à un système dissocié de la structure de l'édifice. Ces fonctions s'intègrent au processus initial de ventilation entre la première et deuxième étape (fig. 37).

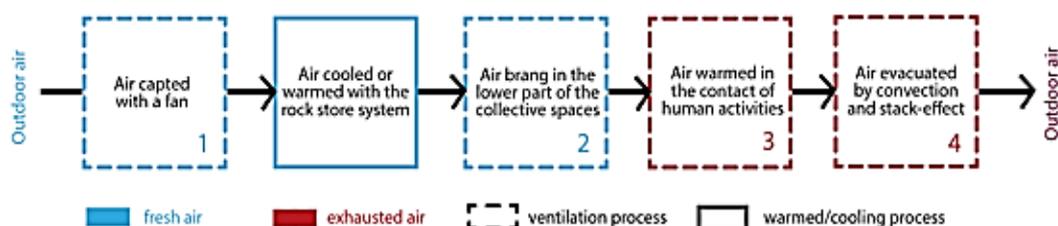
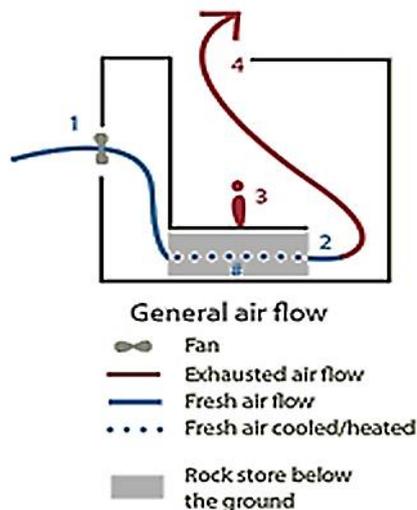


Figure 38 : Processus de ventilation, chauffage et climatisation du système rock store

Entre l'étape 1 « air captured with a fan » et l'étape 2 « air warmed in the lower part of the collective spaces », l'air passe au travers de blocs de granites permettant la régulation de la température (Fig.39). Les étapes 3 et 4 du système diffèrent durant la nuit : en l'absence d'activité humaine, l'air ne s'échauffe pas. Il traverse seulement les espaces et est extrait de manière mécanique avec une hélice ou turbine à vent. Ce système est réversible suivant les

## CHAPITRE 02 EXEMPLE DE LA THEMATIQUE

saisons : durant l'hiver il est destiné à chauffer les espaces collectifs et durant l'été les rafraichir. L'avantage du rock store système en comparaison de l'open chimney concerne la dissociation entre le système de chauffage et climatisation avec la structure du bâtiment. Le principe est le même, soit l'utilisation de l'inertie thermique du matériau granite afin de réguler la température des espaces intérieurs. La régulation de la température se fait par radiance.



**Figure 39 :** Système rock store, processus de ventilation, chauffage et climatisation

Ce système a été conçu pour la première fois dans le cadre de la construction de l'école internationale à Harare, au Zimbabwe en 1992. Sous les salles de classe et l'auditorium sont positionnés les blocs de granites (**Fig.40**). L'apport d'air neuf depuis l'extérieur se fait grâce à des tours pourvues d'une hélice qui entraîne l'air en sous-sol jusqu'aux blocs de granites. En passant au travers des blocs la température de l'air est modifiée (chauffée ou rafraichie suivant la saison grâce à l'inertie thermique du matériau). En été un système d'humidification de l'air permet d'accentuer le rafraichissement de celui-ci. L'air est ensuite évacué en partie basse des espaces collectifs tels que les salles de classe et l'auditorium. Au contact des activités humaines, l'air initialement frais s'échauffe entraînant ainsi sa convection en partie haute du bâtiment où il est ensuite évacué. Son évacuation est complétée par un système de turbine à vent désignée par le bureau d'études ARUP. Ce système est efficace afin de déplacer une grande quantité d'air lorsque la direction du vent est changeante. Durant la nuit, l'air frais extérieur amené dans le système de ventilation permet de refroidir les blocs de granites qui se

## CHAPITRE 02 EXEMPLE DE LA THEMATIQUE

sont échauffés durant dans la journée. Le système combine l'inertie thermique du granite avec la différence de température entre le jour et la nuit d'en moyenne 10°C.

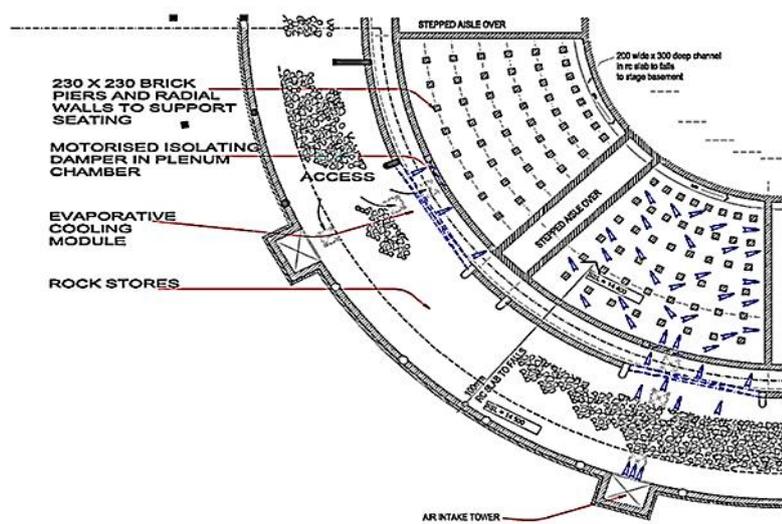
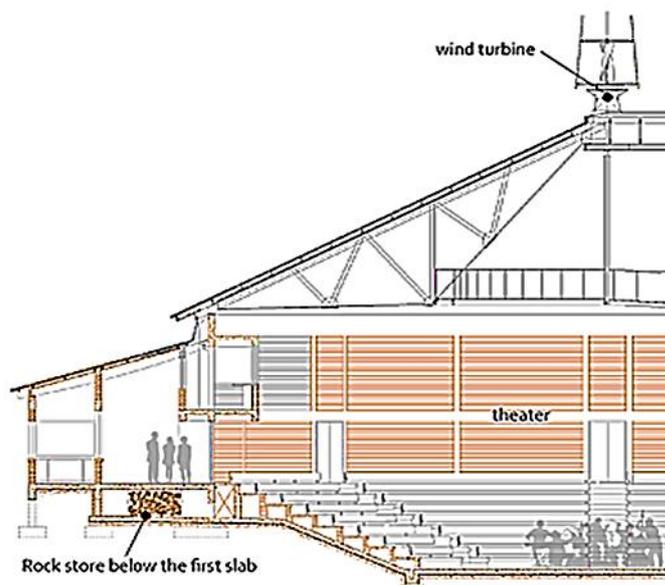


Figure 40 : Plan et section de l'amphithéâtre. Pearce Partnership office, Mura Tarabuku,1992.

En été, ce système a permis une diminution de la température entre l'intérieur et l'extérieur de 5° grâce à la forte différence de température entre la journée et la nuit (soit 10°C). Un second projet utilisant le même rock store system a été désigné après la construction de l'école internationale par l'agence Pearce Partner ship de nouveau en collaboration avec le bureau d'études ARUP. Ce projet de rénovation du bâtiment de bureaux John Boyne House, propose une amélioration du système rock store en compartimentant les blocs de granites. Une division en 3compartiments du système offre une plus grande flexibilité de gestion au cour de la journée. En été, de 8h à 12h un premier bloc de granite est utilisé. Au contact de l'air extérieur, celui-ci s'échauffe. L'inertie thermique du matériau granite permet l'utilisation du premier bloc jusqu'en fin de matinée. Quand celui-ci n'assure plus le rafraichissement de l'air, la trajectoire

## CHAPITRE 02 EXEMPLE DE LA THEMATIQUE

de l'air pris en extérieur est déviée vers le second bloc. Ce processus est ainsi répété 3 fois : chaque bloc est destiné à une période de la journée. Durant la nuit, les 3 compartiments sont intensément ventilés afin d'évacuer la chaleur accumulée lors de la journée (fig.40). Ce processus est réversible durant l'hiver où l'inertie thermique du matériau est utilisée cette fois-ci afin de préchauffer l'édifice.

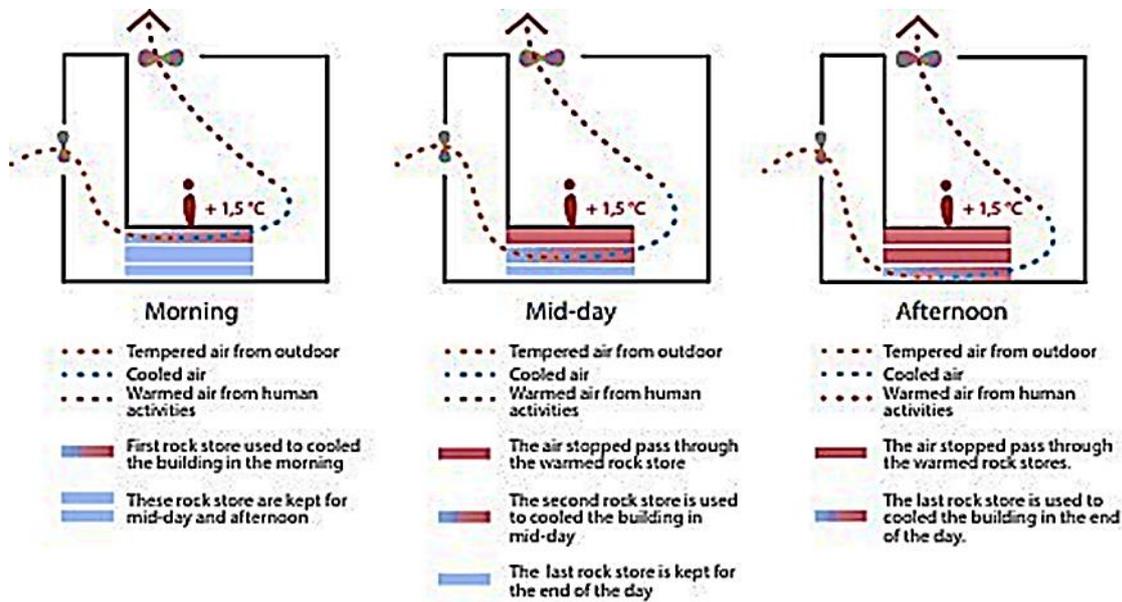


Figure 41 : Fonctionnement du système rock store en été

## II. LE 30 SAINT MARY AXE

D'autres exemples d'architecture biomimétique sont à classer au niveau de l'imitation d'un organisme. C'est le cas du La tour 30 St Mary Axe ou « The Gherkin » (le cornichon) ainsi surnommée par les locaux, construit par Foster & Partner s3 (2003), dont l'Euplectella aspergillum, plus communément appelée Corbeille de fleurs de Vénus, a inspiré la conception.

Cet organisme marin est constitué de multiples couches de verre formant un squelette très résistant malgré la petitesse des filaments qui le structurent. Ce squelette est composé de treillis de fibres formant des alvéoles carrées qui sont renforcées par d'autres fibres placées diagonalement et décrivant ainsi des spirales. La structure extérieure du Swiss Re Headquarter imite le squelette de l'Euplectella.



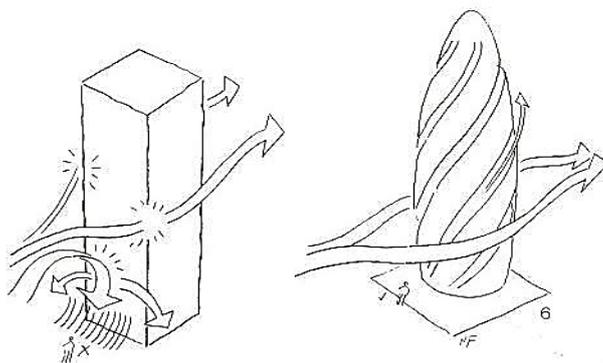
Figure 42 : l'Euplectella aspergillum (gauche) Tour de cornichons (droite)

## CHAPITRE 02 EXEMPLE DE LA THEMATIQUE

### II.1 VOLUMETRIE DU PROJET

Elle a un plan circulaire dont le diamètre s'accroît au fur et à mesure qu'elle s'élance vers le haut, pour diminuer de nouveau à l'approche du sommet, Cette forme distinctive répond aux contraintes du site : le bâtiment apparaît plus mince que d'un bloc rectangulaire de taille équivalente et de la minceur de son profil vers la base maximise le domaine public au niveau de la rue. Plusieurs études complexes en dynamique de fluides sur les conditions environnementales locales ont suggéré une stratégie d'intégration de la tour dans son site qui permet l'utilisation maximale de la ventilation naturelle.

Cette forme réduit la pression des vents sur la façade et permet des ouvertures, donc la ventilation naturelle, ainsi canalise les mouvements d'air autour de l'immeuble, réduisant la quantité de vent au niveau de la place pour le plus grand confort des piétons.



**Figure 43 :** l'effet de la forme du projet au vent. (Source: Normand Foster: works 5)

### II.2 L'ENVELOPPE \_ VENTILATION NATURELLE

Les ouvertures s'ouvrant sur les atriums suivent la diagonale de la trame structurale et l'échange d'air y est accentué par le désalignement des ouvertures.

Les atriums servent aussi d'espaces tampons et préservent les zones de travail de courants d'air inconfortables comme le démontre la figure a montrant la vitesse du vent à travers un étage type de bureau lorsque les fenêtres sont ouvertes. La vitesse diminue rapidement une fois passée la zone tampon de l'atrium c'est pourquoi les bureaux se trouvent principalement là où se trouvent les espaces bleus, zones peu touchées par les courants d'air.

L'air frais remonte en spirale à travers les puits de lumière pour aérer naturellement l'intérieur des bureaux, minimisant la dépendance vis-à-vis des systèmes de refroidissement de cette forme a permis d'augmenter la surface disponible pour l'entrée de la lumière naturelle et donc d'améliorer la circulation de l'air, en bénéficiant ainsi d'une ventilation naturelle à l'intérieur des locaux.

## CHAPITRE 02 EXEMPLE DE LA THEMATIQUE

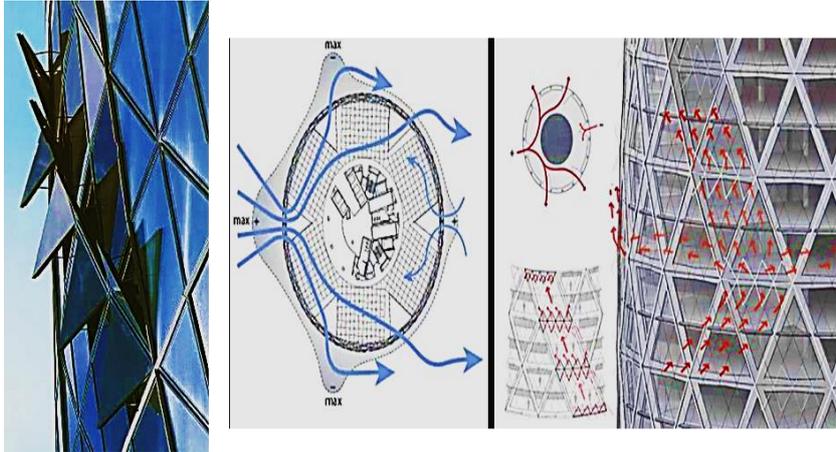


Figure 44 : Effet de vent. (Source : Archdaily)

L'hiver, l'air chaud de retour passe par un échangeur de chaleur pour ré-chauffer l'air entrant avant d'être évacué. De cette façon, les risques de courants d'air froid descendants et inconfortables sur les périmètres sont réduits.

L'été, c'est l'inverse, l'air frais qui entre dans le bâtiment contribue à rafraîchir l'air ambiant et la température des cavités, réduisant du même coup les gains solaires. Ensuite, il est ventilé au niveau du plafond puis évacué. (Foster)

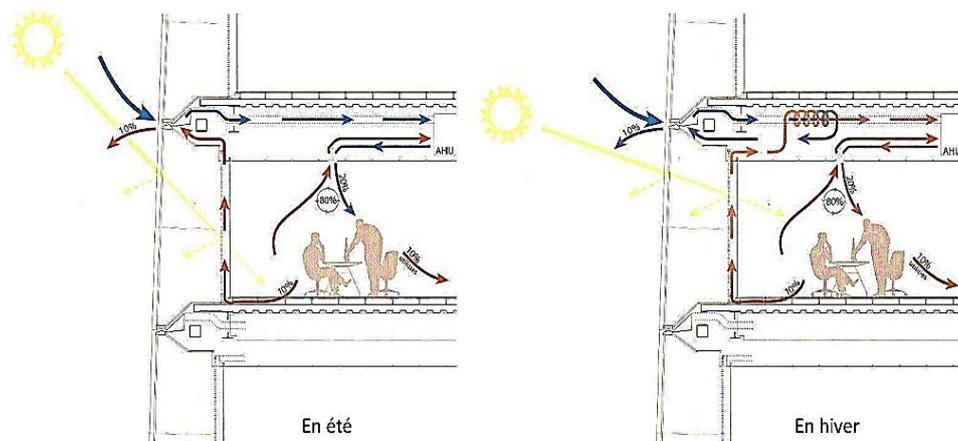


Figure 45 : le comportement de la lame d'air en été (à gauche) et en hiver (à droite). (Source : Archdaily)

## CHAPITRE 02 EXEMPLE DE LA THEMATIQUE

### III. COUNCIL HOUSE 2

Council House 2, un bâtiment administratif de la ville de Melbourne, est le premier du pays à obtenir la note la plus élevée possible de six étoiles dans l'accréditation environnementale Green Star de l'Australie. (MICK-PEARCE, 2016)<sup>16</sup>



**Figure 46** : le bâtiment CH2. (Source : [www.mickpearce.com](http://www.mickpearce.com))

Lors de la conception du Council House 2 (CH2) à Melbourne, une vigilance particulière a été accordée aux systèmes de chauffage et d'air-conditionné. Des 6 turbines, placées sur le toit, assurent notamment une ventilation optimisée.



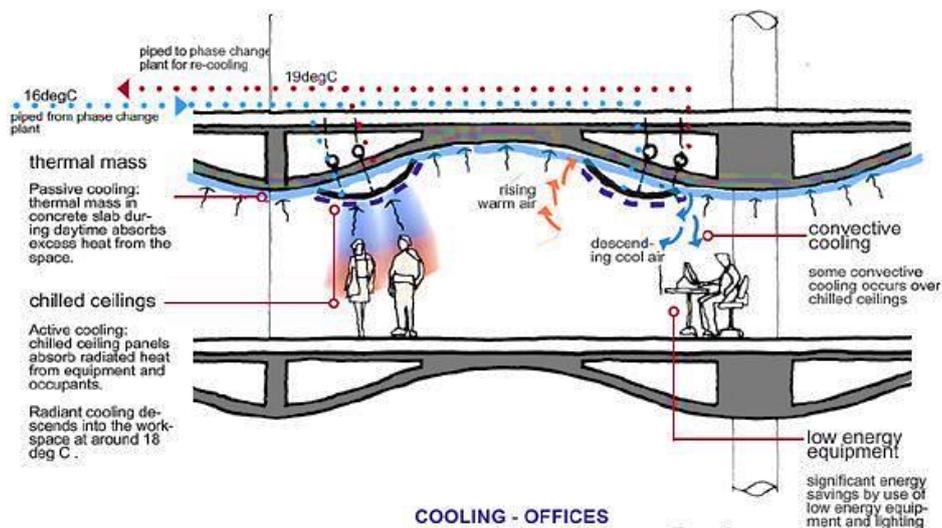
**Figure 47** : Toit du CH2 (Source : Geo)

La consommation d'électricité a été réduite de 85%, les émissions de gaz à effet de serre ont diminué de 87%, l'approvisionnement en eau a baissé de 72%. Comme Eastgate, CH2 est refroidi par une gestion opportune de la différence de température entre l'air nocturne et l'air diurne. Dans ce cas, un côté entier du bâtiment est ouvert à l'entrée d'air directe par des volets automatiques en bois recyclé. Cette "purge nocturne" purge l'air plus chaud directement des bureaux et des ateliers et refroidit la masse de béton en hauteur. L'air chaud monte jusqu'aux ouvertures du plafond, puis traverse des planchers creux jusqu'à un puits vertical et finalement jusqu'aux événements du toit. Ce traitement passif suffit à lui seul à maintenir les espaces

<sup>16</sup> <http://www.mickpearce.com/CH2.html> (consulté le 22-01-2019).

## CHAPITRE 02 EXEMPLE DE LA THEMATIQUE

confortables pendant une partie de la journée. L'air frais refroidi s'élève tout au long de la journée à travers les grilles de plancher.

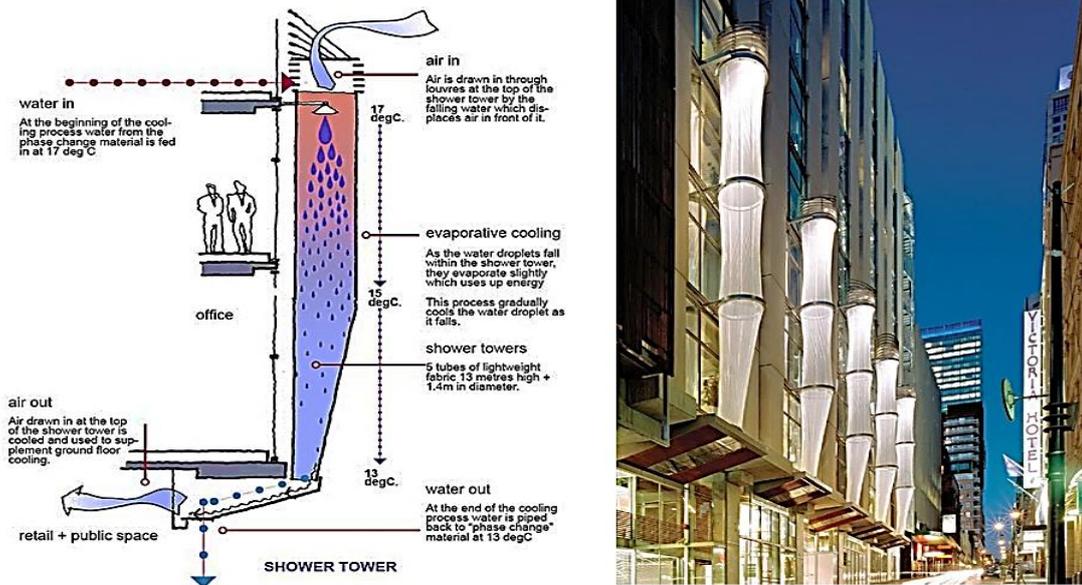


**Figure 48 :** Schéma de fonctionnement des systèmes de rafraîchissement et de renouvellement de l'air et vue intérieure des bureaux du bâtiment CH2. (Source : [www.mickpearce.com](http://www.mickpearce.com))

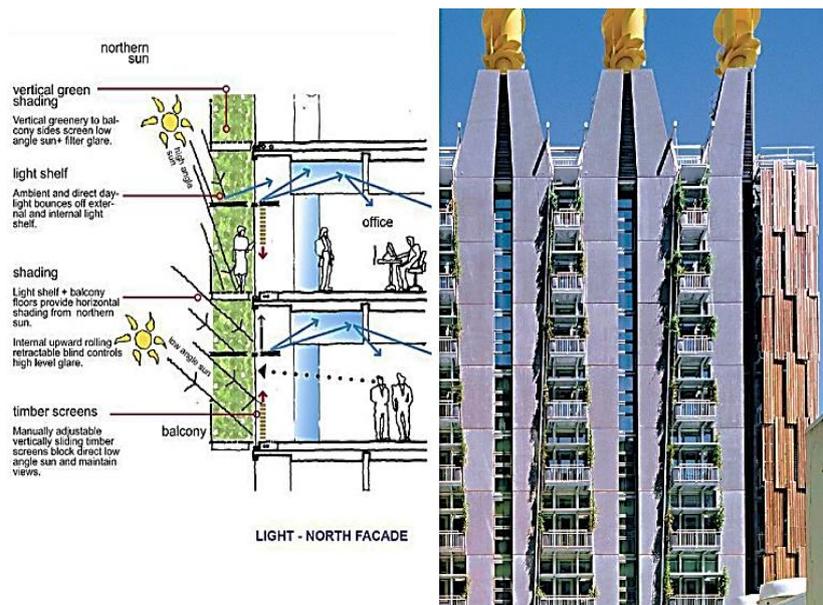
CH2 utilise également un autre gradient de température d'un fluide, l'eau, pour climatiser l'air dans le bâtiment. Tout d'abord, l'eau est "extraite" des eaux usées de la ville, triplée et filtrée, puis mise en œuvre pour le rinçage des toilettes, l'arrosage des plantes et la climatisation de l'air. L'eau AC est acheminée vers l'extérieur de la structure à travers cinq "tours de douche" de 15 mètres (ci-dessous) qui créent de l'air refroidi par évaporation pour l'induction dans les espaces commerciaux inférieurs.

Le reste de l'eau est acheminée par canalisation dans le réservoir du sous-sol où elle est refroidie par un appareil à changement de phase et distribuée au besoin. L'appareil à changement de phase est composé de 10 000 sphères en acier inoxydable contenant des sels à point de congélation élevé (15 degrés C) qui sont congelés la nuit et servent ensuite à refroidir l'eau pour distribution pendant la journée, tout comme les glaçons refroidissent votre boisson en fondant. Cette eau nouvellement refroidie est pompée du sous-sol jusqu'aux poutres froides à tous les niveaux du bâtiment. Ces faisceaux sont des tuyaux de cuivre disposés en réseau qui laissent tomber l'air frais plus tard dans la journée, lorsque les effets de la purge nocturne se sont dissipés.

## CHAPITRE 02 EXEMPLE DE LA THEMATIQUE



Ce bâtiment utilise également la masse thermique pour absorber la chaleur, réduit le gain de chaleur grâce à l'emplacement stratégique des vitrages et produit de l'électricité et de la chaleur grâce à des panneaux solaires photovoltaïques et thermiques et à une centrale de cogénération au gaz. Il abrite également une quantité équivalente de surface foliaire végétale (pour remplacer ce qui a été théoriquement perdu par le développement du terrain), ce qui oxygène l'air à l'intérieur et à l'extérieur du site. Le bâtiment reçoit un changement d'air frais toutes les demi-heures, et le propriétaire affirme que l'amélioration de 10,9 % de la productivité des travailleurs est la plus grande retombée du système de ventilation de 11 millions de dollars (australien).



## **CHAPITRE 02 EXEMPLE DE LA THEMATIQUE**

---

### **CONCLUSION**

Dans la partie théorique du mémoire nous montrons que la ventilation naturelle a un effet très important sur la dissipation de la chaleur dans les bâtiments, c'est une technique plus appréciée par rapport aux autres méthodes de rafraîchissement. Ceci est évident dans les différents exemples qui sont représentés les différents systèmes de ventilation biomimétique inspirés de la nature tels que: open chimney et rock store, les atriums.

# **Chapitre 03**

## **Conception d'un système de ventilation biomimétique**

## **CHAPITRE 03 CONCEPTION D'UN SYSTEME DE VENTILATION BIOMIMETIQUE**

### **I. LE CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL**

Le but à travers cette phase de recherche et d'analyse est d'accumuler une base des données sur un site précis, qui servirait à la projection du notre futur projet architectural. Alors dans ce chapitre on présente d'abord la ville de Guelma et sa position géographique, le climat ainsi qu'une analyse de l'état de fait de site d'implantation.

#### **I.1 PRESENTATION DE LA VILLE DU GUELMA**

##### **I.1.1 Situation et description de la ville**

Ville de l'Est Algérien, Guelma est située au nord-est de l'Algérie, entre 36° 28' de latitude nord et 7° 25' de longitude est. À 60 km de la mer méditerranée, à 100 km de la métropole Constantine et à 150 km de la frontière tunisienne. Elle est limitée par six wilayas qui sont :

- Au nord par Annaba, Skikda et Taref
- Au sud par Oum El-Bouaghi
- A l'est par Souk Ahras
- Et enfin par l'ouest par la métropole Constantine

Elle occupe aussi une position géographique stratégique, en sa qualité de carrefour entre les pôles industriels du Nord (Annaba et Skikda) et les centres d'échanges au Sud (Oum El Bouaghi et Souk-Ahras). Elle occupe une position médiane entre le Nord du pays, les Hauts plateaux et le Sud. La wilaya de Guelma s'étend sur une superficie de 3.686,84 Km<sup>2</sup>.



**Figure 51** : Situation géographique de la Wilaya de Guelma

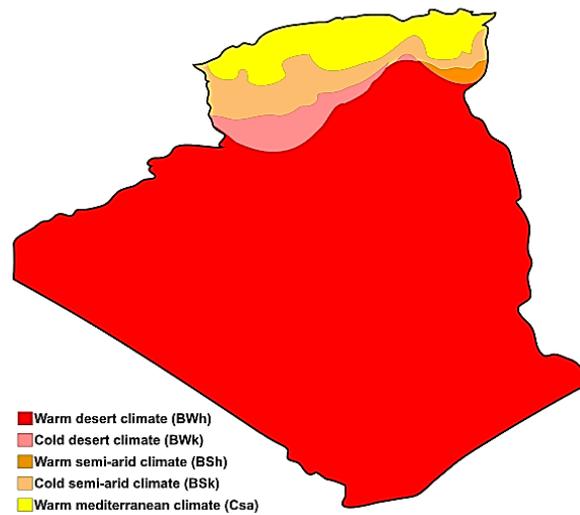
##### **I.1.2 Climat de la ville du Guelma**

La ville de Guelma bénéficie d'un climat tempéré chaud. L'été, à Guelma, les pluies sont moins importantes qu'elles ne le sont en hiver. La carte climatique de Köppen-Geiger y classe le climat comme étant de type Csa (warm Mediterranean climate) (**Fig52**). En moyenne la température à Guelma est de 17.2 °C. Sur l'année, la précipitation moyenne est de 557 mm (CLIMATE-DATA.ORG, s.d.).<sup>17</sup>

<sup>17</sup> <https://fr.climate-data.org>

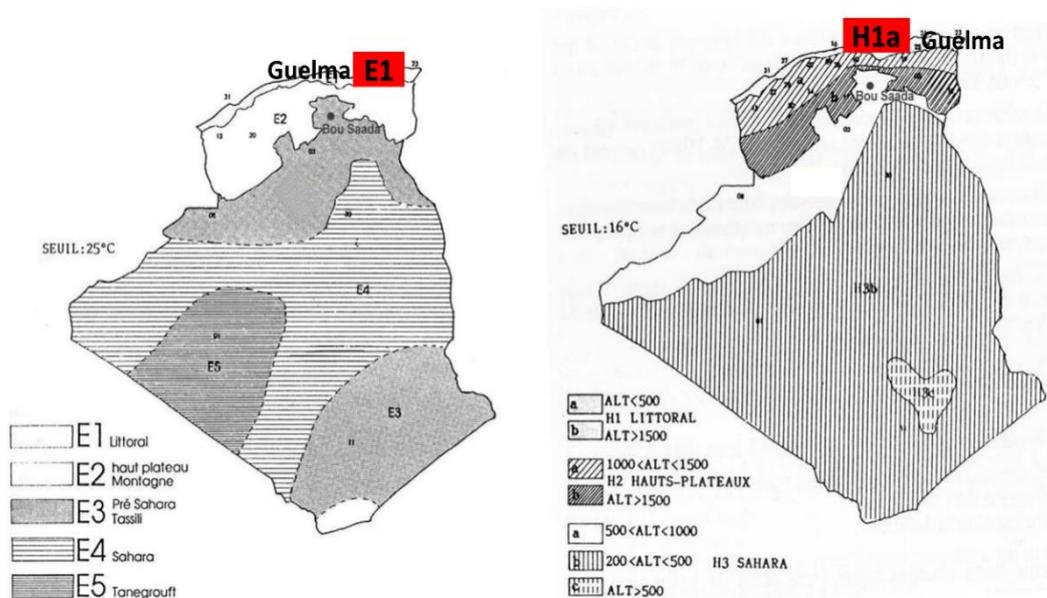
# CHAPITRE 03 CONCEPTION D'UN SYSTEME DE VENTILATION BIOMIMETIQUE

Algeria map of Köppen climate classification



**Figure 52 :** La classification climatique de l'Algérie.

Cependant Guelma se situe dans la zone climatique d'été (E1). Par ailleurs, la zone climatique d'hiver est (H1a). (Fig.53.54)



**Figure 53 :** Zones climatiques d'été et d'hiver en Algérie

## CHAPITRE 03 CONCEPTION D'UN SYSTEME DE VENTILATION BIOMIMETIQUE

Les zones climatiques d'hiver en Algérie				
La zone climatique	L'influence subit	La sous-zone	Les influences	Les caractéristiques
H1	La proximité de la mer	H1a: littoral-mer	Altitude <500m	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hiver doux avec des amplitudes faibles.</li> </ul>

Les zones climatiques d'été en Algérie		
La zone climatique	L'influence subit	Les caractéristiques
E1	Influence de la mer	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ete chaud et humide.</li> <li>Un écart des températures diurnes faible .</li> </ul>

Figure 54 : Les classifications des zones climatiques en Algérie

### I.1.2.1 Température

La commune de Guelma est exposée à un climat continental, avec une température moyenne de 17°.

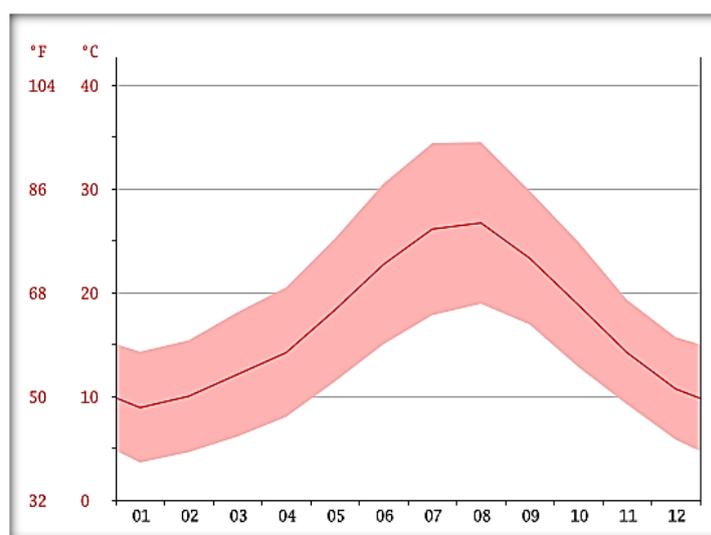


Figure 55 : Diagramme de la température de Guelma. (Source : CLIMATE-DATA.ORG)

### I.1.2.2 Précipitation

Elle est marquée par une durée de sécheresse durant l'été, avec un minimum de 2.6mm enregistré en juillet. Le reste des saisons est marqué par des précipitations considérables.

## CHAPITRE 03 CONCEPTION D'UN SYSTEME DE VENTILATION BIOMIMETIQUE

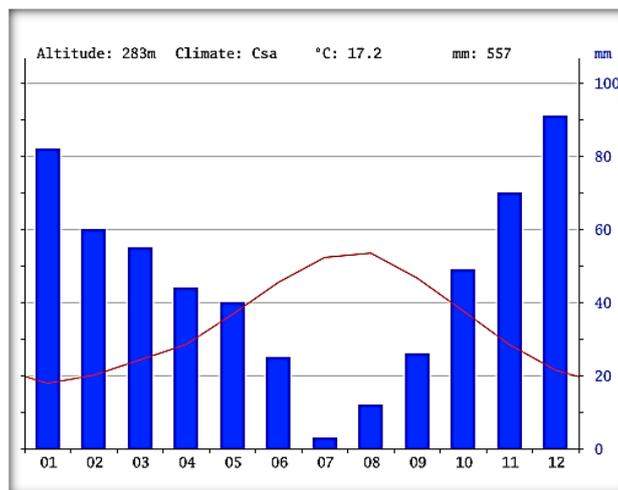


Figure 56 : Diagramme de la précipitation de Guelma.

(Source : CLIMATE-DATA.ORG)

### I.1.2.3 L'humidité

L'humidité relative possède une variation diurne assez remarquable, car elle se passe de 70% le matin, à 45% l'après-midi. D'une façon générale, le maximum est enregistré au mois de Juillet et le minimum au mois de Janvier.

### I.1.2.4 Les vents

Les vents viennent, en général de deux directions : L'une de Nord-Ouest, l'autre de Sud -Est. Les vents du Nord et du Nord Est sont souvent froids et secs.

## I.2 ANALYSE DU SITE D'INTERVENTION

### I.2.1 Motivation du choix du site (Les critères du choix du site)

Le choix du site est important pour l'intégration du bâtiment avec son environnement. Du choix de l'implantation, trois constantes se dégagent très nettement de tous les écrits. Les enjeux majeurs sont ceux de l'accessibilité, physique d'abord, de l'adéquation aux usagers visés plus généralement ensuite, et enfin de la visibilité du bâtiment. (HAMMADI & KAZI-AOUAL, 2016)<sup>18</sup>

- Avantage
  - Site programmé pour être réaménagé en quartier résidentiel.
  - Considéré comme vitrine grâce à sa situation qui est à proximité de la route nationale N02.
  - Sa situation par rapport à la SNTV.
  - La disponibilité des moyens de transports publics.
  - Un axe mécanique très important « boulevard de Bourwayh Slimane ».
  - Sa situation par rapport aux autres équipements « école- SEM- lycée- centre commerciale... ».
  - Emplacement qui permettant un usage maximum des espaces verts.

<sup>18</sup> Mémoire « Établissement hospitalier spécialisé en cardiologie et chirurgie cardiovasculaire » à Mansourah, Tlemcen.

## CHAPITRE 03 CONCEPTION D'UN SYSTEME DE VENTILATION BIOMIMETIQUE

- Apporter au quartier une animation sociale.
- Requalifier le cadre de vie.
- Les belles vues panoramiques au nord du site.
- Le fait d'avoir une position spatiale prédominante, et une forme simple dont l'échelle est importante, la tour attire l'attention et devient un point de repère plus facile à identifier et plus apte à être choisi comme significatif.
- Inconvénients
  - Les Insuffisance d'équipements de proximité et de loisirs.
  - Quartier inanimé.

### I.2.2 Présentation du site

#### I.2.2.1 Situation géographique

Le site d'intervention se localise au Nord de la ville de GUELMA dans la cité de Ain-Défla 03 « Bourwayh ».

Le terrain se situé à proximité de la route national N20 à l'entrée nord-ouest de la ville qui est le principal moteur de la ville dans le domaine de la connectivité, de la communication et du commerce avec la région de Ouad-znati et Constantine à l'ouest de Bouche-gouf et Souk-Ahras et Tunis à l'est.

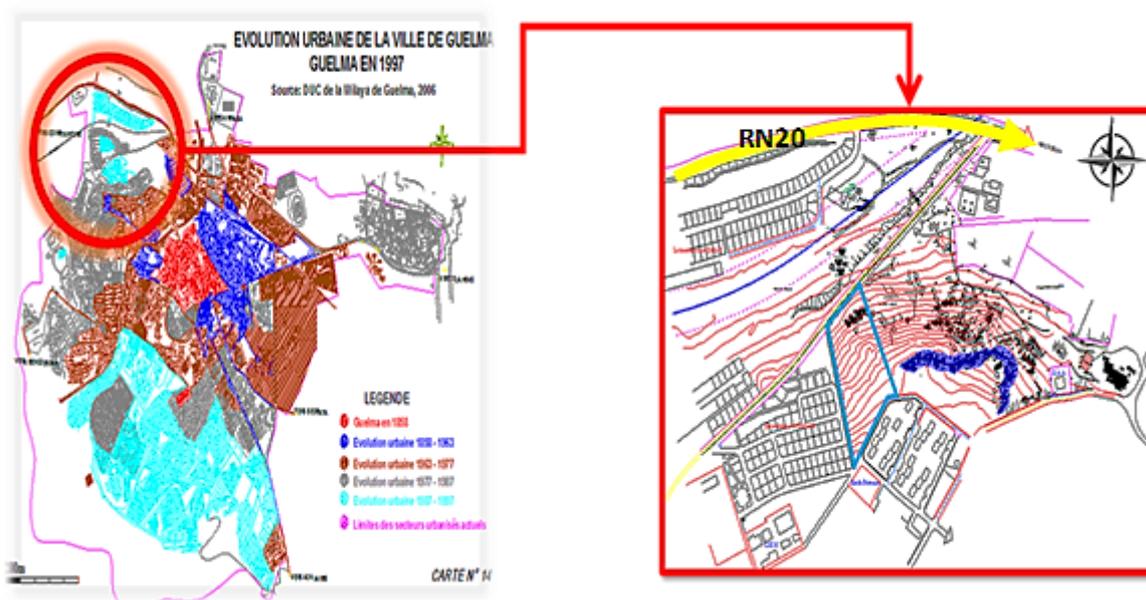


Figure 57 : Situation de site par rapport la ville de Guelma (gauche) Situation de terrain de projet (droite)

#### I.2.2.2 Analyser le plan fonctionnel

##### ➤ La composition urbaine

Le site composé de :

- 2 types d'habitats tels que : individuelles et collectifs.
- C'est un site mixte « habitat- équipements ».

# CHAPITRE 03 CONCEPTION D'UN SYSTEME DE VENTILATION BIOMIMETIQUE

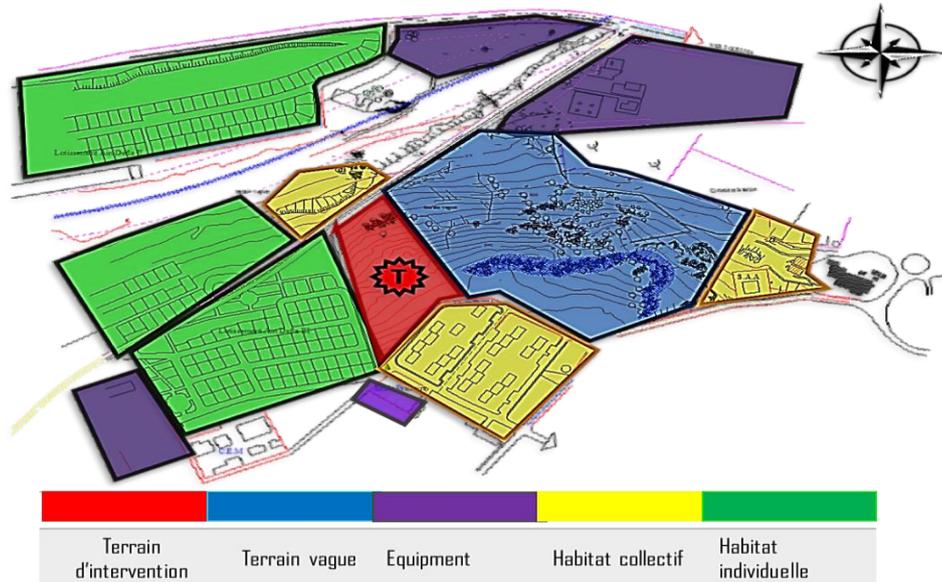


Figure 58 : Carte de la composition urbaine de site d'intervention.

(Source : OUMEDDOUR 2019)

### ➤ Les équipements existants

Les équipements de site :

- ils ont un certain hiérarchisation fonctionnel.
- l'absence des équipements de loisir, des placettes, des espaces de détente pour les habitants.

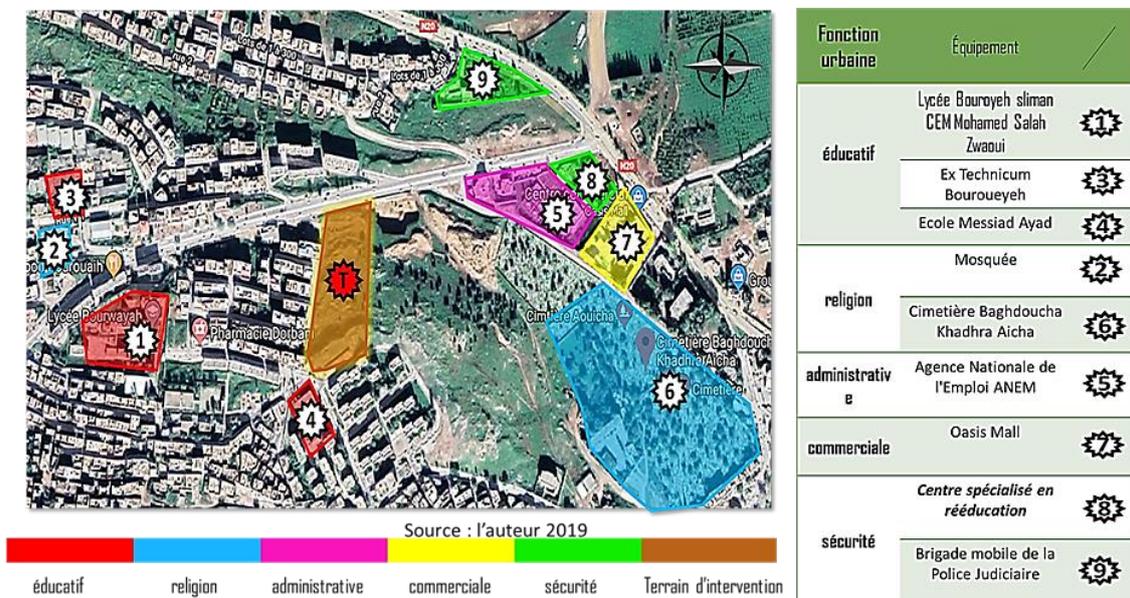


Figure 59 : carte des équipements existants. (Source : OUMEDDOUR 2019)

# CHAPITRE 03 CONCEPTION D'UN SYSTEME DE VENTILATION BIOMIMETIQUE



Figure 60 : les équipements existants. (Source : OUMEDDOUR 2019)

## I.2.3 Analyse du site

### I.2.3.1 Analyse Physique

#### ➤ La forme et délimitation du terrain

La forme du terrain d'assiette est une forme irrégulière. La surface de terrain est : 2,9 ha.

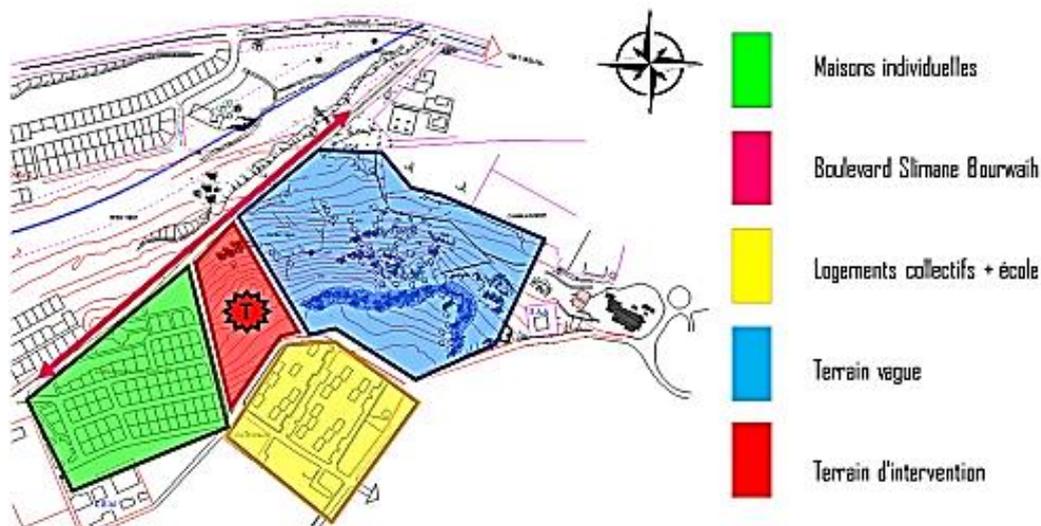


Figure 61 : Forme et délimitation du terrain. (Source : OUMEDDOUR 2019)

## CHAPITRE 03 CONCEPTION D'UN SYSTEME DE VENTILATION BIOMIMETIQUE

### ➤ Pente

$$\begin{aligned} \text{La pente} &= H / D \\ &= 24 / 192,78 \\ &= 12,44\% \end{aligned}$$

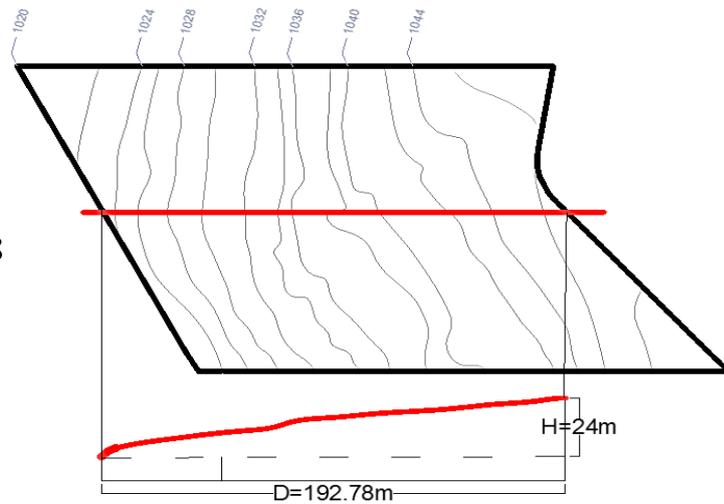


Figure 62 : coupe topographie du site. (Source : OUMEDDOUR 2019)

### ➤ Environnement immédiat

- L'environnement immédiat se caractérise par des logements collectifs d'un gabarit de R+2.
- Des maisons individuelles d'une hauteur de R - R+3.



Figure 63 : l'environnement immédiat. (Source : OUMEDDOUR 2019)

### ➤ La nature du sol

La carte géologique montre que la zone d'étude était composée d'argile, de boue noire, de gravier et de chaux, c'est une zone validée pour la construction.

# CHAPITRE 03 CONCEPTION D'UN SYSTEME DE VENTILATION BIOMIMETIQUE

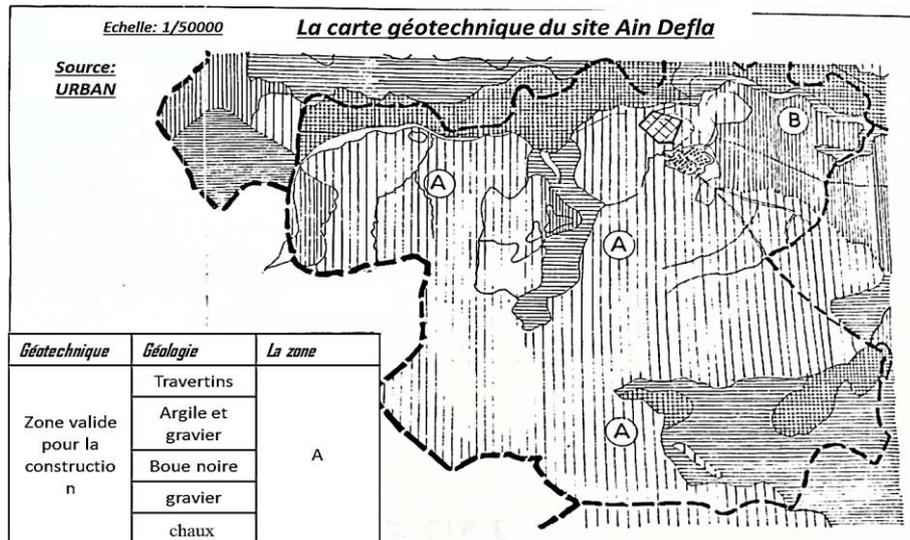


Figure 64 : la carte géotechnique du site Ain Defla. (Source : POS 2001)

## I.2.3.2 Analyse technique

### ➤ La Circulation et accessibilité

L'accessibilité se fait par les voies projetées. Le boulevard donne le terrain une bonne visibilité et facilite l'accessibilité au terrain.

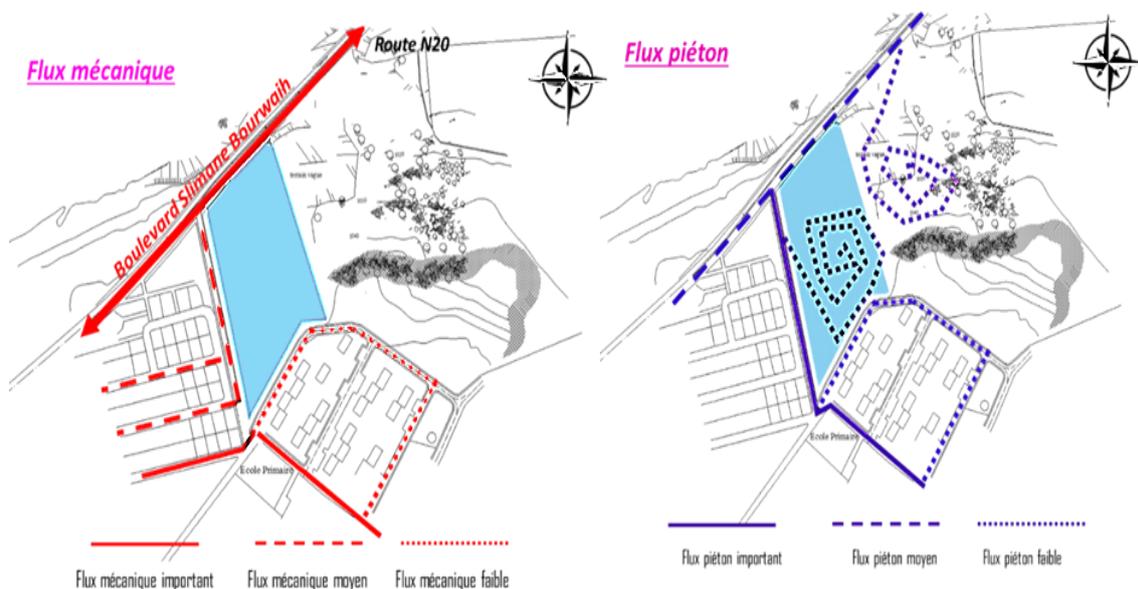


Figure 65 : carte de flux mécanique (gauche) carte de flux piéton (droite).

(Source : OUMEDDOUR 2019)

### ➤ L'ensoleillement

- L'existence des rayons soleils directes avec des radiations élevées donne la possibilité d'exploitation d'énergie solaire.

## CHAPITRE 03 CONCEPTION D'UN SYSTEME DE VENTILATION BIOMIMETIQUE

- L'absence des masques urbaine ou naturelle dans le site

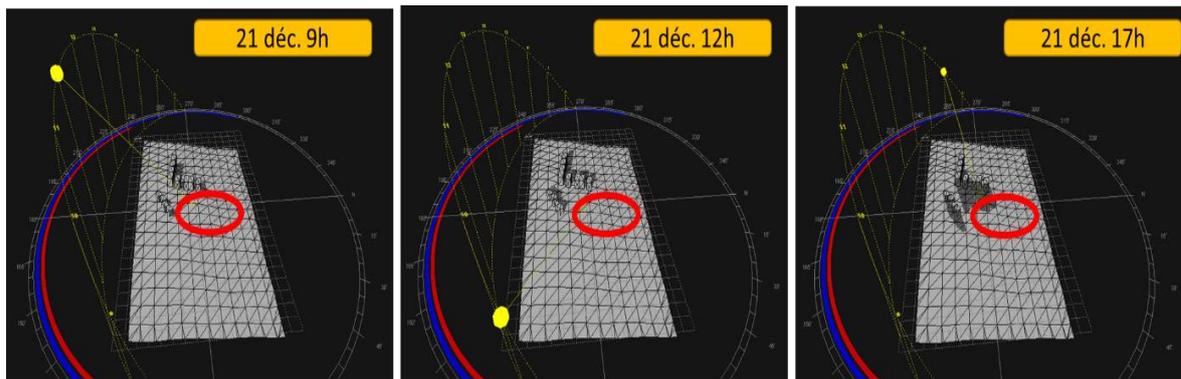


Figure 66 : Exposition de terrain au rayon solaire. (Source : Ecotect (traité par l'auteur))

### ➤ Les vents dominants

Le graphe montre le résultat d'une simulation réalisée à l'aide du logiciel Phoenix CFD de l'écoulement du vent autour d'un bâtiment élevé au milieu d'un tissu non homogène de hauteur peu élevée. La gamme des vitesses de l'air sont présentées du bleu (vitesses très faibles) au rouge (vitesses très élevées).

- Les vents dominant d'été du côté sud-est et d'hiver de nord-ouest du notre site est stable et moyenne au niveau haute du site, et très faible au niveau bas du site

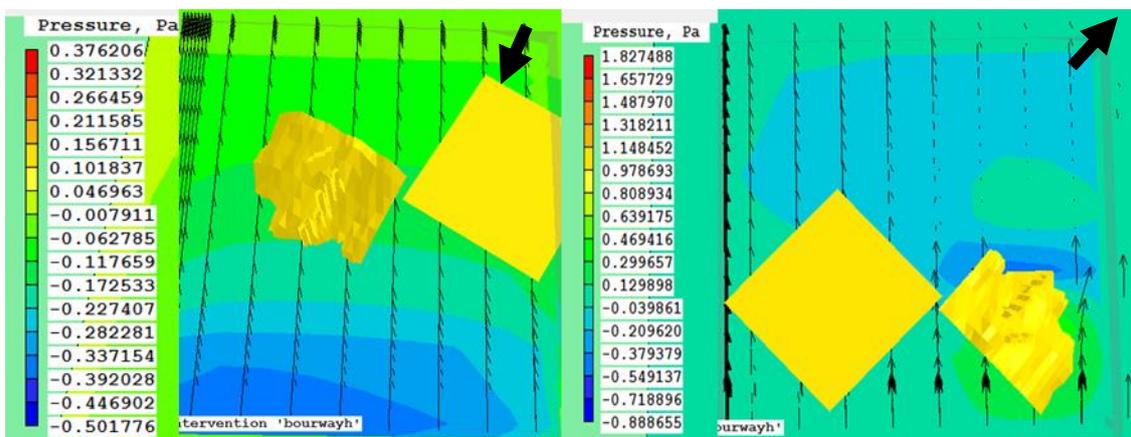


Figure 67 : la vitesse de l'air au niveau du site. (Gauche : l'hiver ; droite : l'été)

(Source : Phoenix CFD)

### ➤ Les vues

## CHAPITRE 03 CONCEPTION D'UN SYSTEME DE VENTILATION BIOMIMETIQUE



Figure 68 : les vues nord - nord-ouest au site. (Source : OUMEDDOUR 2019)

### RECOMENDATION

- Le terrain bénéficie d'une forte visibilité et lisibilité grâce au boulevard.
- Situation stratégique.
- Reliez d'une part la partie nord (zone d'étude) de la vieille ville et dans la cité AIN DEFLA 2 et AIN DEFLA 3 de l'autre ce qui Permettant leur intégration dans la ville.
- Rendre le Quartier animé et dynamique.
- Rendre le rez-de-chaussée spécial pour les activités commerciales afin de changer le cours du mouvement et de réduire la pression sur le centre-ville de Guelma.
- L'étude géotechnique nous permet d'identifier le potentiel de construction du terrain.
- Création d'une voie secondaire qui relie le boulevard le point bas du terrain avec la rue secondaire au point haut du terrain qui permet d'accessibilité et de la livraison des marchandises.

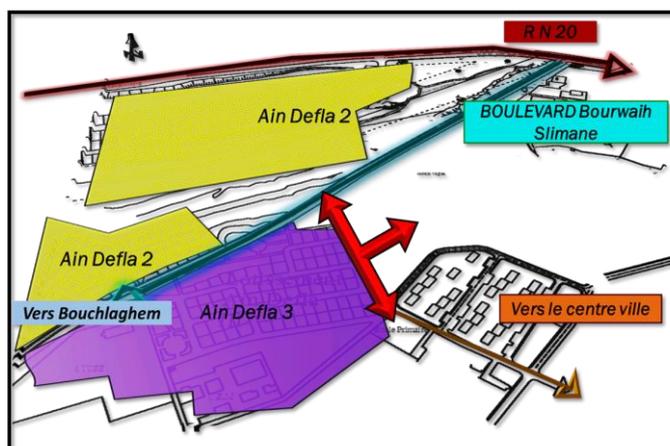


Figure 69 : Création d'une voie secondaire à l'ouest du terrain. (Source : OUMEDDOUR 2019)

## **CHAPITRE 03 CONCEPTION D'UN SYSTEME DE VENTILATION BIOMIMETIQUE**

- Gravité importante : Peut cumuler les eaux pluviales pour L'arrosage des jardins et Le nettoyage des quartiers.
- L'existence des vents dominants à une moyenne de vitesse presque fixe et permanente donne la possibilité d'exploitation d'énergie éolienne.
- La possibilité d'utiliser une ventilation biomimétique pourra être une solution de l'inconfort thermique.

### **II. SYSTEME DE VENTILATION BIOMIMETIQUE**

Le développement actuel des systèmes de ventilation vise principalement à réduire les problèmes de qualité de l'air intérieur avec une consommation d'énergie minimale. Afin de garantir la qualité de l'air intérieur, une ventilation est fournie.

A partir les 2 méthodes de recherches biomimétique (**chap.1**) tels que : la biologie influence la conception et du défi à la biologie, cette recherche suit la 2ème approche « du défi à la biologie ».

Nous cherchons comment la nature et ses systèmes biologiques peuvent surmonter les mêmes problèmes auxquels nous faisons face. Par une analyse des exemples naturelles pour nous orienter vers des nouvelles pistes pour surmonter le problème de l'efficacité énergétique à partir de l'inconfort thermique à l'intérieur du bâtiment dans la région de Guelma du climat tempéré chaud. Cette recherche de focalisé sur les fonctions des systèmes de ventilation biomimétique « refroidissement et processus de thermorégulation » qui sont assurer l'efficacité énergétique par une température confortable aux habitant.

#### **II.1 DESCRIPTION DE LA METHODOLOGIE**

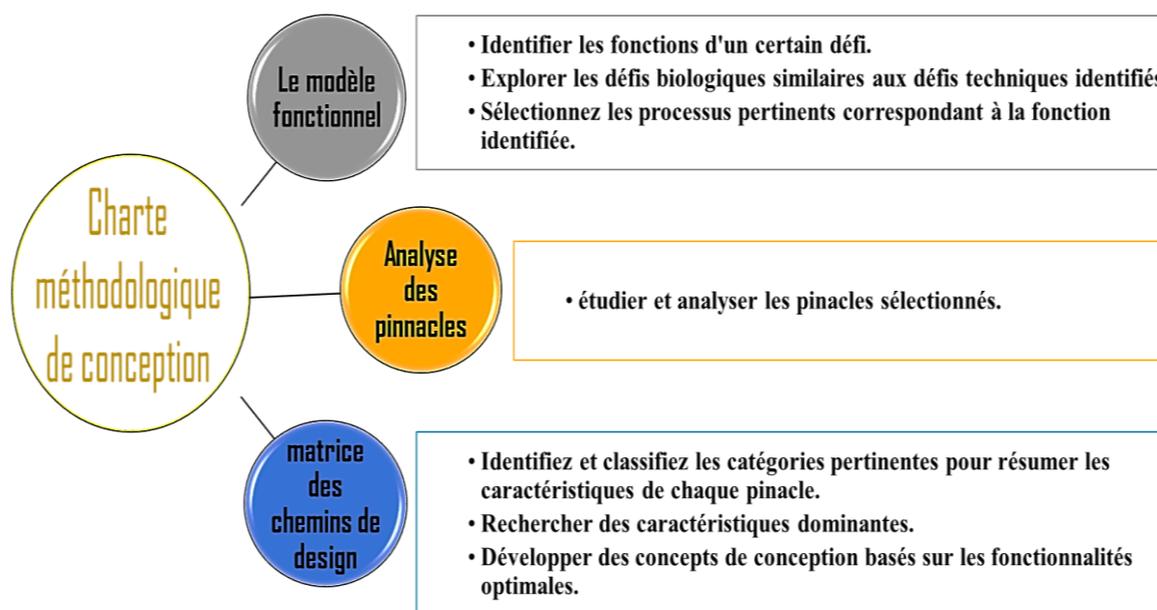
Une nouvelle méthodologie structuré pour la génération des concepts de l'enveloppe de bâtiment adaptives, qui comprend plusieurs phases et sous phases. Ce sont présentés dans des organigrammes, des tableaux et des figures uniques qui fournissent un outil sélectif et convivial, qui conduit à une conception du concept d'enveloppe vivante. Tout en accordant une attention particulière aux aspects biologiques, à la représentation de l'information, à l'identification et à l'abstraction des principes de design, ainsi qu'à leur sélection. (Khelil, 2015)<sup>19</sup>

Dans le but de développer la ventilation d'une enveloppe vivante, un certain nombre de phases doivent être réalisées (**fig.70**): identifier les fonctions des défis nécessaires, explorer la nature pour des fonctions similaires, extraire et résumer les principes fondamentaux, construire des taxonomies, obtenir des idées de brainstorming, évaluer les idées, transformer les meilleures idées en dessins, construire des modèles physiques, évaluez-les et validez-les, et déterminez s'il y a une amélioration suffisante (succès) ou si une amélioration est nécessaire (recommencez).

---

<sup>19</sup> Mémoire de Magister « Biomimicry, towards a living Architecture in hot and arid regions».

## CHAPITRE 03 CONCEPTION D'UN SYSTEME DE VENTILATION BIOMIMETIQUE



**Figure 70** : Charte méthodologique de conception présentant les différentes phases.

(Source : OUMEDDOUR 2019)

Au départ, nous définissons un défi de la conception que nous demandons de résoudre. Cette méthodologie contient trois niveaux d'abstraction, Le modèle fonctionnel, analyse et abstraction des pinnacles, matrice des chemins de design.

### 1. Le modèle fonctionnel :

Représente l'information biologique obtenue pour chaque défi à quatre niveaux hiérarchiques (**Fig73-74**). Les différents niveaux du modèle fonctionnel :

- Les aspects fonctionnels au premier niveau.
- Les processus pertinents au second niveau.
- Les facteurs d'influence au troisième niveau.
- Les entités biologiques (pinnacles<sup>20</sup>) sont présentées au quatrième niveau.

Le défi défini détermine des fonctions spécifiques, et le niveau de détail de la définition peut également déterminer d'autres niveaux du modèle fonctionnel (c'est-à-dire, des processus). Nous avons la liberté de choisir des facteurs et des pinnacles liés aux niveaux descendants du modèle fonctionnel.

### 2. Analyse des pinnacles :

Chaque pinacle obtenu à partir de la phase précédente est analysé. Les étapes effectuées dans l'analyse des pinnacles sont les suivantes. Premièrement, l'identification de la stratégie. Deuxièmement, l'accent est mis sur le mécanisme pertinent ; troisièmement, le principe de

<sup>20</sup> Le mot pinnacles est défini dans cette méthodologie comme un organisme ou un système représentatif de la nature pour une stratégie d'adaptation particulière.

## **CHAPITRE 03 CONCEPTION D'UN SYSTEME DE VENTILATION BIOMIMETIQUE**

design est extrait ; et enfin, la caractéristique de la fonctionnalité principale est indiquée (TAB. 6).

### 3. Matrice des chemins de design :

À ce niveau de la méthodologie, nous visons à décrire la conception avec les fonctionnalités optimales, il contient deux étapes :

- La matrice des différentes fonctionnalités des pinacles étudiés
- La matrice des chemins de design.

## **II.2 DEFINITION DU DEFI DE LA CONCEPTION**

En basant sur cette méthodologie, Khelil, 2015 explore les stratégies de régulation de l'air et thermorégulation dans la nature, pour les appliquer dans les systèmes de ventilation des enveloppes de bâtiments. Les fonctions, processus, facteurs et pinacles sont définis et étudiés par Khelil, 2015 et les résumés dans les modèles fonctionnels (Fig73-72.).



**Figure 71** : Fonctions clés proposées. (Source : OUMEDDOUR 2019)

## **II.3 CONSTRUCTION DU MODELE FONCTIONNEL**

### **II.3.1 La régulation de l'air dans la nature**

Se base sur deux fonctions initiales : l'échange et le mouvement. Ces fonctions sont importantes, car les organismes ont absorbé l'oxygène et libéré le dioxyde de carbone (ou inversement) pour survivre. Les solutions efficaces dans la nature pourraient favoriser la conception des systèmes de ventilation naturelle innovants pour les enveloppes de bâtiments, et aboutir à une meilleure qualité de l'air intérieur avec une consommation d'énergie moindre.

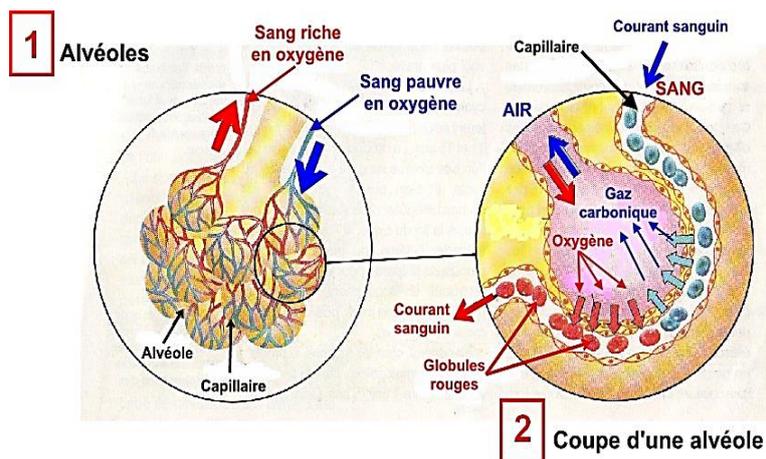
Les organismes vivants ont développé diverses stratégies pour maintenir les niveaux de concentration de gaz requis que ce soit dans leur corps ou dans leur environnement immédiat (comme celui trouvé dans leurs maisons ou leurs structures). L'échange de gaz est lié à la création de murs de protection, ce qui ajoute ensuite à la complexité de la conception fonctionnelle de la structure. Ainsi, la structure (architecture de la nature) peut fournir des moyens de maintenir l'homéostasie environnementale. Les gradients de vitesse générés sur les surfaces constituent une source potentielle de travail, qui pourrait être utilisée, par un animal fouisseur pour provoquer des échanges gazeux dans son long et étroit terrier. La régulation de

## CHAPITRE 03 CONCEPTION D'UN SYSTEME DE VENTILATION BIOMIMETIQUE

l'air dans les organismes à plusieurs mécanismes de circulation des gaz. Dans notre travail, nous limitons à deux mécanismes :

### 1. Échange d'air par diffusion

La diffusion est le flux de substance d'une concentration plus élevée à plus faible. C'est un processus physique important pour l'échange de gaz. Divers systèmes et structures des organes respiratoires ont évolué pour augmenter le taux de diffusion et faciliter l'échange de gaz. Par exemple (**Fig.72**) Les échanges gazeux dans les poumons se produisent au niveau des alvéoles, les gaz passent d'une concentration élevée à une concentration inférieure.



**Figure 72** : Les gaz se déplacent par diffusion de haute à basse concentration.

(Source : <https://tncorpshumain.tableau-noir.net/echangegaz.html>)

### 2. Circulation de l'air par les différences de pression

Les différences de pression sont générées par les gradients de vitesse ou les variations de volume. Les fluides passent des régions de pressions supérieures à des régions de pressions inférieures. Par conséquent, les pressions les plus basses surviennent aux vitesses plus élevées et les pressions plus élevées surviennent aux vitesses plus basses.

## CHAPITRE 03 CONCEPTION D'UN SYSTEME DE VENTILATION BIOMIMETIQUE

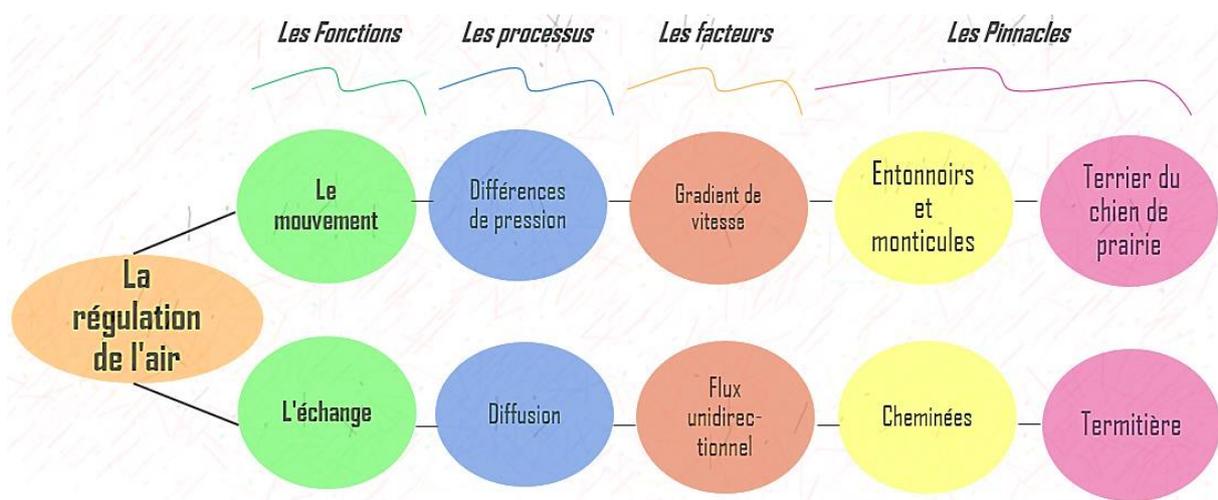


Figure 73 : Modèle fonctionnel extrait pour la régulation de l'air (Source : OUMEDDOUR 2019)

### II.3.2 La thermorégulation dans la nature

L'un des objectifs de l'enveloppe du bâtiment est de maintenir le confort thermique dans les espaces clos occupés par des personnes. Les organismes vivants maintiennent la température corporelle dans des plages très étroites pour survivre. Cette température stable est obtenue par un processus continu de gain et de perte de chaleur à travers un large éventail de stratégies. Ils peuvent manipuler les températures centrales via des manières comportementales ou physiologiques et les gérer grâce à des caractéristiques morphologiques. En plus, les organismes échangent de la chaleur avec leur environnement principalement par conduction, convection, évaporation, etc. et rayonnement thermique. Dans certains organismes, le processus est réalisé avec la peau fonctionnant comme un filtre thermique, alors que dans d'autres, il est réalisé grâce à leurs structures construites. Différents mécanismes sont adaptés aux différents climats et aux différentes espèces.

Dans notre travail, nous limitons à deux mécanismes :

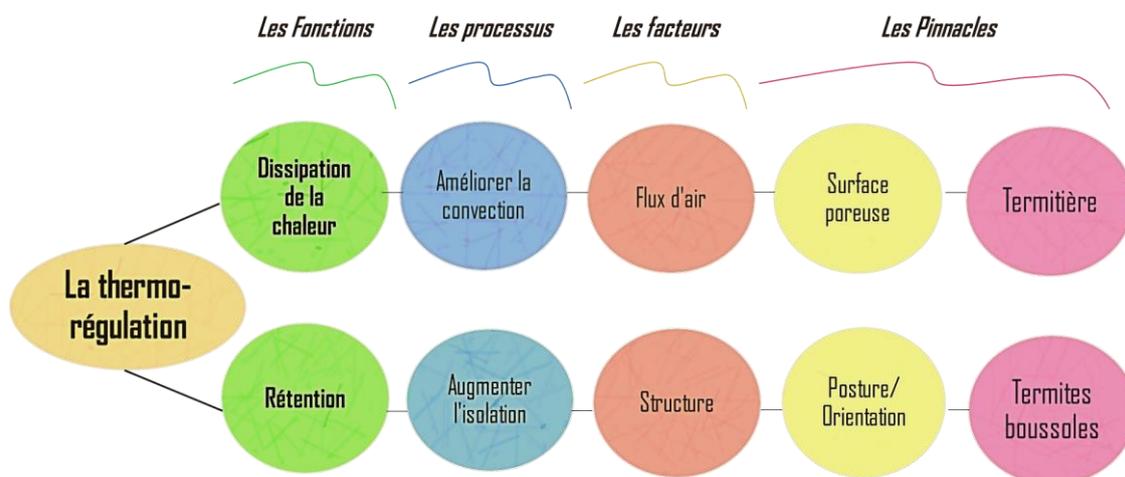


Figure 74 : Modèle fonctionnel extrait pour la régulation thermique.

(Source : OUMEDDOUR 2019)

## CHAPITRE 03 CONCEPTION D'UN SYSTEME DE VENTILATION BIOMIMETIQUE

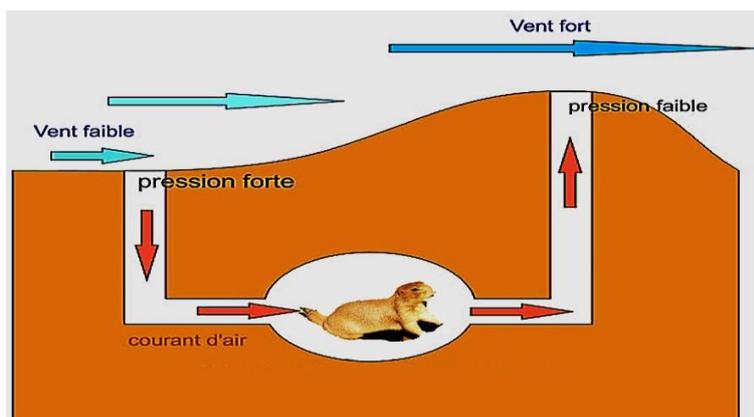
### II.4 ANALYSES DES PINACLES SELECTIONNES

À ce niveau d'abstraction, nous étudions, analysons et résumons les stratégies de régulation atmosphérique et thermique. Dans cette recherche, nous voulons dire par pinacle : un organisme ou système représentatif de la nature pour une stratégie d'adaptation ultime.

#### II.4.1 Les terriers de chien de prairie

Les chiens de prairie occupent des environnements arides. Ils vivent dans des terriers longs et étroits d'environ 12 cm de diamètre, de 10 à 30 m de long et de 1 à 5 m de profondeur, avec 2 ou 3 entrées. (Badarnah, 2012)<sup>21</sup>

La topographie des lieux fait qu'au niveau du terrier supérieur, l'air s'écoule plus vite qu'au niveau du terrier inférieur. En effet l'air a moins de place pour s'écouler au niveau du terrier du haut qu'au niveau de celui du bas. Pour conserver le débit il faut donc que l'air s'écoule moins vite au niveau de l'ouverture du bas qu'au niveau de celle du haut. D'après une relation, dite de Bernoulli, plus l'air s'écoule vite, moins importante est sa pression en cet endroit (ce qui intuitivement veut dire qu'il y a moins d'air qui stagne localement), ainsi la pression sera plus élevée au niveau du terrier inférieur que du terrier supérieur. Par suite, l'air est donc poussé du terrier inférieur vers le terrier supérieur (flèches rouge indiquant le trajet de l'air) (**Fig.74**) et évacue ainsi le dioxyde de carbone dégagé.



**Figure 75 :** Terrier de chien de prairie.

(Source : <http://philippe.boeuf.pagesperso-orange.fr/robert/physique/venturi.html>)

#### II.4.2 Thermite

(Détailé dans le 2<sup>ème</sup> chapitre)

#### II.4.3 Termites boussoles

Le termite boussole construit de grands monticules de terre. Leurs habitations sont plus ou moins orientées vers une orientation nord-sud (**Fig.76**). C'est comme s'ils s'agissaient d'aiguilles de boussoles. Et en effet, elles sont appelées Termitières Magnétiques. D'ailleurs, les termites utilisent le champ magnétique terrestre pour construire ces édifices. Mais le bénéfice à construire ainsi ne vient pas du champ magnétique, mais du mouvement quotidien

<sup>21</sup> Recherche doctorale « Towards the LIVING envelope Biomimetics for building envelope adaptation ».

## CHAPITRE 03 CONCEPTION D'UN SYSTEME DE VENTILATION BIOMIMETIQUE

du soleil. Le matin, les rayons du soleil tapent la façade orientale de la termitière. Et les termites, refroidies par la nuit, ont besoin de chaleur et se trouvent donc dans des galeries immédiatement adjacentes à la façade. Mais au fur et à mesure de la journée, la température augmente. Cependant, les termites ne surchauffent pas car les rayons deviennent de plus en plus obliques et à midi, les rayons les plus forts viennent frapper uniquement la pointe de la termitière. Alors que le soleil se déplace vers l'ouest, la façade occidentale devient brûlante. Mais la face à l'est se trouve à l'ombre et devient relativement fraîche. Les termites restent donc à la température qui leur convient le mieux. On pense que cette forme permet à leurs monticules de rester thermo régulés.

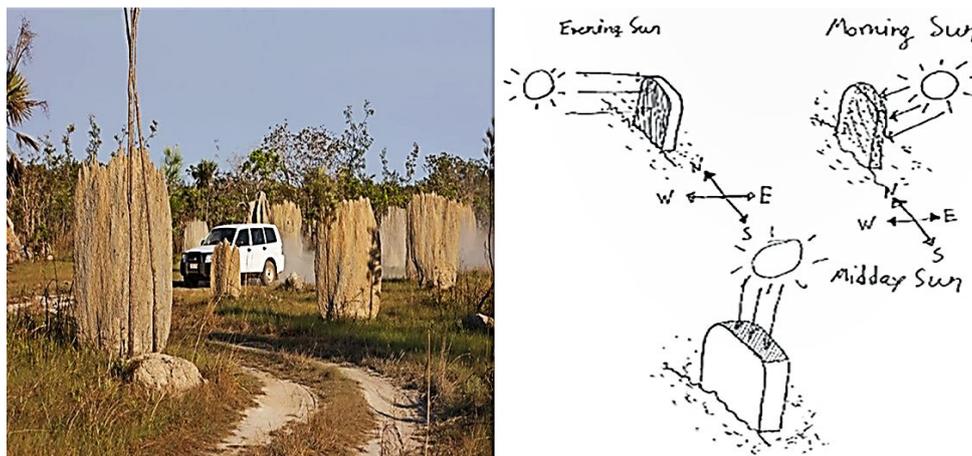


Figure 76 : Champ de termitières magnétiques.

Tableau 6 : Sommaire des pinacles analysés.

	STRATEGIE DE PINACLE	MECANISME	BASE PRINCIPALE	CARACTERISTIQUE PRINCIPALE
AIR	Monticules des Termites	Dans ce modèle, les flux sont unidirectionnels et l'air circule grâce à l'effet Venturi, le monticule de terre est exposé aux vents rapides et le long conduit central au-dessus du nid permet à l'air chaud de s'extraire par le sommet d'un cheminée.	Flux unidirectionnel	Cheminées et les passages d'air
	Les terriers de chien de prairie	Induire le flux d'air en créant des gradients de vitesse sur la surface du sol grâce à la construction de terrier pour l'entrée du vent et sortie du vent.	Principe de Bernoulli <sup>22</sup>	L'ouverture destinée à être l'entrée de l'air entrant doit être inférieure à l'ouverture destinée à être la sortie.
Thermorégulation	Monticules des termites	Caractéristiques structurelles à conserver ou à dissiper la chaleur: variations d'épaisseur de paroi, configuration de la surface, structures en saillie, orientation, cheminées, conduits d'air, porosité	Convection naturelle	Surface poreuse/ les passages d'air
	Termites boussoles	Les termites utilisent le champ magnétique terrestre pour construire ces édifices. Mais le bénéfice à construire ainsi ne vient pas du champ magnétique, mais du mouvement quotidien du soleil.	Orientation	Correct orientation dépend de la quantité d'ombre ou de lumière dans la région.

<sup>22</sup> Le principe de Bernoulli : Selon ce principe, plus la vitesse d'un fluide augmente, plus sa pression diminue (Et à l'inverse, plus sa vitesse diminue, plus sa pression est importante).

## CHAPITRE 03 CONCEPTION D'UN SYSTEME DE VENTILATION BIOMIMETIQUE

### II.5 MATRICE DES DONNEES

Le résumé de l'analyse des pinacles est présenté dans 2 matrices (pinnacle analyzing matrix) (TAB.7) et (design path matrix) (Fig.77). C'est la phase de transition de la biologie à la conception.

**Tableau 7 :** La matrice des différentes fonctionnalités des pinacles étudiés. (Source : OUMEDDOUR 2019)

Les Fonctions	Processus	Flux	Échelle	Le contexte Environnementale		Fonction de structure	Autres caractéristiques
	Diffusion Différence de pression convection naturelle	Actif Passif	Micro Macro	Aride Continental Modéré Tropical		Cheminée Les pores Les passages d'air Orientation Biomasse	Flux unidirectionnel Flux périphérique
<b>L'échange</b> - Termitière	✕ ✕	✕	✕	✕		✕	✕
<b>Mouvement</b> - Terrier du chien de prairie	✕	✕	✕	✕ ✕ ✕		✕	✕
<b>Pinacle imaginaire de la régulation de l'air</b>	✕ ✕	✕	✕	✕ ✕ ✕		✕ ✕	✕
<b>Dissipation de la chaleur</b> -Termitière	✕	✕	✕	✕		✕ ✕ ✕	✕
<b>Rétention</b> -Termites boussoles		✕	✕	✕		✕	✕
<b>Pinacle imaginaire de La thermorégulation</b>	✕	✕	✕	✕		✕ ✕ ✕ ✕	✕

Dans les exemples actuels, l'échange d'air et les mouvements, Dissipation de la chaleur, Rétention sont les défis à relever. Pour chaque défi, 6 catégories sont présentées, par exemple : processus, flux, échelle, etc... Les symboles en croix indiquent les caractéristiques correspondantes de chaque pinacle dans chaque catégorie. Les caractéristiques dominantes des échanges et des mouvements sont mises en évidence en move et en jaune les caractéristiques Dissipation de la chaleur et Rétention dans le (Tab.7) qui représentent le pinacle imaginaire pour chaque fonction.

## CHAPITRE 03 CONCEPTION D'UN SYSTEME DE VENTILATION BIOMIMETIQUE

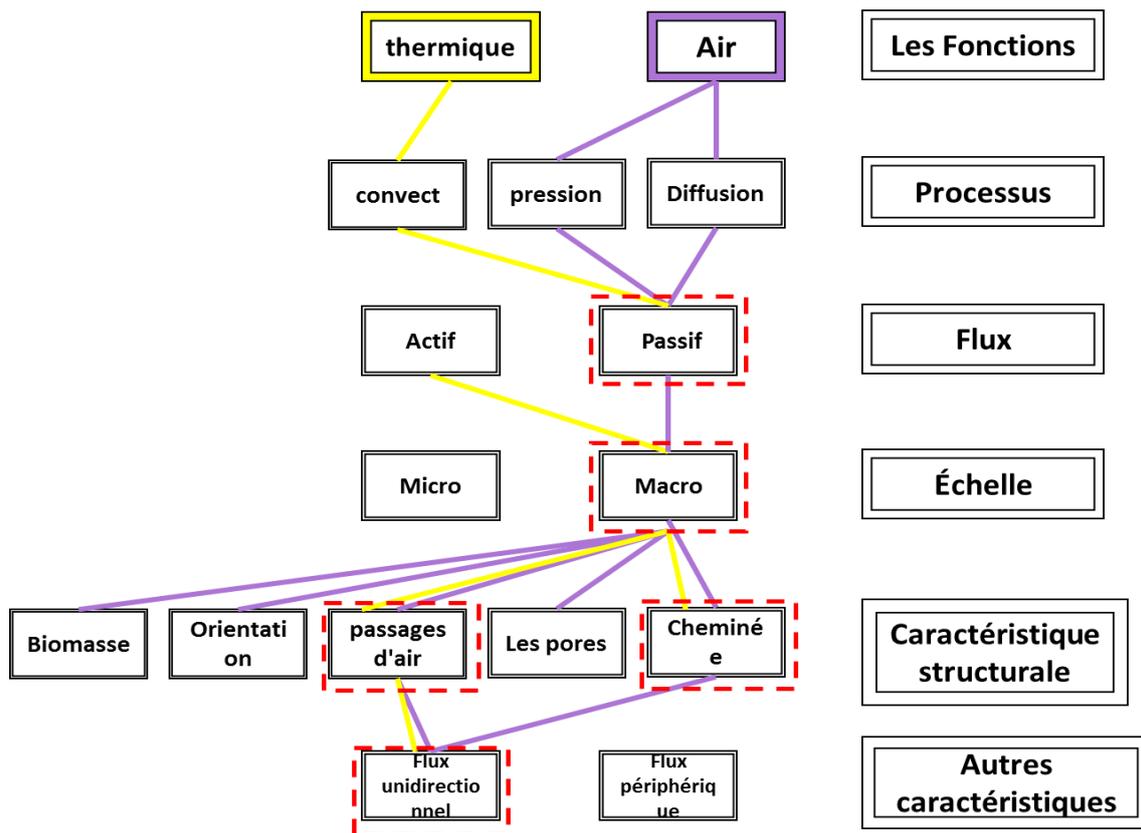


Figure 77 : Matrice de chemin de conception. (Source : OUMEDDOUR 2019)

La matrice de chemin de conception (Fig.77) représente la superposition des sommets imaginaires pour l'échange d'air et les mouvements, Dissipation de la chaleur et Réention afin de déterminer les caractéristiques dominantes à prendre en compte dans la conception. Les caractéristiques dominantes (les cadres rouges) sont les caractéristiques qui ont le plus grand nombre de connexions provenant des différents pinacles imaginaires (couleurs de chemin différentes), plus le nombre de connexions est important, plus la fonctionnalité devient dominante. Les caractéristiques dominantes dérivées de la matrice de chemin de conception sont les suivantes :

- Le flux est passif et unidirectionnel pour toutes les pinacles.
- La macro est l'échelle pertinente.
- Les caractéristiques structurelles sont les cheminées pour la régulation de l'air et les passages d'air pour la thermorégulation.

### III. VALIDATION DES DONNEES

#### III.1 PRESENTATION DU MODELE DE CONCEPTION

La ventilation est très sollicitée de l'avoir dans le secteur de bâtiment c'est pourquoi nous proposons comme un modèle de design inspiré par les déférentes pinacles analysé dans le titre précédent qui sont pourraient favoriser la conception des systèmes de ventilation naturelle

## CHAPITRE 03 CONCEPTION D'UN SYSTEME DE VENTILATION BIOMIMETIQUE

innovants pour les enveloppes de bâtiments, et aboutir à une meilleure qualité de l'air intérieur avec une consommation d'énergie moindre.

Suivant la méthodologie précédente, nous devons appliquer les caractéristiques extrait et les transformant en une conception « une bouffée d'air frais ». (Khelil, 2015)<sup>23</sup>

Nous proposons pour le design du système de ventilation biomimétique « une bouffée d'air frais » par tirage thermique (effet de cheminée) et par puits canadiens.

### III.2 CONFIGURATION DU SYSTEME DE VENTILATION

Nous avons essayé de combiner entre l'inertie thermique de la terre et le thermosiphon<sup>24</sup> avec l'effet de tirage thermique par une cheminée. Ce système utilise l'énergie géothermique pour maintenir la température de la maison constante.

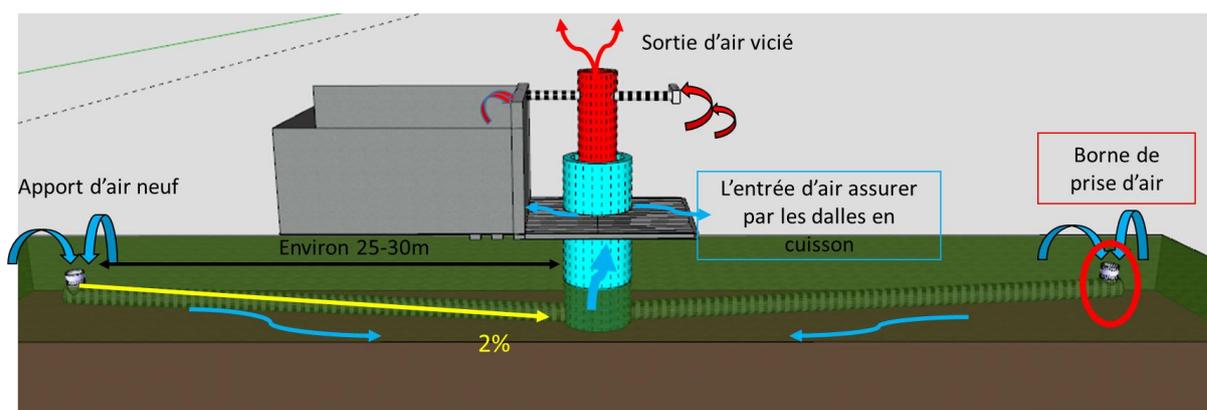


Figure 78 : le système de ventilation proposé. (Source : OUMEDDOUR 2019)

La phase d'association entre les systèmes apportés est permise au design du système de ventilation la climatisation et le chauffage passifs dont le processus est imité à celui des pinacles analysés. L'adaptation du système de ventilation au bâtiment conduit aux 4 étapes suivantes :

1. Apport d'air neuf en partie basse du bâtiment via une hélice (aide mécanique).

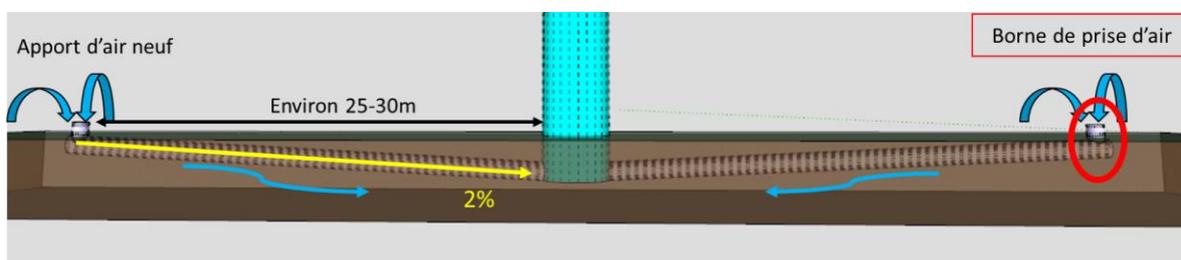


Figure 79 : l'entrée de l'air frais (Source : OUMEDDOUR 2019)

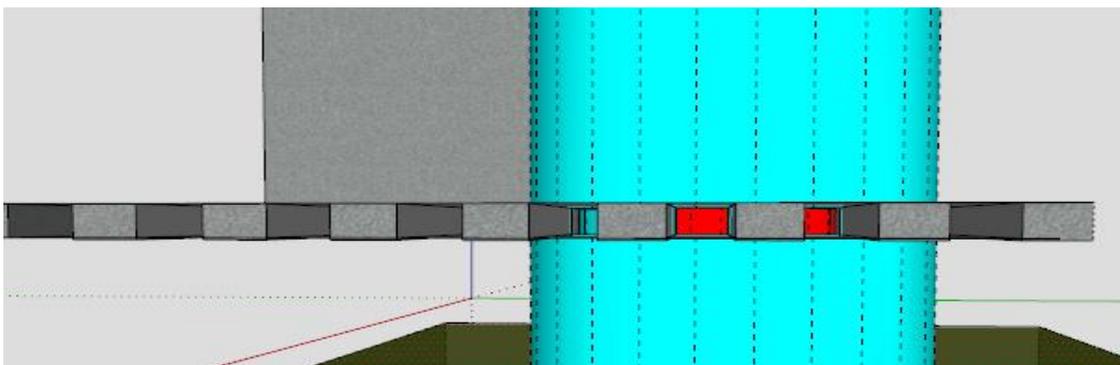
<sup>23</sup> Mémoire de Magister « Biomimicry, towards a living Architecture in hot and arid regions ».

<sup>24</sup> Un thermosiphon : est le phénomène de circulation naturelle d'un liquide dans une installation du fait de la variation de sa masse volumique en fonction de la température.  
<https://www.climamaison.com/lexique/thermosiphon.htm>

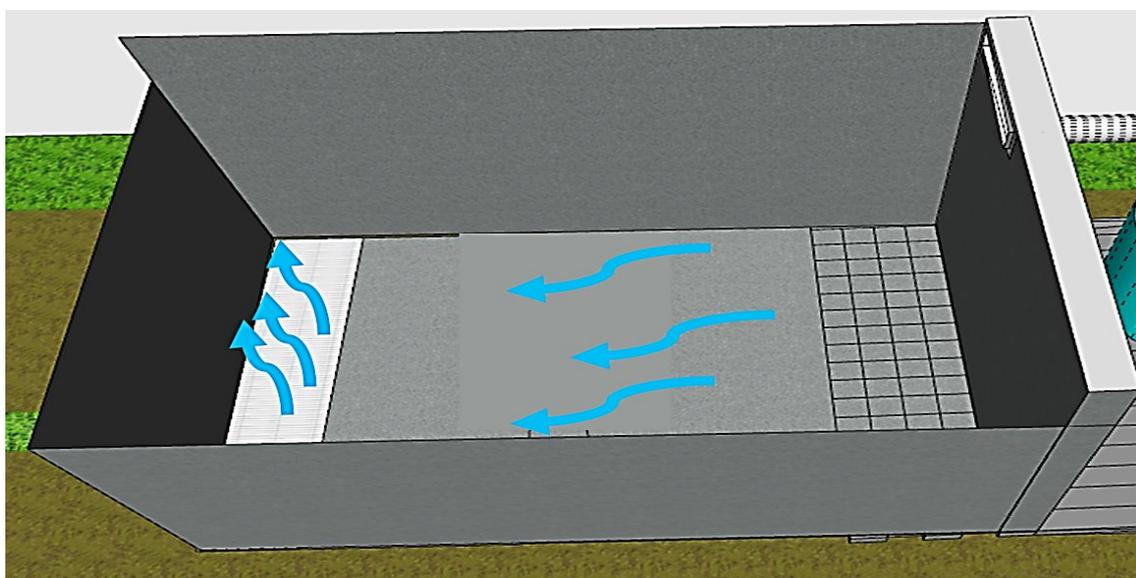
## CHAPITRE 03 CONCEPTION D'UN SYSTEME DE VENTILATION BIOMIMETIQUE

Cette partie basée sur le simple constat que la température du sol à 1.60 mètre de profondeur est plus élevée que la température ambiante en hiver et plus basse en été. Le puit canadien tire profit de la capacité du sol à résister au changement de température de l'air (inertie thermique). L'air extérieur pulsé dans le bâtiment en passant au préalable à travers un tuyau d'une certaine longueur enterré à au moins 1.5 mètres dans le sol. La prise d'air se fait par une extrémité du tuyau (borne de prise d'air) sortant du sol à quelques mètres du bâtiment

2. L'air est acheminé en partie basse des espaces collectifs par des tubes qui permis à l'air de circuler et par les dalles en cuisson choisies pour transfère l'air.



**Figure 80** : Les dalles proposés pour transfère l'air au espaces habiter. (Source : OUMEDDOUR 2019)



**Figure 81** : la distribution de l'air dans l'espace. (Source : OUMEDDOUR 2019)

3. Au contact des espaces collectifs, l'air neuf est chauffé par les activités humaines.

## CHAPITRE 03 CONCEPTION D'UN SYSTEME DE VENTILATION BIOMIMETIQUE

4. Le chauffage de l'air créer un mouvement ascendant entraînant son évacuation en partie haute de l'espace collectif par l'utilisation des ventilateurs qui poussé l'air vicié vers la cheminée qui s'ouvre vers l'extérieur.

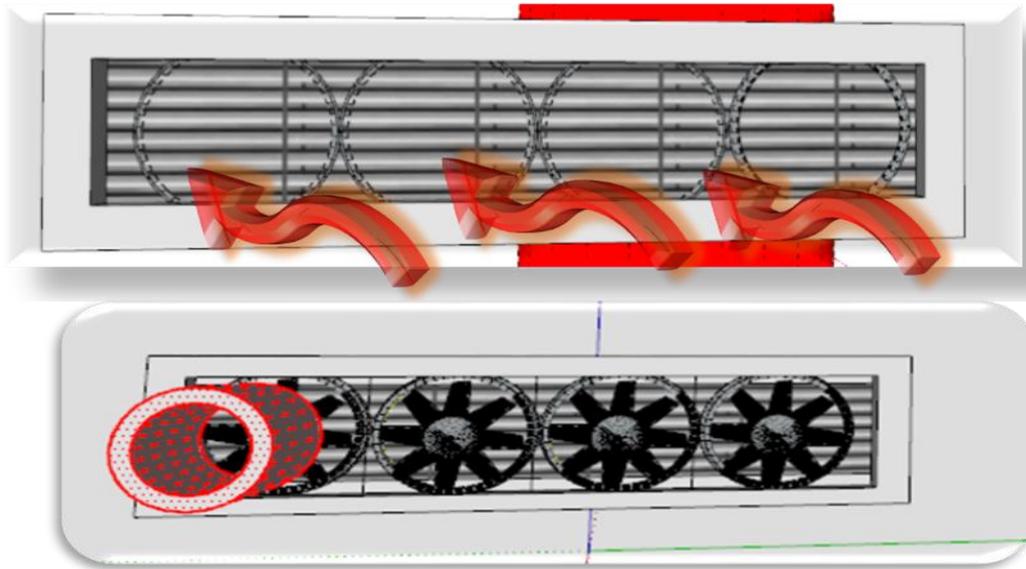


Figure 82 : utilisation des ventilateurs en haut de la maison. (Source : OUMEDDOUR 2019)

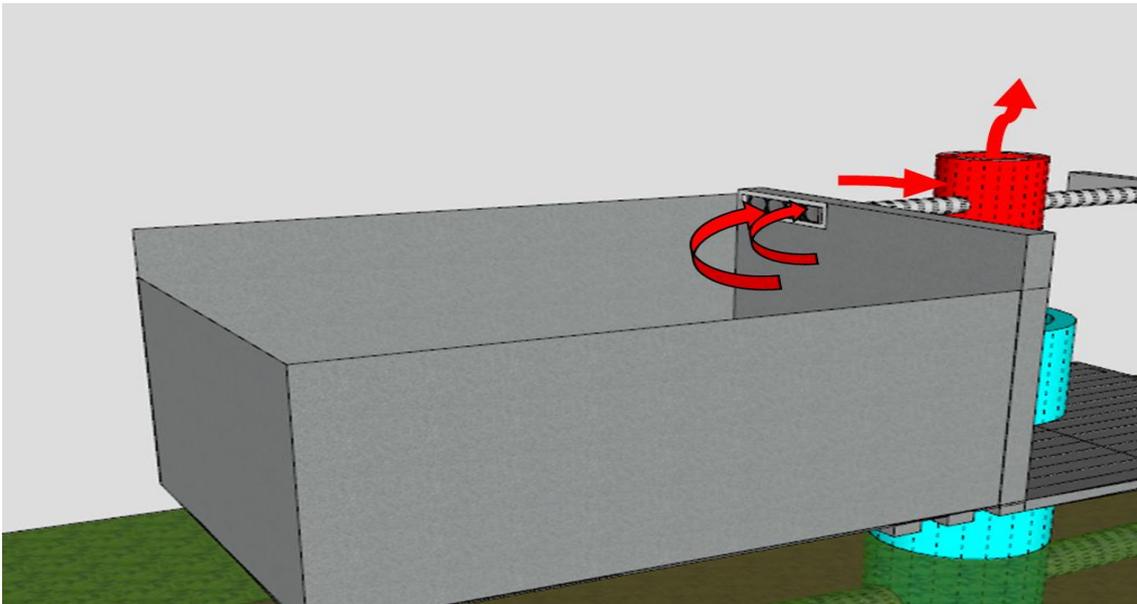


Figure 83 : extraction de l'air chaud par des ventilateurs. (Source : OUMEDDOUR 2019)

# **Chapitre 04**

## **Programmation et processus de conception**

## CHAPITRE 04 PROGRAMMATION ET PROCESSUS DE CONCEPTION

### I. PRESENTATION DU PROJET

#### I.1 DEFINITION DE LA TOUR MULTIFONCTIONNELLE

En l'absence de définition claire et unanime des mot tour qui par principe est l'opposé des constructions basses et répétitives. En Europe qu'un immeuble doit faire plus de 10 étages pour revendiquer l'appellation de tour. (Eric-Firley)<sup>25</sup>

La tour dans le dictionnaire français C'est un grand immeuble nettement plus haut que large, à usage d'habitation ou de bureaux. Le mot tour tend à remplacer gratte-ciel.

Le seul terme Reconnu et utilisé dans les textes réglementaires est immeuble de grande hauteur (IGH). Selon (Emprise standards) définit une tour comme « une structure multi-étage » entre 35- 100 mètres de hauteur ou d'un bâtiment de 12 à 39 étages.

(The new Shorter oxford) dictionnaire anglais définit une tour « un bâtiment ayant plusieurs étages ». Aux États-Unis, l'association National de protection contre l'incendie définit une tour comme étant supérieure à 75pied (23 mètres) environ 7 étage. Ainsi la plupart des ingénieurs du bâtiment, les inspecteurs, les architectes et les professions définissent une tour comme un bâtiment qui est au moins de 75 pieds (23 m) de hauteur.

La définition de la tour multifonctionnelle n'existe pas donc on peut considérer comme tour mixte toute tour superposant au moins deux fonctions principales (bureaux, logements, commerces, hôtels ou services) à la verticale.

#### I.2 MOTIVATION DU CHOIX DU PROJET

- Le foncier à Guelma est saturé, on n'a pas la possibilité de construire donc pourquoi pas nous Nous nous dirigeons vers les constructions en hauteur pour démunir le foncier construit et libérer l'espaces pour une autre fonction.
- La tour est la réponse de plusieurs problèmes urbains (l'étalement urbain aux dépend des terres agricoles).
- Elle présente aussi une démarche régénératrice et une nouvelle perception de la ville grâce à la diversité fonctionnelle et les déférentes activités dont elle fait objet.
- Maximum des gens dans un minimum d'espace.
- Regroupé ensemble sans pour autant tout chercher à déplacer hors du quartier/cité.

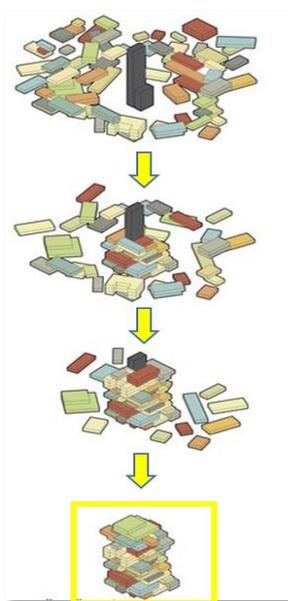


Figure 84 : Regroupement des fonctions.

<sup>25</sup> Livre La tour et la ville, Manuel de la grande hauteur. PARENTHESE.

## CHAPITRE 04 PROGRAMMATION ET PROCESSUS DE CONCEPTION

### I.3 LA RELATION DU PROJET AVEC LE THEME

On a essayé de design un système de ventilation biomimétique qui nous donne une amélioration de l'efficacité énergétique au tour multifonctionnel par la diminution de pollution de l'air, l'humidité, assurer le confort thermique des habitants, et éviter les installations spéciales et Coûteuses.

### I.4 HISTORIQUE

Entre : (e-monsite, s.d.)<sup>26</sup>

#### - Passé...

Depuis tout temps, les hommes veulent construire des monuments toujours plus hauts. En effet, dans l'antiquité les Egyptiens avaient réussi à construire des pyramides en forme de demi-octaèdre, puis au Moyen-âge, les châteaux forts. Mais leur problème était toujours le même, les édifices étaient limités par leur poids : les pierres sont trop lourdes pour supporter de grandes hauteurs.



**Figure 85** : Pyramide de Khéphren 143,87m de hauteur.

(Source: Wikipedia)



**Figure 86** : Château de Loches 1035, 36m de hauteur.

(Source : Wikipédia)

Dans la 2ème moitié du XIXème siècle, grâce à la révolution industrielle, de nouvelles techniques dans le travail des métaux arrivèrent : l'acier. Cet alliage de métaux a permis de construire des structures en métal et non qu'avec des murs porteurs qui réduisait considérablement leur hauteur. Certains pensent qu'il s'agit du New York Tribune Building qui se trouve à New-York et qui a été construit en 1873 avec une hauteur de 78 mètres. D'autres pensent que le Home Insurance Building édifié par l'école de Chicago en 1885 et mesurant 42 mètres est le premier véritable gratte-ciel, Il était principalement composé d'acier et de briques.

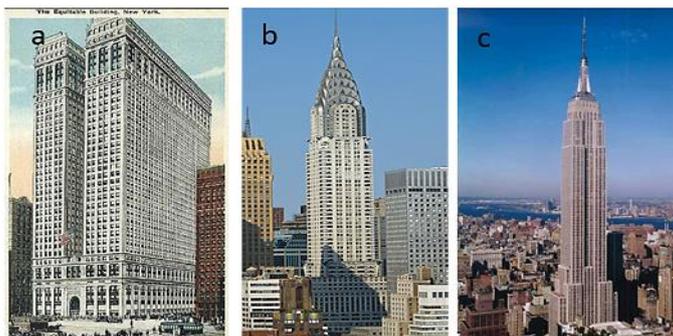


**Figure 87**: Home Insurance Building.  
(Source : histoire-des-gratte-ciel)

<sup>26</sup> Histoire des gratte-ciel. Récupéré sur e-monsite : <http://gratte-ciels.e-monsite.com> (consulté le 15-12-2018).

## CHAPITRE 04 PROGRAMMATION ET PROCESSUS DE CONCEPTION

Du côté de New-York, après l'achèvement de la construction du New-York World Building en 1890, on assiste à New-York à une vraie course au plus haut édifice. En 1894, le Manhattan Life Insurance Building en 1894 avec 106 mètres de hauteur. En 1902, le Flatiron Building avec 87 mètres puis la Metropolitan Life Tower en 1909 en atteignant la barre des 200 mètres de hauteur. Les constructions de masse s'arrêtèrent au début de la 1ère Guerre Mondiale en 1914, les industrielles se tournèrent vers l'armement pour les européens. En 1915, le Equitable Building avec 164 mètres puis quelques années plus tard, le Chrysler Building en 1930 et l'Empire State Building en 1931 virent le jour. New-York devient dans les années 30, la ville qui construit le plus de gratte-ciel.



**Figure 88:** a- Equitable Building. b- Chrysler Building. c- Empire State Building.

### ➤ Présent...

Entre 1950 et les années 2000 plus de 1100 gratte-ciel ont été construits. Les plus connus sont les deux tours jumelles de World Trade Center en 1972 et 1973. Ces deux tours possèdent 6 niveaux de sous-sol pour 110 étages. Les deux tours furent détruites lors des attentats du 11 Septembre 2001 à New-York. En 1974, c'est-à-dire l'année suivante Chicago riposta à ces constructions avec la Sears Tower. Elle tenu son record jusqu'en 1998 où les Petronas Twin Towers du ciel asiatique furent achevés.



**Figure 89 :** Les Tours Petronas, 452m. (Source : Le journal du collège du Pévèle)

Ce fut le début de l'essor asiatique, tant du côté de la Péninsule arabique qu'à Hong-Kong ou Singapour. Parmi les plus prestigieux gratte-ciel, on peut prendre en compte Taipei 101 inauguré en 2004, qui considère comme la pointe de la haute technologie de 508 m de hauteur et 101 étages. Le Shanghai World Financial Center a la particularité d'avoir un vide dans les derniers étages de sa tour, cela nous servira également pour vous expliquer la résistance du

## CHAPITRE 04 PROGRAMMATION ET PROCESSUS DE CONCEPTION

vent. La Burj Khalifa de Dubaï, inauguré le 4 Janvier 2010, détient actuellement le record du monde avec 800 mètres de haut. Les européens ne sont des leaders de ces records en effet la plus grande tour d'Europe ne s'élève qu'à 300 mètres, c'est la Commerzbank Tower à Francfort en Allemagne. Tandis qu'en France, le gratte-ciel le plus haut s'élève à 210 mètres avec la tour Montparnasse. A ce jour, la plus haute tour du monde est la Burj Dubai dont la hauteur totale atteint 818 mètres au sommet de l'antenne.



**Figure 90:** The Bank of China - Shanghai World Financial Centre.

### ➤ Future...

Au moment du développement des nouvelles technologies de nombreux architectes réfléchissent à la composition des tours de demain dans le but d'assurer plus de confort au l'être humain que ça soit au niveau spatial, ou environnemental dans ce cas des tours sont en préparation défiant toute imagination qui seront au service de l'environnement, elles lutteraient contre la pollution : nettoierait l'aire et recyclerait les eaux usées et même les déchets ! produit l'énergie : des tours autosuffisantes.



**Figure 91:** a- La Bionic Tower (Shanghai). b- Tours Flamme. (source: <http://tpe-gratte-ciel.weebly.com/tour-du-futur.html>)

### 1.5 LE BIOMIMETISME POUR AUGMENTER LA DURABILITE DES GRANDS BATIMENTS

Les hauts immeubles sont un élément incontournable de notre monde moderne. La nécessité d'immeubles de grande hauteur augmente en raison de la rareté des terrains et de l'augmentation des prix. En raison de la grande taille des grands bâtiments et de la

## CHAPITRE 04 PROGRAMMATION ET PROCESSUS DE CONCEPTION

consommation élevée d'énergie et de matériaux, leur durabilité est plus cruciale que tout autre type de bâtiment. Les bâtiments sont responsables de près de la moitié des émissions de CO<sub>2</sub> et consomment près de la moitié de toute l'énergie produite. La consommation d'énergie augmente de plus en plus dans le monde entier. L'impact environnemental de la production et de la consommation d'énergie est devenu une préoccupation majeure. Par conséquent, l'utilisation efficace de l'énergie dans le secteur du bâtiment est essentielle. Malgré les inconvénients mentionnés, la construction d'immeubles de grande hauteur est une nécessité en raison de l'utilisation optimale du terrain et parfois de la nécessité d'un repère urbain. La résolution des problèmes environnementaux, socioculturels et économiques qu'imposent ces immeubles de grande hauteur conduit les architectes vers une architecture biomimétique avec une approche durable. Parce que la nature fait tout à temps et qu'il n'y a pas de déchets, tous les organismes recherchent plus d'efficacité et moins d'énergie et d'utilisation de matériaux. La nature est donc un modèle impeccable d'ingénierie durable. La nature est une source d'inspiration pour l'ingénierie créative et intelligente. Ainsi, nous pouvons réduire l'impact environnemental des grands bâtiments en nous inspirant des principes de biomimétisme fournis par la nature qui sont incorporés dans la conception dès les premières étapes (et non seulement ajoutés). (Mirniazmandan & Rahimianzarif, 2017)<sup>27</sup>

## II. ANALYSE DES EXEMPLES

L'analyse des exemples est une phase essentielle dans la conception architecturale car elle représente une source de compréhension du projet et connaître les systèmes constructifs, démontre les dispositifs écologiques et définir le programme nécessaire pour le projet.

### II.1 L'EASTGATE BUILDING

#### II.1.1 Présentation du projet<sup>28</sup>

- Fiche technique
  - Architecte : Pearce partnership.
  - Bureau d'étude: Ove Arup & Partners.
  - Client: Old Mutual Properties.
  - Lieu : Harare, Zimbabwe, Afrique.
  - Date de construction : 1996.
  - Type / Occupation : Bureaux et commerces.
  - Surface du terrain :9313m<sup>2</sup>.
  - Superficie totale du bâtiment :31 000m<sup>2</sup>.
  - Coût de construction :23 millions d'euro.



**Figure 92** : L'Eastgate Building au Zimbabwe.

(Source: TPE BIOMIMETISME)

<sup>27</sup> <https://www.omicsonline.org/open-access/biomimicry-an-approach-toward-sustainability-of-highrise-buildings-2168-9717-1000203.pdf>

<sup>28</sup> Chapitre 02. Exemples de la thématique

## CHAPITRE 04 PROGRAMMATION ET PROCESSUS DE CONCEPTION

- Stratégies de ventilation : Ventilation naturelle de nuit (effet cheminée, inertie thermique) et de jour (circulation d'air dans les dalles), pas d'air conditionné.

### II.1.2 Situation

Ce bâtiment est un immeuble de bureaux et de commerce, localisé à Harare, qui se trouve dans la région nord-est du Zimbabwe, dans la région sud-est de l'Afrique. Le centre entouré par des équipements commerciaux mais il a une grande renommée à cause de sa conception qui respecte l'environnement. Une bonne aération et une ambiance fraîche partout. C'est bâtiment vert avec toutes les commodités de luxe dont un individu aurait besoin.

Le climat y est subtropical et la saison sèche dure environ huit mois. En hiver, les températures peuvent atteindre 3°C la nuit et monter jusqu'à 42°C pour les journées estivales les plus chaudes. Les variations sur une même journée sont parfois de 10°C.



Figure 93 : Situation de l'Eastgate building. (Source : traité par l'auteur 2019)



Figure 94: Plan de masse de l'Eastgate building. (Source : traité par l'auteur 2019)

## CHAPITRE 04 PROGRAMMATION ET PROCESSUS DE CONCEPTION

### II.1.3 La volumétrie

Le bâtiment rectangulaire de 140 mètres de long et 70 mètres de large est composé de deux blocs identiques de neuf étages reliés entre eux par un atrium couvert d'une toiture vitrée. Il est orienté est ouest (Institut biomimétisme Québec, 2008).



Figure 95 : La volumétrie du centre

### II.1.4 La façade

Les façades de l'Eastgate Building sont conçues pour servir de protections solaires. En effet, les larges avant-toitures et les arches profondes devant chaque fenêtre protègent les surfaces vitrées et diminuent ainsi le risque de surchauffe en été. Elles sont 'épineuses' tel un cactus.

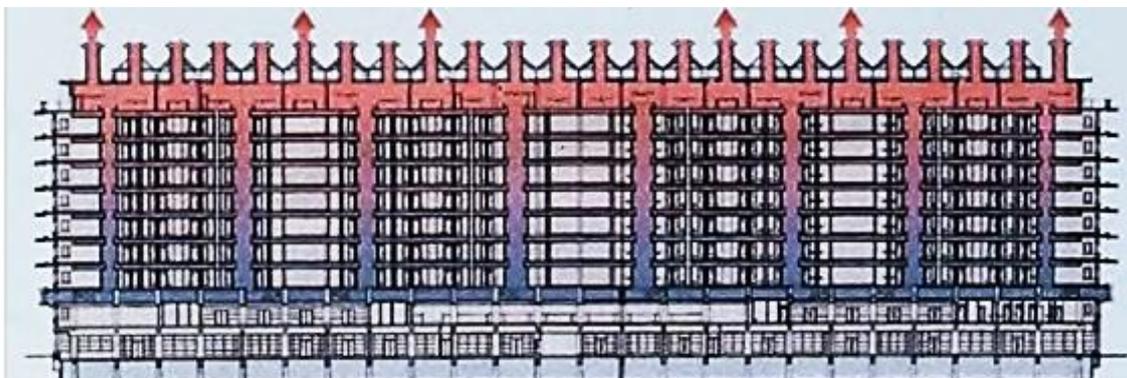


Figure 96 : La façade de l'Estgate building (Source : Perce,2007)

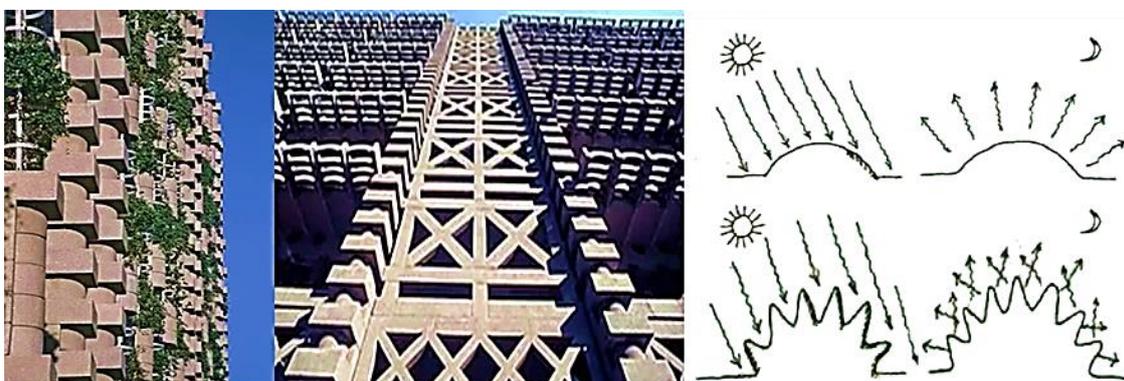


Figure 97 : Vue détaillé sur la façade (gauche) Réflexion du soleil sur les surfaces lisses et épineuses (droite). (Source : Perce,2007)

## CHAPITRE 04 PROGRAMMATION ET PROCESSUS DE CONCEPTION

### II.1.5 L'analyse des plans

La superficie totale de l'immeuble est de 31000m<sup>2</sup> répartie en espaces de bureaux, (26000m<sup>2</sup>) et de commerces au rez-de-chaussée (5000m<sup>2</sup>) avec 450 places de parking, plus un espace de restauration au 2<sup>ème</sup> étage.

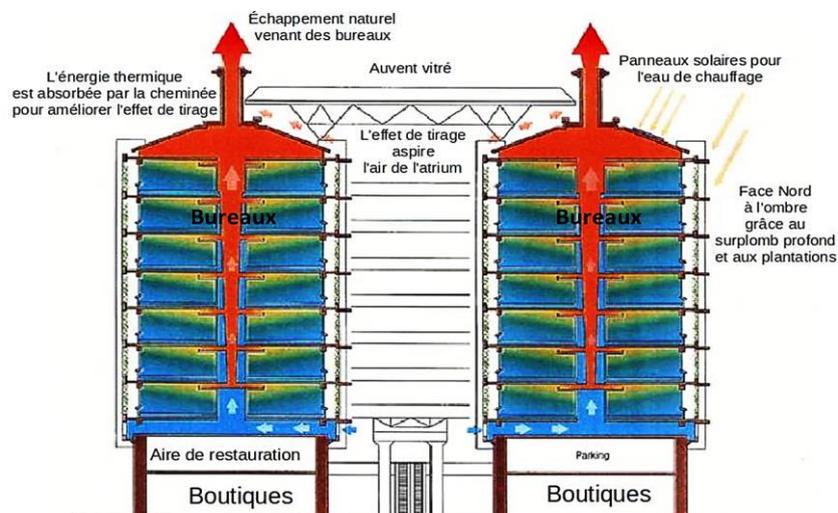


Figure 98 : Coupe sur l'immeuble. (Source : TPE BIOMIMETISME)

Le commerce est placé au niveau de rez-de-chaussée, il contient des magazines de luxe de différentes types.

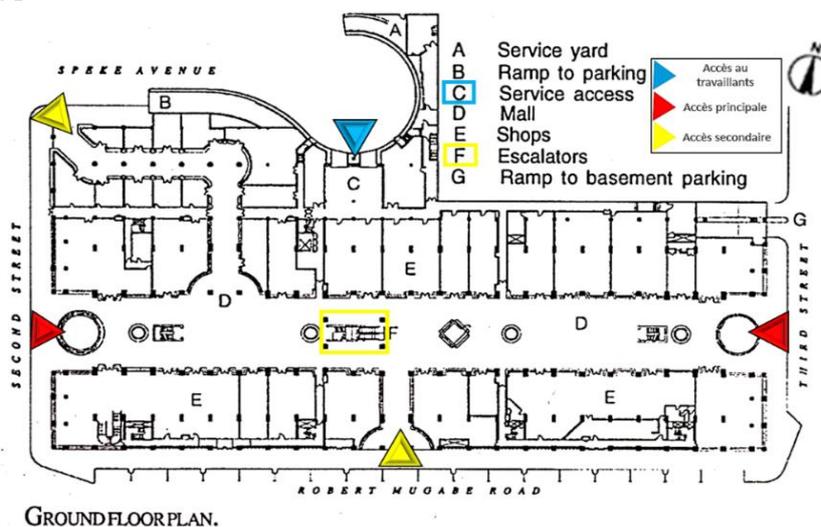


Figure 99 : plan du rez-de-chaussée. (Source : archnet.org (traité par l'auteur))

Les 7 étages suivant sont destinés au service de bureaux.

## CHAPITRE 04 PROGRAMMATION ET PROCESSUS DE CONCEPTION

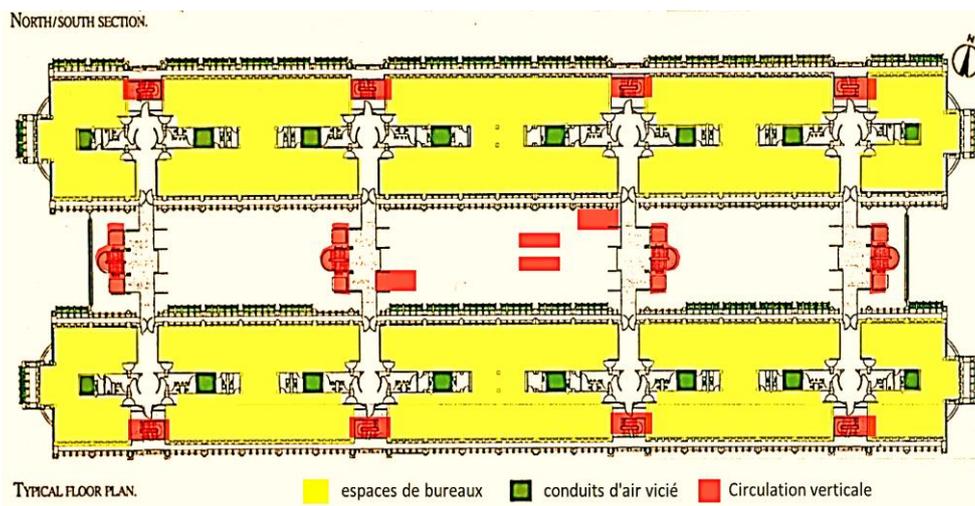
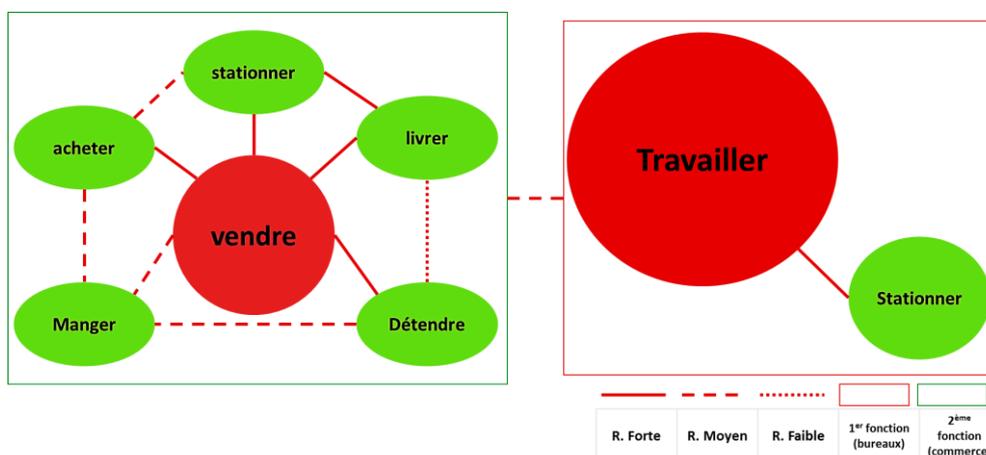


Figure 100 : plan des étages des bureaux. (Source : traité par l'auteur)

### II.1.6 Organigramme fonctionnel



### II.1.7 Système constructif

Ce bâtiment est construit de manière à stocker la chaleur dans la journée pour la libérer le soir, à l'aide d'une ossature en briques et en béton récupérés localement -dans une optique de développement durable-, qui ont une grande inertie thermique (ces matériaux sont capables de conserver leur température). Les plafonds sont de forme arrondie, ils sont réalisés en béton pour maximiser la surface de contact avec l'air ambiant.

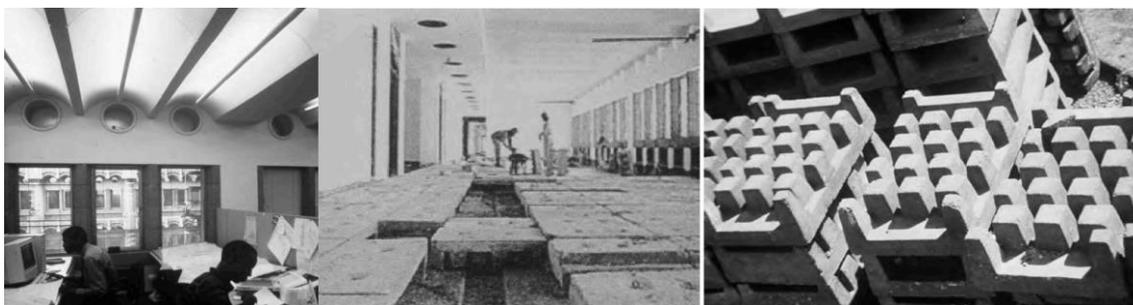
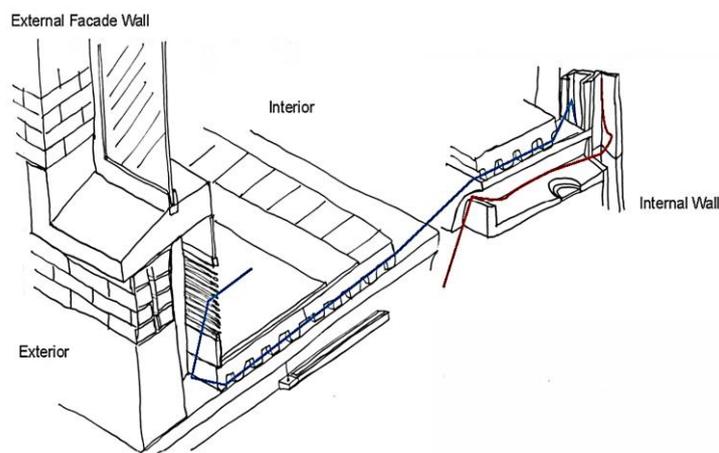


Figure 101 : Dalle préfabriquée (droite) et plafond voûté en béton (gauche)

(Source: Pearce, 2015, Eastgate for students).

## CHAPITRE 04 PROGRAMMATION ET PROCESSUS DE CONCEPTION



**Figure 102** : Schéma des dalles de ventilation choisies pour transfère et expulse la chaleur.

(Source : PAUL JACOB BARTSCH)

## II.2 TOUR CAYAN

### II.2.1 Présentation du projet

- Fiche technique
  - Nom officiel : Tour Cayan
  - Lieu : Dubai, Emirat Arabes unis
  - Fonction du bâtiment : résidentielle
  - Architecte : SOM
  - Hauteur : 307m
  - Hauteur d'étage occupé : 263.1m
  - Nombre d'étage : 73
  - Nombre d'appartement : 495
  - Nombre des parkings : 623
  - Nombre d'ascenseur : 7
  - Superficie : 111,484 m<sup>2</sup>



**Figure 103** : la tour de Cayan à Dubai

La tour de Cayan connue comme le tour de l'infini avant son inauguration, est un gratte-ciel de Dubai de 73 étages. Il est conçu par le cabinet d'architecture et de design Skidmore, Owings and Merrill (SOM) ont commencé ses travaux de construction en 2006 et ont terminé en 2013.

## CHAPITRE 04 PROGRAMMATION ET PROCESSUS DE CONCEPTION

### II.2.2 Motivation du choix

- La forme permet de réduire les pressions du vent.
- Contrôle efficacement la chaleur intense de désert.
- Les unités résidentielles de luxe.
- Tour multifonctionnel
- Profiter pleinement de la visibilité du site
- Optimiser les vues de l'intérieur de la tour
- Créer un point de repère dans la marina de Dubaï

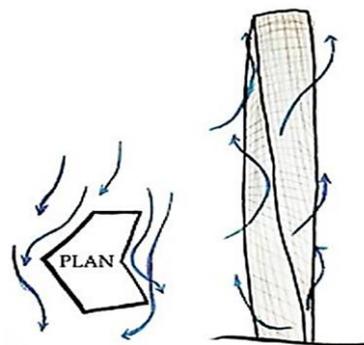


Figure 104 : la tour de Cayan à Dubaï.

### II.2.3 Situation

La ville de Dubaï est remplie des merveilles architecturales, la tour de Cayan est l'un de ces architectures qui est située le long de la marina artificielle de Dubaï qui est en grande partie composée des tours indistincts qui ne parlent pas de leur emplacement.

La tour résidentielle de luxe est clairement visible le long du golfe, qui est marquée une expression pure de la forme du bâtiment suivant direct leur cadre structurel.



Figure 105 : Localisation de tour Cayan à Dubaï

Les appartements ont vue sur la marina, la mer et palm jumeirah, l'île artificielle en forme de palmier.

## CHAPITRE 04 PROGRAMMATION ET PROCESSUS DE CONCEPTION



Figure 106 : Optimisation du contexte et de la vue du site de la tour.

La juxtaposition de la tour au bord de la mer et à côté des bâtiments rectangulaires voisins contribue à créer un environnement urbain plus doux.



Figure 107 : La tour crée une silhouette variable dans son environnement.

### II.2.4 La volumétrie

La forme extérieure du projet est une expression directe de son cadre structural qui représente une forme hélicoïdale créée par les étages rotatifs, chaque étage est pivoté de 1.2 degré pour créer une rotation complète de 90 degré de bas en haut dans le sens des aiguilles de la montre.

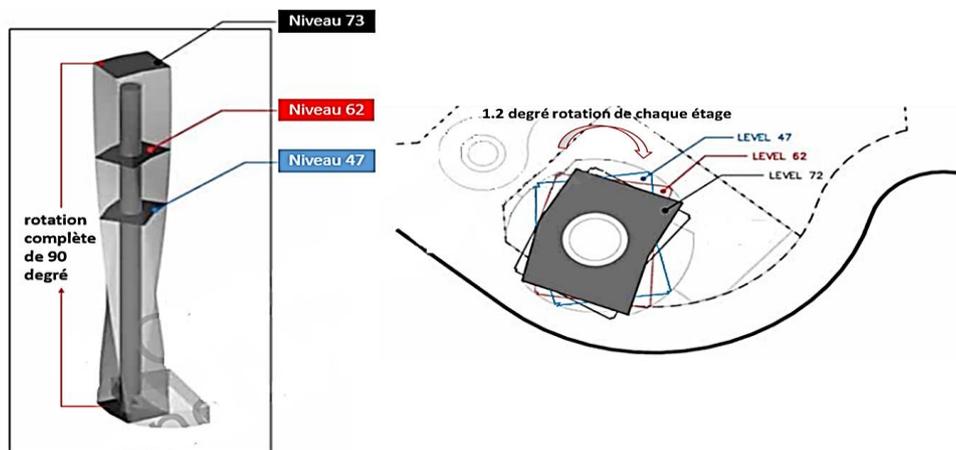


Figure 108 : Elévation de la tour Cayan (gauche) ; vue de dessus de la tour (droite)

## CHAPITRE 04 PROGRAMMATION ET PROCESSUS DE CONCEPTION

Cette forme est marquée la philosophie de conception de SOM, ce qui montre la grande puissance du design grâce à cette forme.

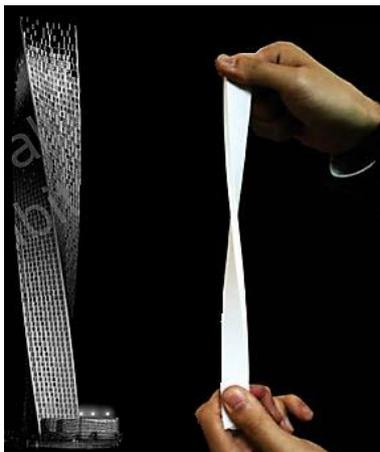


Figure 109 : idée de conception.

### II.2.5 La façade

La forme sinueuse de la tour révèle une structure qui aide à protéger son intérieure du soleil. Cependant, afin de protéger la tour de la chaleur du désert et de fournir de l'ombre, la structure en béton armé à l'extérieur est entièrement revêtue de panneaux d'ombrage et écrans en métal (titane) tiennent à 10.16 cm de verre.

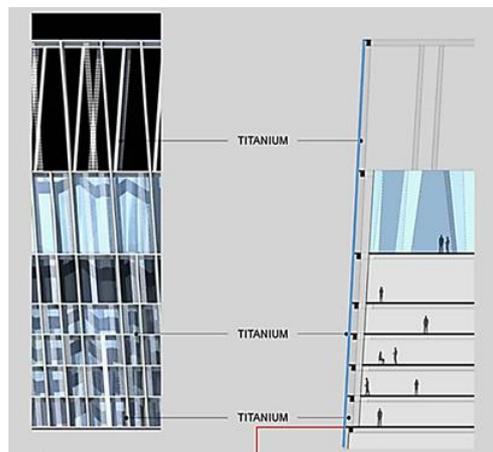
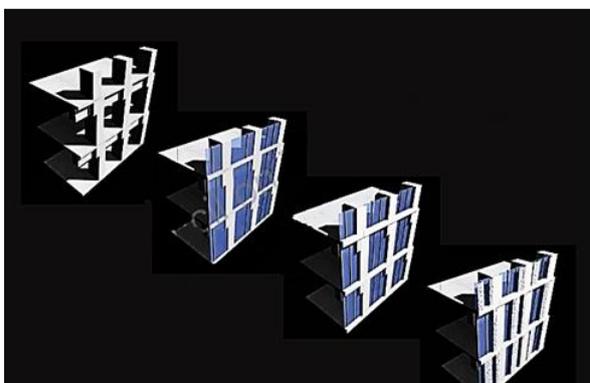


Figure 110 : Système de revêtement (gauche) ; Le mur extérieur : le vitrage est poussé à 20 cm de la face extérieure des colonnes.

Les panneaux sont s'inspirant des moucharabiehs arabes et rappelant à l'intimité de la vie traditionnelle.



Figure 111 : Vue détaillé de la façade de la tour.

## CHAPITRE 04 PROGRAMMATION ET PROCESSUS DE CONCEPTION

### II.3.6 L'analyse des plans

La tour comprend des logements résidentiels de luxe (495 appartements), des parkings, des magasins, d'une piscine et d'une cafétéria publique à l'extérieur.

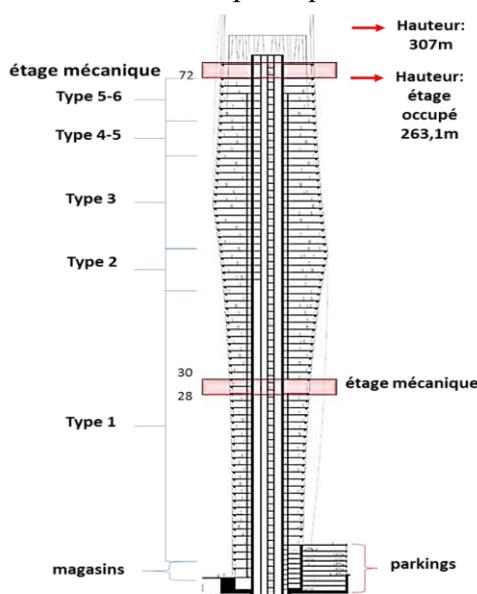


Figure 112 : Coupe sur le tour. (Source :

[https://www.architectmagazine.com/design/buildings/cayan-tower-designed-by-skidmore-owings-merrill\\_o](https://www.architectmagazine.com/design/buildings/cayan-tower-designed-by-skidmore-owings-merrill_o))

La tour Cayan dispose de :

- 6 étages de podium dans lesquels se trouvent : le hall de la tour, les parkings, les magasins et les cafés publiques (Fig.113).

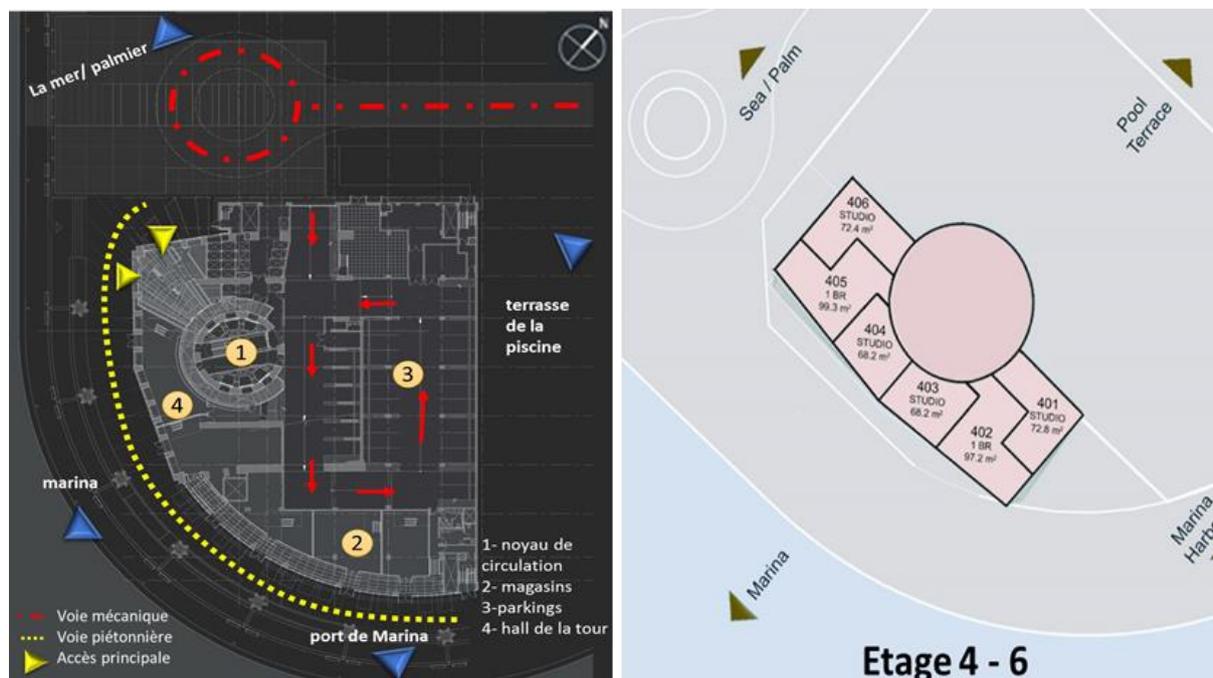


Figure 113 : Plan de RDC (gauche) ; Plan d'étage 4 – 6 (droite).

## CHAPITRE 04 PROGRAMMATION ET PROCESSUS DE CONCEPTION

- Le développement des appartements comprend de 1, 2, 3, 4 chambres, des penthouses et des duplexes.

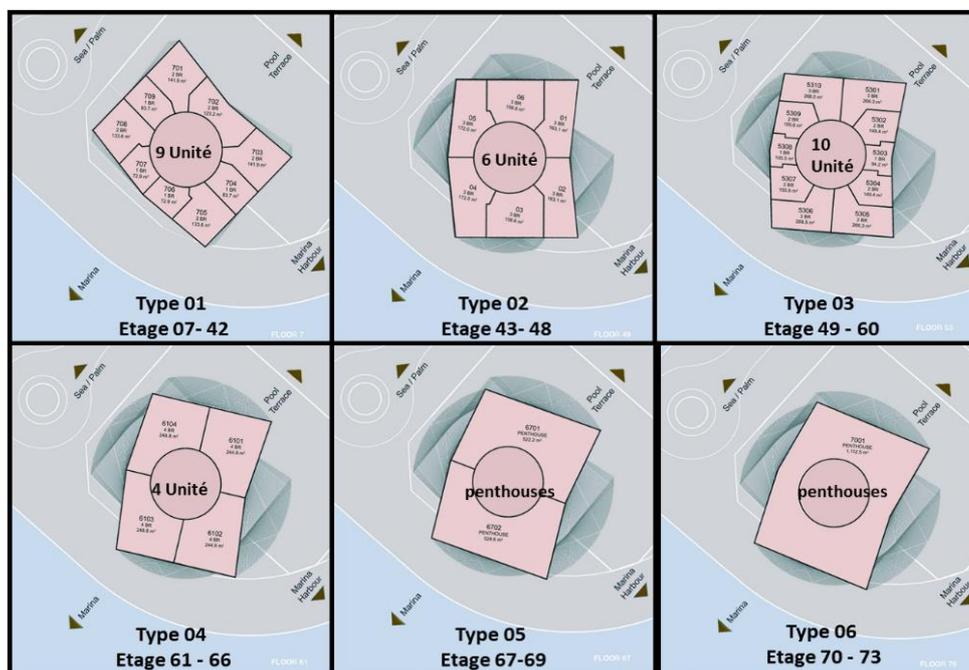


Figure 114 : Les différentes types des plans.

- Il y a 2 étages mécaniques dans la tour et ils sont situés aux 28<sup>ème</sup> et 72<sup>ème</sup> étages.
- Les 2 étages mécaniques ont une hauteur de 2 étages (duplex) à 4 chambres.
- En ce qui concerne les équipements, la tour dispose d'un podium et d'une terrasse entièrement aménagés, d'une piscine à débordement extérieure et d'un bassin pour enfants, situés au 6<sup>ème</sup> étage.

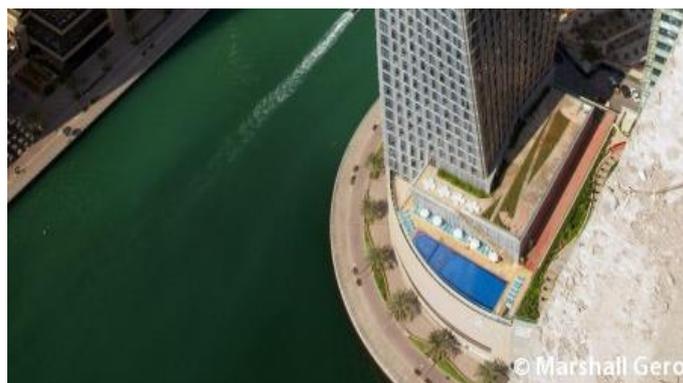


Figure 115 : Piscine, terrasse aménagée. (Source : <http://www.skyscrapercenter.com/building/cayan-tower/464>)

- Chaque appartement de la tour cayen représente des intérieurs de style international contemporaine, des finitions en marbres et en bois et des installations hautes de gamme.

## CHAPITRE 04 PROGRAMMATION ET PROCESSUS DE CONCEPTION

- Parmi les autres équipements proposés, citons C-Spa, un spa de santé luxueux avec des salles de soins, un sauna, un gymnase et de nombreuses autres installations de restauration.

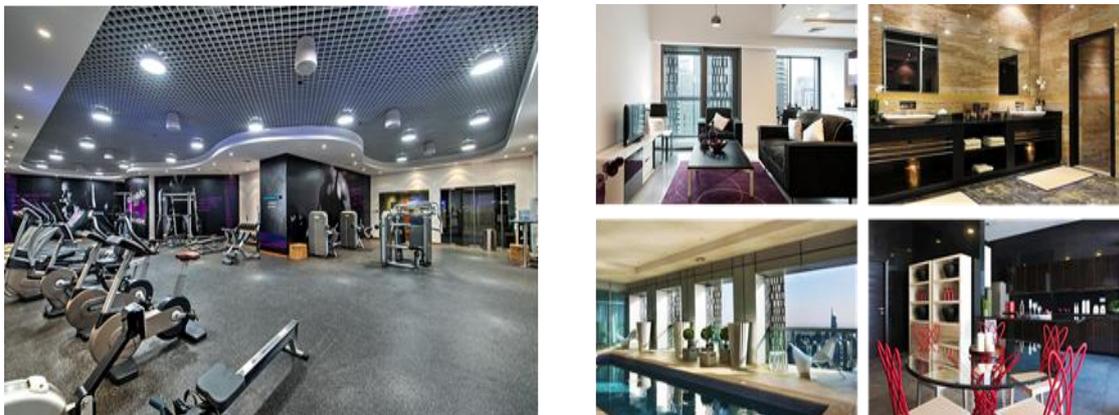
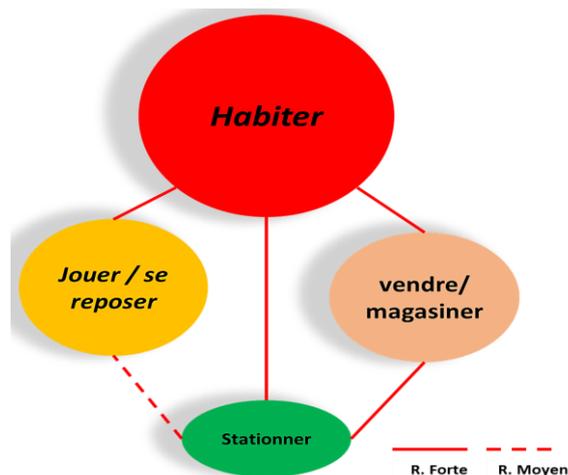


Figure 116 : Salle gymnase (gauche) ; Vue sur les intérieurs de luxe (droite).

### II.2.7 Organigramme fonctionnel



### II.2.8 Système constructif

La forme sinueuse révèle une structure qui aide à protéger l'intérieur du soleil, de plus, sa structure en béton armé est recouverte de panneaux métalliques et des écrans pour fournir de l'ombre supplémentaire de la chaleur intense. Les positions des portes sur les plans des appartements ne bougent pas, donc il existe un couloir circulaire autour de noyau centrale. Ainsi que les systèmes mécaniques, électriques et de plomberie traversant le noyau central ce qui permet un chemin droit pour les services publics.

## II.3 LA TOUR HELICOÏDALE AGORA GARDEN

### II.3.1 Présentation du projet

- Fiche technique

## CHAPITRE 04 PROGRAMMATION ET PROCESSUS DE CONCEPTION

- Nom officiel : Tao Zhu Yin Yuan
- Lieu : Taipei, Taiwan
- Fonction du bâtiment : résidentielle
- Architecte : Vincent Callebaut Architectures (Paris, France), LKP Architecture (Taipei, Taiwan)
- Date de réalisation : 2013-2018
- Hauteur : 93.2 m
- Nombre d'étage : 21
- Nombre d'appartement : 40
- Nombre des parkings : 623
- Nombre d'ascenseur : 7
- La dimension totale de l'immeuble: 42.335 m<sup>2</sup>

L'architecte Belge Vincent Callebaut construit à Taiwan l'un des projets immobiliers écologiques les plus intéressants en ce début de 21<sup>e</sup> siècle, qui devrait connaître une révolution dans la manière de concevoir l'architecture. Il s'agit d'une tour résidentielle baptisée Agora Garden. Elle sera vêtue de toutes sortes de verdure, comme des arbres de grande taille. Sa vision est ambitieuse : créer une civilisation à économie d'énergie et à absorption d'énergie pour lutter contre le réchauffement climatique.



**Figure 117 :** La tour hélicoïdale Agora Garden.

(Source : <http://www.klcse.com/tao-zhu-yin-yuan-residential-tower.html>)

### II.3.2 Motivation du choix

- Une tour verte qui absorbe du carbone.
- La protection de la nature et de la biodiversité.
- La protection de l'environnement et la qualité de vie.
- La réduction du réchauffement climatique.
- La gestion des ressources naturelles et des déchets.
- Un bâtiment a un but de forger une relation symbiotique entre citadin et la nature.

## CHAPITRE 04 PROGRAMMATION ET PROCESSUS DE CONCEPTION

### II.3.3 Situation

Le projet Agora Garden est situé dans le cœur des réseaux urbains de Xinyin District au partie orientale de Taipei, la capitale nationale de Taiwan. Le district abrite le gouvernement de la ville et le bureau du maire, ainsi que le quartier central des affaires et des finances de Taipei. La tour Située à seulement un kilomètre de la tour Taipei 101. La forme de la tour offre une vue panoramique sur le paysage urbain environnant à tous les résidents.



Figure 118 : plan de situation.

(Source : <https://www.archdaily.com/800209/vincent-callobaut-architectures-double-helix-eco-tower-takes-shape-in-taiwan>)

### II.3.4 La volumétrie

La forme unique de la tour a été inspirée par la double hélice des brins d'ADN. Elle tourne de 4,5 degrés à chaque étage, jusqu'à un total de 90 degrés. Le projet contient de tours hélicoïdales se rassemblant autour d'un noyau central.

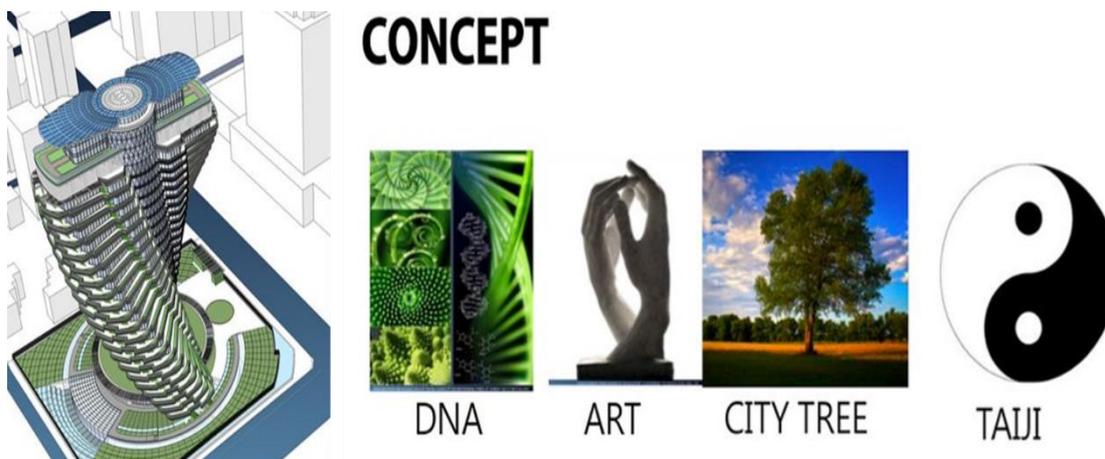


Figure 119 : Inspiration de la forme.

(Source : <https://www.flickr.com/photos/eager/15201661239/in/photostream/lightbox/>)

## CHAPITRE 04 PROGRAMMATION ET PROCESSUS DE CONCEPTION

### II.3.5 La façade

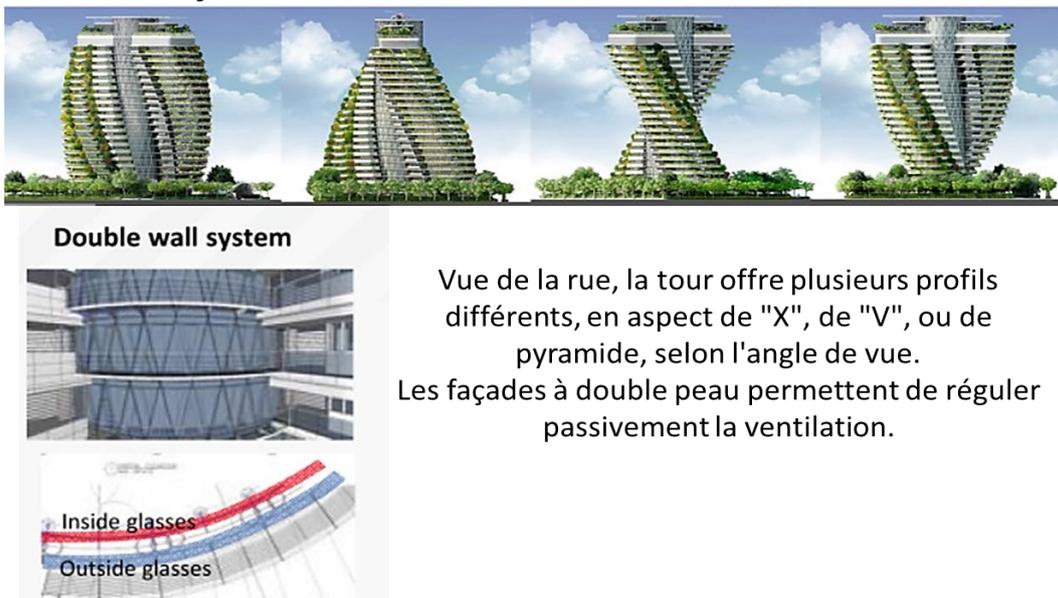


Figure 120 : La façade de la tour.

(Source : <https://www.archilovers.com/projects/210649/gallery?1937919&1937928=>)

### II.3.6 L'analyse des plans

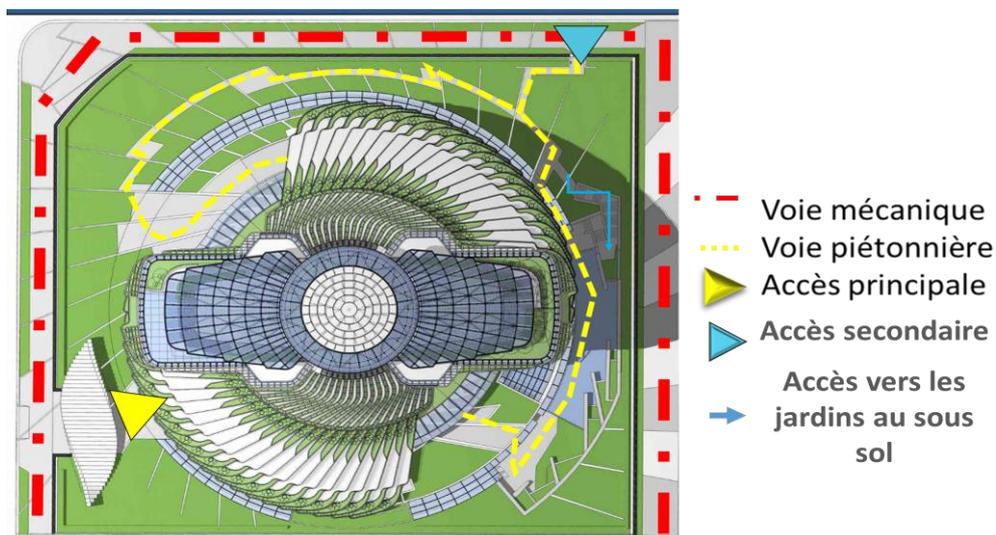


Figure 121 : plan de masse. (Source : Vincent Callebaut Architectures)

Sur un seul niveau, quatre types de logements sont présents. L'ensemble de la structure comprend 40 appartements de luxe et des installations. Le fait de tordre la forme crée l'optimisation pour les jardins suspendus à ciel ouvert, composés de hauts balcons plantés de vergers suspendus, de potagers biologiques et de verdure médicinale. Multiplier les vues transversales de la pyramide rhomboïdale globale est-ouest est obtenu par la prise des appartements, ce qui leur permet également d'avoir une vue exceptionnelle sur la ville.

## CHAPITRE 04 PROGRAMMATION ET PROCESSUS DE CONCEPTION

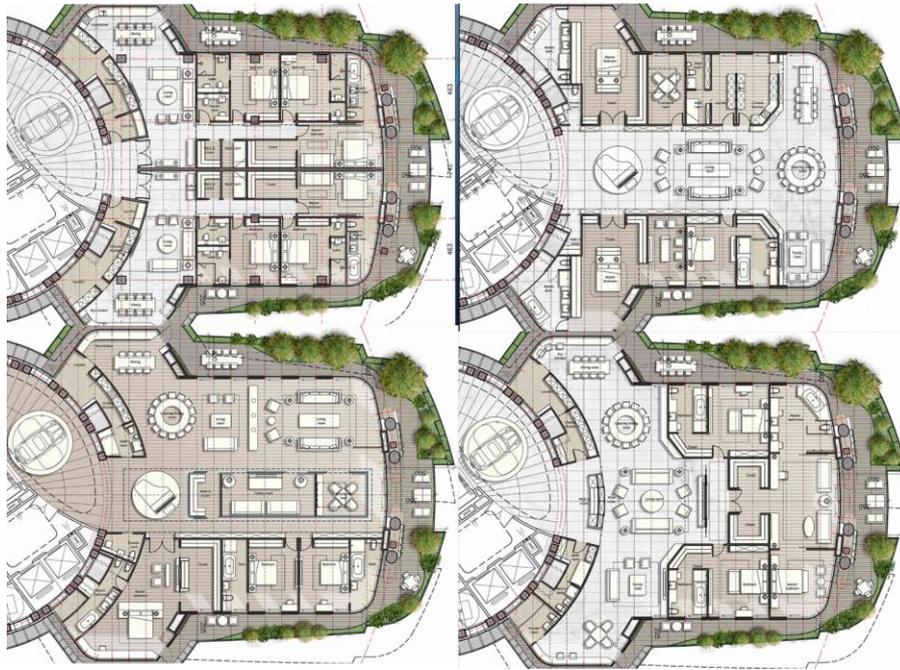


Figure 122 : les différents types de plan. (Source : Vincent Callebaut Architectures)

### II.3.7 Système constructif

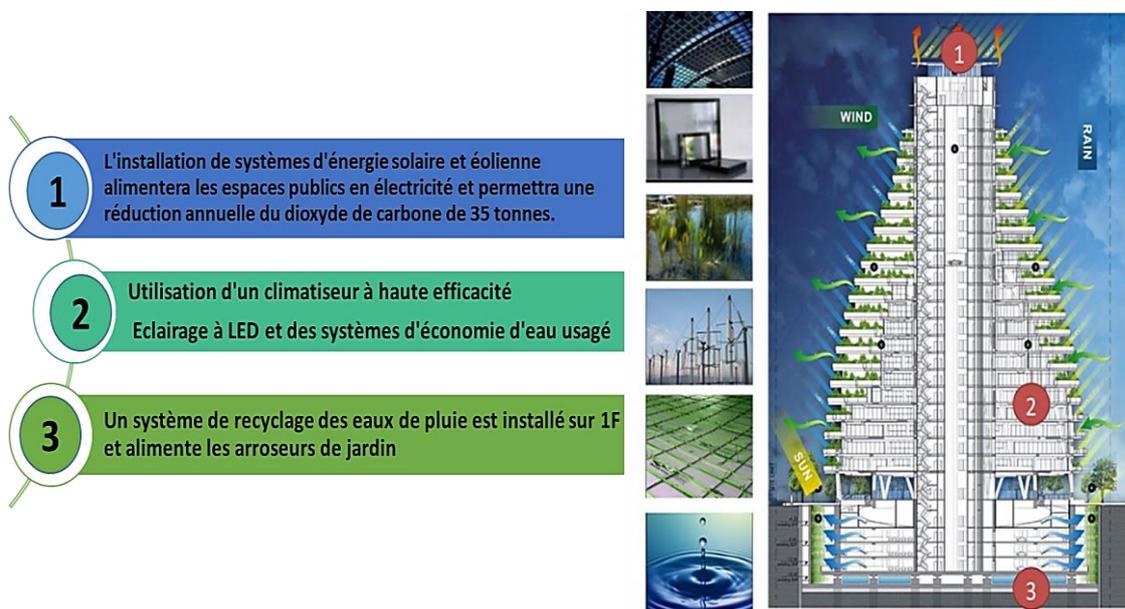
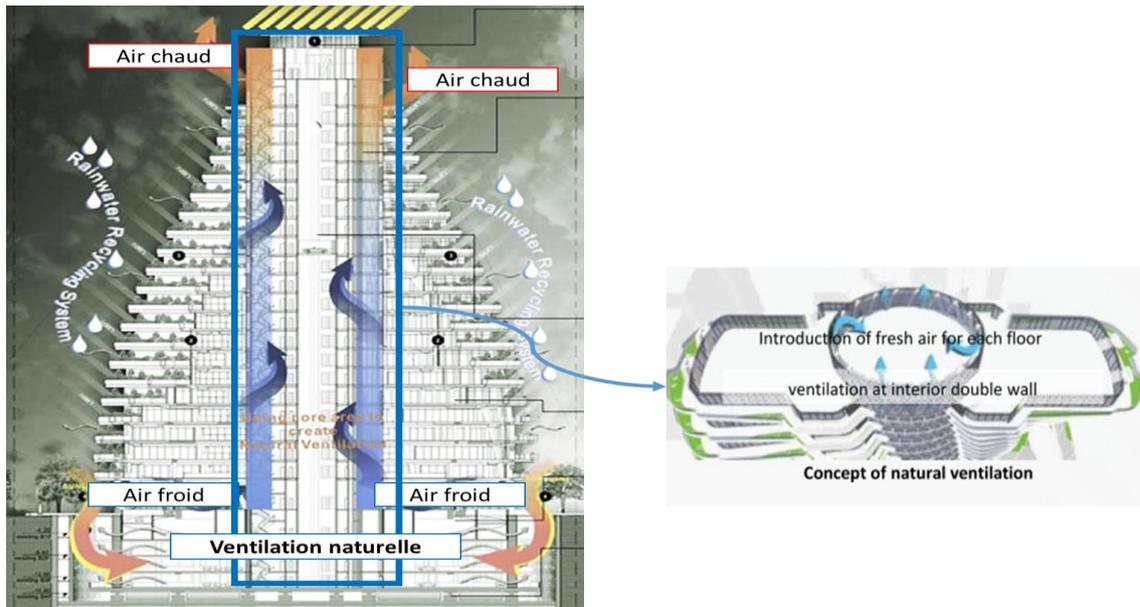


Figure 123 : Coupe du tour. (Source : <https://www.flickr.com/photos/eager/15365389816/in/photostream/lightbox/>)

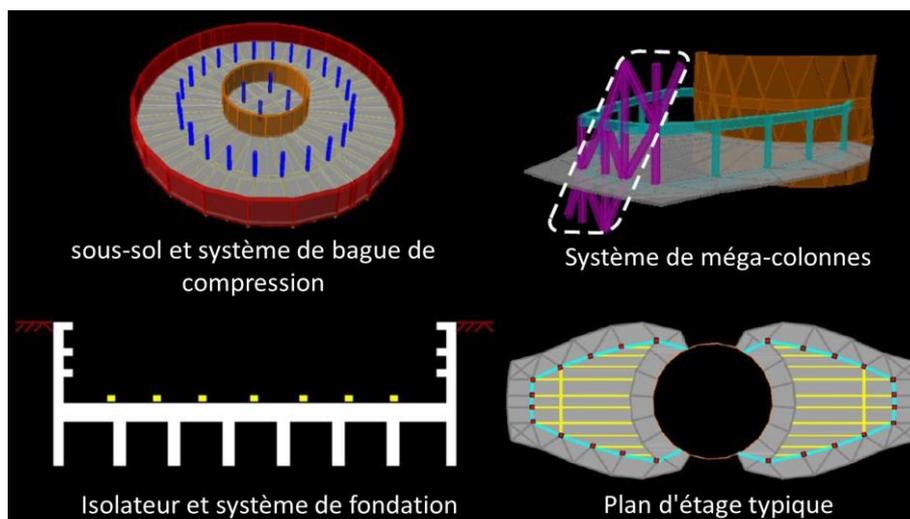
# CHAPITRE 04 PROGRAMMATION ET PROCESSUS DE CONCEPTION



**Figure 124 :** Système de ventilation naturelle. (Source : [https://www.archilovers.com/projects/210649/gallery?1937919&1937928=](https://www.archilovers.com/projects/210649/gallery?1937919&1937928))

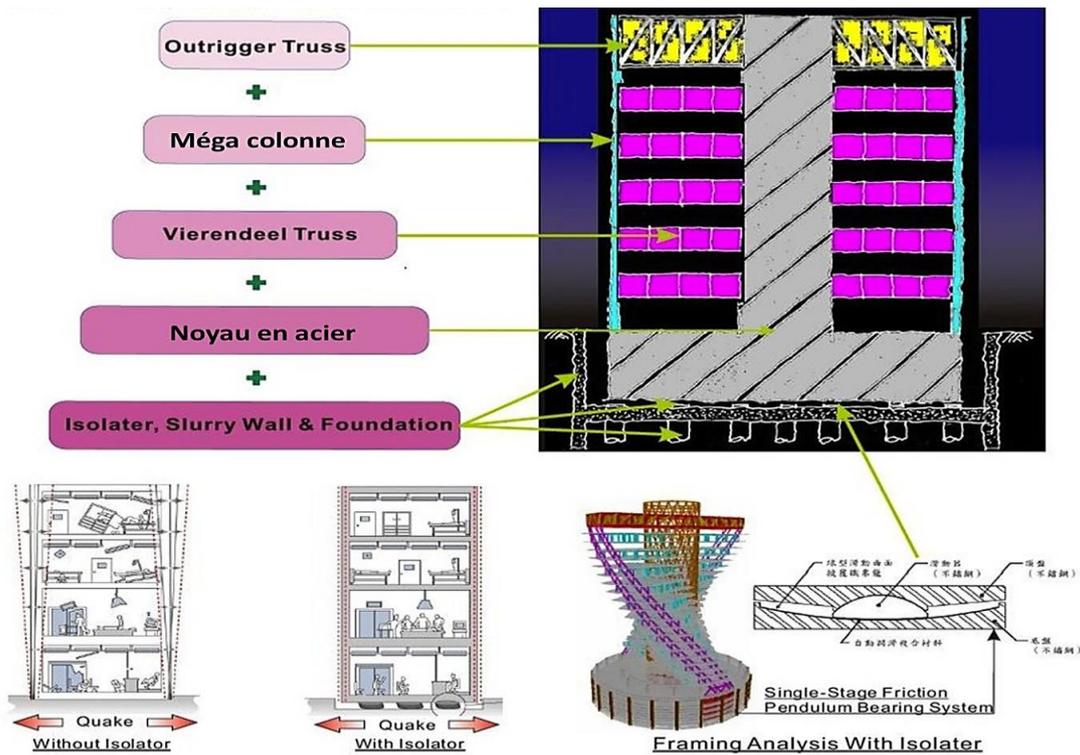


**Figure 125 :** système de double plancher. (Source : <https://www.flickr.com/photos/eager/15365389816/in/photostream/lightbox/>)



**Figure 126 :** système de structure. (Source : <http://www.klcse.com/tao-zhu-yin-yuan-residential-tower.html>)

# CHAPITRE 04 PROGRAMMATION ET PROCESSUS DE CONCEPTION



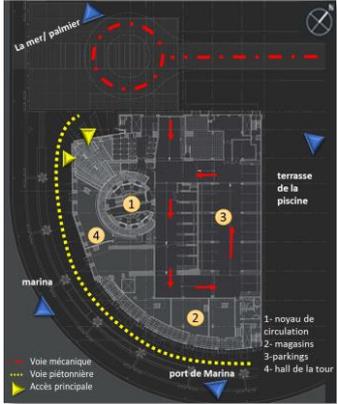
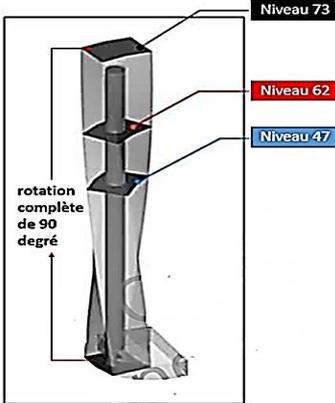
**Figure 127 :** Le joint sismique adopte une forme circulaire à la base du bâtiment.  
 (Source : <http://www.klcse.com/tao-zhu-yin-yuan-residential-tower.html>)

## II.4 COMPARAISON

**Tableau 8 :** comparaison des exemples.

	<b>Exemple 01 AGORA GARDEN</b>	<b>Exemple 02 Dubai CAYAN TOWER</b>	<b>Exemple 03 L'EASTGATE BUILDING</b>
<b>Situation</b>	<p>Le projet Agora Garden est situé dans le cœur des réseaux urbains de Xinyin District au partie orientale de Taipei, la capitale nationale de Taiwan.</p> 	<p>La tour de Cayan est située le long de la marine artificielle de Dubai.</p> 	<p>Localisé à Harare, qui se trouve dans la région nord-est du Zimbabwe, Le centre entouré par des équipements commerciales.</p> 

# CHAPITRE 04 PROGRAMMATION ET PROCESSUS DE CONCEPTION

<p><b>Accessibilité</b></p>	<p>Le projet est entouré par les voiries qui sont assurés l'accessibilité.</p> <p>Il a un accès principale pour les voitures et les piétons et d'autre accès secondaire pour les piétons</p> 	<p>Le noyau de circulation contient de 7 ascenseurs et 2 escaliers qui sont Accès aux défretent espaces dans le tour.</p> 	<p>Le projet est accessible.</p> 
<p><b>Programme</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Appartements</li> <li>-Parking</li> <li>-piscine au sous-sol</li> <li>-jardin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Magasins</li> <li>- Piscine</li> <li>- Salle de gymnase</li> <li>- Spa de santé</li> <li>- Un sauna</li> <li>- Appartements</li> <li>- Parking</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bureaux</li> <li>- Commerce</li> <li>- Espace de stationnement</li> <li>- Restauration</li> </ul>
<p><b>La volumétrie</b></p>	<p>Le projet contient de tours hélicoïdales se rassemblant autour d'un noyau central.</p> 	<p>une forme hélicoïdale créer par les étages rotatifs, chaque étage est pivoté de 1.2 degré pour créer une rotation complète de 90 degré de bas en haut.</p> 	<p>Le bâtiment rectangulaire de 140 mètres de long et 70 mètres de large est composé de deux blocs identiques de neuf étages reliés entre eux par un atrium couvert d'une toiture vitrée.</p> 
<p><b>Aspect écologique</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- la forme sinueuse de la tour révèle une structure qui aide à protéger son intérieure du soleil.</li> <li>- La forme permet de réduire les pressions du vent.</li> <li>-Les façades à double peau permettent de réguler passivement la ventilation.</li> <li>-Une tour verte qui absorbe du carbone.</li> <li>-La protection de la nature et de la biodiversité.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- la forme sinueuse de la tour révèle une structure qui aide à protéger son intérieure du soleil.</li> <li>- La forme permet de réduire les pressions du vent.</li> <li>- à l'extérieur est entièrement revêtue de panneaux d'ombrage et écrans en métal (titane) tiennent à 10.16 cm de verre.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-stocker la chaleur dans la journée pour la libérer le soir, à l'aide d'une ossature en briques et en béton récupérés localement.</li> <li>-Les façades épineuses sont conçues pour servir de protections solaires.</li> <li>-Les plafonds sont de forme arrondie pour la distribution de l'air et ventilé les espaces intérieurs.</li> </ul>

## CHAPITRE 04 PROGRAMMATION ET PROCESSUS DE CONCEPTION

	-La protection de l'environnement et la qualité de vie. -La réduction du réchauffement climatique. -La gestion des ressources naturelles et des déchets.		-système de ventilation biomimétique inspirant de la termitière.
--	--	--	--

### III. PROGRAMMATION

Le projet architectural est toujours guidé par un programme qui permet d'établir les principes qualitatifs et quantitatifs d'un projet. C'est un point de départ mais aussi une phase préparatoire. Le programme a une forte liaison avec l'analyse des exemples de l'approche thématique, pour établir les rapports fonctionnels entre les différents espaces.

La programmation des espaces est basée sur les potentialités du site pour mieux les exploiter.

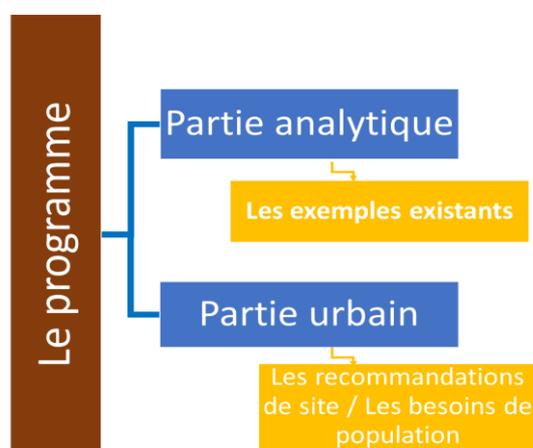
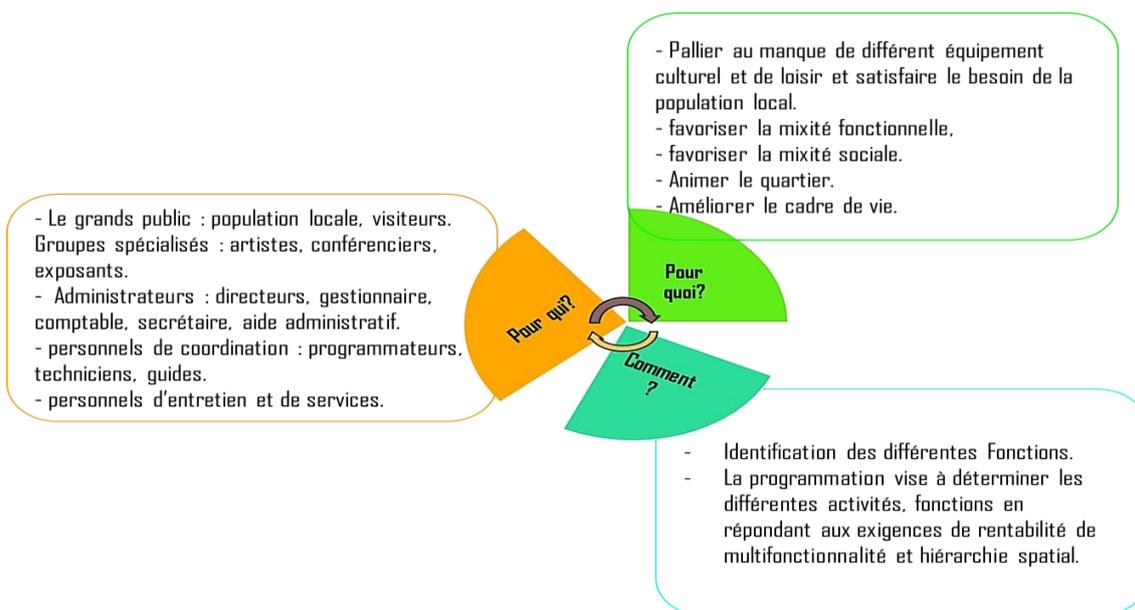


Figure 128 : Schéma de la méthode programmatique. (Source : OUMEDDOUR 2019)

## CHAPITRE 04 PROGRAMMATION ET PROCESSUS DE CONCEPTION

### III.1 L'OBJECTIF DE L'ETUDE PROGRAMMATIQUE



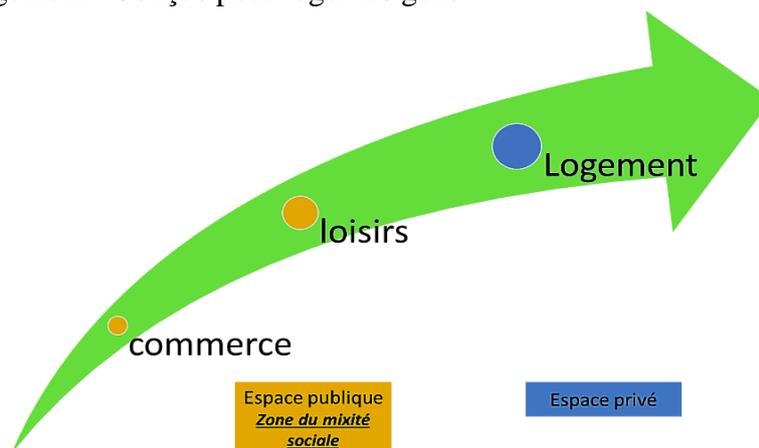
**Figure 129 :** Schéma représentatif de l'objectif de l'étude programmatique.

(Source : OUMEDDOUR 2019)

### III.2 COMPOSANTES DU PROJET

Notre objectif est de créer un espace vivant, qui regroupe tous les catégories sociales par un usage mixte, le projet va être aménagé selon une hiérarchie qui nous prend d'espace public vers le privé. Les composantes sont réparties au trois catégories :

- Commerce et loisirs : Des fonctions qui attirent les gens et donnent la vie à l'espace.
- Logement : Conçus pour loger les gens.



**Figure 130 :** Diagramme des fonctions principales du tour multifonctionnel.

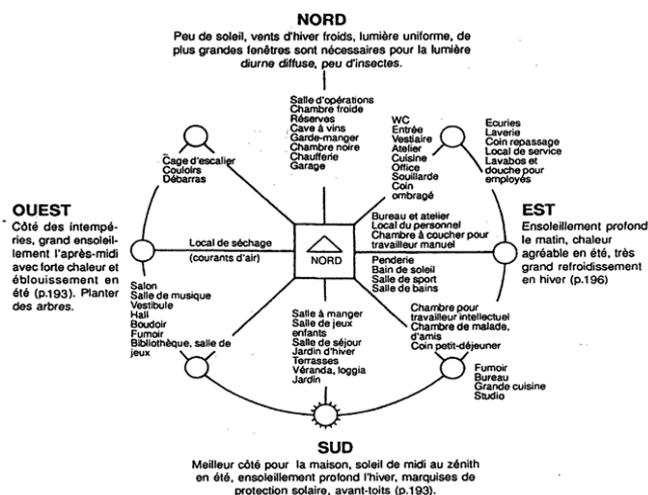
(Source : OUMEDDOUR 2019)

# CHAPITRE 04 PROGRAMMATION ET PROCESSUS DE CONCEPTION

## III.3 LA DEFINITION DES FONCTIONS

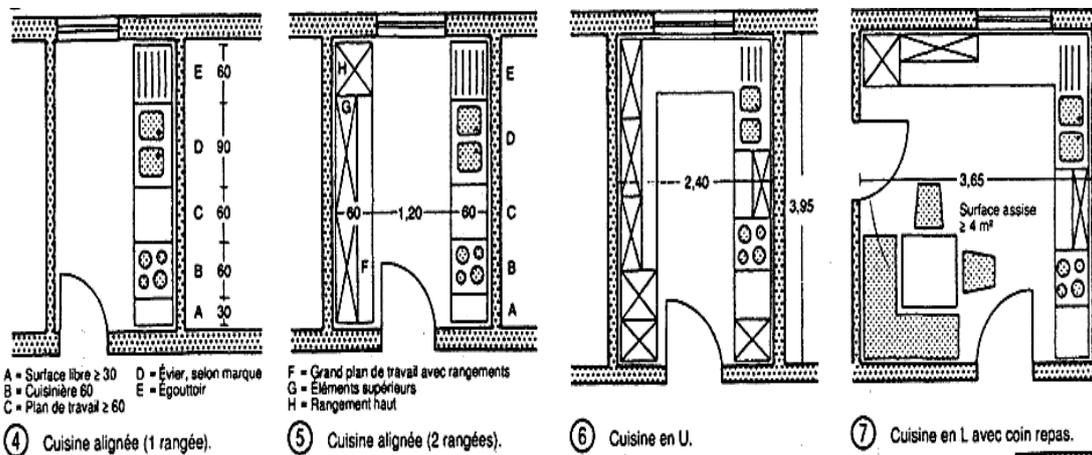
### ➤ Habitat

L'habitat est l'endroit où on habite, ou le milieu dans lequel vis un organisme, Il existe plusieurs types d'habitation individuelle et, collectifs, villa et appartement ... etc. Dans notre projet l'habitat et d'usage collectif type d'appartement qui est une unité d'habitation comportant un certain nombre de pièces et qui n'occupe qu'une partie du tour.



La disposition des bâtiments dans le terrain doit tenir compte de l'orientation et de la possibilité, qui sont les conditions pour un ensoleillement harmonieux durant la journée.

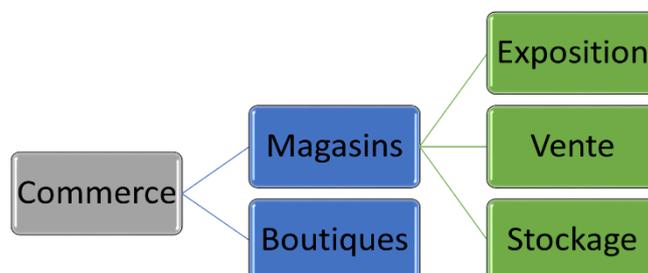
Surface minimale d'un coin de cuisine 5-6m<sup>2</sup>, d'une cuisine 8-10m<sup>2</sup>, d'une cuisine avec coin repas 12-14m<sup>2</sup>.



## **CHAPITRE 04 PROGRAMMATION ET PROCESSUS DE CONCEPTION**

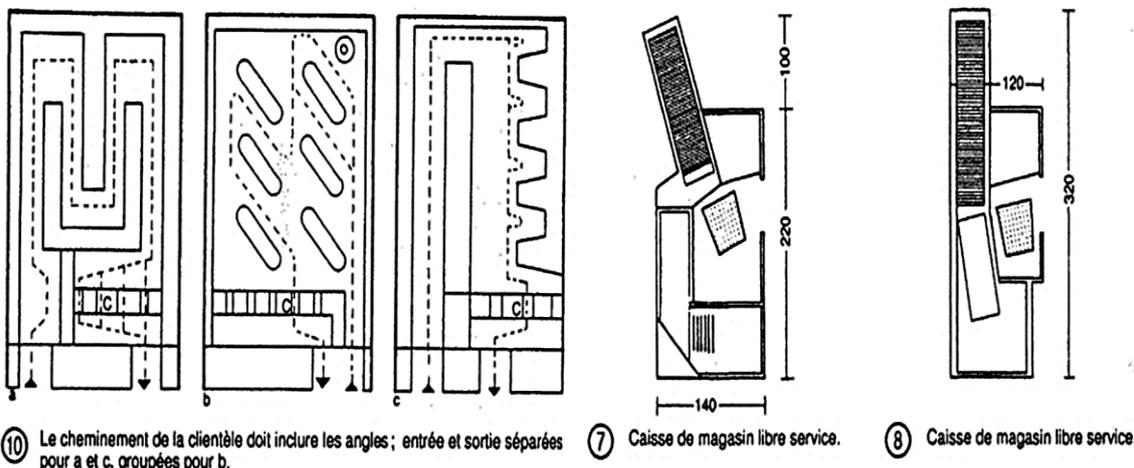
### ➤ Commerce

Elément moteur de la vie urbaine, il est aussi un acte social d'achat pour cette vie de population. Le commerce entant que fonction s'intègre dans le système général de distribution des biens. La distribution étant la phase économique qui suit la production des biens à partir du moment où ils sont mis en vente jusqu'au moment où ils sont livrés au consommateur. Le commerce se subdivisé lui-même en : commerce de gros, commerce de détail.



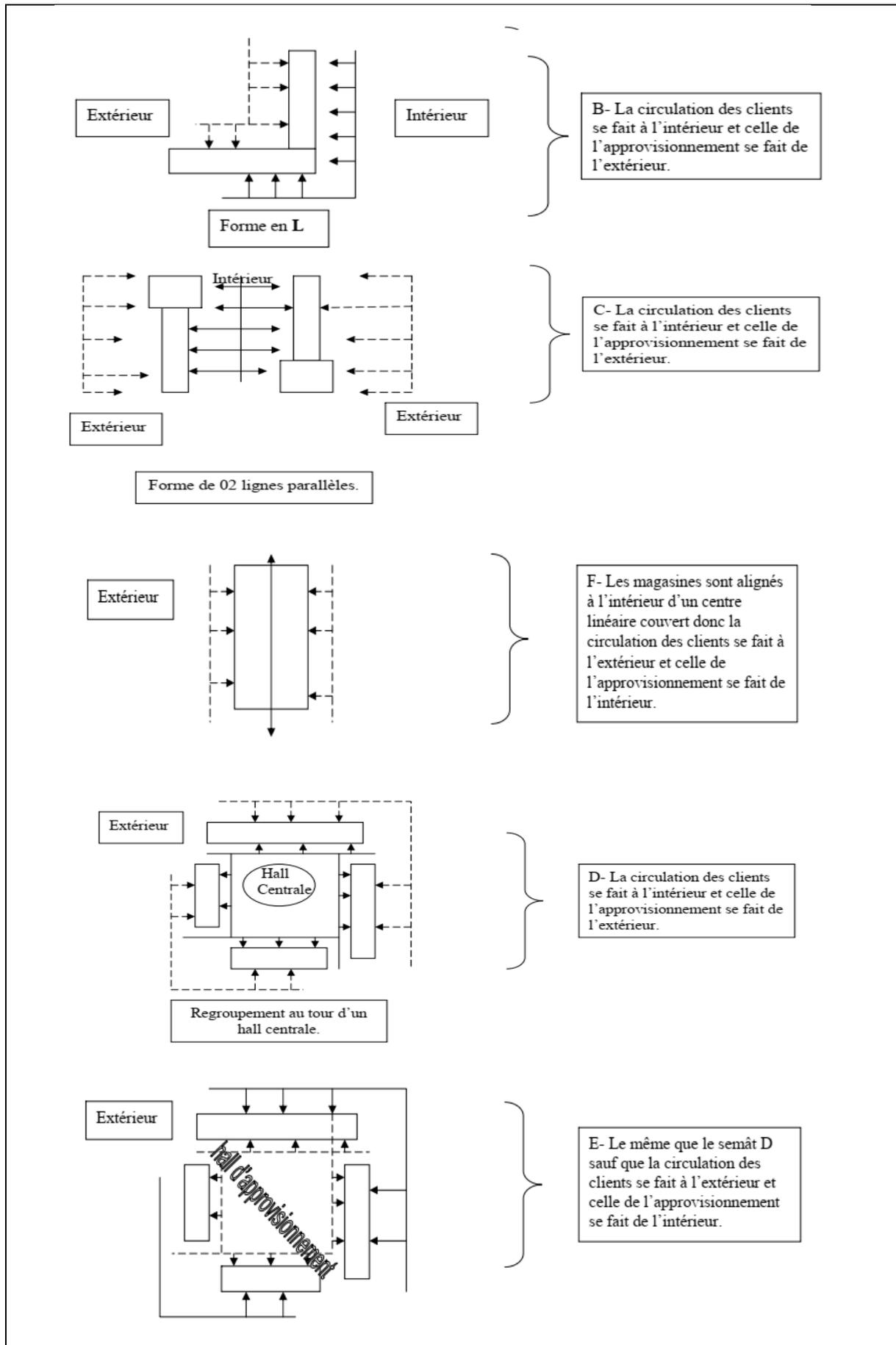
- Les fonctions principales

Espace	Fonction
L'accueil	Représente l'espace où se fait le premier contact entre l'utilisateur et l'équipement, c'est donc un espace d'articulation, comme les halls d'accueil et les cours centrales.
Le vente	La surface de vente d'un commerce est constituée de la surface consacrée à la circulation des clients lors de ses achats et du paiement (espaces de caisses), le client n'est pas obligé de faire des détours, de la surface au sol utilisée pour l'exposition des produits à la vente et des espaces de circulation du personnel préposé à la vente. La surface de vente ne comprend pas par contre les réserves et locaux techniques. La marchandise doit rester à portée de main le rayon supérieur à 1,80 m maximum le rayon inférieur à 30 cm au-dessus du sol. Les largeurs des circulations doivent être au minimum de 2 mètres.

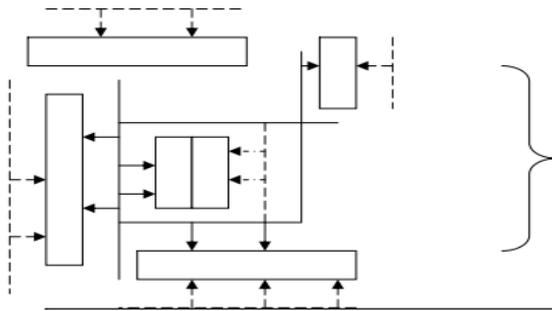


### Circuit des clients et marchandise dans les centres commerciaux

# CHAPITRE 04 PROGRAMMATION ET PROCESSUS DE CONCEPTION



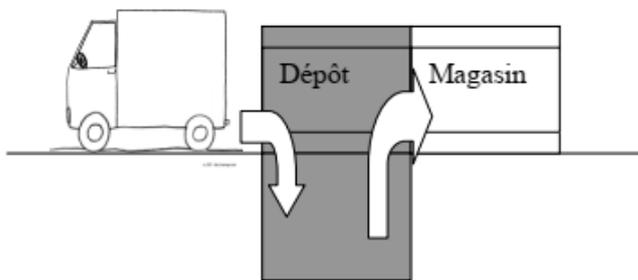
## CHAPITRE 04 PROGRAMMATION ET PROCESSUS DE CONCEPTION



F- Les magasins sont éparpillés sans ordre : à l'intérieur du centre la circulation des clients et approvisionnement se croisent par contre celle des magasins latéraux la circulation est normale l'approvisionnement se fait de l'extérieur et client a l'intérieur.

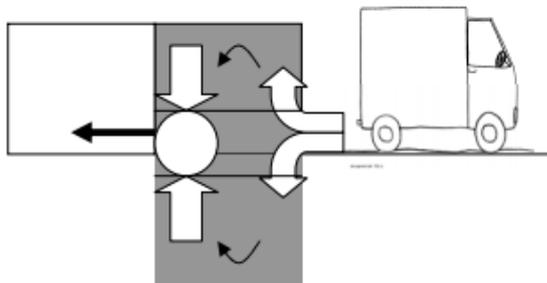
### Modes de livraison des boutiques commerciales

Type A:



Le dépôt se compose de 02 niveaux :  
-au dessous le dépôt principal  
-en haut se trouve le garage qui joue le rôle d'espace de transition.

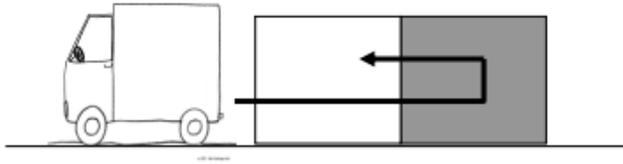
Type B:



Le dépôt se compose de 03 niveaux :  
-au centre c'est le dépôt principal qui joue le rôle d'espace de transition.  
-Les 02 autre est pour le stockage.

## CHAPITRE 04 PROGRAMMATION ET PROCESSUS DE CONCEPTION

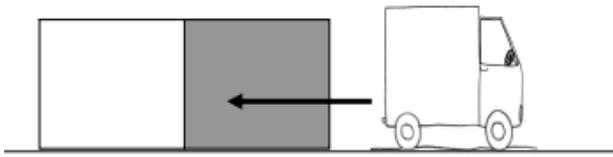
Type C:



L'approvisionnement se fait directement par la boutique vers le dépôt en arrière.

Création de conflit entre circulation du client et marchandise.

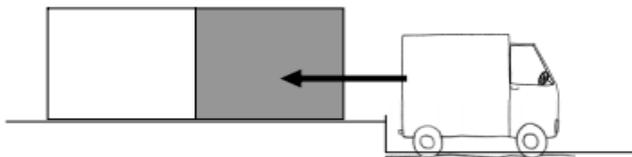
Type D:



L'approvisionnement se fait à l'arrière directement dans le dépôt

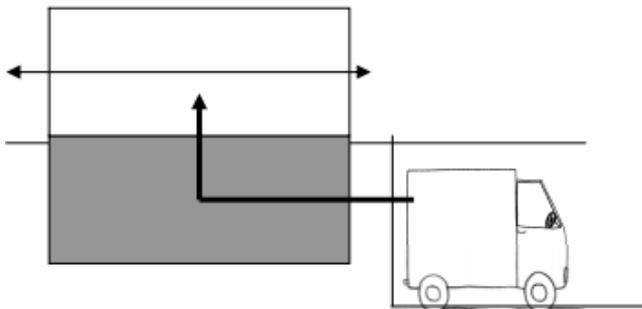
C la bonne méthode de livraison

Type E:



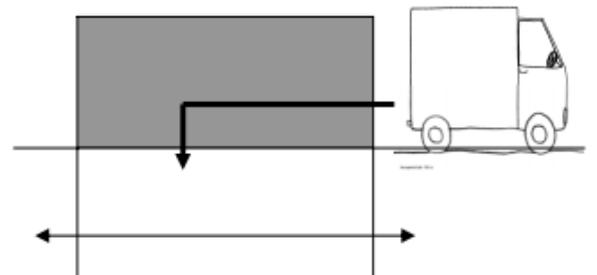
La rue d'approvisionnement est de niveau inférieur a celui du dépôt sa facilite le transport de la marchandise.

Type F:



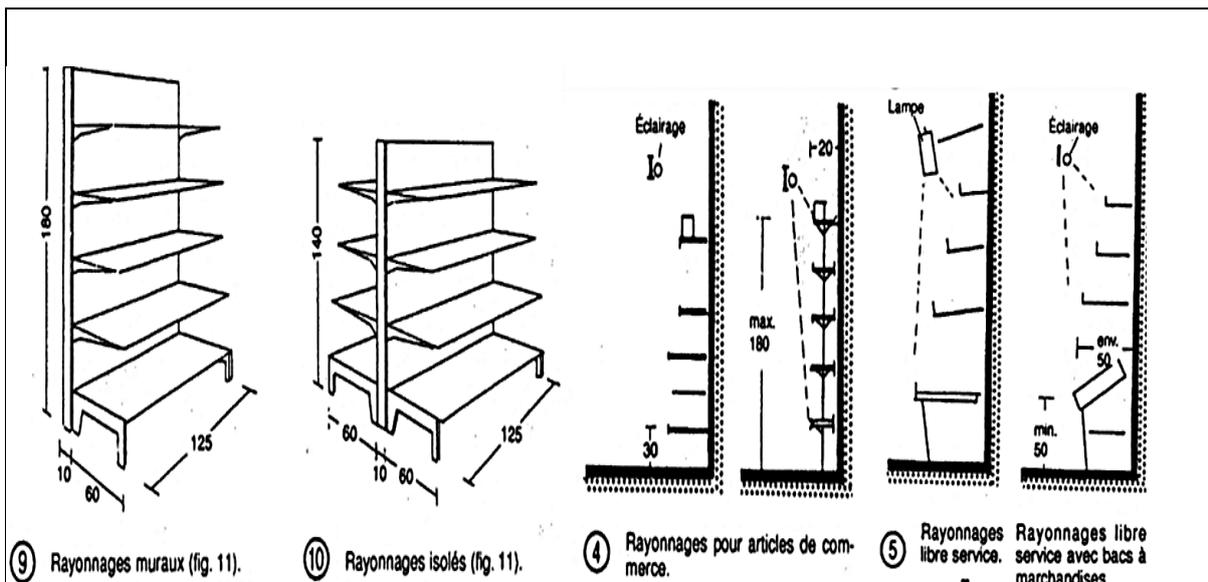
L'approvisionnement se fait directement dans le dépôt qui se trouve au niveau inférieur du magasin qui a 02 entrées

Type G:



Contraire au type F

# CHAPITRE 04 PROGRAMMATION ET PROCESSUS DE CONCEPTION



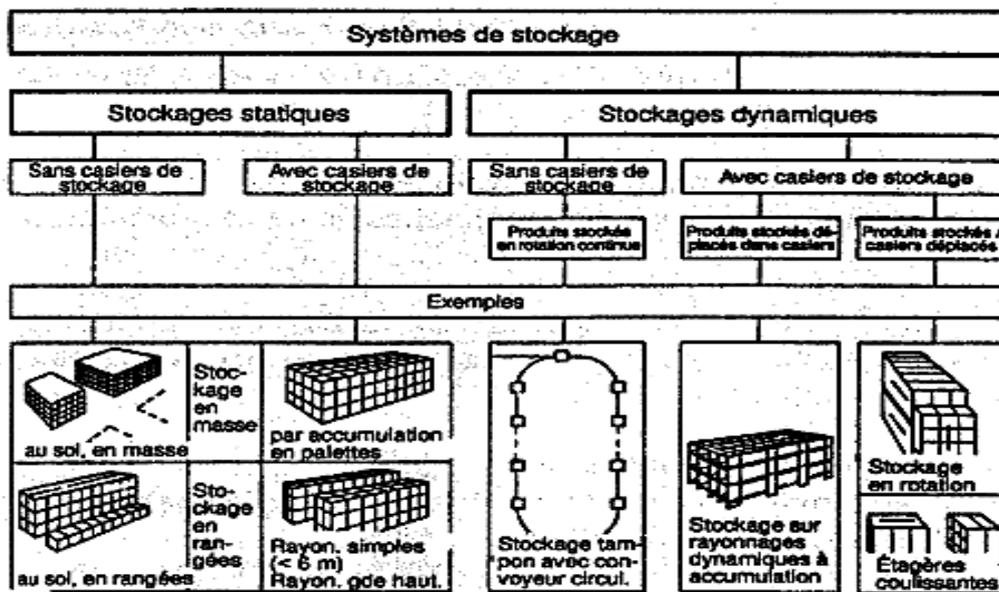
⑨ Rayonnages muraux (fig. 11).

⑩ Rayonnages isolés (fig. 11).

④ Rayonnages pour articles de commerce.

⑤ Rayonnages libre service avec bacs à marchandises.

**La logistique**  
 A /La gestion : tout ce qui concerne la gestion administrative de l'équipement (décision, exécution, location, facturation, coordination et organisation)  
 B /La logistique: concerne le flux des produits et des matériaux se trouvent au cœur de la conception et du choix des systèmes de stockage ainsi l'entretien des biens matériels (locaux techniques.)



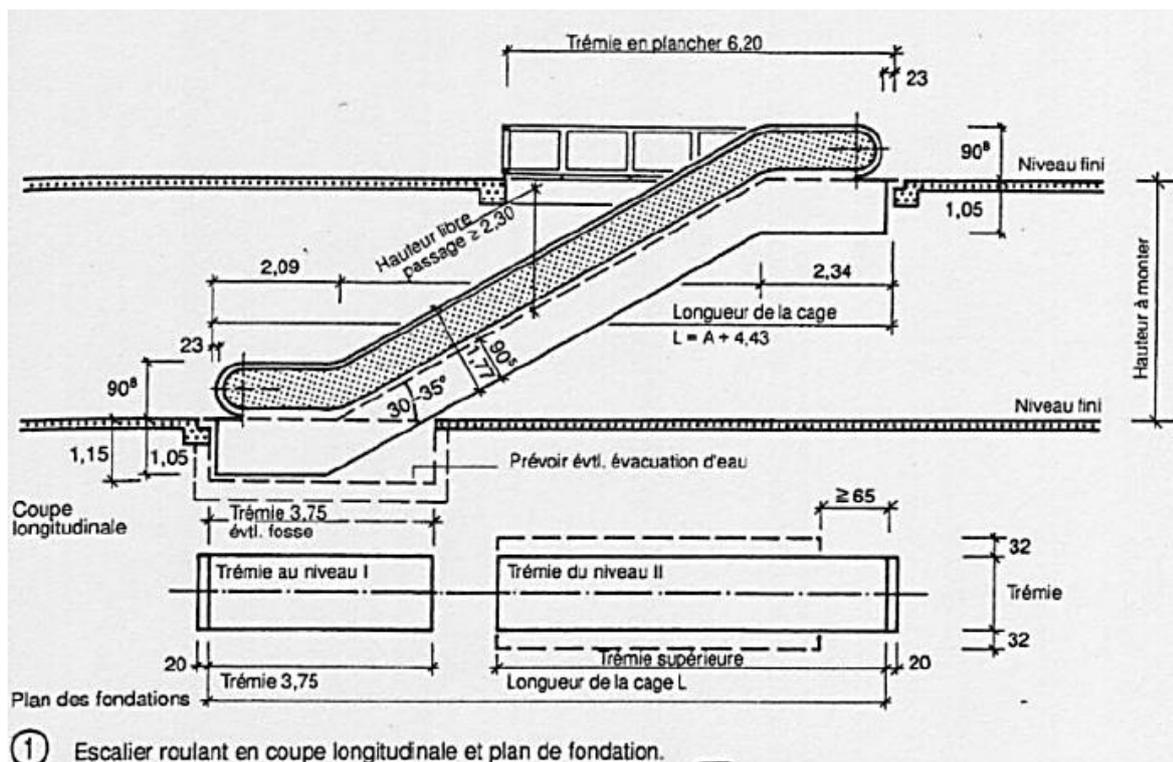
① Classification des systèmes de stockage.

**L'échange** les activités qui prennent en charge cette entité sont des activités destinées à faciliter les contacts économiques, administratifs et les activités commerciales, comme les agences bancaires, les bureaux de transitaires.

**La détente** Une activité qui apporte des satisfactions, ses objectifs sont d'assurer un équilibre psychologique et physique. Il doit être accessible à tous .

## CHAPITRE 04 PROGRAMMATION ET PROCESSUS DE CONCEPTION

- Les escalators



- Recommandation générales
  - Il doit être pour toutes les catégories d'âges.
  - Il doit être élaboré suivant les besoins de l'environnement immédiat.
- Qualités spatial
  - Transparence et lisibilité de type de commerce.
  - Il faut les prévoir flexibles pour faciliter l'aménagement.
  - Il faut prévoir une meilleure organisation et circulation pour la portée de l'usage au 1er plan.
  - La lumière.

On peut organiser ce type de commerce :

- Sous forme d'une galerie marchande suivant au axe de circulation.
- Autour d'un espace à caractère public.

### ➤ Détente et loisir

« Activité » ou situation permettant de se laisser par une activité agréable, un passe-temps ou une distraction.

- Les lieux de détente
  - Restaurant

## **CHAPITRE 04 PROGRAMMATION ET PROCESSUS DE CONCEPTION**

Un restaurant est un espace de consommation rencontre de convivialité où les gens viennent profiter d'une bonne cuisine. Il peut être de type haut standing ou de type restauration rapide. Dans tous les cas il comporte deux parties essentielles : la salle de consommation et la salle de préparation (cuisine).



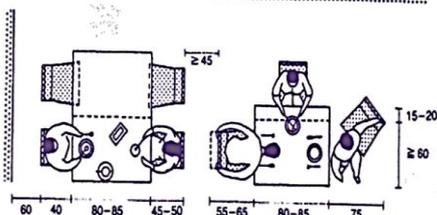
Pour pouvoir manger confortablement, une personne a besoin d'une surface d'environ 1 m<sup>2</sup>

Dans un restaurant on a deux espaces :

La salle de consommation :  $S_1 = \text{Nbr de pers} \times 1 \text{ m}^2$ .

$$S_1 = 300 \times 1 \text{ m}^2 \quad \underline{S_1 = 300 \text{ m}^2}$$

La cuisine :  $S_2 = S_1/2$  (min 150 m<sup>2</sup>).



### - Espace de jeux

Salles de jeux  $S_1 = \text{Nbr} \times 3 \text{ m}^2$

Sanitaire  $S_4 = 30 \text{ m}^2$

Salles de cours  $S_2 = \text{Nbr} \times 3.5 \text{ m}^2$

Circulation  $S_5 = 20\% - 30\%$

Bureau  $S_3 = 15 \text{ m}^2$

$$\underline{S_t = 270 \text{ m}^2}$$

### - Installation sportive

Il faut partir d'une salle d'au moins 200 m<sup>2</sup> pour 40 à 45 personnes.

Recommandations : Hauteur libre pour toutes les pièces : 3,0 m. Les salles de remise en forme et de musculation devraient avoir une largeur de 6 m. Longueur de l'apiece moins de 15

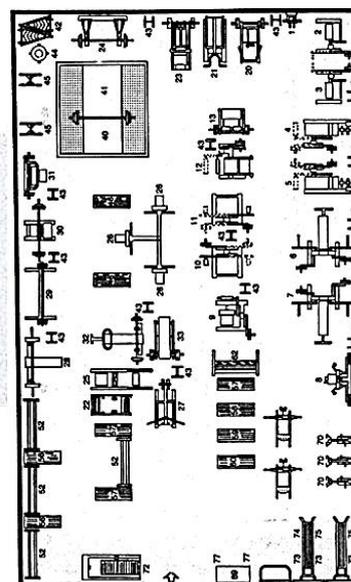
Pour calculer la surface d'une salle de sport il faut :

Nombres des usagers x (espace occupé par 1 pers) + valeur de la circulation (20%-40%)

Les surfaces obtenues on lui ajoute la surface des vestiaires et des aires de repos.

C'est un espace qui fonctionne suivant un système de vague

Selon le Neufert il faut 200 m<sup>2</sup> pour 40-45 personnes

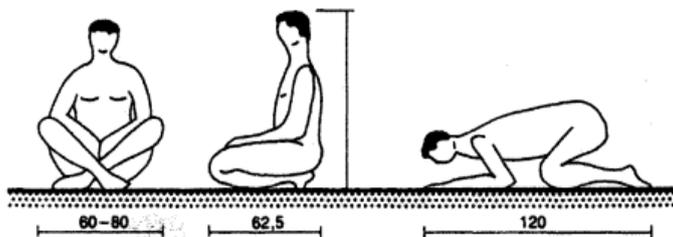


② Exemple d'une salle de remise en forme de 200 m<sup>2</sup>.

## **CHAPITRE 04 PROGRAMMATION ET PROCESSUS DE CONCEPTION**

m, car sinon la vue d'ensemble est perdue lors de l'entraînement. La plus petite unité de 40 m<sup>2</sup> convient pour 12 personnes.

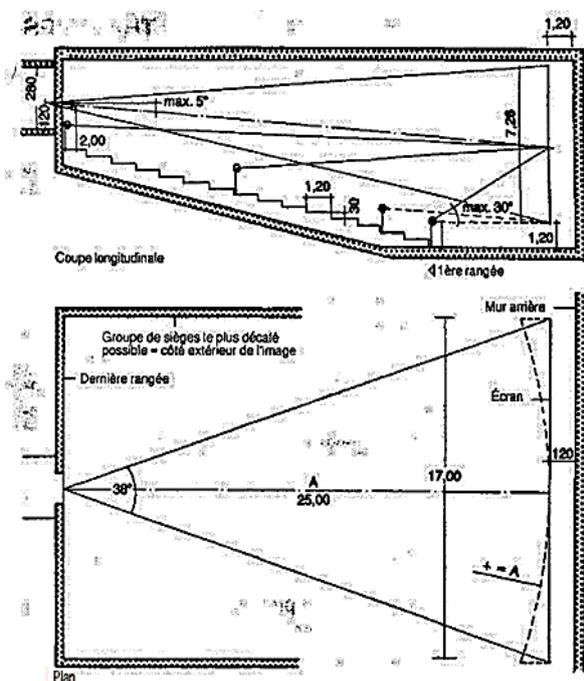
- Musala



① Personnes lors de la prière.

- Cinéma

Les cinémas offrent au spectateurs, sur un même site un grand choix de films et un confort nettement amélioré.



La surface de la salle : Nbr x 1.5 m<sup>2</sup>

1-largeur du siège multipliée par distance entre les rangées.

>0.45m<sup>2</sup> par place

Adjonction 0.5X 0.9 = 0.05 par place

Soit au totale S1 >0.5 m<sup>2</sup>

1.5=S1+la surface de la scène+la surface de la circulation

St=1.5X300+ 20m<sup>2</sup> St=470m<sup>2</sup>

- Qualités spatial

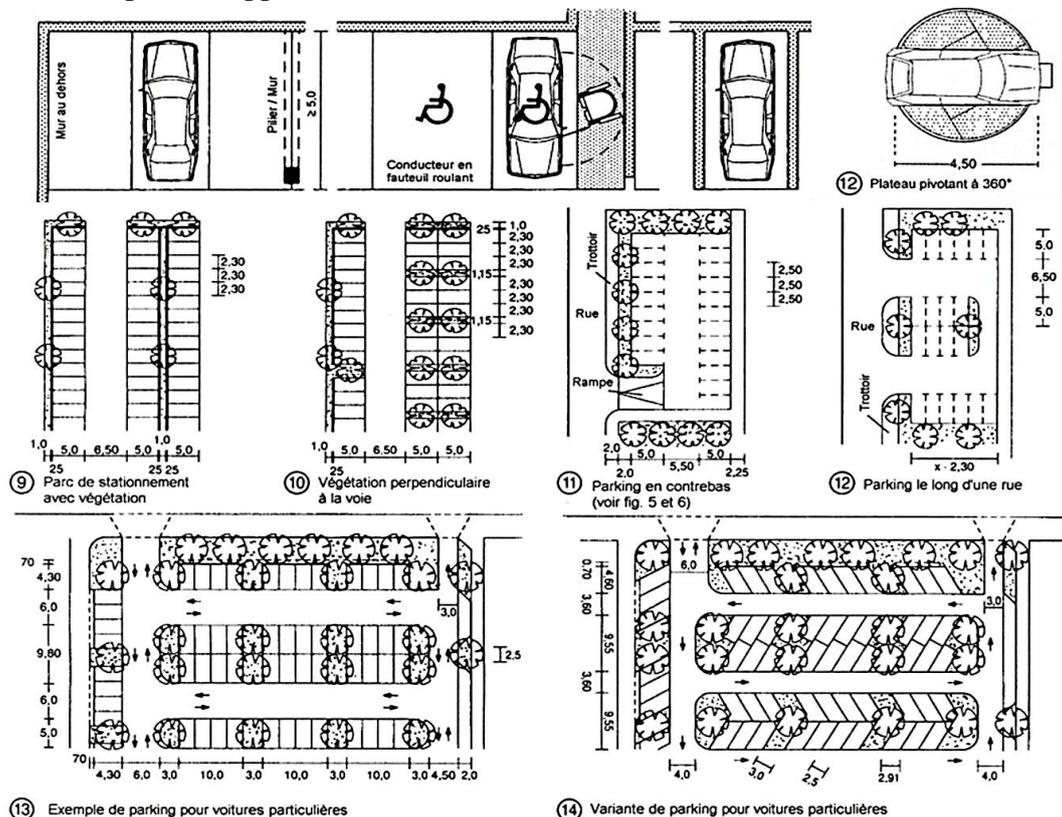
- Ce type d'espace s'ouvre sur l'extérieur que sur l'intérieur.
- C'est un espace bruyant.
- Ségrégation entre espace propre et sale.
- Eclairage et aération naturelle.
- Elle est destinée aux différents catégories de population soit à l'intérieur soit à l'extérieur.

## CHAPITRE 04 PROGRAMMATION ET PROCESSUS DE CONCEPTION

- Il y a une relation directe avec le hall central, la restaurant et le commerce.
- Une bonne isolation acoustique pour les salles multimédias.

### ➤ Parking

- 1 place / 50 m<sup>2</sup> pour les centres commerciaux.
- 1 place / 10 spectateurs pour les cinémas.
- 2 places / appartement



### III.4 PROGRAMME

La fonction	Sous espace	La surface
<b>COMMERCE</b>	Accueil	150m <sup>2</sup>
	Réception	80m <sup>2</sup>
	Supermarché	800m <sup>2</sup>
	Magasin électro-ménager	200m <sup>2</sup>
	Meubles	200m <sup>2</sup>
	Matériel électro- informatique	200m <sup>2</sup>
	Librairie	100m <sup>2</sup>
	Magasin de jouet	200m <sup>2</sup>
	Pharmacie	80m <sup>2</sup>
	Photographe	60m <sup>2</sup>
	Bijoutier	60m <sup>2</sup>
	Fleuriste	40m <sup>2</sup>
	Cosmétique	80m <sup>2</sup>
	Vêtement homme	60m <sup>2</sup>
	Vêtement femme	60m <sup>2</sup>
	Vêtement enfant	60m <sup>2</sup>
Chaussure homme	60m <sup>2</sup>	

## CHAPITRE 04 PROGRAMMATION ET PROCESSUS DE CONCEPTION

	Chaussure femme	60m <sup>2</sup>
	Chaussure enfant	60m <sup>2</sup>
	Article de sport	80m <sup>2</sup>
	Coiffure homme	100m <sup>2</sup>
	Coiffure femme	100m <sup>2</sup>
	Tissu	100m <sup>2</sup>
	Horlogerie	60m <sup>2</sup>
	Tabac + journaux	50m <sup>2</sup>
	Vaisselle	100m <sup>2</sup>
	Lunette	80m <sup>2</sup>
	Décoration	100m <sup>2</sup>
	<b>Administration</b>	
	Secrétariat	200m <sup>2</sup>
	Bureau de directeur	
	Bureau comptable	
	Bureau control marchandise	
	B archive	
	Salle de réunion	
	Circulation + sanitaire	30%
	Totale	4654m <sup>2</sup>
<b>LOISIR ET DETENTE</b>	<b>Restaurant</b>	
	Salle à manger	500m <sup>2</sup>
	Office + vestiaire	
	Préparation	
	Chambre froide	
	Dépôt journalier	
	Dépôt permanent	
	<b>Cuisine</b>	
	Plonge	200m <sup>2</sup>
	Vide ordure	
	Sanitaire	
	<b>Cafétéria + salon de thé</b>	
	Salle de consommation	300m <sup>2</sup>
	Dépôt journalier	
	Dépôt permanent	
	Plonge	
	<b>Loisir culturel</b>	
	Cinéma 300 places	500m <sup>2</sup>
<b>Culte</b>		
Musala	2*100m <sup>2</sup>	
<b>Divertissement</b>		
Jardin d'hiver	350m <sup>2</sup>	
Aquarium	120m <sup>2</sup>	
Circulation et sanitaire	30%	
Totale	2821m <sup>2</sup>	
<b>LOGEMENT</b>	<b>Appartements</b>	
	3 chambres	16-18m <sup>2</sup>
	Cuisine	12-14 m <sup>2</sup>
	Séjour	20-30m <sup>2</sup>
	SDB	4-8m <sup>2</sup>
	WC	1-2m <sup>2</sup>
	Circulation	20%
Totale	125m <sup>2</sup> *40	

# CHAPITRE 04 PROGRAMMATION ET PROCESSUS DE CONCEPTION

<b>A N N E X E S</b>	locaux techniques	200m <sup>2</sup>
	parking en sous-sol	

## III.5 ORGANIGRAMME FONCTIONNEL

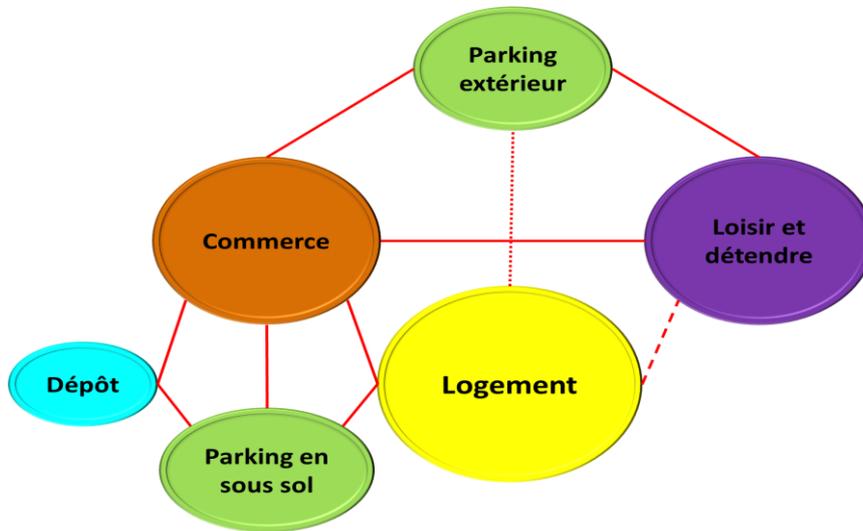


Figure 131 : Organigramme fonctionnel de la tour multifonctionnelle.  
(Source : OUMEDDOUR 2019)

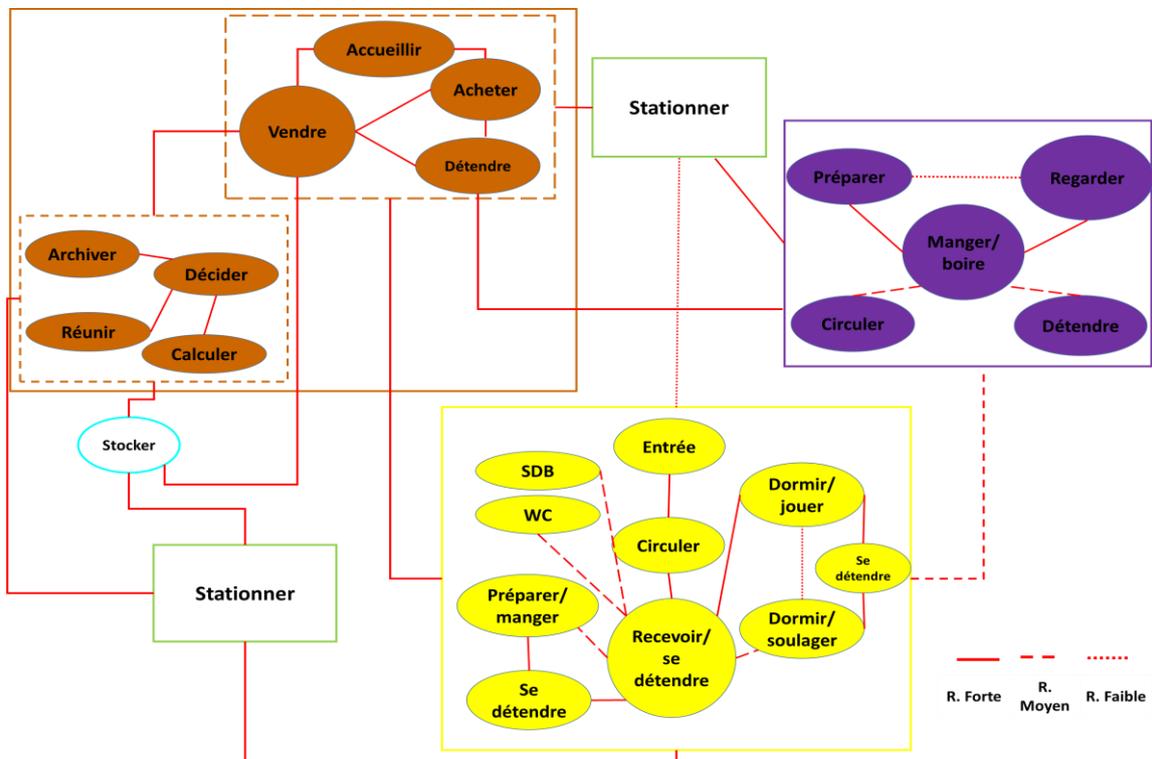
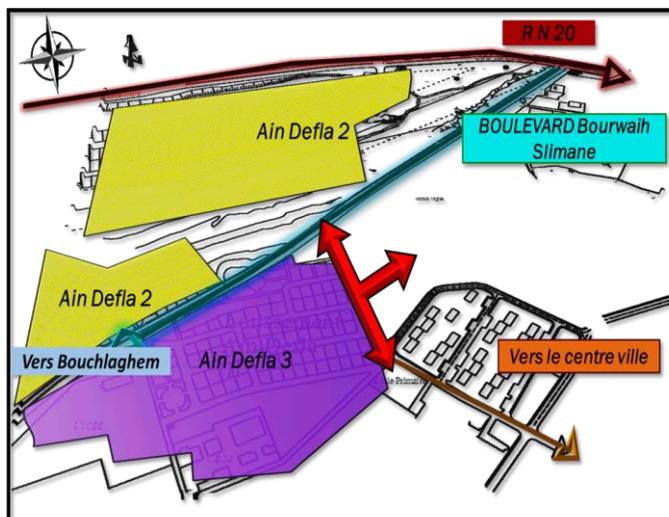


Figure 132 : organigramme fonctionnel détaillé du projet. (Source : OUMEDDOUR 2019)

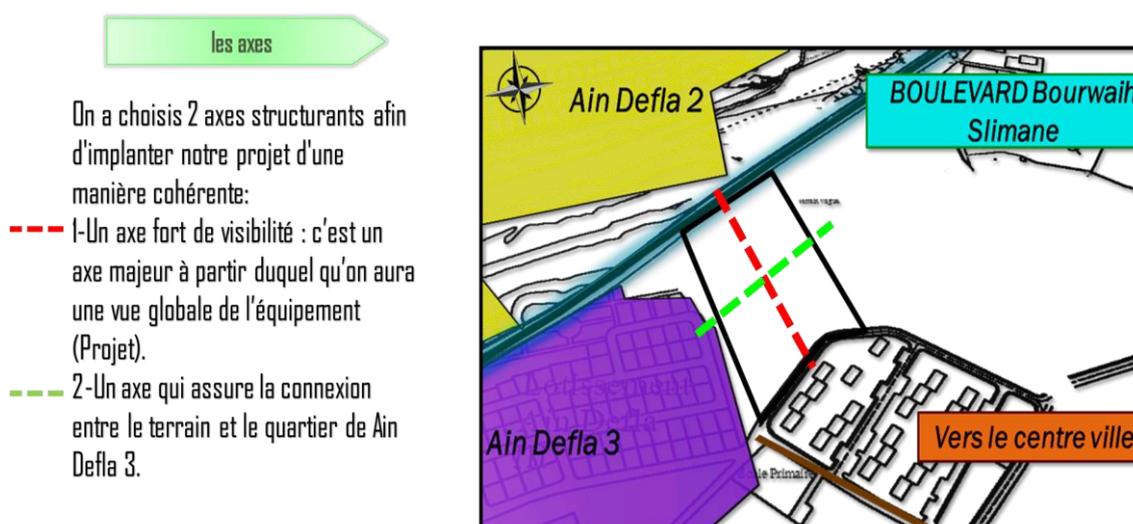
## CHAPITRE 04 PROGRAMMATION ET PROCESSUS DE CONCEPTION

### III.6 SYNTHÈSE

Création d'une voie secondaire qui relie le boulevard le point bas du terrain avec la rue secondaire au point haut du terrain qui permet d'accessibilité et de la livraison des marchandise.



**Figure 133 :** Faire des interventions sur site pour offrir l'accessibilité. (Source : OUMEDDOUR 2019)

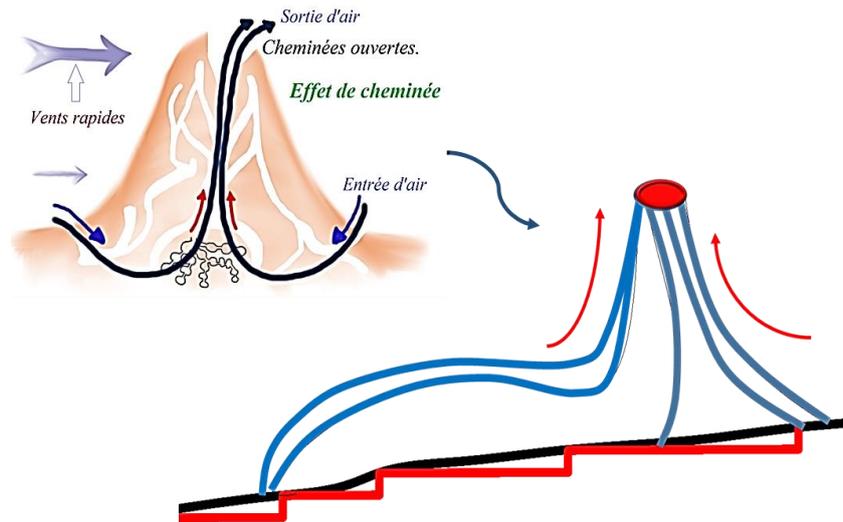


**Figure 134 :** les champs de vision et les axes de perception. (Source : OUMEDDOUR 2019)

A partir des différentes recherches et analyse dans ce mémoire nous montrons que le biomimétisme de la climatisation d'une termitière respecte les principes du développement durable à tous ses niveaux :

- De faire l'économie d'énergie
- De respecter l'environnement
- D'adapter à son mode de vie pour toujours plus d'efficacité.

## CHAPITRE 04 PROGRAMMATION ET PROCESSUS DE CONCEPTION



**Figure 135** : schéma de principe inespéré de la termitière. (Source : OUMEDDOUR 2019)

## CONCLUSION GENERALE

Le travail de recherche que nous avons entrepris avait pour principale objectif d'introduire un nouvel axe de réflexion. Il s'agissait d'étudier la possibilité de lier et appliquer des principes biologiques dans une conception architecturale pour la rendre durable et efficace à partir un Design d'un système de ventilation biomimétique pour assurer l'efficacité énergétique par la préservation de la qualité de l'air intérieur, l'amélioration du confort des résidents et préservation de la santé, et la minimisation de la consommation énergétique dans la région de Guelma d'un climat tempéré chaud.

La démarche consiste dans un premier temps à appliquer la méthode conventionnelle tels que la recherche théorique pour l'identification et la génération d'un système de ventilation naturelle extrait de la nature dans notre conception, par la définition des différents concepts dans le premier chapitre et l'analyse des exemples de la thématique dans le deuxième chapitre pour nous aider à appréhender le domaine de l'architecture biomimétique.

La nature a 3.8 milliard d'années pour évoluer, elle ayant toujours été une source d'inspiration fiable dans nombreuse domaine, notamment l'art et la science, il semble que nous progression pour mieux comprendre ce que le monde naturel peut offrir. Aujourd'hui les architectes essayent d'extraire les stratégies de la nature et mélanger avec l'architecture pour rendre des constructions plus durable, économique et respecte l'environnement. Cette nouvelle architecture évolue, vit, et croit du micro au macro, qui nous dérivés à des conceptions et des systèmes naturels adaptive aux changements climatiques dans l'environnement l'un de ses systèmes c'est la ventilation naturelle. Nous montrons que la ventilation naturelle est très sollicitée de l'avoir dans le secteur de bâtiment par rapport aux autres méthodes de ventilation, Elle peut occuper plusieurs rôles tels qu'obtenir le confort thermique et réaliser des économies d'énergie ce qui nous avons vu dans les projets analysés.

La partie pratique commençant à partir du 3<sup>ème</sup> chapitre, dans la 1<sup>ère</sup> partie nous avons analysé et accumuler une base de données sur notre site d'intervention, qui servirait à la projection du notre futur projet architectural après nous suivons à des recommandations apportées de l'analyse.

La 2<sup>ème</sup> partie basant sur une méthodologie explore les stratégies de régulation de l'air et thermorégulation dans la nature, pour les appliquer dans les systèmes de ventilation des enveloppes de bâtiments. Nous avons résumé les fonctions, processus, facteurs et pinacles définis et étudiés dans 2 modèles fonctionnels qui sont basé sur deux fonctions initiales : l'échange et le mouvement. Ces fonctions sont importantes, car les organismes ont absorbé l'oxygène et libéré le dioxyde de carbone (ou inversement) pour survivre. Les solutions efficaces dans la nature pourraient favoriser la conception des systèmes de ventilation naturelle innovants pour les enveloppes de bâtiments, et aboutir à une meilleure qualité de l'air intérieur avec une consommation d'énergie moindre.

L'un des objectifs de l'enveloppe du bâtiment est de maintenir le confort thermique dans les espaces clos occupés par des personnes. Les organismes vivants maintiennent la température stable qui est obtenu par un processus continu de gain et de perte de chaleur à travers un large éventail de stratégies. Ils peuvent manipuler les températures centrales via des manières comportementales ou physiologiques et les gérer grâce à des caractéristiques morphologiques. En plus, les organismes échangent de la chaleur avec leur environnement principalement par

## CONCLUSION GENERALE

Conduction, convection, évaporation, etc. et rayonnement thermique. Différents mécanismes sont adaptés aux différents climats et aux différentes espèces. Le résumé de l'analyse des pinacles est présenté dans 2 matrices (pinnacle analyzing matrix) et (design path matrix) c'est la phase de transition de la biologie à la conception. Nous avons extrait de la matrice les différentes caractéristiques aidant à notre conception tels que :

- Le flux est passif et unidirectionnel.
- La macro est l'échelle pertinente.
- Les caractéristiques structurelles sont la cheminée pour la régulation de l'air et le passage d'air pour la thermorégulation.

Nous devons appliquer les caractéristiques extraites et les transformer en une conception « une bouffée d'air frais » par tirage thermique (effet de cheminée) et par puits canadiens.

Le 4<sup>ème</sup> chapitre concerne du projet d'une tour multifonctionnelle et sa programmation, elle répond aux problèmes urbains et présente une démarche régénératrice et une nouvelle perception de la ville, nous avons défini ce projet et adaptés de l'analyse des projets existants les programmes de chaque exemple, il sera être organisé selon une hiérarchisation par la séparation des fonctions principale et la séparation du publique (commerce-loisir) au privé (logements).

## LES REFERENCES

### OUVREGES

- AVEMS. (2010). *GUIDE DE LA VENTILATION NATURELLE ET HYBRIDE "VNHY"*®, p76 .
- *Biomimicry Design Lens*. (2017, 2 28). Récupéré sur Biomimicry 3.8 : <https://biomimicry.net/the-buzz/resources/designlens-lifes-principles/>
- *Cayan Tower*. (2018). Récupéré sur THE-SKYSCRAPER-CENTER.
- Chayaamor-Heil, N., Guéna, F., & Hannachi-Belkadi, N. (2018). *Biomimétisme en architecture. État, méthodes et outils.p 04*. OpenEdition Journals.
- CRUZ, E. (2015). *INNOVER DURABLE / Recherche en architecture et ingénierie biomimétique / Zimbabwe*.
- EFSTATHIO, & BAKER. (2014). *The world's Tallest Twisting Tower: Cayan Tower, Dubai*.
- Eric-Firley, J.-G. (s.d.). *Livre La tour et la ville, Manuel de la grande hauteur*. PARENTHÈSE, ISBN 978-2-86364-255-9, p.
- Foster, N. (s.d.). *Works 5, op. cit.*
- Ghjuvan-Antone-Faggianelli. (2014). *Rafraîchissement par la ventilation naturelle traversant des bâtiments en climat méditerranéen*.
- LEVILLAIN, & THEBAUD. (2016). *Le biomimétisme au sujet de l'architecture durable*.
- Olivier-Allard. (2012). *Biomimétisme Comment les entreprises peuvent-elles intégrer le biomimétisme dans leur stratégie d'innovation ? ( p6-8)*.
- Patricia-Ricard. (2015). *Le biomimétisme : s'inspirer de la nature pour innover durablement (p 49-50)*.
- Thomas Binet, V. L., Amélie Colle, V. L., & Jean-Christophe Martin, V. (2017). *Evaluation du potentiel de développement de la biomimétique en région Nouvelle-Aquitaine*.
- Zari, P. (2007). *BIOMIMETIC APPROACHES TO ARCHITECTURAL DESIGN FOR INCREASED SUSTAINABILITY p33*. Récupéré sur [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwjDjPuP3eTiAhXB8uAKHTzyC9AQFjAAegQIBhAC&url=http%3A%2F%2Fwww.cmnzl.co.nz%2Fassets%2Fsm%](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwjDjPuP3eTiAhXB8uAKHTzyC9AQFjAAegQIBhAC&url=http%3A%2F%2Fwww.cmnzl.co.nz%2Fassets%2Fsm%20) (consulté le 24-02-2019)
- Zari, M. P. (2014). *Ecosystem Services Analysis in Response to Biodiversity Loss Caused by the Built Environment*. Retrieved from OpenEdition: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=16&ved=2ahUKEwjT0c6vtuziAhWPsRQKHdesCocQFjAPegQICBAC&url=https%3A%2F>

## MEMOIRES

- Badarnah. (2012). *Recherche doctorale « Towards the LIVING enveloppe Biomimetics for building enveloppe adaptation »*,p225, ISBN 9789462032002.
- DJERROUFI, M. (2014). *Mémoire de master MANAGEMENT DE L'EFFICACITE ENERGETIQUE DANS LE BATIMENT*, universite abou-bekr belkaid – tlemcen, p34.
- Hadbaoui-Hicham. (2018). *Pratique du biomimétisme dans l'architecture bioclimatique : Essai sur la performance énergétique des enveloppes architecturales autonomes responsives dans un climat aride.*
- HAMMADI, & KAZI-AOUAL. (2016). *Mémoire « Établissement hospitalier spécialisé en cardiologie et chirurgie cardiovasculaire » à Mansourah, Tlemcen.*
- KERROUCHE Ibrahim. (2015). *Mémoire de master thème : La ventilation naturelle dans les bâtiments sous climat humideCas d'étude la ville de Skikda, universite constantine3*, p112.
- Khelil, S. (2015). *mémoire de Magister « Biomimicry, towards a living Architecture in hot and arid regions»*, University – Biskra, p177.
- LEFER, E. (2016). *Mémoires de recherche documentaire, de terminologie et de traduction : Approche biomimétique de la conception de l'enveloppe du bâtiment au regard de la thermorégulation*, p159.
- RAHAL, s. M. (2011). *Mémoire de magister, thème : L'IMPACT DE L'ATRIUM SUR LE CONFORT THERMIQUE DANS LES BATIMENTS PUBLICS*, universite mentouri constantine, p66/271.
- Samuel-Coquereau. (s.d.). *Mémoire de fin d'étude : Le Retour de la Tour Samuel-Coquereau (p10).*

## LES REFERENCES

### ARTICLES

- Imessad, K. (2018, jan 21). *Energie : Le secteur du bâtiment représente plus de 40% de la consommation nationale globale selon le CDER*. Récupéré sur Portail Algérien des Energies RenouvelablesEnergie: <https://portail.cder.dz/spip.php?article6315>
- Mirniazmandan, S., & Rahimianzarif, E. (2017). *Biomimicry an Approach toward Sustainability of High-Rise Buildings*. Récupéré sur Journal of Architectural Engineering Technology: <https://www.omicsonline.org/open-access/biomimicry-an-approach-toward-sustainability-of-highrise-buildings-2168-9717-1000203.pdf>
- Stylianidis, & Eleftherios. (2018, jui 25-26). *Outil d'aide à la décision pour la conception de façades biomimétiques. p16*. Récupéré sur mémoire de Master en ingénieur civil architecte, à finalité spécialisée en ingénierie architecturale et urbaine: <https://matheo.uliege.be/handle/2268.2/4644>

### SITE WEB

- Benyus, J. (1997). *Biomimétisme et bio-inspiration : quand la nature nous inspire (1/2)*. Récupéré sur sudouest: <https://www.sudouest.fr/2018/04/16/biomimetisme-et-bio-inspiration-quand-la-nature-nous-inspire-4377573-10275.php>
- (2016). Retrieved from Biomimicry 3.8: <https://biomimicry.net>
- *biomimicry-biomimetisme-innovation-inspired-by-nature*. (n.d.). Retrieved from scoop.it: <https://www.scoop.it/topic/biomimicry-biomimetisme-innovation-inspired-by-nature>
- ergys, p. (2012 , Nov 15). *biomimicry* . Retrieved from issuu: <https://issuu.com/ergys.peka/docs/biomimicry>
- <https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/guide-ventilation-naturelle-et-hybride-vnhy-2010.pdf>, p07)
- <http://www.certificat-peb-charleroi.be/information-peb-charleroi/>
- <https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/guide-ventilation-naturelle-et-hybride-vnhy-2010.pdf>
- <http://www.eole-fr.com/a-propos/principe-puits-canadien/>
- <https://spftpe.wordpress.com>
- *Le Biomimétisme*. (n.d.). Retrieved from Biomimétisme & Architecture: <http://biomimetisme.eklablog.com/ventiler-et-isoler-grace-a-la-nature-c17270649>
- Mélanie, M., Sophie, R., & Théodora, C. (s.d.). *L'évolution du biomimétisme*. Récupéré sur BIOMIMÉTISME: <http://tpe-biomimetisme-lascases.blogspot.com/p/levolution-du-biomimetisme.html> (consulté le 23-12-2018).
- MICK-PEARCE. (2016). *COUNCIL HOUSE 2 MELBOURNE*. Récupéré sur MICK PEARCE Architect: <http://www.mickpearce.com/CH2.html> (consulté le 22-01-2019).

## LES REFERENCES

- PAUL, J. B. (n.d.). *EASTGATE CENTRE: TECTONIC ANALYSIS*. Retrieved from <https://paulbartsch.myportfolio.com/eastgate-centre-tectonic-analysis>
- Récupéré sur CLIMATE-DATA.ORG: <https://fr.climate-data.org> (consulté le 16-01-2019).
- *TPE BIOMIMÉTISME*. (n.d.). Retrieved from Introduction TPE Biomimétisme: <https://biomimétisme.wordpress.com/311-2/> (consulté le 24-03-2019).
- vincent, c. (2017). Retrieved from [http://vincent.callebaut.org/zoom/projects/110130\\_taipei/index.html](http://vincent.callebaut.org/zoom/projects/110130_taipei/index.html) (consulté le 12-2-2019).
- VIRMANI, S. (2014, Jul 30). *Biomimicry*. Retrieved from issuu: <https://issuu.com/sahilvirmani07/docs/biomimicry> (consulté le 8-01-2019).