

République algérienne démocratique et populaire  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique  
Université Abderrahmane Mira – Bejaia



Faculté de Technologie  
Département d'Architecture

## **Mémoire de Fin de Cycle**

En vue de l'Obtention du Diplôme de Master en Architecture et Urbanisme

**Option** : Architecture, Ville et Territoire

**THEME :**

**LA REHABILITATION ENERGETIQUE DU  
PATRIMOINE BATI**

**Cas de la cité Aéro-habitat d'Alger**

**Présenté par :**

Mlle MAMMERY Nawel

Mlle MANSOURI Asma

**Encadré par :**

Mme OUARET Manel

**Membres de jury :**

Mlle BOUANDES Karima

M. RABHI Kheir-dine

**Année universitaire 2016/2017**

## *Remerciements*

Nous remercions dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et le courage de terminer ce travail.

Nous tenons à exprimer toute notre reconnaissance à notre encadreur Mme **OUARET MANEL**. Nous la remercions sincèrement pour son bon encadrement, son soutien, sa disponibilité, ses orientations, ses conseils et sa sympathie qui ont été le moteur de notre motivation pour la réalisation de notre recherche.

Notre gratitude va aussi aux membres du jury qui ont accepté d'évaluer et d'examiner notre présent travail.

Nos remerciements vont également au personnel de la bibliothèque de l'EPAU ainsi que ses enseignants, qui nous ont été d'une très grande aide.

Notre reconnaissance va également à Mr RENOUCHE, membre de l'association de l'Aéro-habitat qui nous a facilité l'accès à la cité et qui nous a accompagné et éclairé de ses précieuses informations à chacun de nos déplacements sur site. Nous remercions particulièrement tous les habitants de la cité Aéro-habitat qui ont accepté de nous accueillir et répondre à nos questions durant notre travail de terrain.

Nous adressons nos remerciements à tous les intervenants et toutes les personnes qui leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques ont guidé nos réflexions à l'élaboration de ce mémoire.

Nos derniers remerciements, et pas de moindres, vont à nos très chers parents qui ont tant apporté, à nos frères et sœurs, à nos précieux amis et collègues.

Enfin, que toutes celles et tous ceux qui, de loin ou de près, ont contribué à rendre notre mission agréable, qu'ils soient ici sincèrement remerciés.

## Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail à,*

*La mémoire de mes chers grands parents qui m'ont toujours  
soutenu dans mes études,  
mes chers parents, qui ont veillé et sacrifié leurs vies pour la  
réussite de leurs enfants,  
mon cher frère Mami,  
mes chères sœurs, Amel, Lydia et Yasmine,  
ma sœur de cœur et binôme Asma  
et à tous ceux qui me sont chers.*

*Nawel.*

Je dédie ce travail :

- ✚ A mes très chers parents ;  
« Vous représentez pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi. Vos prières et vos bénédictions m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études. Je vous suis redevable d'une éducation dont je suis fière ». Je vous dédie ce modeste travail qui est le fruit de vos interminables conseils, assistance et soutien, en témoignage de ma reconnaissance et mon affection, dans l'esprit que vous en serez fiers.
- ✚ A mon frère Abdelmalek : Je te souhaite un avenir plein de joie, de bonheur, et de sérénité. Je t'exprime à travers ce travail mes sentiments de fraternité et d'amour.
- ✚ A mon frère Youcef : je te souhaite la réussite et j'espère que ce modeste travail te sert d'exemple pour réussir et faire mieux dans tes études.
- ✚ A mon adorable binôme NAWEL, Je ne peux trouver les mots justes et sincères pour t'exprimer mon affection et mes pensées, tu es pour moi une sœur et une amie sur qui je peux compter.
- ✚ A ma meilleure amie et ma sœur de cœur Louiza.
- ✚ A toute ma famille en particulier ma cousine Camelia, tu m'as accueilli à bras ouverts. En témoignage de l'attachement, de l'amour et de l'affection que je porte pour toi. Je te dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite.
- ✚ A tous mes amis qui m'ont encouragé de près et de loin.

Asma



## Résumé :

Le plus grand problème que nous entendons évoquer dans les années à venir, c'est celui de la sobriété énergétique, c'est une action qui évoque certaines pratiques afin de minimiser la consommation énergétique. En effet, autant pour des raisons économiques, sociales qu'environnementales, il est impératif que nous nous engagions fortement en ce sens. La question n'est plus de savoir s'il faut le faire, mais comment le faire. C'est pourquoi, dans notre travail on s'est intéressé à la réhabilitation énergétique du parc résidentiel existant et plus précisément le patrimoine colonial, car il représente un potentiel d'économie d'énergie considérable.

Le patrimoine bâti n'est pas seulement un héritage culturel du passé, mais il est également une composante du cadre de vie contemporain, il est donc nécessaire de prendre en charge ce témoignage pour ce qu'il transmet comme principes et valeurs fortes. La préservation et la protection du patrimoine bâti nécessite des interventions à travers les opérations de restauration, rénovation et réhabilitation. Cette dernière en tant qu'opération de sauvegarde du patrimoine, consiste d'une part à améliorer l'état constructif du bâti, et d'autre part à assurer le confort des habitants. La réhabilitation énergétique du patrimoine est par ailleurs susceptible de procurer des bénéfices importants dans les trois dimensions ; environnementale, économique, et sociale ; en contribuant à la réduction de la précarité énergétique et assurer la durabilité du patrimoine tout en améliorant le confort au sein des bâtisses.

Par une évaluation du point de vue réhabilitation énergétique, du Bâtiment 03 de la cité Aéro-habitat d'Alger, pris comme cas d'étude, nous avons essayé d'étudier la complexité du confort thermique ainsi que la question énergétique dans les bâtiments à travers les multiples interactions entre le site, le climat, le bâtiment et l'utilisateur. Nous avons aussi étudié la question patrimoniale et sa préservation à travers des techniques modernes tout en gardant et préservant le caché identitaire du bâtiment. Enfin nous avons proposé un projet de réhabilitation énergétique du bâtiment.

**Mots clés :** patrimoine, architecture, identité architecturale, réhabilitation énergétique, confort thermique, habitants, développement durable.

## **Abstract:**

The biggest problem we want to raise in the years to come, energy sobriety, is an action that evokes certain practices in order to minimize energy consumption. Indeed, for economic, social and environmental reasons, it is imperative that we commit ourselves strongly in this direction. The question is no longer whether to do it, but how to do it. This is why, in our work, we have been interested in the energy rehabilitation of the existing residential park and more precisely the colonial heritage, as it represents a considerable energy saving potential.

Built heritage is not only a cultural heritage of the past, but it is also a component of the contemporary living environment, so it is necessary to take charge of this testimony for what it conveys as strong principles and values. The preservation and protection of the built heritage requires interventions through the restoration, renovation and rehabilitation operations. The latter, as an operation to safeguard heritage, consists, on the one hand, in improving the constructive state of the building and on the other hand in ensuring the comfort of the inhabitants. The energy rehabilitation of the heritage is also likely to yield significant benefits in all three dimensions; Environmental, economic and social development; Contributing to the reduction of fuel poverty and ensuring the sustainability of the heritage while improving comfort in buildings.

Through an assessment of the energy rehabilitation point of view, Building 03 of the Aéro-Habitat city of Algiers, as a case study, we tried to learn the complexity of thermal comfort as well as the energy issue in buildings through the multiple interactions between the site, the climate, the building and the user. We have also studied the heritage question and its preservation through modern techniques while keeping and preserving the hidden identity of the building. Finally, we proposed an energy rehabilitation project for the building.

**Keywords:** heritage, architectural identity, energy rehabilitation, thermal comfort, sustainable development

## ملخص:

أكبر مشكلة نسمع الحديث في السنوات القادمة هو أن الحفاظ على الطاقة، هو العمل الذي يثير بعض الممارسات للحد من استهلاك الطاقة. في الواقع، سواء لأسباب اقتصادية واجتماعية وبيئية، فمن الضروري أن نلتزم بقوة أنفسنا لهذه الغاية. السؤال لم يعد ما إذا كان ينبغي القيام به، ولكن كيف. هذا هو السبب في عملنا ونحن مهتمون في إعادة تأهيل الطاقة من المساكن وتحديدا الإرث الاستعماري القائم كما أنها تمثل فرصة كبيرة لتوفير الطاقة.

التراث المبني ليس فقط على التراث الثقافي للماضي، وإنما هو أيضا أحد مكونات البيئة الحية المعاصرة، فمن الضروري لدعم هذه الشهادة على ما يحيله مبادئ وقيم قوية كما. حفظ وحماية التراث المبني يتطلب العمل من خلال ترميم وتجديد وإعادة التأهيل. هذا الأخير باعتباره عملية الحفاظ على التراث، هو أولا لتحسين حالة بناءة من المباني، وثانيا لضمان الراحة للسكان. إعادة تأهيل الطاقة من التراث ومن المرجح أن توفر فوائد كبيرة في ثلاثة أبعاد أيضا. البيئية والاقتصادية والاجتماعية. المساهمة في الحد من الفقر الطاقة وضمان استدامة التراث وتحسين الراحة في المباني

لتقييم جهة نظر تأهيل الطاقة، بناء 03 "ايرو موئل الجزائر"، التي اتخذت كدراسة حالة، حاولنا دراسة تعقيد القضايا الراحة والطاقة الحرارية في المباني من خلال التفاعلات المتعددة بين الموقع والمناخ وبناء والمستخدم. نحن أيضا درست القضية والمحافظة على التراث من خلال التكنولوجيا الحديثة مع الحفاظ على والحفاظ على الهوية الخفية للبناء. أخيرا اقترحنا مشروع التحديثية للمبنى

كلمات مفتاحية: التراث، الهوية المعمارية، إعادة التأهيل، الراحة الحرارية، التنمية المستدامة

# Table des matières

<b>Remerciements</b> .....	II
<b>Dédicace</b> .....	III
<b>Résumé</b> .....	V
<b>Abstract</b> .....	VI
<b>ملخص</b> .....	VII
<b>Table des matières</b> .....	VIII
<b>Liste des figures</b> .....	XI
<b>Liste des tableaux</b> .....	XVIII
<b>Nomenclatures</b> .....	XX
<b>Sigles et abréviations</b> .....	XXI

## **Partie introductive**

Introduction .....	01
Problématique.....	02
Objectifs.....	03
Méthodologie de recherche .....	04
Structure du mémoire .....	04

## **Première partie**

Introduction.....	06
1. Le patrimoine, de la notion au concept.....	06
2. Le patrimoine et l'identité architecturale .....	07
3. Le patrimoine principe actif du développement durable.....	07
4. La réhabilitation énergétique des logements.....	09
4.1. Les différents niveaux de la réhabilitation énergétique.....	09
4.2. Pourquoi réhabiliter un logement énergétiquement ? .....	10
5. La réhabilitation énergétique comme solution pour un meilleur confort des habitants..	10
5.1. La réhabilitation énergétique et Le confort thermique.....	10
5.2. L'isolation thermique par l'extérieur et l'isolation thermique par l'intérieur comme solution pour un confort thermique optimal .....	11
6. La réhabilitation énergétique et le développement durable, un enjeu d'avenir.....	13
6.1. Les différents enjeux de la réhabilitation énergétique.....	13
6.2. La réhabilitation énergétique et le développement durable.....	13
7. La réhabilitation énergétique et la question patrimoniale .....	15
8. Analyse comparative de deux exemples.....	16
9. conclusion.....	31

## **Deuxième partie**

Introduction .....	32
1. Aperçu sur la ville d'Alger.....	32
1.1 Situation de la ville d'Alger.....	32
1.2 Aperçu sur le climat de la ville d'Alger.....	32
1.2.1 La température.....	32
1.2.2 L'ensoleillement.....	32
1.2.3 Les précipitations.....	33
1.2.4 Le régime des vents .....	33
1.2.5 L'humidité .....	33
2. Présentation de l'aire d'étude.....	34
2.1 Critères de choix de l'aire d'étude.....	34
2.2 Situation géographique de la cité aéro habitat .....	35
2.3 L'organisation de la cité aéro habitat .....	35
2.4 Relief et topographie de l'aire d'étude .....	37
2.5 Accessibilité à l'aire d'étude.....	37
3. Présentation du corpus d'étude.....	38
3.1 Critères de choix de corpus d'étude.....	38
3.2 Accessibilité à la cité aéro habitat .....	38
4. Méthodologie de travail .....	39
4.1 Enquête par observation .....	39
4.2 Enquête par questionnaire.....	40

## **Troisième partie**

1. Enquête par observation .....	42
1.1 Analyse architecturale .....	42
1.2 Analyse bioclimatique .....	51
1.3 Bilan thermique et comportement bioclimatique .....	58
1.4 Application de la méthode Mahoney .....	63
1.5 Comparaison des résultats de l'application de la méthode Mahoney Avec l'analyse bioclimatique du bâtiment 03 de l'aéro habitat .....	69
Discussions .....	69
2. Analyse statistique et interprétation.....	70
2.1 Interprétation de l'analyse univariée.....	71
2.2 Interprétation de l'analyse multivariée.....	78
Discussions .....	79
Conclusion .....	80
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>81</b>

<b>Projet de réhabilitation énergétique</b> .....	85
<b>Liste bibliographique</b> .....	90
<b>Annexes</b> .....	94

## Liste des figures :

<b>Figure 01</b> : Organigramme récapitulatif de la structure du travail.....	05
<b>Figure 02</b> : Le quartier de Vesterbro.....	08
<b>Figure 03</b> : Quartier de Vesterbro après réhabilitation.....	09
<b>Figure 04</b> : Quartier de Vesterbro après réhabilitation.....	09
<b>Figure 05</b> : Confort thermique d'hiver.....	11
<b>Figure 06</b> : Confort thermique d'été.....	11
<b>Figure 07</b> : Immeubles de logements collectifs construits entre 1801 et 1850.....	16
<b>Figure 08</b> : Résidence Le Mont-Blanc.....	17
<b>Figure 09</b> : Université de Bordeaux : faculté de technologie.....	17
<b>Figure 10</b> : Situation de la résidence le Mont-Blanc par Rapport à la France.....	17
<b>Figure 11</b> : Les deux immeubles de la résidence Mont-Blanc.....	17
<b>Figure 12</b> : Situation de l'université de Bordeaux par rapport à la France.....	17
<b>Figure 13</b> : Les deux sites qu'occupe l'université. ....	17
<b>Figure 14</b> : Situation de la résidence le Mont-Blanc.....	18
<b>Figure 15</b> : Situation de la faculté de technologie de Bordeaux.....	18
<b>Figure 16</b> : Précipitations par moi pour la ville de Lyon.....	18
<b>Figure 17</b> : Précipitations par mois pour la ville de Bordeaux.....	18
<b>Figure 18</b> : Durée d'ensoleillement par mois pour la ville de Lyon.....	18
<b>Figure 19</b> : Température par mois pour la ville de Bordeaux.....	18
<b>Figure 20</b> : Rose des vents de Lyon.....	18
<b>Figure 21</b> : Rose des vents de Bordeaux.....	18
<b>Figure 22</b> : Orientation du bâtiment.....	19
<b>Figure 23</b> : Orientation du bâtiment A1.....	19
<b>Figure 24</b> : Environnement immédiat de la résidence « Mont-Blanc ». ....	19
<b>Figure 25</b> : Environnement immédiat de la faculté de technologie.....	19
<b>Figure 26</b> : Relief de la résidence « Mont-Blanc ».....	19
<b>Figure 27</b> : Relief de la faculté de technologie.....	19
<b>Figure 28</b> : Coupe montrant la structure de l'immeuble de la résidence « Mont-Blanc ». ....	20
<b>Figure 29</b> : Coupe montrant la structure de l'immeuble.....	20
<b>Figure 30</b> : Ensoleillement de l'immeuble.....	20
<b>Figure 31</b> : Les vents dominants que subis le bâtiment.....	20
<b>Figure 32</b> : Ensoleillement du bâtiment A1.....	20
<b>Figure 33</b> : Les vents dominants que subis le bâtiment A1.....	20
<b>Figure 34</b> : Vue sur la façade Ouest depuis l'accès avant travaux de réhabilitation énergétique.....	21
<b>Figure 35</b> : Les différents pôles de l'université.....	21

<b>Figure 36</b> : Ossature en acier galvanisé panneaux et lés de laine de verre panneau eternit...	21
<b>Figure 37</b> : L'un des bâtiments à réhabiliter.....	21
<b>Figure 38</b> : Bandeau horizontal au-dessus du rez-de-chaussée.....	21
<b>Figure 39</b> : Espace public dégradé.....	21
<b>Figure 40</b> : Pont thermique.....	22
<b>Figure 41</b> : Effet de paroi froide.....	22
<b>Figure 42</b> : Transfert d'humidité.....	22
<b>Figure 43</b> : Schéma de faisabilité Béthanie.....	22
<b>Figure 44</b> : Isolation thermique par l'extérieur.....	23
<b>Figure 45</b> : La performance énergétique vue du ciel à l'aide d'une caméra infrarouge.....	23
<b>Figure 46</b> : Défaut d'étanchéité.....	23
<b>Figure 47</b> : Pont thermique au niveau des fenêtres.....	23
<b>Figure 48</b> : Condensation sur les vitrages.....	23
<b>Figure 49</b> : B18 : bâtiment recherche et A9 : bâtiment enseignement (amphithéâtre).....	23
<b>Figure 50</b> : Vue sur les fenêtres après réhabilitation énergétique.....	24
<b>Figure 51</b> : Coupe d'une fenêtre montrant le volet roulant orientable et le vitrage performant.....	24
<b>Figure 52</b> : Vue aérienne de l'université de Bordeaux.....	24
<b>Figure 53</b> : Schéma de pont thermique au niveau d'une porte d'entrée.....	24
<b>Figure 54</b> : Schéma de seuil suisse pour lutter contre les ponts thermiques.....	24
<b>Figure 55</b> : Réflexion adoptée pour le projet de réhabilitation.....	24
<b>Figure 56</b> : Perception des souches maçonnées qui constellent la terrasse.....	25
<b>Figure 57</b> : Schéma représentatif de la 3D d'un bâtiment avec une façade bioclimatique.....	25
<b>Figure 58</b> : Vue sur les souches maçonnées avant réhabilitation énergétique.....	25
<b>Figure 59</b> : Etat initial du bâtiment.....	25
<b>Figure 60</b> : Réhabilitation énergétique innovante et respectueuse du patrimoine architectural.....	25
<b>Figure 61</b> : Schéma du bâtiment A1 avant réhabilitation énergétique.....	25
<b>Figure 62</b> : Schéma du bâtiment A1 après réhabilitation énergétique.....	25
<b>Figure 63</b> : Etat après réhabilitation énergétique.....	26
<b>Figure 64</b> : Fonctionnement de la façade bioclimatique.....	26
<b>Figure 65</b> : Vue sur les souches maçonnées après réhabilitation énergétique.....	26
<b>Figure 66</b> : Fonctionnement de la façade bioclimatique en hiver.....	26
<b>Figure 67</b> : Fonctionnement de la façade bioclimatique en été.....	27
<b>Figure 68</b> : Université de bordeaux après réhabilitation énergétique.....	27
<b>Figure 69</b> : Vue sur la façade Ouest avant réhabilitation énergétique.....	28
<b>Figure 70</b> : Bâtiment A1 avant réhabilitation énergétique.....	28
<b>Figure 71</b> : Les sept séquences du bâtiment.....	28
<b>Figure 72</b> : Bâtiment A1 et sa façade bioclimatique.....	28



<b>Figure 73</b> : Vue sur l'immeuble de la résidence le Mont-Blanc après réhabilitation énergétique.....	29
<b>Figure 74</b> : Vue sur la zone A.....	29
<b>Figure 75</b> : Etiquette énergétique du bâtiment avant réhabilitation énergétique.....	30
<b>Figure 76</b> : Etiquette énergétique du bâtiment avant réhabilitation énergétique.....	30
<b>Figure 77</b> : Etiquette énergétique du bâtiment après réhabilitation énergétique.....	30
<b>Figure 78</b> : Etiquette énergétique du bâtiment après réhabilitation énergétique.....	30
<b>Figure 79</b> : Histogramme de température maximale mensuelle.....	32
<b>Figure 80</b> : Heures d'ensoleillement mensuelles.....	32
<b>Figure 81</b> : Quantité de précipitations par mois.....	33
<b>Figure 82</b> : Rose des vents d'Alger.....	33
<b>Figure 83</b> : Histogramme de la variation de l'humide par mois.....	33
<b>Figure 84</b> : Vue d'ensemble de l'Aéro-habitat.....	34
<b>Figure 85</b> : La situation de la cité Aéro-habitat par rapport au quartier telemly.....	35
<b>Figure 86</b> : La situation de la cité Aéro-habitat par rapport à Alger.....	35
<b>Figure 87</b> : Organisation de la cité Aéro-habitat.....	35
<b>Figure 88</b> : Galerie commerçante.....	36
<b>Figure 89</b> : Les commerces du 10 eme niveau.....	36
<b>Figure 90</b> : Les commerces du 10 eme niveau.....	36
<b>Figure 91</b> : Vue sur l'Aéro-habitat depuis le Boulevard des martyrs .....	36
<b>Figure 92</b> : Relief de la cité aéro habitat.....	37
<b>Figure 93</b> : Accessibilité au site de l'Aéro-habitat.....	37
<b>Figure 94</b> : Accessibilité au bâtiment 03.....	38
<b>Figure 95</b> : Forme du bâtiment.....	42
<b>Figure 96</b> : Vue sur la baie d'Alger depuis un appartement de l'immeuble 03 del'aéro-habitat.....	42
<b>Figure 97</b> : Topographie et altitude du bâtiment 03.....	42
<b>Figure 98</b> : Orientation de l'immeuble 03.....	42
<b>Figure 99</b> : Les différent accès au bâtiment 03.....	43
<b>Figure 100</b> :L'accessibilité à l'immeuble 03 (RDC).....	43
<b>Figure 101</b> : Typologie des logements du bâtiment 03 (étage courant : ECH :1/500).....	44
<b>Figure 102</b> : Zoom sur les appartements de la 1 <sup>ere</sup> cage d'escalier situés au RDC.ECH 1/200.....	44
<b>Figure 103</b> : Zoom sur les appartements des niveau 1,2,3 de la 1 <sup>ere</sup> cage d'escalier ECH1/200.....	45
<b>Figure 104</b> : Relevé appartement 05 du 02 ème étage, ECH 1/200.....	45
<b>Figure 105</b> : Croquis montrant le prolongement du séjour sur le balcon.....	45
<b>Figure 106</b> : Relevé appartement 05 du1 <sup>er</sup> étage, ECH 1/200.....	46
<b>Figure 107</b> : Croquis montrant le prolongement du séjour tout en gardant une partie du balcon.....	46

<b>Figure 108</b> : Croquis montrant l'espace cuisine.....	46
<b>Figure 109</b> : Croquis montrant le séjour de l'appartement 10 du dernier niveau.....	46
<b>Figure 110</b> : Croquis montrant les espaces intérieurs de l'appartement 10 du dernier niveau.....	46
<b>Figure 111</b> : Relevé des appartements de l'entre sol du bâtiment 03, ECH 1/250.....	47
<b>Figure 112</b> : Les fissures du logement 03 au niveau du RDC.....	47
<b>Figure 113</b> : La dalle coulée au niveau de l'entre-sol.....	47
<b>Figure 114</b> : Détail schématique des matériaux composant le plancher bas.....	47
<b>Figure 115</b> : Détail schématique des matériaux composant le plancher intermédiaires.....	48
<b>Figure 116</b> : Détail schématique des matériaux composant le plancher haut.....	48
<b>Figure 117</b> : Détail schématique des matériaux composant les parois intérieurs.....	48
<b>Figure 118</b> : Détail schématique des matériaux composant les parois extérieurs.....	49
<b>Figure 119</b> : Détail schématique des matériaux composant les parois extérieurs.....	49
<b>Figure 120</b> : Fenêtre en bois a simple vitrage.....	49
<b>Figure 121</b> : Façade sud-est.....	50
<b>Figure 122</b> : Façade Nord-ouest.....	50
<b>Figure 123</b> : Façade sud-ouest.....	50
<b>Figure 124</b> : Façade Nord-est.....	50
<b>Figure 125</b> : Direction des vents dominants en été.....	51
<b>Figure 126</b> : Coupe de la direction des vents dominants en été.....	51
<b>Figure 127</b> : Zoom sur l'entre-sol montrant la dispersion et la direction du vent dominant nord-est en été.....	51
<b>Figure 128</b> : Zoom sur le logement 09 du dernier niveau montrant la dispersion et la direction du vent dominant nord-est en été.....	51
<b>Figure 129</b> : Direction des vents dominants en hiver.....	52
<b>Figure 130</b> : Coupe de la direction des vents dominants en hiver.....	52
<b>Figure 131</b> : Zoom sur l'entre-sol montrant la dispersion et la direction du vent dominant sud-ouest en hiver.....	52
<b>Figure 132</b> : Zoom sur le logement 09 du dernier niveau montrant la dispersion et la direction du vent dominant sud-ouest en hiver.....	52
<b>Figure 133</b> : Grilles d'aérations.....	53
<b>Figure 134</b> : Diagramme solaire montrant l'orientation de l'immeuble 03.....	53
<b>Figure 135</b> : Trajectoire solaire.....	53
<b>Figure 136</b> : Coupe montrant l'angle solaire et l'ombre du bâtiment B1 sur le bâtiment B3.....	54
<b>Figure 137</b> : Course du soleil et ensoleillement en été.....	54
<b>Figure 138</b> : Coupe de l'ensoleillement en été et obstacle naturel.....	54
<b>Figure 139</b> : Vue depuis le boulevard Krim Belkacem montrant l'obstacle naturel.....	54
<b>Figure 140</b> : Coupe de l'ensoleillement des espaces intérieurs en été.....	54
<b>Figure 141</b> : Volumétrie de l'entre-sol, montrant le rayonnement solaire en été.....	55

<b>Figure 142</b> : Volumétrie des logements du dernier niveau, montrant le rayonnement solaire en été.....	55
<b>Figure 143</b> : Coupe montrant l'angle solaire et l'ombre du bâtiment B1 sur le bâtiment B3 en hiver.....	55
<b>Figure 144</b> : Course du soleil et ensoleillement en hiver.....	55
<b>Figure 145</b> : Coupe de l'ensoleillement en hiver et l'obstacle naturel.....	56
<b>Figure 146</b> : Vue depuis l'immeuble 1 montrant l'obstacle.....	56
<b>Figure 147</b> : Coupe de l'ensoleillement des espaces intérieurs en hiver.....	56
<b>Figure 148</b> : Volumétrie de l'entre-sol, montrant le rayonnement solaire en hiver.....	57
<b>Figure 149</b> : Volumétrie des logements du dernier niveau, montrant le rayonnement solaire en hiver.....	57
<b>Figure 150</b> : Ecran végétal sur la façade nord-ouest.....	57
<b>Figure 151</b> : Grille d'aération sur la façade nord-ouest.....	58
<b>Figure 152</b> : L'humidité au niveau du plafond.....	58
<b>Figure 153</b> : Loggias de l'immeuble3.....	58
<b>Figure 154</b> : Histogramme montrant l'analyse statistique univariée pour les occupants des logements.....	71
<b>Figure 155</b> : Histogramme montrant l'analyse statistique univariée à propos de l'importance du respect du patrimoine colonial bâti.....	71
<b>Figure 156</b> : Histogramme montrant l'analyse statistique univariée à propos de la rénovation des façades de l'immeuble 03.....	71
<b>Figure 157</b> : Histogramme montrant l'analyse statistique univariée concernant l'utilisation des matériaux de rénovation locaux et respectueux de l'environnement.....	71
<b>Figure 158</b> : Histogramme montrant le nombre de façades des logements des habitants enquêtés.....	72
<b>Figure 159</b> : Histogramme montrant l'analyse statistique univariée concernant les travaux de changement des revêtements muraux.....	72
<b>Figure 160</b> : Histogramme montrant l'analyse statistique univariée concernant le choix des habitants enquêtés sur la fermeture des balcons ou sa conservation.....	72
<b>Figure 161</b> : Histogramme montrant l'analyse statistique univariée concernant le confort thermique dans le logement en hiver.....	72
<b>Figure 162</b> : Histogramme montrant l'analyse statistique univariée concernant le confort thermique dans le logement en été.....	73
<b>Figure 163</b> : Histogramme montrant l'analyse statistique univariée concernant les dimensions des fenêtres.....	73
<b>Figure 164</b> : Histogramme montrant l'analyse statistique univariée concernant l'orientation des fenêtres.....	73
<b>Figure 165</b> : Histogramme montrant l'analyse statistique univariée concernant le remplacement des fenêtres.....	73

<b>Figure 166</b> : Histogramme montrant l'analyse statistique univariée concernant les protections solaires des vitrages.....	74
<b>Figure 167</b> : Histogramme montrant l'analyse statistique univariée à propos de la disposition des fenêtres de volets.....	74
<b>Figure 168</b> : Histogramme montrant l'analyse statistique univariée à propos du type de vitrage des fenêtres.....	74
<b>Figure 169</b> : Histogramme représente l'analyse statistique univariée à propos de la fermeture des volets la nuit.....	74
<b>Figure 170</b> : Histogramme montrant l'analyse statistique univariée de la satisfaction des habitants par rapport à l'orientation des espaces habitables.....	75
<b>Figure 171</b> : Histogramme montrant l'analyse statistique univariée à propos de la satisfaction des habitants par rapport à la fonctionnalité des espaces intérieures.....	75
<b>Figure 172</b> : Histogramme montrant l'analyse statistique univariée des attentes des habitants par rapport aux espaces intérieures de leurs logements.....	75
<b>Figure 173</b> : Histogramme montrant l'analyse statistique univariée à propos de la présence de problèmes d'humidité dans les logements.....	75
<b>Figure 174</b> : Histogramme montrant l'analyse statistique univariée de l'exposition des logements au phénomène de paroi froide.....	76
<b>Figure 175</b> : Histogramme montrant l'analyse statistique univariée de la ventilation des logements.....	76
<b>Figure 176</b> : Histogramme montrant l'analyse statistique univariée à propos de l'accès du logement a la lumière naturelle.....	76
<b>Figure 177</b> : Histogramme montrant l'analyse statistique univariée à propos de l'isolation des logements.....	76
<b>Figure 178</b> : Histogramme montrant l'analyse statistique univariée de la plantation d'arbres pour avoir plus d'ombre.....	77
<b>Figure 179</b> : Histogramme montrant l'analyse statistique univariée de l'utilisation d'énergie renouvelable pour économiser les dépenses en énergie.....	77
<b>Figure 180</b> : Histogramme montrant l'analyse statistique univariée de réalisations antérieures de travaux pour la réduction des consommations énergétiques ou pour l'amélioration du confort.....	77
<b>Figure 181</b> : Histogramme montrant l'analyse statistique univariée de l'intérêt des habitants pour un programme de réhabilitation énergétique des logements.....	77
<b>Figure 182</b> : Nuage de points illustrant les correspondances entre les critères descriptifs de l'enquête par questionnaire.....	78
<b>Figure 183</b> : Nuage de points illustrant les correspondances entre les critères descriptifs de l'enquête par questionnaire.....	78
<b>Figure 184</b> : Nuage de points illustrant les correspondances entre les critères descriptifs de l'enquête par questionnaire.....	79

<b>Figure 185</b> : plan de masse de l'immeuble après réhabilitation énergétique.ECH1/100 ...	86
<b>Figure 186</b> : Coupe montrant les différentes procédures de réhabilitation énergétique.....	86
<b>Figure 187</b> : Coupe schématique montrant le fonctionnement de la façade bioclimatique en été.....	87
<b>Figure 188</b> : Coupe schématique montrant le fonctionnement de la façade bioclimatique en hiver.....	88
<b>Figure 189</b> : Coupe schématique montrant la fixation de la façade vitrée.....	88
<b>Figure 190</b> : vue sur la façade Sud-Est après réhabilitation énergétique.....	89
<b>Figure 191</b> : vue sur la façade Sud-Est après réhabilitation énergétique.....	89

## Liste des tableaux :

<b>Tableau 01</b> : Avantages et inconvénients de l'isolation par l'intérieur et par l'extérieur.....	13
<b>Tableau 02</b> : Analyse comparatives entre un bâtiment de la résidence le Mont-blanc et un bâtiment du campus de bordeaux.....	17
<b>Tableau 3</b> : Typologie des logements du bâtiment 03 (étage courant : ech : 1/500).....	43
<b>Tableau 4</b> : Tableau surfacique appartement 03 du RDC.....	44
<b>Tableau 5</b> : les pourcentages du plein et du vide des deux façades de l'immeuble 3.....	49
<b>Tableau 06</b> : les valeurs des résistances thermiques d'échanges superficiels intérieures et extérieures.....	58
<b>Tableau 7</b> : le coefficient de transmission surfacique K des parois extérieures des étages supérieures de la façade NORD-OUEST.....	59
<b>Tableau 8</b> : le coefficient de transmission surfacique K des parois extérieures des étages supérieures de la façade SUD-EST.....	59
<b>Tableau 09</b> : le coefficient de transmission surfacique K des parois extérieures du sous-sol.....	59
<b>Tableau 10</b> : le coefficient de transmission surfacique K des parois intérieures.....	59
<b>Tableau 11</b> : le coefficient de transmission surfacique K des planchers intermédiaires...	60
<b>Tableau 12</b> : le coefficient de transmission surfacique K de planchers bas.....	60
<b>Tableau 13</b> : le coefficient de transmission surfacique K de la toiture terrasse.....	60
<b>Tableau 14</b> : le coefficient de transmission surfacique K des ouvertures.....	61
<b>Tableau 15</b> : données géographique de telemly.....	61
<b>Tableau 16</b> : température de l'air de la région de telemly.....	61
<b>Tableau 17</b> : humidité relative de la région de telemly.....	61
<b>Tableau 18</b> : Groupe d'humidité. ....	61
<b>Tableau 19</b> : précipitation et vent.....	61
<b>Tableau 20</b> : limite de confort à partir d'AMT.....	64
<b>Tableau 21</b> : le confort du jour et le confort de la nuit.....	64
<b>Tableau 22</b> : signification des acronymes.....	64
<b>Tableau 23</b> : indicateurs.....	64
<b>Tableau 24</b> : recommandations spécifiques.....	64
<b>Tableau 25</b> : recommandations spécifiques du plan de masse. ....	65
<b>Tableau 26</b> : recommandations spécifiques pour l'espacement entre les habitants.....	65
<b>Tableau 27</b> : recommandations spécifiques pour la circulation de l'air.....	65
<b>Tableau 28</b> : recommandations spécifiques pour les ouvertures.....	65
<b>Tableau 29</b> : recommandations spécifiques pour les murs.....	66
<b>Tableau 30</b> : recommandations spécifiques pour les toitures.....	66
<b>Tableau 31</b> : recommandations spécifiques sur l'action de dormir à l'extérieur.....	66

<b>Tableau 32</b> : recommandations spécifique pour la protection contre la pluie.....	66
<b>Tableau 33</b> : recommandations de détails.....	66
<b>Tableau 34</b> : recommandations de détails pour les dimensions des ouvertures.....	66
<b>Tableau 35</b> : recommandations de détails pour la position des ouvertures.....	66
<b>Tableau 36</b> : recommandations de détails pour la protection des ouvertures.....	67
<b>Tableau 37</b> : recommandations de détails pour les murs et les planchers.....	67
<b>Tableau 38</b> : recommandations de détails pour les toitures.....	67
<b>Tableau 39</b> : recommandations de détails pour le traitement des surfaces extérieures.....	67
<b>Tableau 40</b> : comparaison des résultats de la méthode Mahoney et l'analyse bioclimatique.....	68
<b>Tableau 41</b> : interprétation des résultats de l'analyse des correspondances multivariées.....	78

## Nomenclatures :

Symbole	Définition	Unité
$\lambda$	Conductivité	(w/m. °C)
e	Epaisseur	(m)
K vn	le coefficient K du vitrage nu	(m <sup>2</sup> . °C/W)
r <sub>v</sub>	la résistance supplémentaire de voilage on adopte 0.025	(m <sup>2</sup> . °C/W)
r <sub>rid</sub>	la résistance supplémentaire de rideaux éventuels on adopte 0.03	(m <sup>2</sup> . °C/W)
R	résistances thermiques des différentes couches des matériaux constituant la paroi.	(m <sup>2</sup> .°C/W)
K	le coefficient de transmission surfacique des parois	(W/m <sup>2</sup> .°C)
h	un coefficient d'échange superficiel	(W/m <sup>2</sup> . °C)
h <sub>i</sub>	un coefficient d'échange superficiel intérieur	(W/m <sup>2</sup> . °C)
h <sub>e</sub>	un coefficient d'échange superficiel extérieur	(W/m <sup>2</sup> . °C)
T	Température	(°C)
HR	Humidité relative	(%)
T <sub>min</sub>	La température minimale	(°C)
T <sub>max</sub>	La température maximale	(°C)
T° Moy	La température Moyenne	(°C)
P	Précipitation	(mm)
V <sub>v</sub>	Vitesse des vents	(m/s)
AMT	Annual Mean Temperature	(°C)
AMR	Annual Mean Range	(°C)
Q	Consommation d'énergie	kWh EP/m <sup>2</sup> /an



## **Sigles et abréviations :**

**ACM** : Analyse des correspondances multiples.

**ACV** : Analyse des cycles de vie.

**BBC-R** : Bâtiment basse consommation rénovation.

**CCNUCC** : Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques.

**CDER** : Centre de développement des énergies renouvelables.

**CIAM** : Congrès international d'architecture moderne.

**Cop 21** : 21 édition de la conférence des parties (en anglais : Conférence Of Parties)

**CO2** : Dioxyde de carbone.

**CTA** : Centrale de traitement d'air.

**DD** : Développement durable.

**ECH** : Echelle.

**EPEAU** : Ecole Polytechnique d'architecture et d'urbanisme.

**ERP** : Etablissement recevant du public.

**HLM** : Habitation à loyer modéré.

**HQE** : Haute qualité environnementale.

**GES** : Gaz à effet de serre.

**LEM** : Laboratoire d'Etudes Maritimes.

**Mtep** : Million de tonnes d'équivalent pétrole.

**THP** : Très haute performance.

**ONM** : Office National de la Météorologie.

**ONU** : Organisation des Nations Unies.

**PMR** : Personne à mobilité réduite.

**RDC** : Rez-de-chaussée.

**RT** : Réglementation thermique.

**UE** : Union européenne.

**VIR** : Vitrage à isolation renforcée.

**VMC** : Ventilation motrice contrôlée.

# **Partie introductive**

Définition du champ de la recherche

---

## **Introduction :**

L'Algérie a hérité d'un habitat riche, diversifié et marqué par l'histoire du pays qui date de la période coloniale 19<sup>ème</sup> 20<sup>ème</sup> siècle. Cette tranche d'habitat est témoin d'un patrimoine colonial algérien et qui se caractérise par un assemblage de deux styles architecturaux distincts (local et européen) et il occupe une place importante dans le parc national du logement. Aujourd'hui, ce patrimoine bâti est menacé par les risques de disparition et de dégradation et cela engendre un appauvrissement néfaste de l'héritage de toute l'humanité. Cependant, il est nécessaire de réfléchir aux interventions convenables afin de conserver et revaloriser cet héritage, en respectant son identité et en l'intégrant dans des actions de développement durable. Il s'agit donc d'un héritage qui s'inscrit dans le sens de la durabilité pour nous parvenir malgré les aléas du temps.

Parmi ces actions, la réhabilitation énergétique a pour but d'améliorer le confort thermique des occupants et par conséquent réduire les déperditions thermiques et la consommation énergétique. Il s'agit en fait de fusionner l'architecture ancienne avec les techniques actuelles moderne. La réhabilitation énergétique du patrimoine bâti présente donc l'intervention la plus intéressante qui répond à l'exigence du confort avec une consommation modérée et rationnelle de l'énergie.

La consommation énergétique est devenue l'un des grands problèmes de notre époque, et le bâtiment ancien est un des facteurs majeure, ils consomment plus d'énergie que tout autre secteur et ayant pour conséquence l'émission de gaz à effet de serre qui a pour origine la production de chaleur dans les bâtiments, et contribue donc dans une large mesure au changement climatique.

Rappelant que la problématique de l'économie d'énergie ne s'est remise en question qu'en 1973, date du premier choc pétrolier et le début de la crise énergétique. Depuis, elle est devenue un discours politique et un enjeu économique dans tous les pays. (D.Medjlekh, 2006, p03). L'Algérie ne fait pas exception, le secteur du bâtiment (résidentiel et tertiaire) se trouve parmi les secteurs les plus énergivores, étant responsable de 46% de la consommation énergétique nationale finale et de 28% de l'énergie primaire (K.Benhalilou,2008,p 01) , et cela est due à une négligence des paramètres climatiques lors des différentes conceptions, ainsi il se trouve confronté au problème de l'augmentation de la consommation énergétique, qui représente un taux de croissance annuel estimé à 6.28%. (Bulletin des énergies renouvelables, 2007, p 13.)

A cet effet, il est souhaitable que l'Algérie trouve un équilibre entre le confort, l'économie d'énergie et l'environnement, même si le choix d'une véritable politique énergétique à long terme et de définition immédiate d'un modèle cohérent de consommation énergétique reste un problème.

---

Ainsi, pour contribuer à cet effort visant la réalisation d'économies d'énergies dans le patrimoine colonial et d'apporter un confort optimal aux habitants tout en gardant son identité que cette étude de réhabilitation énergétique a été effectuée.

### **Problématique :**

Depuis l'indépendance, l'Algérie a ratifié une vingtaine de conventions et de protocoles internationaux dans le domaine de l'environnement. La première conférence internationale a été celle de Stockholm en 1972, suivie de celle de Rio de Janeiro en 1992. L'ensemble de lois Algérienne relatif au domaine de la protection de l'environnement ne cesse d'évoluer dans le temps en fonction des nouvelles données. Les premières lois datent de 1978 et 1983 et portent sur la protection des sites et la création de parcs nationaux. Des lois plus récentes dont les dernières remontent à 2015 portent sur la création de l'Observatoire National de l'Environnement et du Développement Durable ainsi que la Caisse Nationale de l'Environnement, sans compter les autres lois et décrets portant sur la protection du littoral et le développement des énergies propres. (K.SAFER, 2015, p10.)

L'Algérie fait partie des premiers pays sur un total de 195 membres de l'ONU à avoir signé l'accord de Paris sur le changement climatique lors de la COP21 de Décembre 2015. C'est un accord universel et durable, afin que les 195 états signataires de la CCNUCC ; adoptée depuis son lancement en 1992 à Rio lors du sommet de la terre jusqu'à son ultime étape parisienne; réduisent leurs consommations des énergies fossiles responsables du changement climatique. En échange ils s'engagent à développer des énergies propres et renouvelables dans le but de stabiliser la hausse de la température moyenne terrestre entre 2 et 1,5° C d'ici à la fin du siècle. (France diplomatie, 2016, p 04.)

La part de l'Algérie dans les émissions mondiales de gaz à effet de serre (GES) est de seulement 0,36 % (T. Abdelbari, 2015). Toutefois, elle est l'un des pays les plus vulnérables aux changements climatiques et la situation pourrait être épouvantable pour le territoire algérien, si le réchauffement climatique venait à ne pas connaître un net ralentissement. C'est pour cela qu'elle s'est engagée à soutenir la communauté internationale dans ses efforts de réduction des gaz à effet de serre (GES) en réduisant ses émissions de 7% à l'horizon 2030 et de 22% dans le cas où l'Algérie bénéficie d'un accompagnement technologique et financier adéquat et l'investissements de la part de ses partenaires au développement (Algérie presse service, 2016, p130.). Cela en utilisant des moyens nationaux à travers des actions visant à opérer une transition énergétique et une diversification économique, dont le nouveau programme visant à promouvoir l'utilisation des énergies renouvelables et l'efficacité énergétique.

La question de la consommation des énergies non renouvelables par le secteur du bâtiment et les procédés de régénération des bâtiments construits afin de réduire l'impact des

---

émissions de gaz à effet de serre, fut parmi les questions les plus débattues lors de la rencontre internationale de la COP21. Ses questions s'imposent aujourd'hui tant à l'échelle de la ville que du bâtiment dans le but de lutter contre le réchauffement climatique et arriver à répondre aux besoins des populations en diminuant l'impact écologique.

En effet, Le secteur du bâtiment est parmi les secteurs les plus consommateurs en énergie, ayant pour conséquences la production de chaleur et les émissions de GES qui contribuent dans une large mesure aux changements climatiques, d'où la lutte contre ce dernier est devenue un intérêt grandissant. Il est donc urgent dans la situation actuelle d'intervenir afin de créer un nouvel équilibre, en respectant à la fois la durabilité du bâtiment et la maîtrise de la consommation de l'énergie.

Autrefois, l'Algérie a été un lieu de rencontre entre les civilisations, celle-ci en effet, a donné naissance à un patrimoine colonial d'une importance majeure, représentant un type de construction qui illustre une période significative et précise de l'histoire et qui témoigne d'un échange d'influences pendant une période donnée. Ce patrimoine colonial du 19<sup>e</sup> siècle se trouve actuellement dans un état de dégradation très avancé qui menace l'hygiène, le confort thermique et la sécurité de ses occupants. Pour la plupart des bâtiments construits dans cette période, dont le but essentiel était de loger le plus possible à moindre coût et dans un minimum de temps, alors qu'aucune réglementation thermique n'encadrerait leur construction, sont aujourd'hui largement responsables de la consommation d'énergies non renouvelables.

Afin de promouvoir l'identité architecturale, il est important de conserver les caractéristiques d'authenticité et d'assurer leur pérennité dans le temps pour les transmettre aux générations futures. Nous interviendrons sur le patrimoine colonial bâti du 19<sup>e</sup> siècle qui s'avèrent plus que nécessaire compte tenu de l'état de dégradation dans lequel il se trouve et qui menace non seulement le confort des habitants mais aussi leurs santé et sécurité.

A travers ce travail de recherche nous allons essayer de répondre aux questionnements qui se résument comme suit :

1. Quelle sera la stratégie la plus adéquate afin d'assurer un meilleur confort thermique du bâtiment 03 de la cité Aéro- habitat d'Alger construite à l'époque coloniale en 1951 ?
2. Comment intégrer performances énergétiques et préservation de l'identité patrimoniale dans cet immeuble ?

### **Objectifs :**

Le but principal de notre étude est de chercher les moyens à mettre en place pour régler les différents problèmes d'inconfort au sein des logements de l'immeuble 03 de la cité Aéro- habitat et d'arriver à assurer la durabilité de l'immeuble tout en préservant son identité patrimoniale.

---

Les objectifs visés dans notre travail sont les suivants :

1. Définir une stratégie pour l'amélioration du confort thermique de l'immeuble 03 de la cité « Aéro-habitat d'Alger » par le biais de la réhabilitation énergétique.
2. Intégrer performances énergétiques et préservation de l'identité patrimoniale dans l'immeuble 03.

### **Méthodologie de recherche :**

La thématique de recherche que nous traitons étant la réhabilitation énergétique, plus précisément la réhabilitation énergétique d'un immeuble colonial à Alger. En effet, il est nécessaire d'adapter une démarche méthodologique afin de mener à bien cette étude et lui apporter quelques éléments de réponse. Pour cette ambition nous avons choisi l'enquête par questionnaire un outil qui vise à évaluer le confort thermique des habitants à travers leurs réponses, ainsi leur avis sur la préservation de l'identité patrimoniale de leur immeuble. Les données obtenues sont analysées par le logiciel d'analyse, STATISTICA, Stratsoft 7.1, 2005 qui sera une base pour identifier les problèmes rencontrés dans l'immeuble.

Afin de compléter notre analyse, nous avons également effectué une enquête par observation qui consiste à traiter les données climatiques de l'aire d'étude ainsi qu'une analyse architecturale, bioclimatique et l'application de la méthode Mahoney.

Dans notre travail nous avons aussi exploité une série de documentations à savoir :

- Les ouvrages, les thèses, les mémoires.
- Des articles, des publications et des revues.

### **Structure du mémoire :**

Notre travail s'articule autour de quatre parties :

**La partie introductive :** comporte l'introduction générale, la problématique générale, les objectifs ainsi que la méthodologie de recherche.

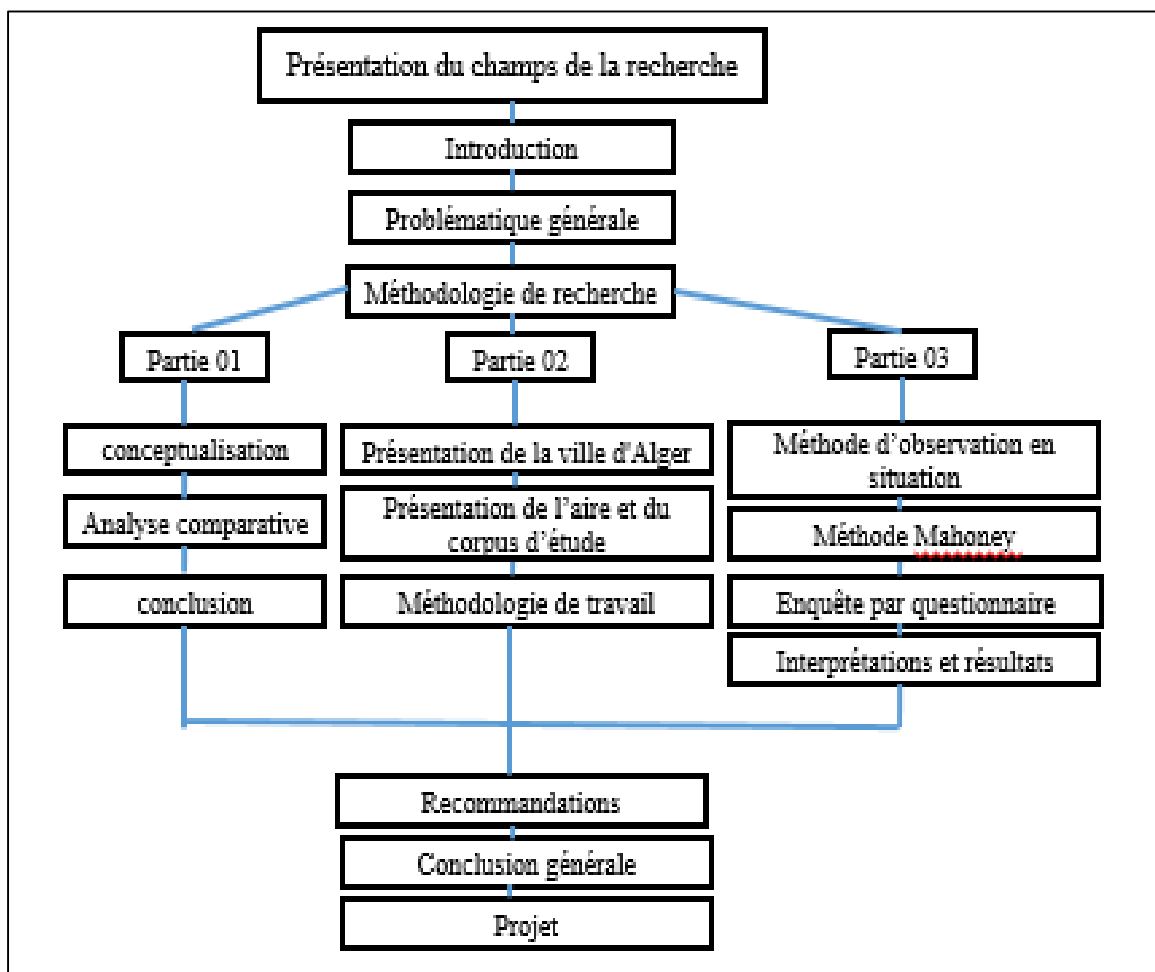
**La première partie :** consiste en une conceptualisation qui servira de fondement théorique pour la compréhension des différents concepts et notions clés liés à notre recherche, elle découle d'une recherche bibliographique sur le patrimoine en général, l'identité architecturale et la réhabilitation énergétique. Nous nous intéresserons également à la relation de ces dernières avec le développement durable, puis nous réaliserons une étude comparative de deux exemples étrangers traitant notre sujet de recherche pour enfin essayer d'élaborer un constat générale de la partie théorique.

**La deuxième partie :** cette partie de la recherche, va être consacrée à la présentation de la ville d'Alger, de l'aire d'étude et du corpus d'étude qui est le bâtiment 03 de la cité Aéro-habitat de Telemly dont nous justifierons le choix, puis nous présenterons la méthodologie de recherche.

**La troisième partie :** elle comprend le travail sur terrain qui consiste à effectuer une enquête par questionnaire et une analyse par observation à savoir : l'analyse architecturale, bioclimatique et l'application de la méthode Mahoney.

**La dernière partie :** consiste en une conclusion générale qui comprend les principaux résultats de la recherche, les limites de la recherche, les recommandations ainsi que les axes futures de la recherche.

Enfin nous exploiterons les résultats issus des trois parties afin de proposer un projet de réhabilitation énergétique du bâtiment 03 dans le but d'améliorer le confort des habitants en diminuant les pertes énergétiques tout en préservant notre patrimoine architectural national.



**Figure 01 :** Organigramme récapitulatif de la structure du mémoire.

(Source : auteurs, 2016.)

# **Première partie**



## **Introduction :**

A travers cette première partie de recherche on s'intéresse à la notion du patrimoine, son évolution et son inscription dans une logique de durabilité et ça nécessité de préserver les ressources à transmettre aux générations futures. Cela à travers une réhabilitation énergétique du patrimoine bâti qui consiste principalement à améliorer le confort thermique par la réduction des pertes thermiques, ainsi que l'accroissement du rendement énergétique. Elle est définie par la rénovation de l'existant et se fait selon le cas et le besoin. Il s'agit en fait de concilier les éléments de structure du patrimoine bâti et les matériaux de base avec les techniques actuelles. La réhabilitation énergétique dans le patrimoine architectural présente donc une solution intéressante qui répond à l'exigence du confort avec une consommation modérée et rationnelle en énergie. Sachant que le secteur de l'habitat est parmi les secteurs concerné par le réchauffement de la planète qui peut engendrer des conséquences importantes sur l'environnement sous forme de rejets polluants. A cet effet, il est souhaitable de trouver un compromis entre le confort des occupants, diminution de la consommation énergétique et préservation de l'environnement, tout en respectant les exigences de la réglementation thermique qui répond au respect de l'environnement.

Enfin, cette réhabilitation apparaît donc comme un enjeu majeur du développement durable. Elle s'affronte cependant à la difficulté d'accorder protection du patrimoine et adaptation des bâtiments anciens aux normes du développement.

### **1. Le patrimoine, de la notion au concept :**

Le Patrimoine est une notion polysémique, qui peut se définir dans un premier sens comme un rapport de légitimité familiale par voie de l'héritage matériel transmis de père ou mère au fils, d'une génération à une autre. (M,Back et S.Zimmermann, 2005, p 309.)

Selon Françoise CHOAY, le patrimoine est défini comme : « *L'expression qui désigne un fond destiné à la jouissance d'une communauté élargie aux dimensions planétaires et constitue par l'accumulation continue d'une diversité d'objets qui rassemble leur commune appartenance au passé : œuvres et chefs d'œuvres des beaux-arts et des arts appliqués, travaux et produits de tous les savoirs faire des humains* ». (F.Choay, 1992, p 09.)

En effet, le patrimoine représente un héritage qui agence un lien entre les générations passées, présentes et futures. Il est un facteur d'identité et de mémoire collective pour un pays, une région ou une communauté, à une époque donnée. Il se traduit principalement par leurs cadres bâtis, leurs modes de vie et leurs traditions.

---

Cette notion ne cesse de s'étendre et de se transformer au fil du temps, pour devenir un concept, comme le souligne "J. Babelon et A. Chastel", dans leur ouvrage "La notion de patrimoine" : « *La notion de patrimoine a toujours plusieurs dimensions. Elle comporte des variables, des vides et des fièvres qui peuvent étonner l'historien* ». (J. Babelon et A. Chastel, 1980, p 25.)

Le patrimoine est donc un concept vaste qui réunit l'environnement naturel et culturel. Il englobe les notions de paysage, d'ensembles historiques, de sites naturels et bâtis ainsi que les notions de biodiversité, de collections, de pratiques culturelles traditionnelles ou présentes, de connaissance et d'expérimentation. Le patrimoine s'étend aux idées, aux gestes, aux traditions et aux modes d'expression orale (poésie, musique). (J. Babelon et A. Chastel, 1980, p 25.)

## **2. Le patrimoine et l'identité architecturale :**

D'après Michel Castra dans sa revue de psychologie :

« *L'identité est constituée par l'ensemble des caractéristiques et des attributs qui font qu'un individu ou un groupe se perçoivent comme une entité spécifique et qu'ils sont perçus comme telle par les autres. Ce concept doit être appréhendé à l'articulation de plusieurs instances sociales, qu'elles soient individuelles ou collectives.* » (M. Castra, 2012, p 72.)

L'identité collective trouve donc son origine dans les formes identitaires communautaires où les sentiments d'appartenance sont particulièrement forts (culture, nation, ethnies...) et les formes identitaires sociétales qui renvoient à des collectifs plus éphémères, à des liens sociaux provisoires (famille, groupe de pairs, travail, religion...). L'individu appartient ainsi de manière simultanée ou successive, à des groupes sociaux qui lui fournissent des ressources d'identification multiples. (M. Castra, 2012, p73.). Et selon Jacques Berque « *L'identité : c'est l'inquiétude d'un pays qui cherche à se construire dans la modernité, sans dépouiller son identité* ». (N. Bouanane kentouche, 2008, p41.)

En effet, la notion d'identité est ainsi fondamentalement liée à celle du patrimoine. Par conséquent l'identité patrimoniale d'un pays est celle qui s'accroche au passé auquel elle est redevable de son identité, ce passé qu'elle invoque à travers son patrimoine culturel qu'elle se doit de conserver car il représente une empreinte de son héritage , et témoin d'une civilisation, et pris comme repère d'authenticité culturelle et architecturale représentatives de ses origines qui a besoin de garder sa fonction de livre d'histoire pour les prochaines générations.(N. Bouanane kentouche, 2008, p41.)

### 3. Le patrimoine principe actif du développement durable :

Le patrimoine et l'environnement sont deux notions différentes et indissociables, moulées l'une dans l'autre, dont leur conservation pour les générations futures, était l'un des objectifs visés par le développement durable pour un avenir équitable.

En 1992 lors du Sommet de la Terre, la déclaration de Rio donne une définition du développement durable en mettant l'accent sur le lien entre environnement et développement, précédé par le rapport Brundtland 1987 selon lequel : « *le développement doit répondre aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs* » (REMPART, 2014, p 03.). En outre, La déclaration de Rio intègre aussi trois exigences : la viabilité économique, la viabilité environnementale et l'équité sociale. Dans ce contexte, le patrimoine doit être considéré comme une ressource non renouvelable comme les ressources naturelles et énergétique, dont la nécessité de la préserver et de la sauvegarder pour la transmettre aux générations futures. (REMPART, 2014, p 03.)

De surcroît, Le concept de patrimoine porte en lui-même cette vision de translation et de continuité dans le temps. La nécessité de protéger et transmettre ce patrimoine et cet héritage est aujourd'hui une nécessité primordiale qui exprime une volonté de mieux intégrer la dimension temporelle et de mieux articuler le passé, le présent et le futur de notre sociétés dans une logique de transmission et de solidarité entre les générations. (P.Pelletier, 2010, p 16.)

En effet, La consommation de matières premières non renouvelables en s'en tenant au minimum, est l'un des préceptes fondamentaux du développement durable afin de préserver leurs pérennités. La préservation du patrimoine des monuments et sites de valeur ainsi que leur transmission aux générations futures vise elle aussi le long terme. (CRMS, 2004, p 03.)

Enfin, Le Patrimoine et le développement durable s'inscrivent donc dans la même perspective, elles apparaissent aujourd'hui comme deux notions consensuelles et comme deux alliés pour la même cause dont les frontières continuent à évoluer dans le temps et dont les relations ne sont pas aussi évidentes qu'elles paraîtraient à première vue.

**Exemple** : Le quartier de Vesterbro

Le quartier de Vesterbro est un quartier de Copenhague situé au nord-est du centre-ville historique de la capitale du Danemark, il a été construit entre 1880 et 1910. La réhabilitation urbaine de Vesterbro a débuté en 1991, englobant à la fois la mise aux normes et la réhabilitation des bâtiments, l'embellissement des cours et jardins, le réaménagement de l'espace urbain et des voiries, et l'émergence de nouvelles institutions publiques et culturelles. Les quatre piliers du développement durable, en termes sociaux, environnementaux, économiques ou culturels, ont été également intégrés au programme de la réhabilitation. (F.Terp, 2008, p 01-02.)



**Figure 02** : Le quartier de Vesterbro  
Source : ( F.Terp, 2008, p 01-02.)



**Figure 03** : Quartier de Vesterbro après réhabilitation (Source :J.V.Nielsen et K.Christensen, 2008.)



**Figure 04** : Quartier de Vesterbro après réhabilitation (Source :J.V.Nielsen et K.Christensen, 2008.)

#### 4. La réhabilitation énergétique des logements

##### Qu'est-ce que la réhabilitation énergétique ?

La réhabilitation énergétique est l'amélioration énergétique qui doit être accompagnée d'une amélioration qualitative du logement et du bâtiment, en associant la problématique de l'énergie à celle de la qualité d'usage du logement : confort, santé, réduction des charges locatives, image du bâtiment ou son insertion dans le quartier. (C.Charlot-Valdieu et P. Outrequin, 2011, p11)

De ce fait, la réhabilitation énergétique est comme étant un savoir-faire sur le plan des choix architecturaux et techniques pour réhabiliter un bâtiment existant, et le plus souvent des constructions anciennes fortes consommatrices d'énergie, et ceci dans un objectif de basse consommation nécessaire au regard des contextes énergétiques et environnementaux ainsi qu'en contribuant à l'amélioration du confort thermique de ces immeubles.

#### 4.1 Les différents niveaux de la réhabilitation énergétique :

Il revient de préciser certains niveaux de réhabilitation, et bien que les termes « réhabilitation », « Rénovation » n'aient pas de définitions précises,

- La « réhabilitation » d'un bâtiment ne signifie pas le prolongement de vie d'un bâtiment dévalorisé. Autrement dit, la réhabilitation s'oppose à la démolition, afin de conserver l'histoire du bâtiment et de ses habitants, son vécu et son image dans le quartier. (C.Charlot-Valdieu et P. Outrequin, 2011, p11)
- La « rénovation » signifie « le remettre à neuf ». Cette remise à neuf peut impliquer sa restauration, c'est-à-dire la sauvegarde ou la réfection à l'identique du bâtiment en vertu de sa qualité patrimoniale. (C.Charlot-Valdieu et P. Outrequin, 2011, p11)
- La « rénovation diffuse » constituée de toutes les interventions partielles étalées dans le temps : changement de fenêtres ou d' huisseries, interventions sur les toitures, réfection de façade, changement de chaudière, etc. (J .Orselli, 2005, p 30).
- La « rénovation énergétique » vise à ce que le bâtiment ancien atteigne des performances proches d'un bâtiment récent. Dans ce sens, il s'agit d'une approche technique avec des objectifs de performances quantitatives. (C.Charlot-Valdieu et P. Outrequin, 2011, p11)
- Les travaux « d'entretien » sont difficiles à définir. L'entretien des installations consommant de l'énergie est surtout important dans le cas des chaufferies. Ils se distinguent parfois mal des travaux de rénovation diffuse. (N. Nait, 2011, p 54.)

#### 4.2 Pourquoi réhabiliter un logement énergétiquement ?

Au rythme de consommation actuel, dans 50 ans l'ensemble des réserves non renouvelables sera épuisé et le secteur résidentiel en est l'une des importantes causes. En effet il se trouve que le secteur résidentiel est parmi les secteurs les plus consommateurs d'énergie avec une consommation représentant 46% de l'énergie finale pour l'Algérie (N. Fezzioui, B. Droui, M. Benyammine, S. Larbi, 2008, p 25.) et de 45.4% pour la France. (Service de l'observation et des statistiques, 2016, p 07.)

Kohler, pense que la réhabilitation du patrimoine bâti devrait être une nécessité car elle permet de prendre des mesures rentables pour améliorer les structures résidentielles en ressources et respectueux de l'environnement. La réhabilitation énergétique des logements n'offre pas uniquement des avantages économiques et environnementaux mais elle permet également d'améliorer le confort thermique en régularisant les températures intérieures. Ceci est particulièrement visible dans les anciennes constructions présentant des problèmes de mouvements d'air et d'une mauvaise répartition de la chaleur donc un mauvais confort thermique. (N. Kohler, 1999, p 140.)

## 5. La réhabilitation énergétique comme solution pour un meilleur confort des habitants

### 5.1. La réhabilitation énergétique et le confort thermique :

L'objectif majeur de la réhabilitation énergétique est de préserver les espaces de vie des effets contraignants du climat tout en profitant de ses bienfaits et en étant en accord avec l'environnement. Ainsi, la recherche du confort a toujours été une préoccupation première pour les habitants.

L'amélioration énergétique du parc existant constitue un axe de progrès prioritaire dans la maîtrise et l'amélioration des conditions de confort par des moyens d'isolations. Dans les milieux bâtis, le confort thermique est une exigence essentielle dont chaque logement devrait avoir et que le bâtiment doit être adapté à son climat. La définition du confort thermique est par conséquent d'une grande importance afin de permettre au bâtiment d'atteindre ses objectifs de fonctionnalité. (B. Moujalled, 2007, p 23.)

Cependant, le confort thermique est l'ajustement entre les critères suivants : la température environnante, la qualité d'air, l'humidité relative, le rayonnement des parois, l'absence de courants d'air. Le confort thermique est donc la satisfaction exprimée à l'égard de l'ambiance thermique du milieu environnant. (S. Bronchart, J. Rixen– M. Bourgeois, 2010, p39.)

Il existe deux types de confort thermique :

#### A. Le confort thermique d'hiver :

La sensation d'inconfort se produit par une différence de température entre l'ambiance et les parois. Ce sentiment de gêne apparaît dès que l'écart de température est supérieur de 3°C entre la température des pièces et celle des parois (fenêtre, sol ou mur), On appelle cela l'effet de « paroi froide » qui disparaît dès que les parois sont isolées, ventilées et chauffées modérément ce qui permet de maintenir une bonne hygiène de vie et assure la conservation du bâtiment. (S.Gobain, 2008, p 04.)



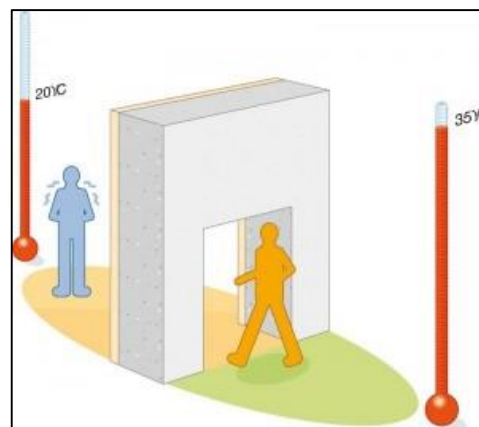
**Figure 05** : Confort thermique d'hiver.  
Source :(S. Gobain, 2008, p 04.)



## B. Le confort thermique d'été :

Afin de limiter l'inconfort des occupants et la climatisation, le bâtiment doit assurer un confort d'été acceptable, et cela par : le contrôle des apports solaires, la réduction des apports internes, la mise en œuvre d'une inertie importante, l'évacuation de la chaleur des structures pendant la nuit, amélioration de la qualité des vitrages et des protections solaires et assurer le renouvellement d'air des pièces.

(O.Silder, 2007, p42-43.)



**Figure 06** : Confort thermique d'été.

Source : (S. Gobain, 2008, p 04.)

## 5.2. L'isolation thermique par l'extérieur et l'isolation thermique par l'intérieur comme solution pour un confort thermique optimal :

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

### a. Système d'isolation thermique par l'intérieur :

L'isolation thermique par l'intérieur permet de traiter aisément les jonctions avec les menuiseries, portes, balcons, ... etc., ainsi que celles avec l'isolation des combles et toitures. Pour respecter les conditions de confort d'été, la masse des murs n'étant pas en contact avec les volumes intérieurs, il sera pertinent de composer avec des parois intérieures lourdes.

Une isolation des murs par l'intérieur est également idéale :

- lorsque la maison est ancienne et détient un certain cachet patrimonial que l'on ne souhaite pas sacrifier (pierres apparentes, briques et pierres, ...),
- lorsque la façade extérieure présente des particularités architecturales limitant l'intérêt d'une isolation par l'extérieur (nombreuses parois vitrées, balcons, bow-windows qui représentent autant de ponts thermiques à traiter),
- lorsque la façade extérieure ne nécessite pas de ravalement. (IsolFrance, 2016.)

### b. Système d'isolation thermique par l'extérieur :

L'isolation thermique par l'extérieur permet de supprimer les ponts thermiques au niveau des planchers intermédiaires et des refends. Elle permet également de tirer parti de l'inertie des murs pour récupérer les apports solaires en hiver et pour réduire l'inconfort en été.

En revanche, ce type d'isolation (sous enduit, vêtture, bardage, ...) implique des précautions spécifiques de mise en œuvre pour garantir le traitement thermique de la jonction avec les planchers bas, les encadrements de fenêtres, portes, loggias, balcons, etc. et les acrotères des

toitures plates ou les combles. Le groupement du mur manteau a décrit des solutions de traitement des points singuliers en isolation par l'extérieur (Effinergie, 2008, p 16.)

### c. Comparaison entre l'isolation par l'extérieur et l'isolation par l'intérieur :

Le tableau ci-dessous illustre une comparaison entre l'isolation par l'extérieur et l'isolation par l'intérieur.

	<b>Isolation par l'intérieur</b>	<b>Isolation par l'extérieur</b>
<b>Avantages</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ne modifie pas l'aspect extérieur et dans le cas d'un patrimoine bâti elle permet de respecter son identité architecturale.</li> <li>- Augmente la performance thermique globale du bâtiment.</li> <li>- Supprime les condensations sur parois froides.</li> <li>- Supprime l'effet parois froides.</li> <li>- Améliore le confort acoustique intérieur.</li> <li>- Coût d'exécution moins onéreux qu'une solution d'isolation par l'extérieur.</li> <li>- Systèmes d'isolation faciles et rapides à mettre en œuvre.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Regroupe les opérations d'isolation et de ravalement.</li> <li>- Mise en œuvre facile.</li> <li>- Traite un plus grand nombre de ponts thermiques en les recouvrant efficacement.</li> <li>- Ne modifie pas les surfaces habitables et ne nécessite pas la reprise de la décoration.</li> <li>- Protège les murs des intempéries et des variations climatiques (inertie apportée par le mur côté intérieur).</li> </ul>
<b>Inconvénients</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mise en œuvre difficile si présence de prises, canalisations, équipements à démonter.</li> <li>- Ne traite pas tous les ponts thermiques.</li> <li>- Réduit l'espace habitable.</li> <li>- Révision du plan électrique.</li> <li>- Embrasure des portes et des fenêtres à prévoir pour réduire au minimum les déperditions lumineuses.</li> <li>- Décoration intérieure à refaire.</li> <li>- Travaux à effectuer dans un local évacué de ses habitants le temps des travaux.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Coût supérieur.</li> <li>- modifie l'aspect extérieur et dans le cas d'un patrimoine bâti il contribue à le dénaturer en modifiant ou en supprimant complètement son identité architecturale</li> <li>- Augmente le coefficient d'occupation au sol sur le terrain.</li> <li>- Réduit la grandeur des ouvertures et donc de l'apport lumineux en procédant à l'isolation des tableaux et des appuis de fenêtres.</li> <li>- Nécessite de revoir la fixation des systèmes de fermeture des volets...</li> </ul>

**Figure 06** : confort thermique d'été. Source : (S. Gobain, 2008, p 04.)



---

## **6. La réhabilitation énergétique et le développement durable, un enjeu d'avenir :**

### **6.1 Les différents enjeux de la réhabilitation énergétique :**

Le développement durable répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à satisfaire les leurs (rapport Brundtland, 1987). De ce fait, la réhabilitation énergétique a un véritable rôle d'intégrateur de développement durable à assurer, puisqu'elle comporte des enjeux environnementaux, sociaux et économiques. (N. Nait, 2011, p 72.)

### **6.2 La réhabilitation énergétique et le développement durable :**

Aujourd'hui, des concepteurs, architectes et ingénieurs essayent d'approuver qu'il est urgent de réfléchir sur les pratiques, les méthodes et les propositions de construction et de conception en vue de diminuer leurs impact sur l'environnement. L'enjeu est crucial, technique, mais aussi surtout, social, économique et environnemental. Il remet en question des comportements, des modes de vie et des modes relationnels. (B. Peuportier, 2008, p 05.)

Le bâtiment est parmi les premiers secteurs consommateur d'énergie et le deuxième émetteur de gaz à effet de serre d'origine énergétique après le transport (B. Laponche, 2010, p 05.) C'est donc le secteur qui peut offrir des possibilités importantes en matière de réduction de la demande énergétique. C'est ainsi qu'une mesure telle que la réhabilitation énergétique des bâtiments s'impose pour avancer dans le domaine de la maîtrise de l'énergie.

Le développement du mode de vie dans les logements anciens s'est nécessairement accompagné d'un accroissement important des besoins énergétiques en matière de chauffage, de climatisation et d'électricité, car la généralisation d'un nouveau confort moderne repose sur une grande consommation d'énergie. Dans ce type d'habitat, découle les problèmes d'inconfort des ambiances intérieures dus à la précarité énergétique de l'enveloppe de la bâtisse : ils sont hyper consommateurs en énergie, très froids en hiver et très chauds en été. (N. Kadri et A. Mokhtari, 2011, p 02.)

En conséquence, l'objectif de la réhabilitation énergétique est pour améliorer le confort thermique et réduire la consommation d'énergie dans le bâti ancien et c'est à travers une contribution à l'étude de l'isolation thermique de l'enveloppe de l'édifice et un renouvellement d'air des espaces de vies, car elle constitue un échangeur thermique entre l'intérieur et l'extérieur. (P. Levy, 2010, p 86)

---

Des facteurs pour une meilleure diminution de la consommation énergétique :

**a. Le choix des matériaux**

Les matériaux de constructions jouent un rôle dans la capacité de minimiser la consommation énergétique et de déterminer la qualité d'une réhabilitation. En effet, ces matériaux réagissent différemment selon le système constructif dont ils font partie. Pour garantir une réhabilitation durable et une amélioration énergétique avec un choix adéquat des matériaux, il est essentiel de connaître le fonctionnement de la construction. (Service des sites et monuments nationaux, 2015, p 05.)

**b. Amélioration énergétique**

Parmi les solutions permettant immédiatement d'économiser l'énergie et de réduire l'émission de CO<sub>2</sub> des bâtiments, le choix, la modernisation, la gestion, l'entretien et la maintenance des systèmes de chauffage permettent d'atteindre les objectifs de réduction des consommations énergétiques à un coût optimum. (Association énergie et avenir, 2010, p 01.)

Pour la réhabilitation, les gisements de progrès immédiats en matière d'efficacité énergétique se situent en : réduction de déperdition thermique, isolation de l'enveloppe du bâtiment (mur et toit), réduction de la consommation électrique pour l'éclairage, récupération de la chaleur, amélioration du rendement ...

**7. La réhabilitation énergétique et la question patrimoniale :**

Depuis quelques années, les questions sur la performance énergétique des bâtiments appartenant au patrimoine bâti sont devenues une préoccupation majeure. En effet, entre la pression du changement climatique et celle de l'envol du prix de chauffage, cette situation renvoie à l'infortune matérielle et sociale du patrimoine bâti du fait de sa naissance, comme si la valeur patrimoniale n'avait aucune importance, avec notamment la pensée unique que le passeport énergétique a si bien installée, la substance des immeubles d'habitation donnant une identité à nos villes et villages a vocation à disparaître. (H.Ter Minassien, 2015, p 04.)

Des recherches scientifiques sont en phase d'expérimentation dans le domaine énergétique et écologique et ils doivent évaluer la transformation des habitations anciennes, voire leur destruction et les comparer à l'érection d'immeubles nouveaux. Le développement durable à identifier un 4 pilier, à côté de ces trois piliers. Ce sera le pilier culturel, en protégeant notre patrimoine devant toute consommation énergivore. (Service des sites et monuments nationaux, 2015, p 02.)

La réhabilitation du bâti ancien doit nécessairement passer par une analyse complète du bâtiment et de ces interactions, car les effets des réhabilitations énergétiques en réponse à des exigences de performance énergétique démesurées risquent de faire perdre à ces témoins fragiles de notre histoire leur authenticité, leurs qualités matérielles, voire immatérielles. (Service des sites et monuments nationaux, 2015, p 05.)

La réhabilitation énergétique du patrimoine bâti est possible. Mais elle doit se faire selon une démarche globale, en prenant compte les aspects architecturaux du bâtiment en les combinant avec des aspects environnementaux et climatiques avec l'interaction de conserver et de préserver les qualités initiales du bâti ancien telles que l'inertie et l'utilisation de matériaux respirant. Des techniques adaptées doivent être mises en œuvre. L'utilisation de matériaux naturels, compatibles avec le bâtiment en place, est fortement conseillée sans oublier la conservation de son identité patrimoniale et économiser de l'énergie tout en préservant son caché, c'est deux buts tout en étant un défi. De même, la bonne santé de l'immeuble et celle de ses occupants peuvent aller de pair. (DREAL Alsace et DRAC Alsace, 2014, p 06-20.)

**Exemple :**

Les immeubles de logements collectifs construits entre 1801 et 1850, quartier de l'église Notre-Dame-de-Lorette. Rue de Trévis, 9<sup>ème</sup> arrondissement.

Le projet est sur la réhabilitation énergétique des bâtiments de logements construits à Paris entre 1801 et 1850. Il propose un ensemble de réflexions permettant d'améliorer les consommations d'énergie de ces bâtiments en hiver comme en été. Les bâtiments ne pourront pas faire l'objet d'une isolation extérieure des façades sur rue à l'exception de certains bâtiments aux façades non ornementées, notamment dans les quartiers de faubourgs. (J. Bigorgne, F. L'Hénaff, H. Terminassian et J. Rezé, 2011, p3-16.)



**Figure 07 :** Immeubles de logements collectifs construits entre 1801 et 1850  
Source :(J. Bigorgne, F. L'Hénaff, H. Terminassian et J. Rezé, 2011, p 03.)


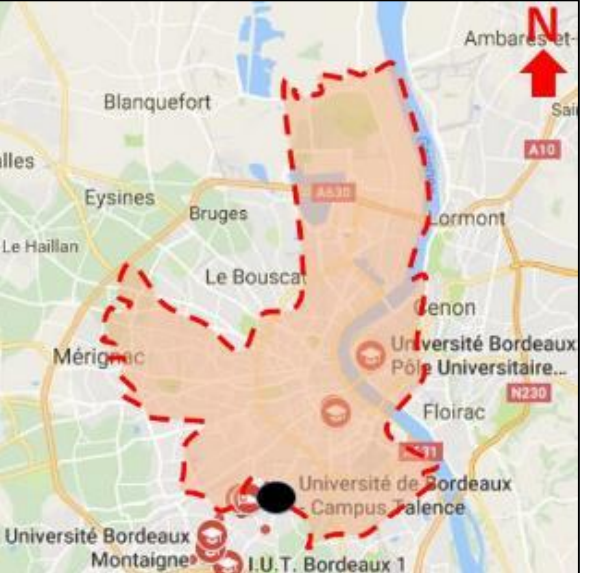
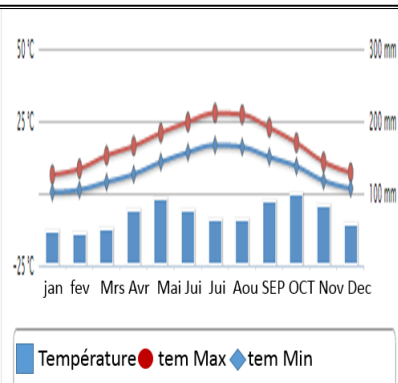
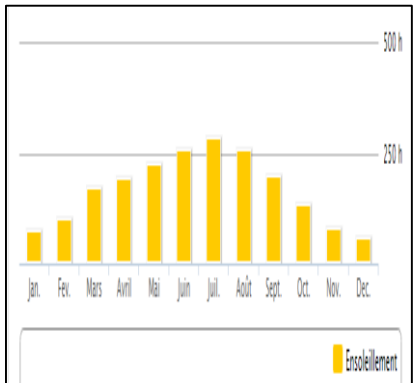
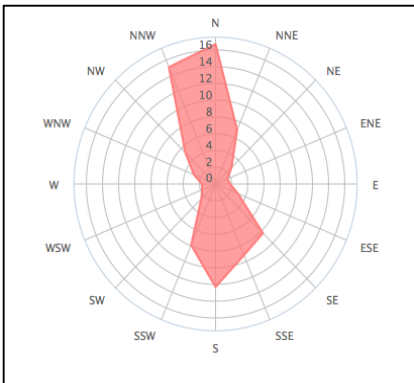
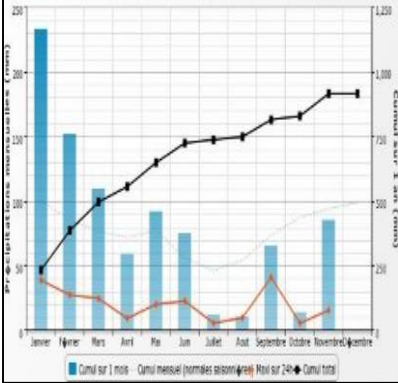
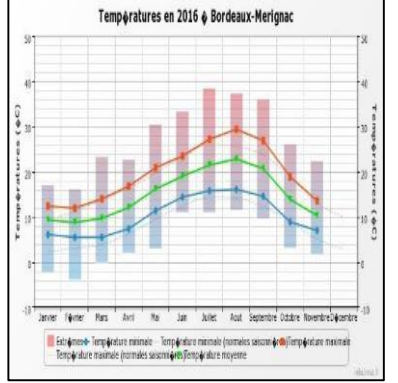
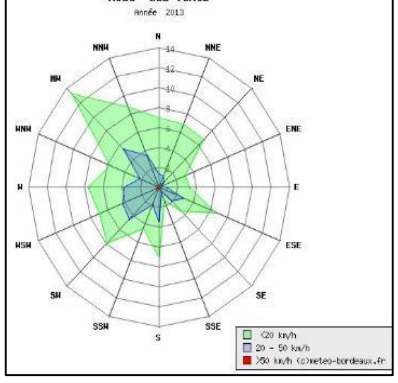
## 8. Analyse des exemples :

Dans le tableau qui va suivre on va effectuer une analyse comparative de deux exemples situés en France : la faculté de technologie de l'université de Bordeaux, et la résidence « Mont blanc » à Lyon. Ces deux projets présentent deux techniques différentes de réhabilitation énergétique qui consiste à l'isolation thermique des bâtiments par l'extérieur de deux manières différentes afin de préserver et accentuer l'identité architecturale de ces patrimoines.

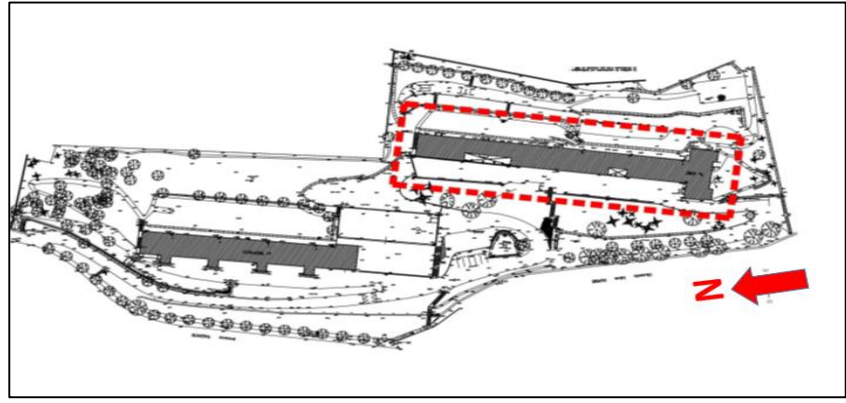



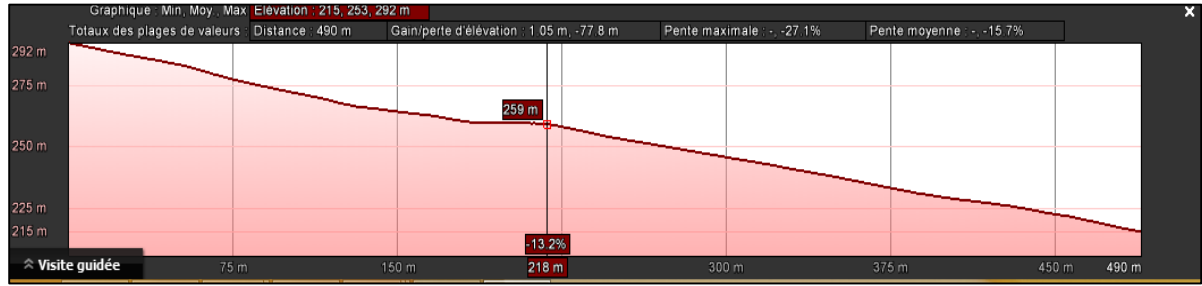



Présentation des projets	La Résidence Le Mont-Blanc	Université de bordeaux : faculté de technologie
Etat initial	 <p><b>Figure 08</b> : Résidence Le Mont-Blanc. (Source : F. SGORBINI, 2013, p 06.)</p>	 <p><b>Figure 09</b> : Université de Bordeaux : faculté de technologie. (Source : Nobatec, 2015, p 01.)</p>
Situation	<p>La résidence le Mont-blanc est située à Sainte-Foy-les Lyon, Avenue Valioud au Sud-Ouest de Lyon, France. Elle est composée de deux immeubles monumentaux.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="400 1018 890 1501">  <p><b>Figure 10</b> : Situation de la résidence le Mont-Blanc par Rapport à la France. (Source : Google map, traitée par auteurs, 2016.)</p> </div> <div data-bbox="934 1018 1498 1501">  <p><b>Figure 11</b> : Les deux immeubles de la résidence Mont-Blanc. (Source : Google map, traitée par les auteurs, 2016.)</p> </div> </div> <p>La résidence le Mont –blanc est comme un fragment de « villes moderne », elle fait l’objet d’une réhabilitation énergétique d’un immeuble monumental de R+13 ayant 2 façades, elle vise à travers cette intervention à renforcer l’isolation thermique et améliorer a la fois le confort et l’aspect patrimonial de l’édifice.</p>	<p>L’université de Bordeaux est Installée au sud de Bordeaux (Département de la Gironde) dans le sud-ouest de la France, avec un site principale dans le domaine universitaire de Talence Pessac Gradignan et dans un site secondaire de Carreire dans la région Aquitaine.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="1617 1018 2166 1512">  <p><b>Figure 12</b> : Situation de l’université de Bordeaux par rapport à la France. (Source : Google map, 2016.)</p> </div> <div data-bbox="2181 1018 2745 1512">  <p><b>Figure 13</b> : Les deux sites qu’occupe l’université (Source : Google earth, traitée par les auteurs, 2016.)</p> </div> </div> <p>L’université de Bordeaux c’est :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 7 membres fondateurs : UB 1, 2, 3,4, Sciences PO Bordeaux, Institut Polytechnique de Bordeaux et Bordeaux Sciences Agro.</li> </ul>

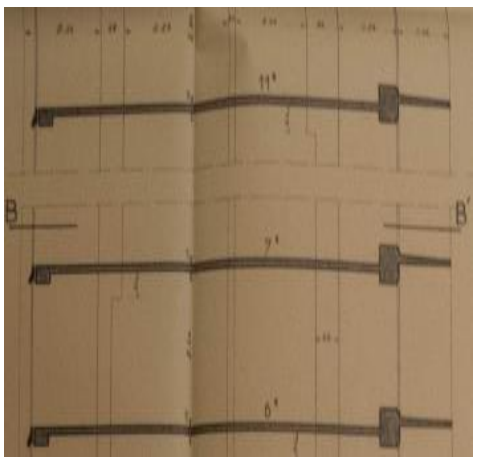
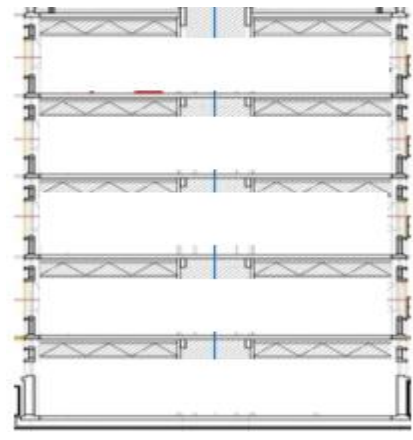
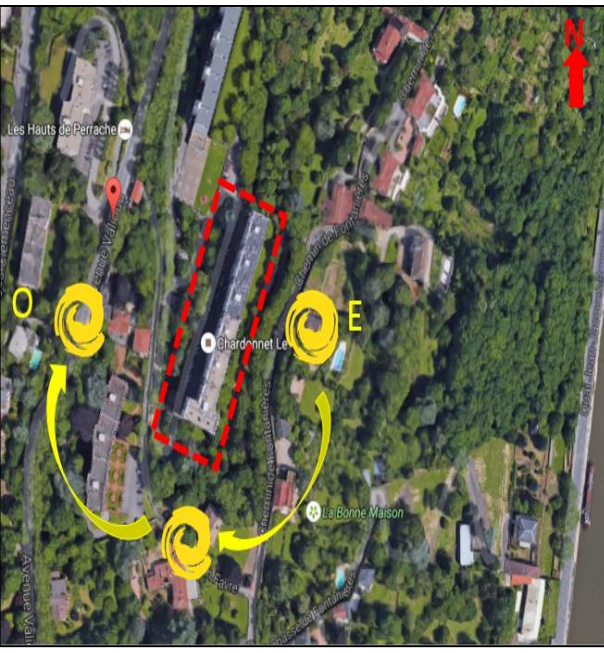
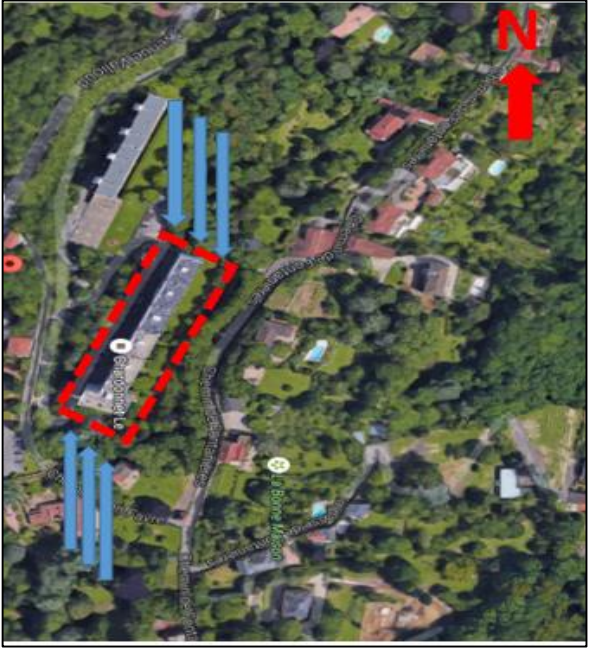
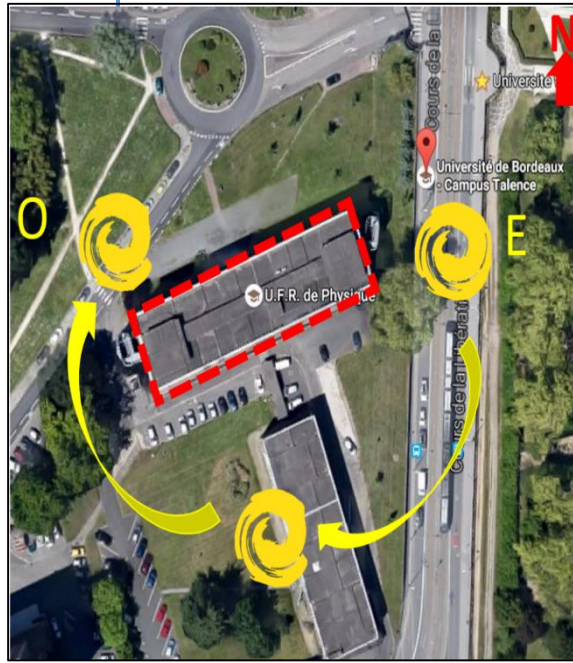
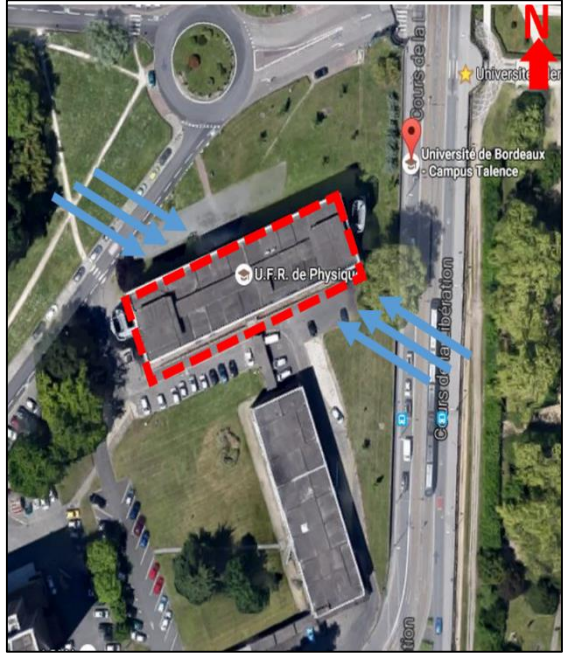


	 <p><b>Figure 14</b> : Situation de la résidence le Mont-Blanc. (Source : Google map, traitée par les auteurs, 2016.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 63000 étudiants</li> <li>✓ 260 ha sur Bordeaux</li> <li>✓ 28 ha d'installations sportives</li> <li>✓ 550000 m<sup>2</sup> de SHON</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dans le cadre du projet de réhabilitation énergétique du campus de Bordeaux on s'intéressera à la première tranche de science et technologie située à 5 km au sud-ouest du centre-ville de Bordeaux dont la première phase des travaux est achevée, et qui comprend 27 bâtiments.</li> </ul>	 <p><b>Figure 15</b> : Situation de la faculté de technologie de Bordeaux. (Source : Google map, traitée par les auteurs, 2016.)</p>
Date de construction	1950	1961	
Architecte	Carpe, Gages, Grimal et Tourret		René André COULON
fonction	Résidentielle		Tertiaire : Enseignement supérieur
Données climatiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone climatique : le climat de Lyon est qualifié de semi-continental dans lequel les précipitations sont plus importantes en été qu'en hiver. Les étés sont chauds et secs. Les hivers sont froids. (Météofrance, 2016.)</li> <li>• Précipitations et température : le mois le plus chaud est juillet avec une température de 27.7 °C. le mois avec les plus grandes précipitations est octobre avec 100 mm. (Météofrance, 2016.)</li> <li>• Ensoleillement de Lyon : le mois le plus ensoleillé est juillet, avec 283h d'ensoleillement. Le mois le moins ensoleillé est décembre avec 54.5h d'ensoleillement. (Source : Météofrance, 2016.)</li> <li>• Vents dominants : les vents dominants y soufflent du Nord en hiver et du Sud en été. (Météo Lyon, 2015.)</li> </ul>  <p><b>Figure 16</b> : précipitations par mois pour la ville de Lyon. (Source : Météofrance, 2016.)</p>  <p><b>Figure 18</b> : ensoleillement par mois pour la ville de Lyon. (Source : Météofrance, 2016.)</p>  <p><b>Figure 20</b> : Rose des vents de Lyon. (Source : Météo Lyon, 2015.)</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone Climatique : le climat de Bordeaux est de type océanique hiver &amp; été frais. Tempéré sans saison sèche. (Info climat, 2016.)</li> <li>• Précipitations : Le mois avec les plus grandes précipitations est janvier avec 230 mm (Info climat, 2016.)</li> <li>• Température : le mois le plus ensoleillé est juillet, avec une température maximale de 38 °C et avec une température minimale de 7 °C en janvier. (source : Info climat, 2016.)</li> <li>• Vents dominants : les vents dominants y soufflent du Nord-Ouest en hiver et du Sud-est en été. (Source : Météo Bordeaux, 2013.)</li> </ul>  <p><b>Figure 17</b> : précipitations par mois pour la ville de Bordeaux. (Source : Info climat, 2016.)</p>  <p><b>Figure 19</b> : température par mois pour la ville de Bordeaux. (source : Infoclimat, 2016.)</p>  <p><b>Figure 21</b> : Rose des vents de Bordeaux. (Source : Météo Bordeaux, 2013.)</p>



<p><b>Orientation</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le bâtiment de la résidence « le Mont-blanc » est orienté Est-Ouest.</li> </ul>  <p><b>Figure 22</b> : orientation du bâtiment. (Source : F. SGORBINI, 2013, p 06.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le bâtiment A1 est orienté Nord-ouest et Sud-est.</li> </ul>  <p><b>Figure 23</b> : orientation du bâtiment A1. (Source : Google earth, traitée par les auteurs, 2016.)</p>
<p><b>Environnement immédiat</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>la résidence « Mont-Blanc » est disposées entre des bosquets d'arbres. L'échelle monumentale de la résidence en fait un objet incontournable dans le paysage des balmes.</li> </ul>  <p><b>Figure 24</b> : environnement immédiat de la résidence « Mont-Blanc ». (Source : Google earth, traitée par les auteurs, 2016.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>la faculté de technologie de Bordeaux est située dans un milieu naturel entouré de champs et d'espaces verts.</li> </ul>  <p><b>Figure 25</b> : environnement immédiat de la faculté de technologie. (Source : Google earth, traitée par les auteurs, 2016.)</p>
<p><b>Relief</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Le Relief</b> : le bâtiment est posé sur un terrain en pente.</li> </ul>  <p><b>Figure 26</b> : relief de la résidence « Mont-Blanc ». (Source : Google earth, 2016.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>le Relief</b> : la première tranche de l'université de bordeaux est relativement plate.</li> </ul>  <p><b>Figure 27</b> : relief de la faculté de technologie. (Source : Google earth, 2016.)</p>
<p><b>Nombre de Niveaux</b></p>	<p>R+13</p>	<p>R+4</p>



<p><b>Système constructif</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le système constructif est de type poteau-dalle.</li> </ul>  <p><b>Figure 28</b> : Coupe montrant la structure de l'immeuble de la résidence « Mont-Blanc ». (Source : F. SGORBINI, 2013, p 04.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le système constructif est de type poteaux poutres</li> </ul>  <p><b>Figure 29</b> : Coupe montrant la structure de l'immeuble. (Source : J.LOPEZ, B.CARRERE, 2014, p 39.)</p>
<p><b>Ensoleillement</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ensoleillement de l'immeuble : la façade sud-est est ensoleillée en début de journée, la façade sud-ouest à midi et la façade nord-ouest en fin de journée.</li> <li>✓ Le bâtiment est exposé aux vents venant du Nord en hiver et du Sud en été.</li> </ul>  <p><b>Figure 30</b> : Ensoleillement de l'immeuble. (Source : Google map, traitée par les auteurs, 2016.)</p>  <p><b>Figure 31</b> : les vents dominants que subit le bâtiment. (Source : Google map, traitée par les auteurs, 2016.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ensoleillements du bâtiment A1 : Unité de formation et de recherche de physique bénéficie d'un ensoleillement durant toute la journée. La façade sud-est est la plus ensoleillée.</li> <li>✓ Le bâtiment est exposé aux vents venant du sud-est en été, et nord-ouest en hiver.</li> </ul>  <p><b>Figure 32</b> : Ensoleillement du bâtiment A1. (Source : Google earth, traitée par les auteurs, 2016.)</p>  <p><b>Figure 33</b> : les vents dominants que subit le bâtiment A1. (Source : Google earth, traitée par les auteurs, 2016.)</p>



Défis et enjeux

- Le bâtiment de la résidence « Mont-blanc » est un bâtiment exceptionnel, il est caractérisé par une façade Ouest légère percée de 650 fenêtres, et le côté Est par des loggias filantes. La rénovation ne concerne que la façade ouest et les pignons. (Source : F. Sgordini, 2013, p03.)



Figure 34 : Vue sur la façade Ouest depuis l'accès avant travaux de réhabilitation énergétique. (Source : F. SGORBINI, 2013, p 04.)

- le maître d'œuvre a proposé trois scénarios de réhabilitation énergétique dont le principe reste identique.
- **Les trois principaux enjeux de la réhabilitation des trois scénarios sont :**

1. un jeu de nu et de matériaux de bardage permet l'extrusion de grands volumes en encorbellement sur la trame d'origine qui joue ainsi le rôle de toile de fond du projet, dans le but de garder le caché patrimonial de l'immeuble. (Source : F. SGORBINI, 2013, p03.)

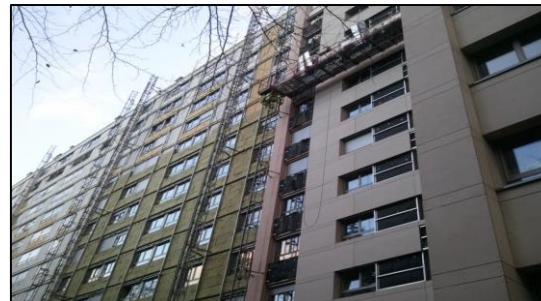


Figure 36 : ossature en acier galvanisé panneaux et lés de laine de verre panneau éternit. (Source : F. SGORBINI, 2013, p 22.)

2. un socle constitué d'un bandeau horizontal en suspension au-dessus du rez-de-chaussée qui supporte visuellement les séquences verticales. Le résident trouve ainsi un premier repère à son échelle dans son cheminement en direction des halls d'entrée dès son approche : le débord horizontal qui s'étire à moins de 3 mètres du sol tire un horizon artificiel entre le sol et la masse construite en surplomb pour focaliser la perception du piéton sur les événements que constituent les halls d'entrée. (Source : F. SGORBINI, 2013, p 03.)



Figure 38 : Bandeau horizontal au-dessus du rez-de-chaussée. (Source : F. SGORBINI, 2013, p 24, traitée par les auteurs, 2016)

3. Traitement de la perception des souches maçonnées. (Source : F. SGORBINI, 2013, p 03.)

- **Trois défis majeurs pour l'Université de Bordeaux :**

1. Réorganiser une offre d'enseignement et de recherche pluridisciplinaire autour de pôles forts et visibles.

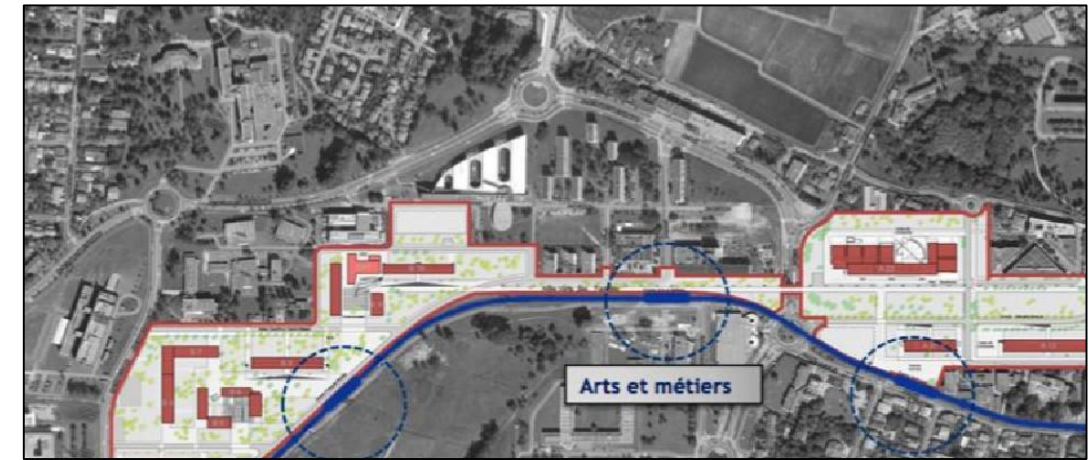


Figure 35 : les différents pôles de l'université. (Source : Google map, traitée par les auteurs, 2016.)

2. Jouer un rôle majeur dans le dynamisme économique du territoire bordelais et aquitain.
3. Agir pour le développement d'un esprit de campus, levier majeur du rayonnement durable de l'Université de Bordeaux sur la scène internationale. (Source : J.LOPEZ, B.CARRERE, 2015, p 08.)

- ✓ **L'Opération Campus Bordeaux / Immobilier c'est :**  
-415.000m<sup>2</sup> de bâtiments à réhabiliter.  
-29.000m<sup>2</sup> de constructions neuves  
Une exploitation et maintenance pendant 25/30 ans



Figure 37 : l'un des bâtiments à réhabiliter. (Source : verre et protections, 2013.)

- ✓ **C'est aussi une opération d'aménagement :**  
-Des sites monofonctionnels à ouvrir sur la ville  
-2 sites principaux de 235 et 50 ha  
-des espaces publics très dégradés  
-des espaces verts avec un grand potentiel non aménagés.



Figure 39 : espace public dégradé. (Source : J.LOPEZ, B.CARRERE, 2015, p 10.)

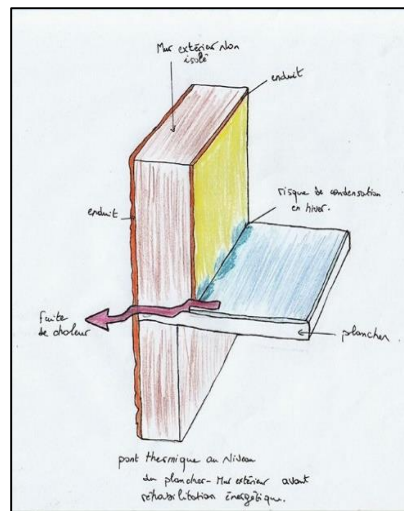


les enjeux

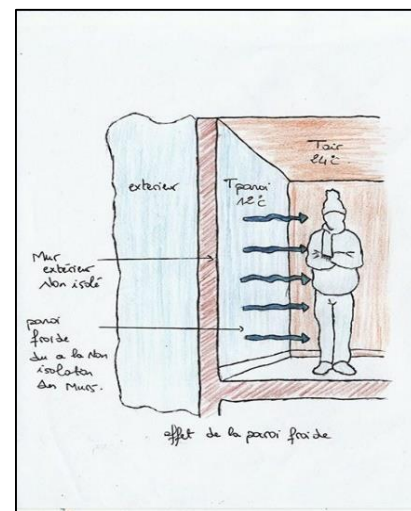
- L'estimation économique du projet est bâtie sur la base du scénario 2 selon la volonté des copropriétaires. Il constitue le point médian en termes de prestations et de coût estimatif. Les différences de coûts entre les scénarios sont liées à une complexité croissante de mise en œuvre des systèmes de réhabilitation.
  - **Les enjeux du scénario 2 :**
    - Amélioration de la performance thermique de la façade Ouest, elle porte à la fois sur :
      - la performance thermique intrinsèque des menuiseries (qualité du vitrage, de la lame d'air, du montage, du profil utilisé). Et le remplacement de 680 fenêtres.
      - l'étanchéité à l'air du montage des châssis neufs dans les berceaux acier existants
      - la performance thermique du doublage isolant rapporté sur la façade et son homogénéité (nature, épaisseur, mise en œuvre)
      - l'optimisation des déperditions dues à la mise en service d'une ventilation mécanique contrôlée.
    - Amélioration du confort intérieur des logements
    - Requalification architecturale de la résidence sur laquelle aucune intervention significative n'a été menée depuis la construction
    - Arrêt de la spirale de dévalorisation foncière déjà constatée depuis quelques années
- (Source : F. SGORBINI, 2013, p 02.)
- **Les travaux de réhabilitation énergétique :**

Les travaux de réhabilitation énergétique ont commencés en 2012, ils consistent à traiter les problèmes suivants :

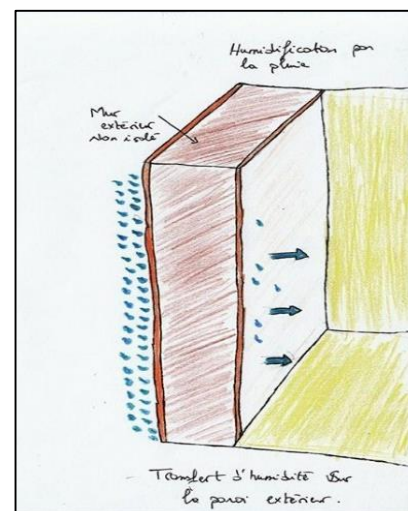
    - transferts d'humidité dans les murs extérieurs dont les origines de cette présence d'humidité sont Les intempéries car le revêtement extérieur est détérioré et mal isolé.
    - l'effet des parois froides dans les logements car les murs extérieurs sont mal isolés, et ils s'imprègnent de la température extérieure. De fait, la température ressentie dans la pièce se rafraîchit.
    - présence de ponts thermiques au niveau des murs extérieurs-planchers intermédiaires où l'isolation n'est pas continue et qui provoquent des pertes de chaleurs. (Source : F. SGORBINI, 2013, p07.)



**Figure 40 :** pont thermique.  
(Source : F. SGORBINI, 2013, repris par les auteurs, 2016.)



**Figure 41 :** effet de paroi froide.  
(Source : F. SGORBINI, 2013, repris par les auteurs, 2016.)



**Figure 42 :** transfert d'humidité.  
(Source : F. SGORBINI, 2013, repris par les auteurs, 2016.)

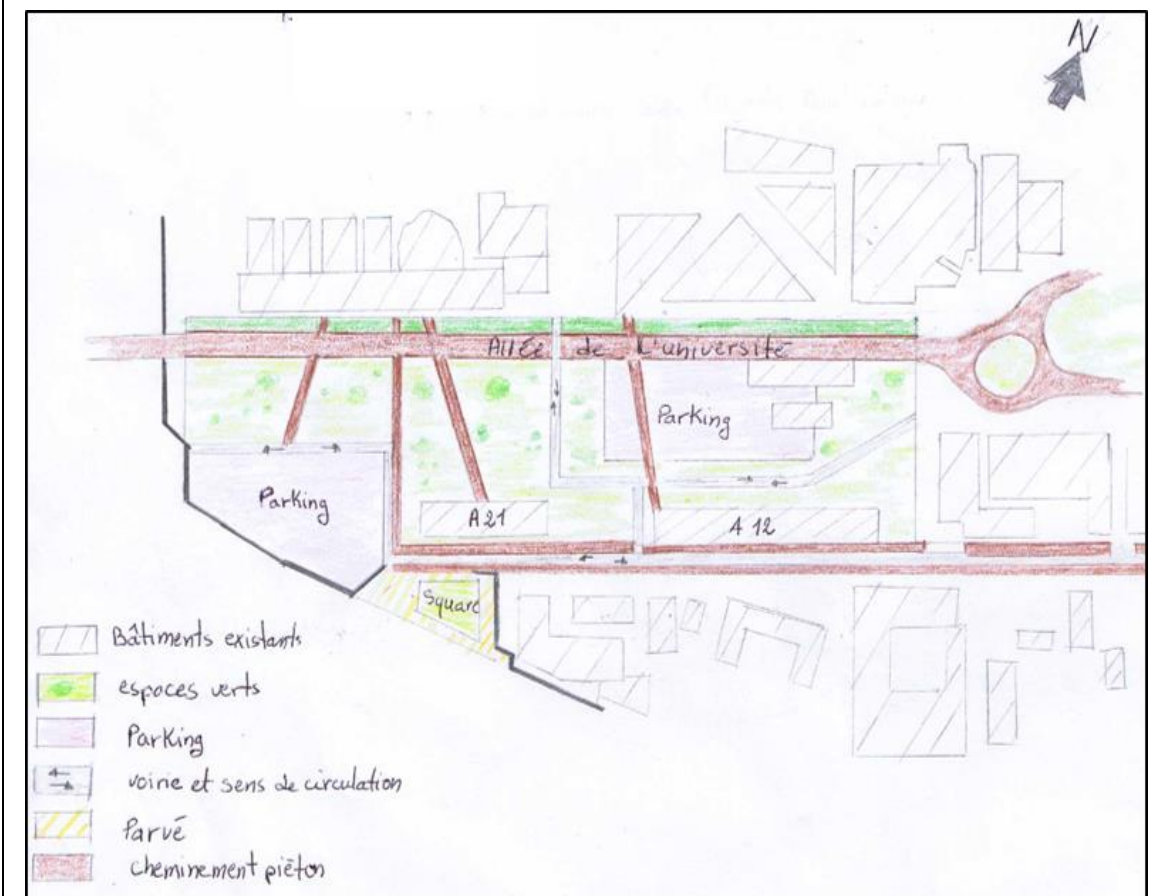
- **les enjeux de la programmation :**

un terrain d'expérimentation pour l'efficacité énergétique et le développement durable par sa contribution aux objectifs fixés par le Grenelle de l'environnement et constituer un site pilote « campus durable » à travers :

1. aménagement des accès et des circulations et la gestion des espaces.

Exemple du secteur Béthanie :

- ✓ constituer une véritable entrée du campus, avec un parvis et un large cheminement créant un accès naturel aux équipements et offrant des espaces de repos et de confort.
- ✓ renforcer la place de la mobilité douce, en réduisant la place de la voiture au centre du campus par une réorganisation du plan de circulation



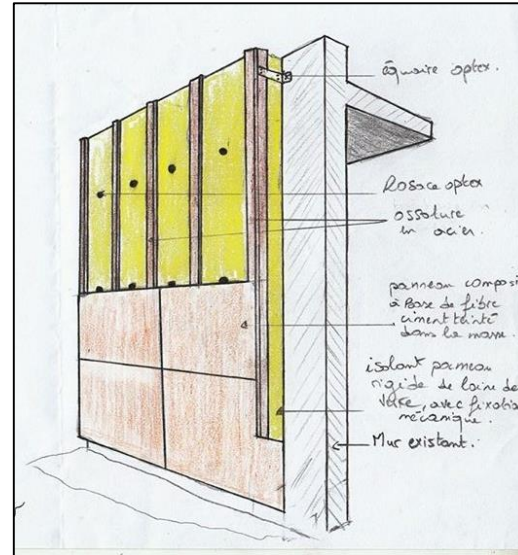
**Figure 43 :** schéma de faisabilité Béthanie. (Source : opération campus bordeaux, 2015, repris par les auteurs, 2016.)

2. La qualité environnementale des bâtiments rénovés (HQE Rénovation)
3. Utilisation des énergies renouvelables et l'optimisation des équipements énergétiques.



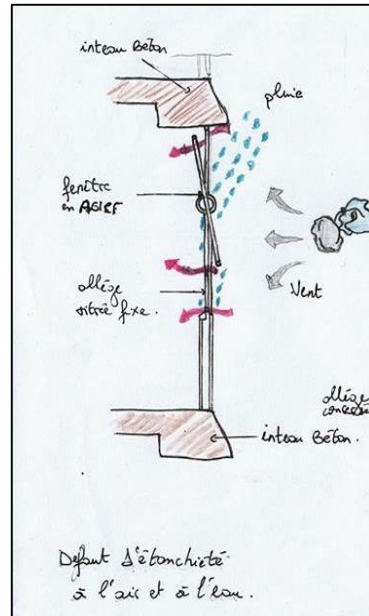
Problèmes  
et  
solutions

✓ La solution retenue pour traiter les problèmes précédents était de mettre en œuvre une isolation thermique par l'extérieur des murs de la façade Ouest et les pignons par la mise en place d'un panneau composite à base de fibre de ciment teinté dans la masse et un isolant de panneau rigide de laine de verre d'une épaisseur de 2 cm avec une fixation métallique. (Source : F. SGORBINI, 2013, p17)

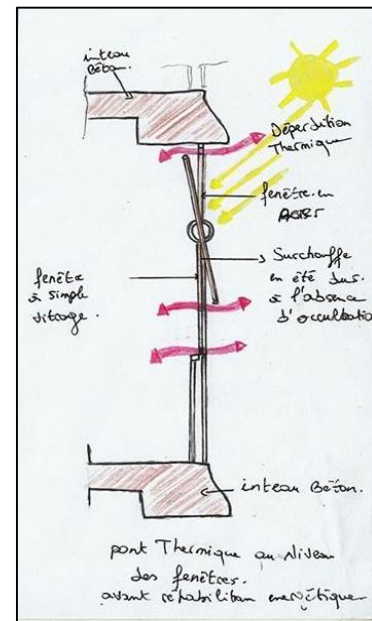


**Figure 44** : isolation thermique par l'extérieur.  
(Source : F. SGORBINI, 2013, repris par les auteurs, 2016.)

- Défaut d'étanchéité à l'air et à l'eau des fenêtres dus à la déformation du châssis dans le temps, accentue les risques de fuites d'air et d'eau à cet endroit.
- Présence de ponts thermiques au niveau des fenêtres et absence d'occultation sur la façade Ouest.
- Présence de condensation sur les vitrages. Elles se manifestent au droit des ponts thermiques (linteaux, etc.). (Source : F. SGORBINI, 2013, p 07.)



**Figure 46** : défaut d'étanchéité au niveau des fenêtres  
(Source : F. SGORBINI, 2013, repris par les auteurs, 2016.)



**Figure 47** : pont thermique au niveau des fenêtres.  
(Source : F. SGORBINI, 2013, repris par les auteurs, 2016.)



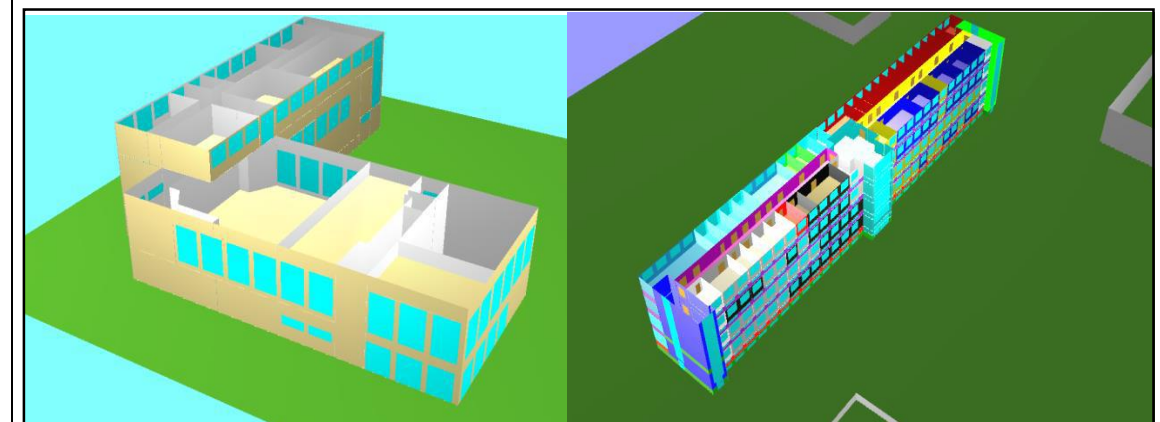
**Figure 48** : condensation sur les vitrages. (Source : F. SGORBINI, 2013, p 02.)

- Le campus de bordeaux I représente les bâtiments les plus dépréditifs au niveau des toitures en matière d'énergie



**Figure 45** : La performance énergétique vue du ciel à l'aide d'une caméra infrarouge.  
(Source : J.LOPEZ, B.CARRERE, 2014, p 15.)

- Méthodologie Energie-Confort entreprise pour l'optimisation de la rénovation :
  - ❖ Nécessité de mettre en place une stratégie innovante :
    - Réflexion à l'échelle d'un parc immobilier
    - Concilier exigences environnementales et budgétaires
    - Justifier le choix de solutions performantes
  - ❖ Rénovation de la première tranche : Université Bordeaux 1, 27 bâtiments :
    - Par faute de temps, les maîtres d'ouvrages ne pouvaient pas réaliser des audits énergétiques et des études approfondies sur l'ensemble des bâtiments, par conséquent ils ont pris deux bâtiments représentatifs du patrimoine universitaire à savoir le B18 et le A9. (Source : J.LOPEZ, B.CARRERE, 2015, p 16.)



**Figure 49** : B18 : bâtiment recherche et A9 : bâtiment enseignement (amphithéâtre)  
(Source : J.LOPEZ, B.CARRERE, 2014, p 17.)

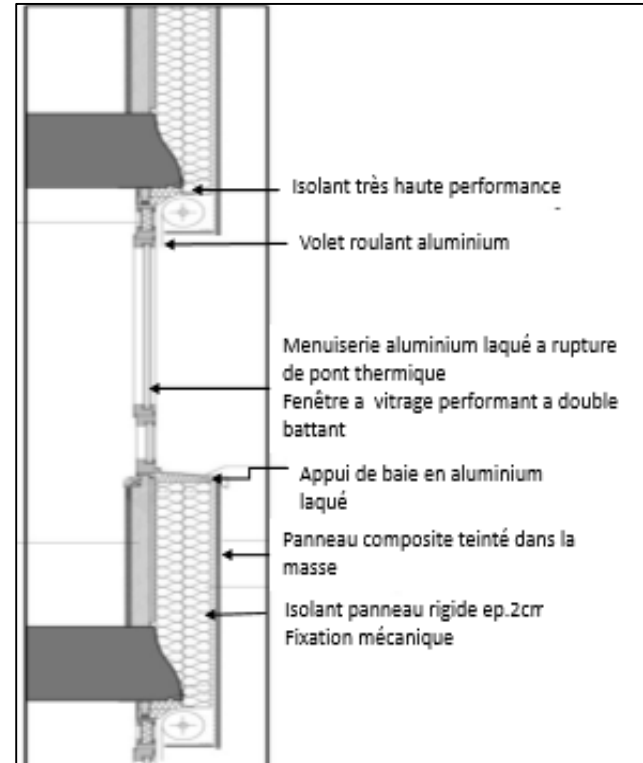


Problèmes et solutions

✓ La solution retenue pour traiter les problèmes précédents était par la mise en œuvre des menuiseries aluminium à rupture de pont thermique et vitrages performant et une installation des volets roulants orientables permettant de lutter efficacement contre les surchauffes d'été en façade ouest. (Source : F. SGORBINI, 2013)



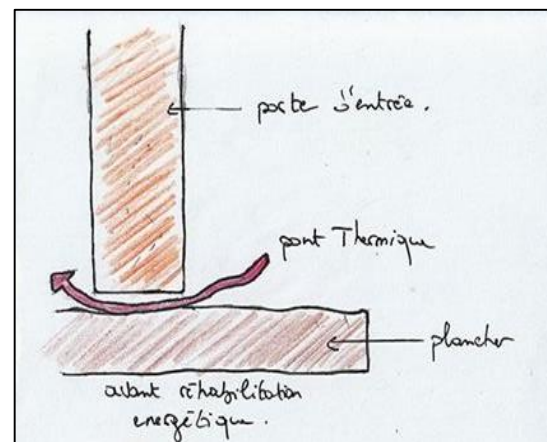
**Figure 50 :** Vue sur les fenêtres après réhabilitation énergétique. (Source : F. SGORBINI, 2013, p21.)



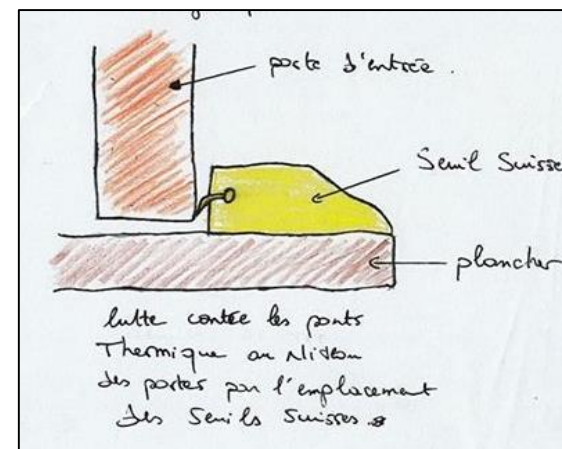
**Figure 51 :** Coupe d'une fenêtre montrant le volet roulant orientable et le vitrage performant. (Source : F. SGORBINI, 2013, p 21.)

• Présence de ponts thermiques au niveau des portes d'entrées. (Source : F. SGORBINI, 2013, p07.)

✓ La solution retenue pour lutter contre les fuites de chaleurs situées au niveau des portes d'entrées est par la mise en place des seuils suisses afin de se protéger de tout risque de froid et des courants d'airs. (Source : F. SGORBINI, 2013, p02.)



**Figure 53 :** schéma de pont thermique au niveau d'une porte d'entrée. (Source : Bricozone, 2010, repris par les auteurs, 2016.)



**Figure 54 :** schéma de seuil suisse pour lutter contre les ponts thermiques. (Source : Bricozone, 2010, repris par les auteurs, 2016.)

- **Problématique :** Extrapolation des résultats des simulations des deux bâtiments sur l'ensemble du parc.
- **Opportunités :** Disponibilité des caractéristiques géométriques et morphologique de l'ensemble des bâtiments.



**Figure 52 :** vue aérienne de l'université de Bordeaux. (Source : MOA et MOE, 2015, p 02.)

- **Enjeux :**
  - Comparer plusieurs scénarios de rénovation en estimant les consommations surfaciques pour l'ensemble des bâtiments du parc
  - Les couts énergétiques et d'investissements associés
- **Les scénarios :**
  1. Réglementaire : pour répondre à la réglementation sur la rénovation énergétique du bâti existant (secteur tertiaire)
  2. « Optimisé » sans énergies renouvelables
  3. « Optimisé » avec énergies renouvelables.

✓ Le scénario retenu était « Optimisé » avec énergies renouvelables. Mais étant en présence d'un patrimoine architectural particulier il n'était pas question de doubler les façades en modifiant l'aspect architectural du bâtiment. Les architectes Paul Chemetov et Martin Duplantier ont imaginé une enveloppe en verre qui met en valeur les façades et les place "sous vitrine" pour garder leur caractère. Cette enveloppe offre des performances énergétiques particulièrement remarquables. (Source : J.Lopez et B.Carrere, 2014, p 25-26)



**Figure 55 :** réflexion adoptée pour le projet de réhabilitation. (Source : J.LOPEZ, B.CARRERE, 2014, p 38 repris par les auteurs, 2016.)



Problèmes et solutions

- le problème de la perception des souches maçonnées qui constellent les terrasses.

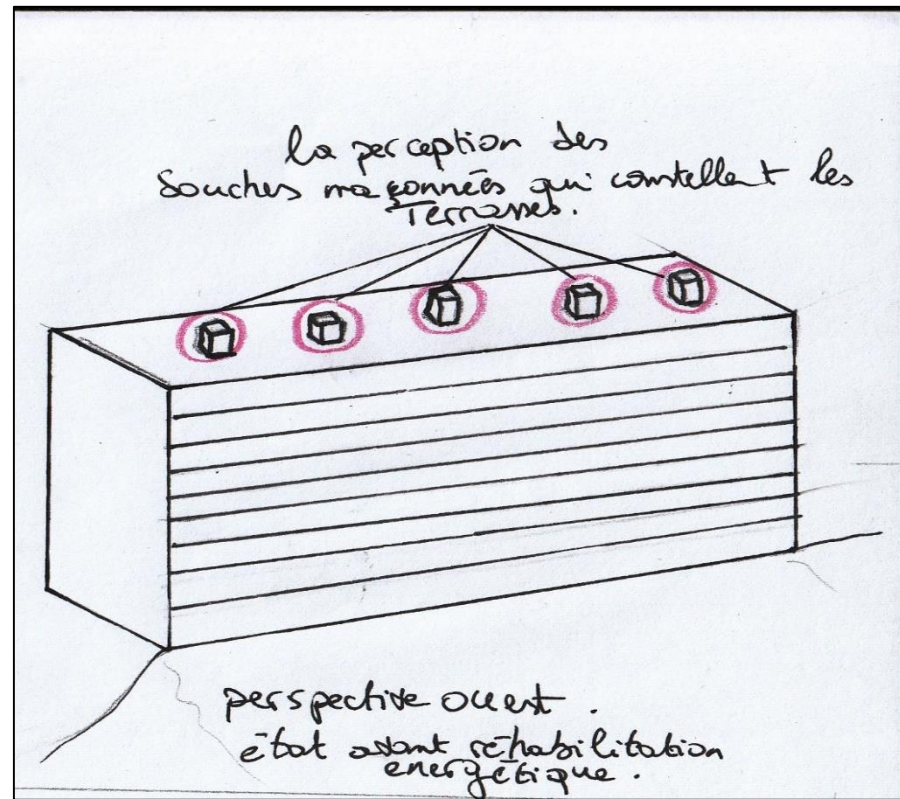


Figure 56 : Perception des souches maçonnées qui constellent la terrasse. (Source : F. SGORBINI, 2013, repris par les auteurs, 2016.)

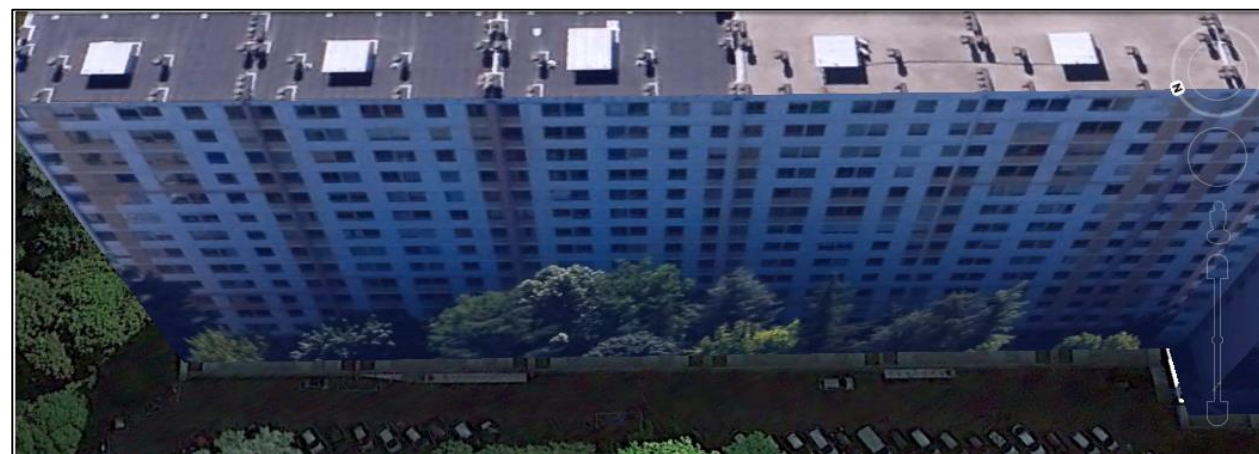


Figure 58 : Vue sur les souches maçonnées avant réhabilitation énergétique. (Source : Google Earth, 2016.)

- La solution de rénovation énergétique des bâtiments retenue dans le cadre de ce projet est basée sur une double-peau bioclimatique.

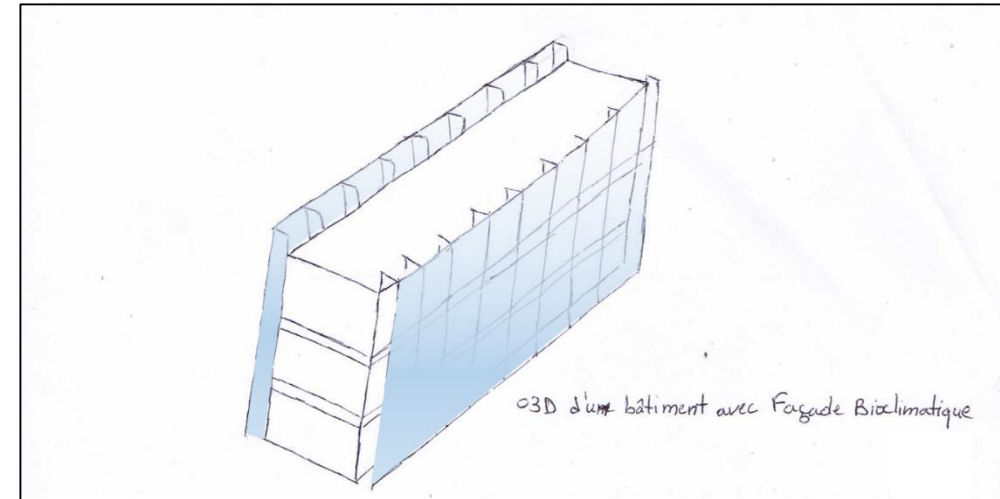


Figure 57 : Schéma représentatif de la 3D d'un bâtiment avec une façade bioclimatique. (Source : MOA et MOE, 2015, repris par les auteurs, 2016.)

- Bâtiment avec une identité architecturale remarquable mais dans un état énergétique Critique.

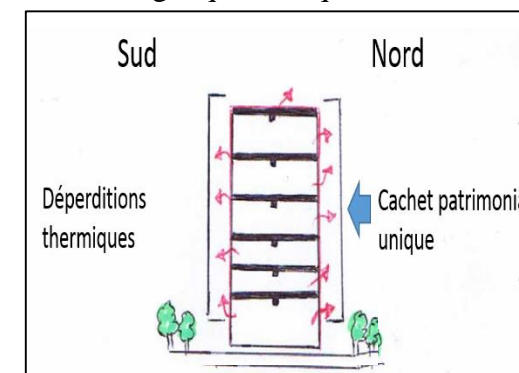


Figure 59 : état initial du bâtiment. (Source : MOA et MOE, p3, 2015, repris par les auteurs, 2016.)

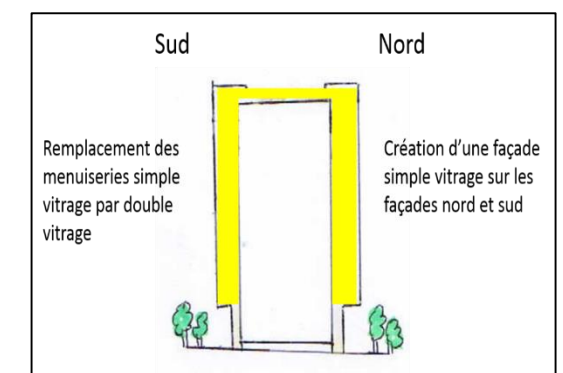


Figure 60 : Réhabilitation énergétique innovante et respectueuse du patrimoine architectural. (Source : MOA et MOE, p 3, 2015, repris par les auteurs, 2016.)

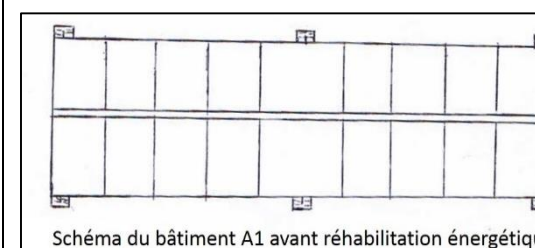


Figure 61 : Schéma du bâtiment A1 avant réhabilitation énergétique. (Source : : MOA et MOE, 2015, repris par les auteurs, 2016.)

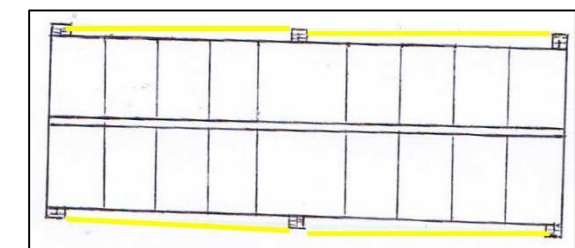
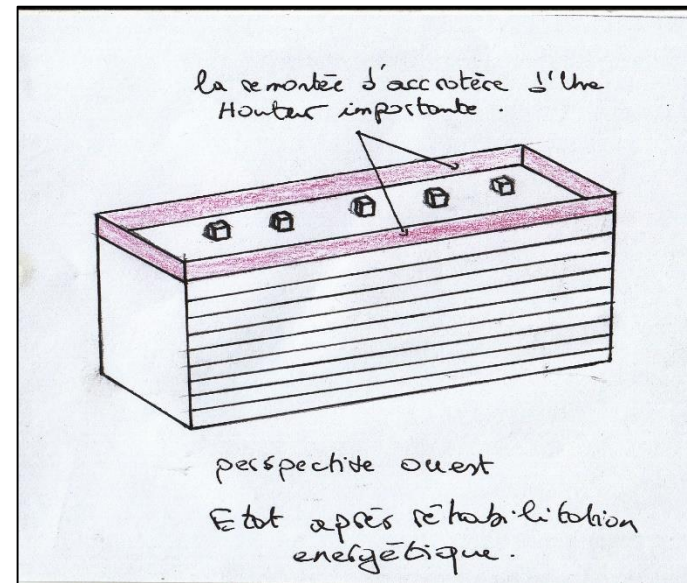


Figure 62 : Schéma du bâtiment A1 après réhabilitation énergétique. (Source : : MOA et MOE, 2015, repris par les auteurs, 2016.)

- fonctionnement de la façade bioclimatique :



- La solution retenue pour minimiser les perceptions des souches est par la remontée d'acrotère d'une hauteur importante afin de jouer à la fois le rôle de garde-corps et d'écran visuel.



**Figure 63** : état après réhabilitation énergétique.  
(Source : F. SGORBINI, 2013, repris par les auteurs, 2016.)

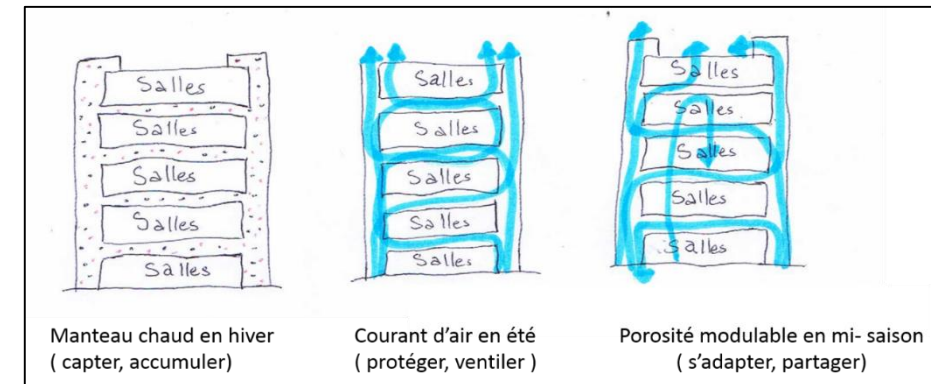


**Figure 65** : Vue sur les souches maçonnées après réhabilitation énergétique.  
(Source : Google Earth, 2016.)

**Les problèmes rencontrés lors des travaux de réhabilitation :**

- La nécessité d'intervenir en façade depuis l'extérieur des logements.
- La présence d'aménagements intérieurs au droit des menuiseries de cuisine (cuisine équipée, plan de travail ...)

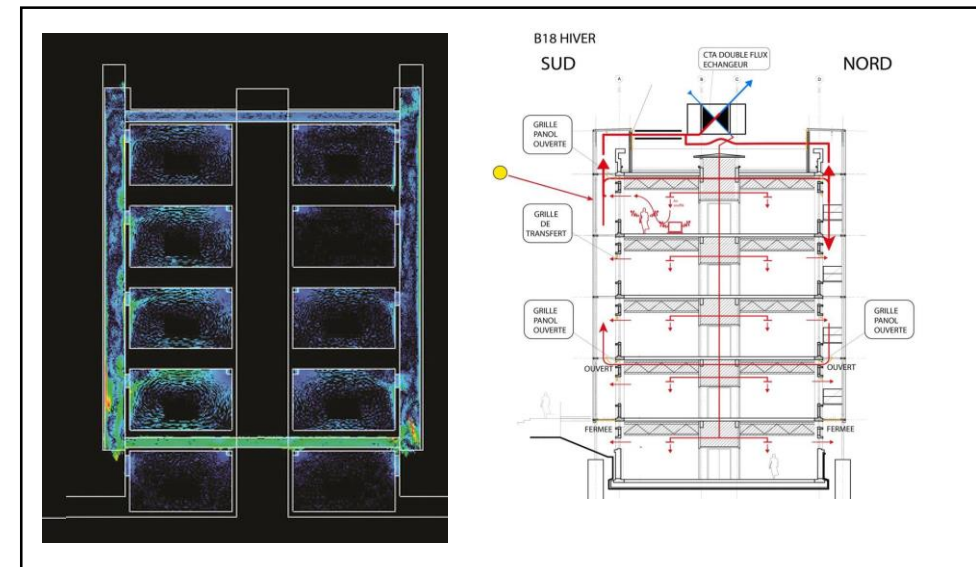
Problèmes et solutions



**Figure 64** : Fonctionnement de la façade bioclimatique. (Source : : MOA et MOE, 2015, repris par les auteurs, 2016.)

**1. En hiver :**

- Close en hiver, les apports solaires chauffent la lame d'air au sud, puis le bâtiment par effet de serre. L'air chauffé dans la double façade monte et est aspiré en toiture par des centrales de traitement d'air à double flux. Les CTA utilisent les calories de cet air pour réchauffer l'air neuf entrant avant d'évacuer l'air utilisé. L'air entrant réchauffé est soufflé dans le bâtiment par la cheminée centrale, en mettant les pièces en surpression. (MOA, MOE, 2015, p 02.)



**Figure 66** : Fonctionnement de la façade bioclimatique en hiver.  
(Source : MOA, MOE, 2015, p 02.)

**2. En été :**

- en été, le fonctionnement des façades est passif et différent selon le jour et la nuit. L'air chaud des doubles façades est directement évacué en toiture pour rafraîchir le bâtiment. Les CTA (central de traitement d'air) aspirent l'air neuf pour ventiler le bâtiment par la cheminée centrale. (MOA, MOE, 2015, p 02.)

<p>Etat après réhabilitation énergétique (résultat)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Les modifications de typologie au fil du temps (cuisine transformée en chambre, cuisine ouverte sur séjour ...)</li> <li>▪ Les variations techniques au fil des tranches successives de la construction</li> <li>▪ Les défauts de la maçonnerie (faux-aplomb, flèche des dalles, HSP variable ...)</li> <li>▪ La nécessité de reprendre tous les efforts aux vents et à la poussée sur la trame de structure primaire mise en place. (source : F. SGORBINI, 2013, p 10.)</li> </ul>
	<p><b>Apports du projet :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Isolation thermique par l'extérieur à l'aide d'un matériau composite à base de fibres de ciment teinté dans la masse. c'est un matériau à large choix de fabricants permettant d'optimiser le cout avec une large palette de couleurs, robuste et durable.</li> <li>▪ Réglage des apports solaires d'après-midi via les volets roulants et suppression de la condensation sur les vitrages ainsi que les flux d'airs parasites par la mise en œuvre des menuiseries en aluminium dont Les couleurs des profils intérieur et extérieur peuvent être différentes Ce qui permet de gérer à la fois et sans contrainte réciproque :             <ul style="list-style-type: none"> <li>- la dimension domestique (l'intérieur) une couleur consensuelle peut être choisie de façon à respecter les choix de décoration des copropriétaires.</li> <li>- la dimension urbanistique et architecturale une ou plusieurs couleurs peuvent être choisies pour améliorer la lisibilité de la façade, renforcer le parti architectural et prendre en compte les caractéristiques des Bâtiments de France.</li> </ul> </li> <li>▪ Installation d'une ventilation mécanique</li> <li>▪ limiter les déperditions de chauffage liées à l'air extrait en minimisant le volume extrait au strict minimum.</li> </ul> <p>(Source : F. SGORBINI, 2013, p 02-09)</p>

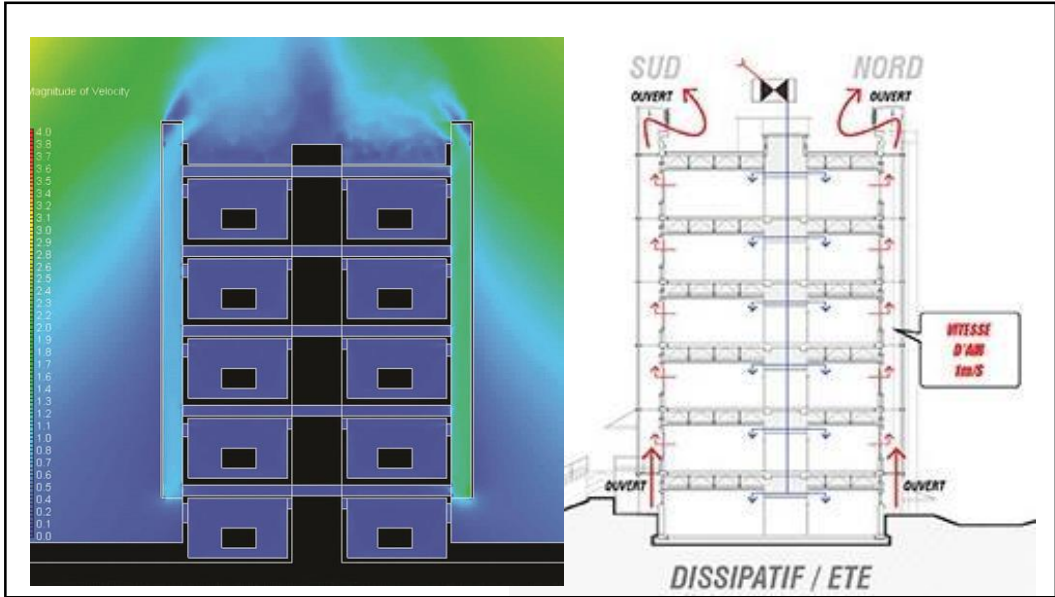


Figure 67 : Fonctionnement de la façade bioclimatique en été.  
(Source : MOA, MOE, 2015, p 02.)

**Apports du projet :**



Figure 68 : université de bordeaux après réhabilitation énergétique.  
(Source : J.LOPEZ, B.CARRERE, 2015, p 36.)

- Mise en conformité de tous les bâtiments aux normes PMR.
- Classement de tous les bâtiments en ERP.
- Requalification, réhabilitation ou reconstruction du patrimoine.
- Bâtiments en démarche de certification HQE + B18 neuf à énergie positive.
- Réduction par 6 des besoins de chauffage.
- Des innovations technologiques.





**Figure 69** : Vue sur la façade Ouest avant réhabilitation énergétique.  
(source : F. SGORBINI, 2013, p 05.)

- L'expression architecturale proposée, met en valeur l'échelle monumentale du bâtiment en la structurant en séquences de grandes échelles qui correspondent quasiment chacune à un immeuble de logements de taille courante. (Source : F. SGORBINI, 2013, p 05.)



**Figure 71** : les sept séquences du bâtiment.  
(Source : F. SGORBINI, 2013, p 30.)



**Figure 70** : Bâtiment A1 avant réhabilitation énergétique.  
(Source : la tribune, 2014.)

- En conservant les larges ouvertures des bâtiments sans diminuer leurs surfaces, nous faisons pénétrer généreusement la lumière naturelle dans l'ensemble des salles d'enseignement tout en renouvelant le confort intérieur.



**Figure 72** : Bâtiment A1 et sa façade bioclimatique.  
(Source : université de bordeaux, 2015.)





**Figure 73** : Vue sur l'immeuble de la résidence le Mont-Blanc après réhabilitation énergétique.  
(Source : F. SGORBINI, 2013, p31.)

**Le projet de réhabilitation de l'immeuble de la résidence le Mont-blanc vise à :**

- La mise en valeur de l'échelle monumentale du bâtiment.
- La valorisation du patrimoine architectural en reproduisant et affirmant le caractère monumental du bâtiment en divisant la façade en 07 grands panneaux en extrudant de grands volumes en encorbellement sur la trame d'origine qui joue ainsi le rôle de toile de fond du projet .
- Le respect de l'environnement et de l'identité architecturale au sein de la résidence le Mont-Blanc.
- La réhabilitation énergétique de l'immeuble représente un enjeu très important dans la maîtrise des dépenses énergétiques et dans l'amélioration du confort des logements.
- la valorisation croisée entre performance énergétique et patrimoine bâti.
- Mise en œuvre d'un isolant en façade assurant le respect de la norme RT
- Sensibilisation des résidents sur la question énergétique pour garantir une faible consommation au sein de leurs logements par une formation simple expliquant les gestes de bonnes conduites  
Les axes principaux sont : La réaction des bâtiments face au climat, Le confort au sein de la résidence, L'utilisation faible consommation des locaux et La gestion de l'eau.
- L'économie d'énergie s'élève à 32 %. 3600 € sur 10 ans pour un 108 m2.

(source : F. SGORBINI, 2013, p 9-32.)



**Figure 74** : Vue sur la zone A. (Source : MOA, MOE, 2015, p 05.)

**Le projet campus Bordeaux vise à :**

- la valorisation croisée entre performance énergétique et patrimoine bâti.
- requalifier l'existant en mettant en valeur le bâti dans un esprit de conservation, pas seulement des façades mais des matériaux et de la spatialité propre aux bâtiments de cette époque.
- le respect de l'environnement, de l'identité architecturale et l'amélioration de la performance énergétique et au cœur du projet du campus de bordeaux.
- L'architecture existante est conservée et réhabilitée. Elle est mise en valeur par la mise en œuvre d'une façade bioclimatique en verre.
- les architectes n'ont pas changé le bâtiment mais le climat qui l'environne, et ce au fil des saisons.
- Bâtiments certifiés HQE et labellisés BBC Rénovation.
- Des engagements sociétaux forts : le groupement a pris des engagements forts en matière d'emploi.
- réduction des besoins de chauffage d'un facteur de 5 à 10.
- consommation en énergie primaire Cep -40%.
- Les économies d'énergie sont estimées à 500 000 € par an.

(Source : construction 21, 2015, p 03-05.)



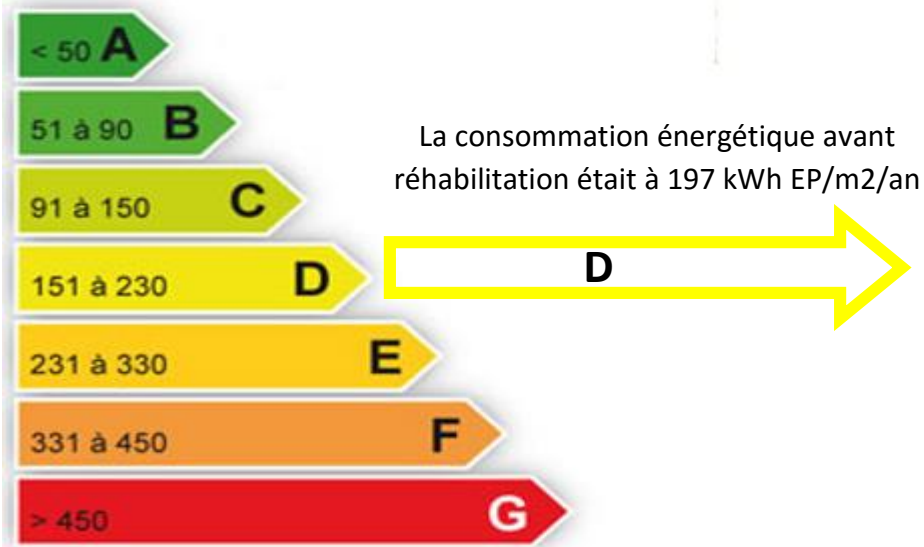


Figure 75 : Etiquette énergétique du bâtiment avant réhabilitation énergétique. (Source : F. SGORBINI, 2013, p 08.)

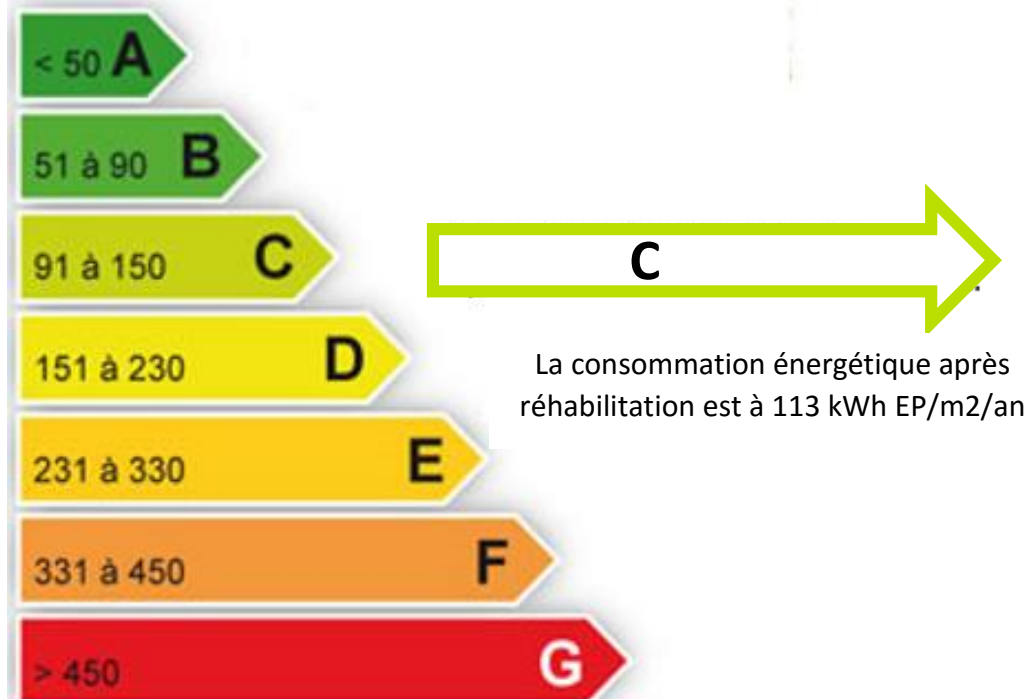


Figure 77 : Etiquette énergétique du bâtiment après réhabilitation énergétique. (Source : F. SGORBINI, 2013, p 27.)

- La réhabilitation énergétique de l'immeuble est passée de la catégorie D avec une consommation de 197 Kw m²/an à la catégorie C avec une consommation de 133kwm²/an.

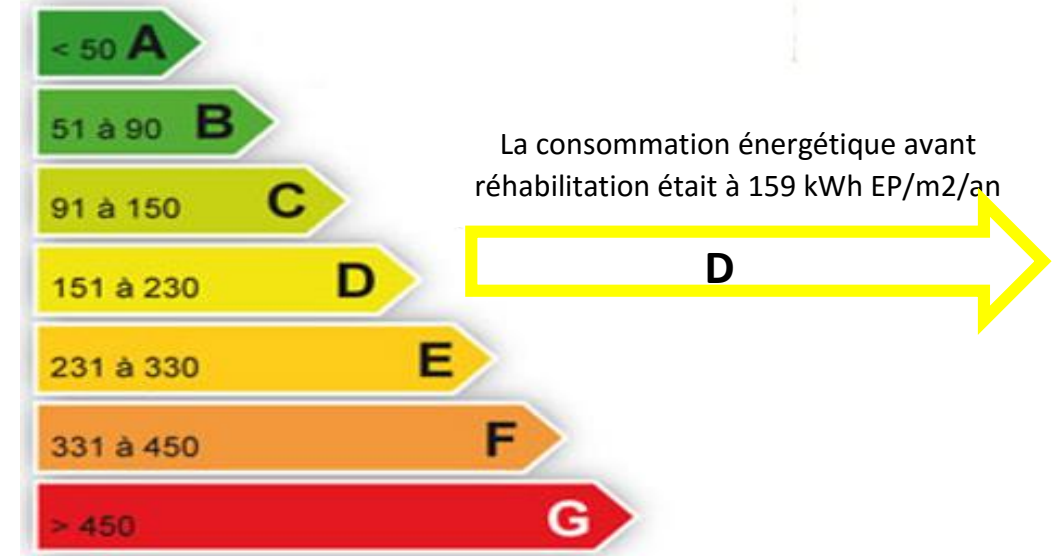


Figure 76 : Etiquette énergétique du bâtiment avant réhabilitation énergétique. (Source : construction 21, 2015, p 03.)

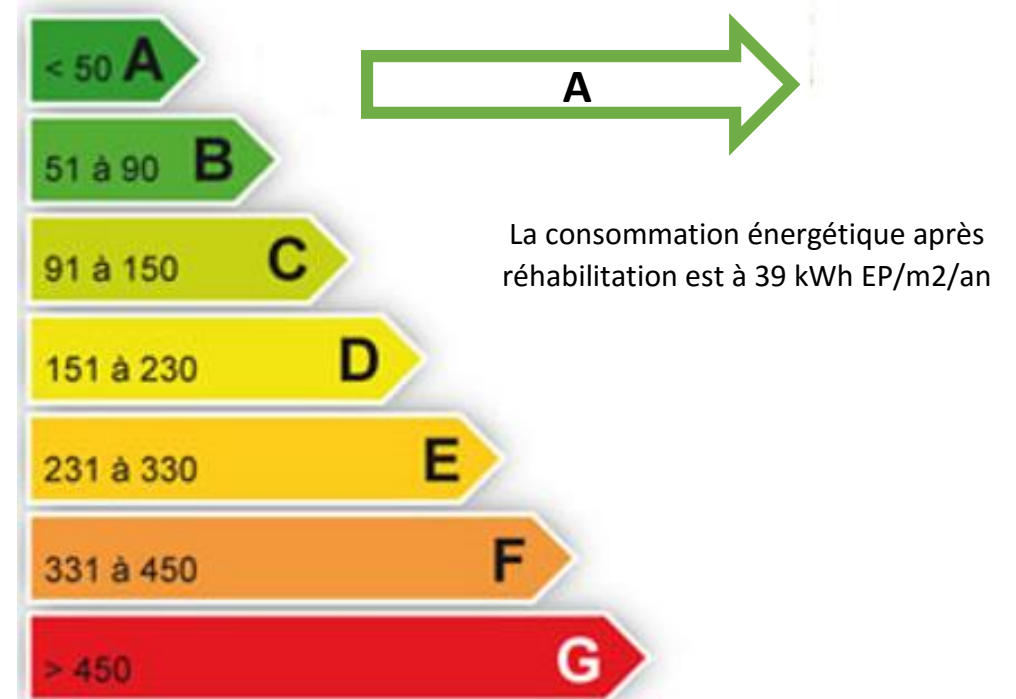


Figure 78 : Etiquette énergétique du bâtiment après réhabilitation énergétique. (Source : construction 21, 2015, p 01.)

- La réhabilitation énergétique du bâtiment est passée de la catégorie D avec consommation de 159 kWh EP/m²/an à la catégorie A avec une consommation de 39 kWh EP/m²/an.

Tableau 02 : Analyse comparatives entre un bâtiment de la résidence le Mont-blanc et un bâtiment du campus de bordeaux. (Source : auteurs, 2016.)

## **Conclusion :**

Le patrimoine bâti est considéré comme un secteur économique clé, fortement consommateur d'énergie et grand émetteur de gaz à effet de serre. Il est nécessaire d'intervenir sur cette partie du secteur résidentiel bâti afin de réduire son impact sur l'environnement et réduire son empreinte écologique. Une bonne connaissance de ce patrimoine, ses contraintes et ses potentialités, permet une meilleure évaluation pour but d'intervenir d'une manière à assurer les besoins des habitants ainsi qu'une meilleure valorisation.

Cependant, La réflexion sur le volet de développement durable tend à constater que réhabiliter le patrimoine bâti est la meilleure solution que de reconstruire des bâtiments à neuf compte tenu de la quantité d'énergie grise dépensée dans les deux cas. Une réhabilitation énergétique est donc la procédure adéquate afin d'intervenir. Le respect du patrimoine bâti est accompagné à la fois par l'amélioration de la question énergétique et le confort des habitant à travers des interventions menés sur l'isolation des façades par l'extérieur sans toucher au caché patrimonial de l'édifice.

Afin d'assurer le confort thermique et réduire les besoins énergétiques du patrimoine bâti, nous pouvons intervenir sur plusieurs paramètres à savoir : le choix des matériaux, type de vitrage, brises soleils, forme de toiture, utilisation des ressources naturelles, le choix des sources d'énergie par le recours à l'utilisation des énergies renouvelables et enfin la mise en place d'une réglementation thermique pour le patrimoine bâti. Tous ses paramètres dans le but de : limiter les dépenses d'énergies consacrées au chauffage et à la climatisation, réaliser un meilleur confort thermique, améliorer les performances et le rendement des équipements énergétiques.

## **deuxième partie**

## Introduction :

En Algérie le secteur résidentiel offre des possibilités importantes en vue de réduire la consommation énergétique, et son impact sur l'environnement car il représente l'un des secteurs les plus consommateurs d'énergies, à cet effet une attention particulière doit être accordée aux performances thermiques de ces logements. Notre recherche va se porter sur un exemple de logements construits en période coloniale en amont de toute réglementation thermique : le bâtiment 03 de la cité Aéro-habitat d'Alger.

Dans cette partie de la recherche, nous présenterons la ville d'Alger, l'aire et le corpus d'étude dont nous justifierons le choix par rapport à la problématique de cette recherche. Afin d'atteindre l'objectif essentiel qui consiste en la réhabilitation énergétique de ce patrimoine colonial et réduire sa consommation énergétique et améliorer le confort des habitants tout en diminuant les pertes énergétiques. Nous avons eu recours à l'usage de deux outils de recherche : l'enquête par questionnaire et l'enquête par observation.

## 1. Aperçu sur la ville d'Alger :

### 1.1 Situation de la ville d'Alger :

La commune d'Alger-Centre est située au nord de la wilaya d'Alger. Elle est délimitée à l'est par le bassin méditerranéen, à l'ouest par les communes d'Oued Koriche et d'El-Biar, au nord par la commune de la Casbah, au sud par celles de Sidi M'Hamed et de Belouizdad.

### 1.2 Aperçu sur le climat de la ville d'Alger

#### 1.2.1 La température :

La ville d'Alger est influencée par un climat Méditerranéen. Selon la classification de Köppen-Geiger, le climat est de type Csa avec un été sec et chaud, et un hiver doux et pluvieux. Les températures présentent de forts contrastes entre l'hiver et l'été. Avec une température maximale de 31°C dans le mois d'aout, et de 6°C dans le mois de janvier en hiver. (ONM, 2014)

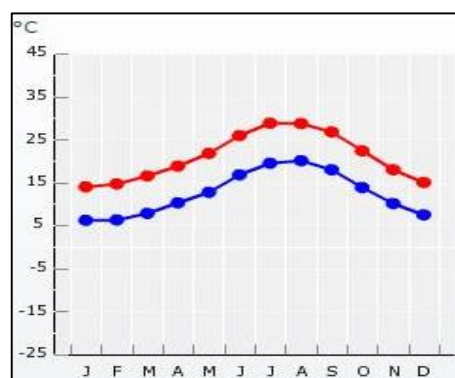


Figure 79 : Histogramme de température maximale mensuelle. (Source : ONM, 2014.)

#### 1.2.2 Ensoleillement :

Selon l'office national météorologique ONM, Alger est caractérisée par un été ensoleillé avec 11 heures d'ensoleillement par jour pour le mois de juillet et uniquement 4 heures pour le mois de décembre. (ONM, 2014)

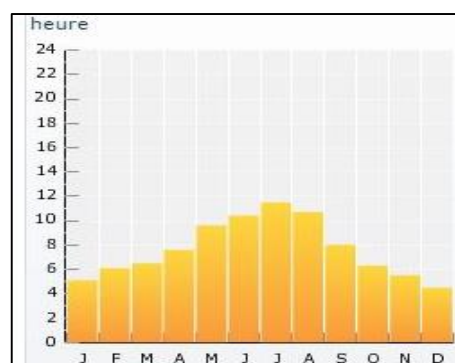
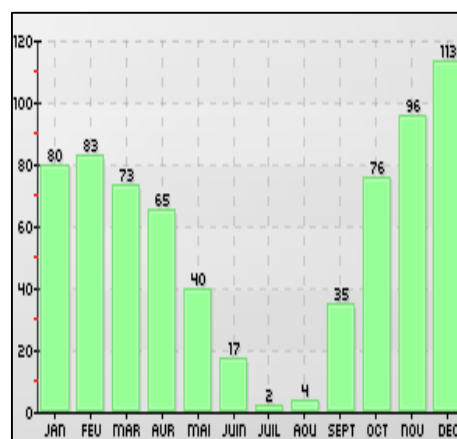


Figure 80 : Heures d'ensoleillement mensuelles. (Source : ONM, 2014.)

### 1.2.3 Les précipitations :

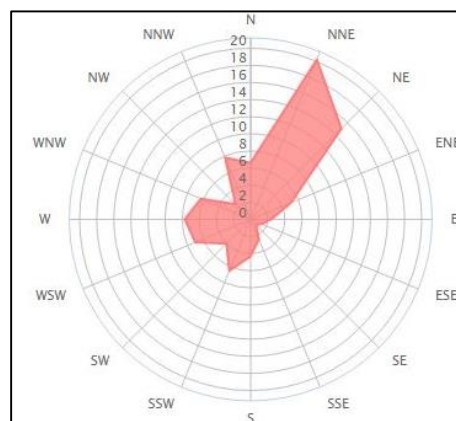
La répartition annuelle des précipitations à Alger est marquée par une période courte de sécheresse dans le mois de Juillet et aout, durant laquelle les précipitations sont très faibles et souvent sous forme d'orage. En hiver, les pluies sont bien plus importantes à Alger qu'elles ne le sont en été. La période pluvieuse s'étend du mois de novembre au mois d'avril. Le mois de décembre étant le mois le plus pluvieux avec une quantité moyenne de 113mm et le mois de juillet est le plus sec avec une valeur moyenne de 2 mm. (Source : ONM, 2014.)



**Figure 81 :** Quantité de précipitations par mois.  
(Source : ONM, 2014.)

### 1.2.4 Le régime des vents :

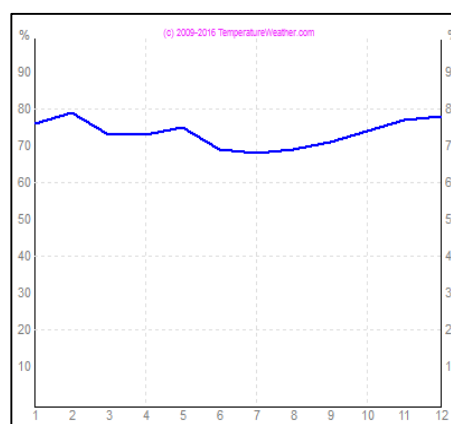
Selon les études du laboratoire d'étude maritime LEM (2007), les vents du secteur Nord – Est sont les plus fréquents. Les vents sont mieux marqués en été, leur vitesse se répartit entre 1 et 30 nœuds. Les vents du secteur Sud – Ouest soufflent principalement en hiver, la vitesse de ces vents est de 6 à 10 nœuds. (LEM, 2007.)



**Figure 82 :** Rose des vents d'Alger.  
(Source : LEM, 2007.)

### 1.2.5 L'humidité :

La valeur moyenne de l'humidité dépasse les 50% pour tous les mois de l'année et varie entre un maximum de 80 % au mois de Décembre, Janvier, Février et un minimum de 69 % au mois de Juillet. (Température weather, 2009.)



**Figure 83 :** Histogramme de la variation de l'humide par mois.  
(Source : Température weather, 2009.)



## 2. Présentation de l'aire d'étude :

L'Aéro-Habitat, est une véritable cité dans un quartier qui abrite un peu plus d'un millier de personne, elle représente le repère des Algérois, et celui des habitants de Téliemly.

Cette cité a été édifée en 1955 (période coloniale) et commandée par une compagnie aérienne. Elle a été conçue par les architectes P. Bourlier, J. Ferre, Laloé et L.M Miquel), tous les quatre membres de la section CIAM d'Alger. Ils étaient très influencés par les principes corbuséens. Elle avait l'ambition d'une cité radieuse : logements en duplex, rue commerçante au 10e étage et vue imprenable sur la ville et la mer d'Alger. (N.Stambouli, 2014, p 118.)

L'Aéro-habitat tire son nom d'une société d'habitat à loyer modéré (HLM). Le chantier démarrera fin 1951 et se terminera en 1955 (les bâtiments seront habités au fur et à mesure après cette date), sauf le passage de la voie en tunnel sous le pied en aval de l'immeuble principal et la clôture finale ne sera pas acquise avant 1959. (N.Stambouli, 2014, p 118.)



**Figure 84** : Vue d'ensemble de l'Aéro-habitat.  
(Source : Algérie360, 2008.)

### 2.1 Critères de choix de l'aire d'étude :

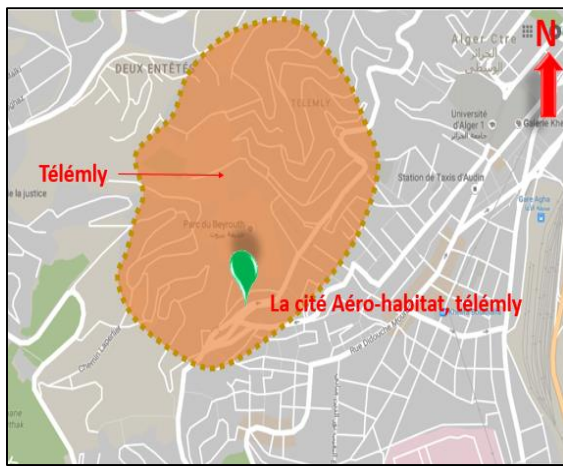
L'Aéro-habitat est un patrimoine de l'architecture moderne, dite universelle au vécu et au contexte propre de l'Afrique du nord, édifié en référence à la modernité suivant un modèle corbuséen. (N.Stambouli, 2014, p119.)

La cité de l'Aéro habitat n'est plus ce qu'elle était. Les années sont passées et le confort de l'immeuble a commencé à s'effacer et perd chaque année de sa valeur. Façades dégradées, vitres cassées, hall dégradé et squatté, problèmes d'infiltrations, problème d'insécurité, problèmes d'étanchéité, les fuites d'eau et le problème d'inconfort sont devenus de plus en plus courant.

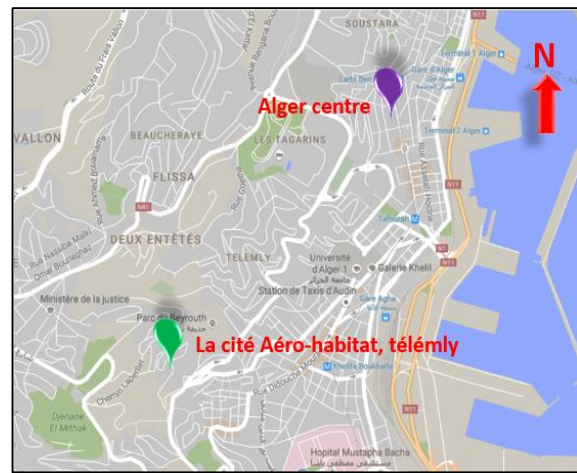
Les problèmes de l'Aéro-habitat amènent à se poser des questions concernant l'héritage des œuvres construites durant la période moderne en Algérie. Aujourd'hui, la conservation de cette architecture moderne autrement dit de ce patrimoine ne fait pas partie des priorités, par conséquent notre but dans cette recherche est d'y remédier pour qu'il devienne la préoccupation de tout un chacun.

## 2.2 Situation géographique de la cité Aéro-habitat :

La cité Aéro-habitat se situe dans le parc Malglaive (bayrou), au sud-EST du boulevard Krim-Belkacem dans le quartier de Telemly (un quartier sur les hauteurs d'Alger) à mi-pente des collines ceinturant Alger et à 1500 mètres du centre-ville.



**Figure 85 :** La situation de la cité Aéro-habitat par rapport au quartier Telemly. (Source : Google map, traitée par les auteurs, 2016.)



**Figure 86 :** La situation de la cité Aéro-habitat par rapport à Alger. (Source : Google map, traitée par les auteurs, 2016.)

## 2.3 L'organisation de la cité Aéro-habitat :

La cité Aéro-habitat est constituée de quatre bâtiments dont la disposition et la hauteur respectent une logique d'implantation qui est à la fois fonctionnelle et paysagère, sa superficie est de 15000 m<sup>2</sup> dont 3200 m<sup>2</sup> seulement sont occupés par les bâtiments.



**Figure 87 :** Organisation de la cité Aéro-habitat. (Source : Google map, traitée par les auteurs, 2016.)



Le plus grand des quatre immeubles compte 23 étages au point le plus bas de la parcelle et seulement 13 à partir du niveau le plus haut de la parcelle. Le dénivelé et le caractère accidenté du terrain ont été utilisés de façon astucieuse par l'intégration d'un étage-coursive au 10<sup>ème</sup> étage composé de commerces et permettant de rejoindre les trois autres bâtiments.



**Figure 88** : Galerie commerçante.  
(Source : auteurs, 2016.)



**Figure 89** : Les commerces du 10<sup>ème</sup> niveau.  
(Source : auteurs, 2016.)



**Figure 90** : Les commerces du 10<sup>ème</sup> niveau.  
(Source : auteurs, 2016.)

La cité comporte 284 logements, allant du studio aux cinq pièces, avec une majorité de trois et quatre pièces. Les duplex installés dans les deux immeubles les plus hauts sont de type F3 ou F4, par contre les immeubles bas comportent des logements sur un seul niveau. La disposition générale des appartements reprend celle des unités d'habitation : « cellule traversante à double orientations » disposées les unes à côté des autres, les appartements ont une vue sur la baie d'Alger. Tous les appartements disposent d'un séjour avec prolongement vers l'extérieur (loggia pour les duplex et un balcon pour les appartements à un seul niveau). Un garage collectif se trouve au-dessous du plus petit des bâtiments ainsi qu'une salle de réunion à la disposition des sociétaires. (N.Stambouli, p 119.)

Grâce à l'implantation en épine des deux immeubles principaux, l'ensemble ne cache pas les vues aux habitations en amont malgré leurs grandes hauteurs.



**Figure 91** : Vue sur l'Aéro-habitat depuis le Boulevard des martyrs.  
(Source : N.Stammouli, 2016.)



## 2.4 Relief et topographie de l'aire d'étude :

Telemly est une succession de ravins, qui forme une pente orientée Sud/Sud-Est. Le site de l'Aéro-habitat c'est un site périlleux et pentu, il est fait de deux plans inclinés à 45° dont l'intersection forme une croupe de direction nord-ouest / sud-est.

La dénivellation du terrain est reprise par de petits terrassements qui permettent aux quatre immeubles d'épouser la forme du terrain en pente. (H.Hamadouche, 2014, p 28.)

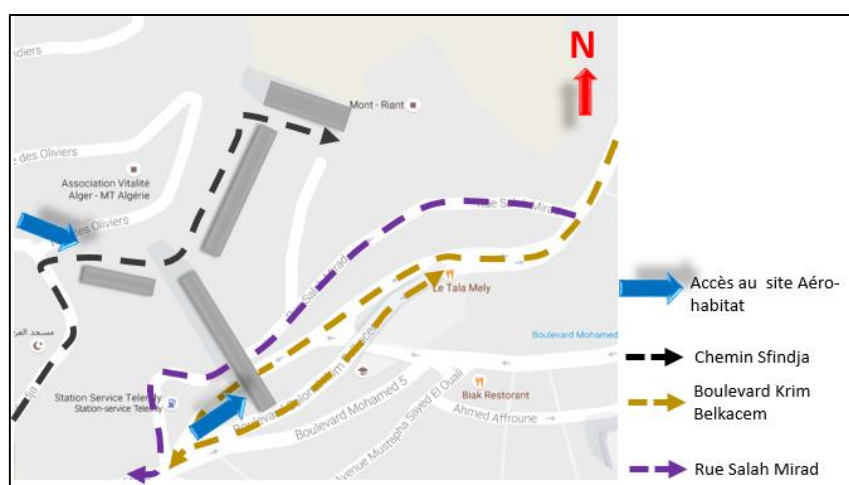


**Figure 92** : Relief de la cité aéro habitat.

(Source : Google map, traitée par les auteurs, 2016.)

## 2.5 Accessibilité à la cité Aéro-habitat :

L'Aéro habitat occupe une place stratégique, elle se situe sur l'axe qui a développé le quartier (l'axe structurant de Telemly) : le boulevard Krim Belkacem qui établit à la fois la séparation entre la partie haute et moyenne et la partie basse et moyenne de la ville d'Alger. L'accès au site se fait par trois accès mécaniques depuis le chemin Sfindja venant du bas ou depuis la Rue Mirad Salah ou encore depuis le boulevard Krim Belkacem venant du haut.



**Figure 93** : Accessibilité au site de l'Aéro-habitat.

(Source : Google map, traitée par les auteurs, 2016.)

### 3. Présentation du corpus d'étude :

#### 3.1 Le choix du corpus d'étude :

Après avoir fait une visite sur le site nous avons constaté que le bâtiment 03 est le plus délabré parmi les trois autres bâtiments de la cité Aéro-habitat ainsi que le plus défavorisé par rapport à son comportement vis-à-vis des phénomènes climatiques : vents dominants, ensoleillement, humidité,...etc. C'est l'immeuble qui manifeste le plus de problèmes au sein de la copropriété.

Le bâtiment 03 de la cité Aéro-habitat est orienté selon l'axe Sud-Est/Nord-Ouest, il est composé de quatre blocs juxtaposés et répartie en 05 niveaux dont un entre sol. L'immeuble 03 comprend 32 logements de typologie différente à savoir : F3, F4 et F5.



Figure 94 : vue sur le bâtiment 03 de la cité Aéro-habitat. (Source : les auteurs, 2016.)

#### 3.2 Accessibilité à l'immeuble 03 de la cité Aéro-habitat :

L'accessibilité au bâtiment 03 se fait depuis deux accès dont le premier est mécanique venant du chemin Sfindja et le deuxième est piéton depuis la courside commerciale de l'immeuble principal.

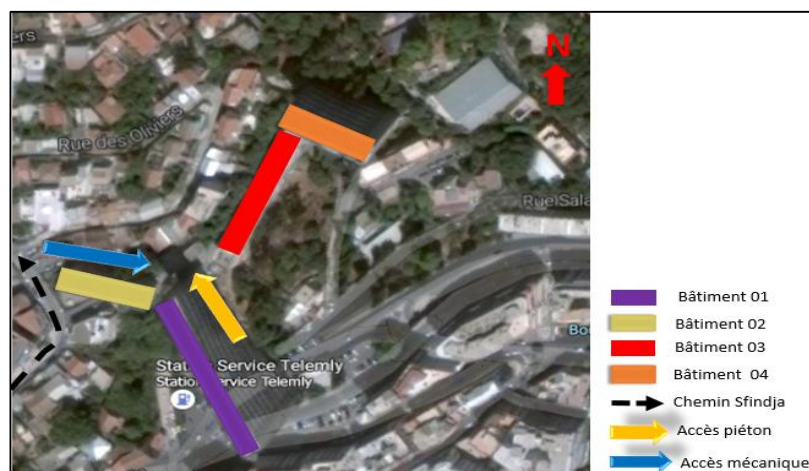


Figure 95 : Accessibilité au bâtiment 03. (Source : Google earth, traitée par les auteurs, 2016.)

## 4. Méthodologie de travail

Ce travail de recherche s'articule autour de deux volets : le premier, étant théorique dans lequel nous avons analysé un ensemble de concepts liés au sujet de recherche à savoir la réhabilitation énergétique des patrimoines bâtis, ensuite deux d'outils de recherche seront émis dans le volet empirique : l'enquête par questionnaire et l'enquête par observation.

Dans le but de mettre en pratique les deux outils de recherches, nous nous sommes rendus sur terrain (l'Aéro-habitat à Alger). L'observation sur site a été accompli pendant la période d'automne (novembre 2016), et effectuer de 9h du matin à 15h de l'après-midi.

### 4.1 méthode d'observation en situation :

L'observation consiste en une action de suivi attentif des phénomènes. Ainsi, observer consiste à chercher à comprendre, analyser et organiser des faits mesurables, suivre leur évolution dans le temps et dans l'espace. (ORIV, 2008, p 01)

Le lundi 07 novembre à 10 h du matin nous sommes arrivées sur Alger, une fois avoir réglé le problème d'hébergement à la résidence EL ALIA nous avons pris la route vers l'EPAU où on a recueilli le maximum d'information dans leurs riche bibliothèque relatif à notre thème de recherche.

Le travail de terrain s'était effectué en 04 jours, à partir du 08 novembre 2016, nous nous sommes rendus à la cité de l'Aéro-habitat d'Alger, où nous avons été accueillis par Mr RENOUCHE, membre de l'association des habitants de l'Aéro-habitat. Il nous a été d'une très grande aide, grâce à lui on a eu accès aux archives de l'Aéro-habitat y compris au dossier graphique, qu'ils gardaient précieusement dans un bureau au 3ème étage de l'immeuble 01, consacré spécialement à l'association. Il nous a également fait visiter tout le site, guidé durant toute l'enquête sur terrain, et répondu à l'ensemble des questions posées.

Le 09 novembre ; le deuxième jour ; nous nous sommes rendu à l'immeuble 03, cas de notre étude. Nous avons pu accéder à 06 logements, les occupants nous ont fait visiter leurs appartements respectifs et rempli les 06 questionnaires par la même occasion. Pour chaque logements nous avons dessiné des croquis intérieurs par rapport à l'enseillent et aux vents, nous avons également effectué des relevés par rapport aux dimensions des fenêtres et des portes et sur plan par rapport aux parois supprimées. Tout cela a été complété par la prise de plusieurs photos et vidéos, nécessaires à l'accomplissement de notre travail.

Le troisième jour sur terrain, nous avons refait le même travail que le deuxième jour, à savoir : visiter 07 appartements, remplis les 07 autres questionnaires, prendre des photos et réaliser des relevés. On a également distribué les 07 autres questionnaires.

Enfin durant le dernier jour, on a récupéré les questionnaires qu'on avait laissés la veille chez les habitants de l'immeuble et continuer le reste du travail.

### **4.2 La méthode Mahoney :**

la méthode Mahoney, consiste en une série de 06 tables de référence d'architecture, utilisées comme guide pour obtenir des bâtiments confortables et adaptés à leurs environnements en fonction des données climatiques du site d'intervention (Températures, Humidités relatives, Précipitations, Vents). Grâce à elle nous allons pouvoir établir des recommandations architecturales de confort spécifiques au site d'intervention sans recours au chauffage et à la climatisation, telles que la forme et l'orientation du bâtiment, la position, la dimension ou l'exposition des ouvertures...etc. Tout cela dans le but de déterminer si ces différents points ont été pris en considération lors de la conception du bâtiment.

### **4.3 Enquête par questionnaire**

Après avoir élaboré l'enquête par observation, il est convenable de compléter notre analyse par un deuxième outil qui est une enquête par questionnaire.

Le questionnaire est une technique directe d'investigation scientifique utilisée au près d'individus, qui permet de les interroger de façon directive et de faire un prélèvement quantitatif en vue de trouver des relations mathématiques et de faire des comparaisons chiffrées. (M.Ongers, 1992, p 146)

#### **4.3.1 Conception du questionnaire :**

Afin de concevoir notre questionnaire, nous avons déterminé notre objet d'étude qui traduit la question de la réhabilitation énergétique au sein des logements de l'Aéro-habitat.

Cependant, nous avons opté pour le choix d'un seul bâtiment d'étude parmi les quatre immeubles existants de la cité Aéro-habitat et cela en se basant sur un ensemble de points qui font qu'il soit le plus défavorisé : état de l'immeuble, son orientation...etc. Une fois fait, nous avons établis une liste de critères descriptifs relatifs à notre objet d'étude, et à partir de ces derniers, nous avons formulé les différentes questions de tel sorte que l'enquête soit capable d'y répondre, par conséquent les questions d'ordre techniques n'ont pas été prise en compte.

A cet effet, notre questionnaire comprend 30 questions, avec une dominance de questions fermées qui sont plus rapides et aisés à les dépouiller et quelques questions ouvertes plus riches et précises, auxquelles l'enquête est invitée à répondre librement. La grille de questions comporte des interrogations sur le confort des habitants, les problèmes rencontrés dans les logements (l'humidité, la sensation thermique, l'ensoleillement, les courants d'air, le fonctionnement des espaces intérieurs) et la question du respect du patrimoine bâti.

#### **4.3.2 Collecte des données :**

L'enquête sur terrain consiste à interroger l'ensemble des occupants de l'immeuble 03 de l'Aéro-habitat à savoir 32 ménages, dont leurs âges dépassent pour la plupart la trentaine et des deux sexes (hommes, femmes).

Sur les 32 questionnaires élaborés, uniquement 20 ménages ont répondu car il se trouve que soit les occupants sont absents soit c'est des femmes aux foyers qui ne peuvent pas ouvrir la porte à des étrangères, compte tenu de l'insécurité qui régnait autrefois au sein de ses immeubles de l'Aéro-habitat.

### **4.3.3 Le traitement des données :**

Pour le traitement des données recueillies, nous avons en premier lieu introduit l'ensemble des réponses fermées après leur codage, sur le logiciel Exel (version 2013) puis par la suite nous avons opté pour le logiciel d'analyse, STATISTICA, Stratsoft 7.1, 2005, qui permet de quantifier les différentes informations recueillies sur terrain sous forme d'histogramme, après les avoir importé depuis Exel. A partir de cet outil nous avons utilisé une technique appelée, l'analyse des correspondances multiples (ACM) qui va effectuer le traitement des données pour enfin avoir un nuage de points dont le rôle est d'étudier l'association entre au moins deux variables qualitatives.

# **Troisième partie**



## 1. Enquête par observation :

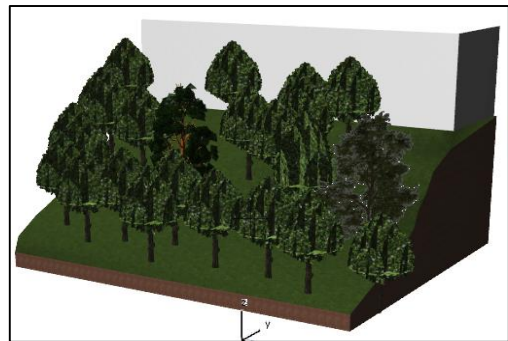
### 1.1 Analyse architecturale du cas d'étude

#### 1.1.1 Forme et orientation du bâtiment :

- **Forme du bâtiment :**

Le bâtiment « 03 » est bâti sous forme de barre rectangulaire avec toiture terrasse qui se met en contact avec le paysage et ses éléments.

L'immeuble s'allonge en longueur plus qu'en hauteur. Le bâtiment donne sur un écran végétal qui favorise la vue extérieure.



**Figure 95 :** Forme du bâtiment.

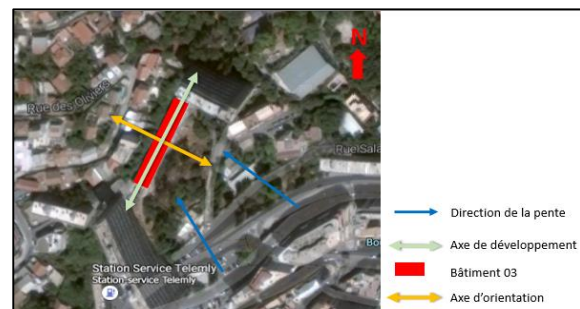
(Source : auteurs, 2016.)

- **Orientation du bâtiment :**

Le bâtiment 03 est développé selon l'axe Nord-Est et l'axe Sud-Ouest, il s'ouvre sur la façade Sud-Est/Nord-Ouest. La façade Nord-Ouest donne vue sur la baie et la ville d'Alger et la façade Sud-Est sur un écran végétal.



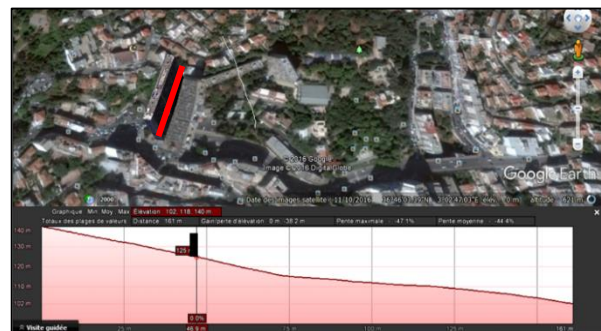
**Figure 96 :** vue sur la baie d'Alger depuis un appartement de l'immeuble 03 de l'aéro-habitat. (Source : auteurs, 2016.)



**Figure 97 :** Topographie et altitude du bâtiment 03.

(Source : Google Earth, traitée par les auteurs, 2016.)

Le bâtiment 03 de la cité aéro habitat est situé à une altitude de 125m au-dessus du niveau de la mer sur un terrain en pente, parallèlement aux courbes de niveaux.



**Figure 98 :** orientation de l'immeuble 03.

(Source : Google map, traitée par les auteurs, 2016.)

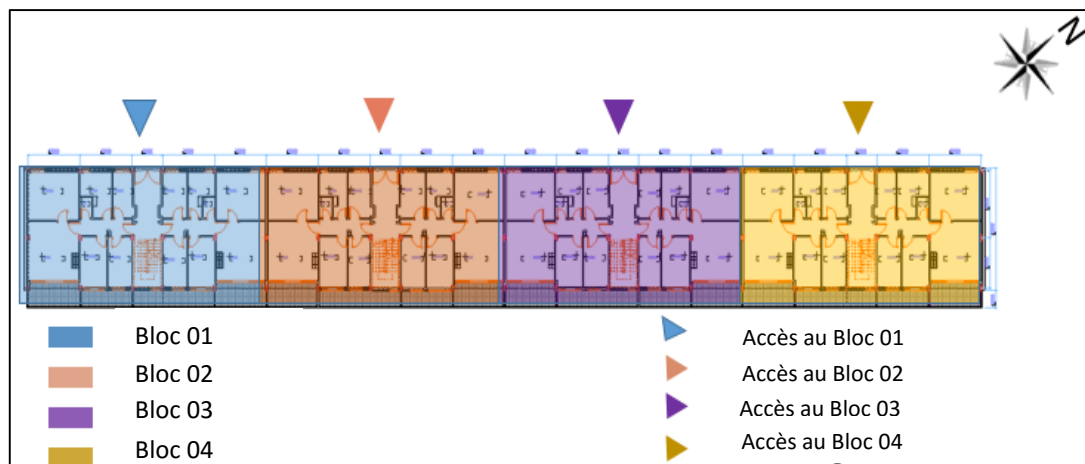
### 1.1.2 Analyse fonctionnelle et spatiale :

- **Accessibilité aux logements du bâtiment 03 :**

- L'immeuble 03 est divisé en quatre unités dont l'accès se fait à partir de quatre cages d'escaliers séparées.



**Figure 99 :** Les différents accès au bâtiment 03. (Source : Google Earth, traitée par les auteurs, 2016.)



**Figure 100 :** L'accessibilité à l'immeuble 03 (RDC). (Source : auteurs, 2016.)

- **Typologie :**

- La typologie des logements au niveau du RDC sont des F4 avec une superficie de 90 m<sup>2</sup>.
- la typologie des logements au niveau des étages courants sont des F3, F4 et F5
- Le bâtiment 03 de l'aéro-habitat est réparti en 05 niveaux.
- L'immeuble comprend 40 logements.

typologie	F3	F4	F5
Nombre d'appartements	12	16	12
Surface	83m <sup>2</sup>	90m <sup>2</sup> -100m <sup>2</sup>	119m <sup>2</sup>

**Tableau 03 :** Typologie des logements du bâtiment 03. (Source : auteurs, 2016.)





**Figure 101** : Typologie des logements du bâtiment 03 (étage courant : ech : 1/500).  
(Source : L.M. Miquel, repris par les auteurs, 2016.)

Notre étude se portera sur les logements situés dans le bloc 01 car c'est les plus défavorisés par rapport aux facteurs climatiques extérieurs.

1. RDC : le RDC du bloc 01 comporte deux logements de typologie F4, d'une surface de 83 m<sup>2</sup> pour chacun. La composition du logement s'articule autour d'un espace central qui est le hall d'entrée, les espaces jour sont orientés sud-est et les espaces nuit nord-ouest.



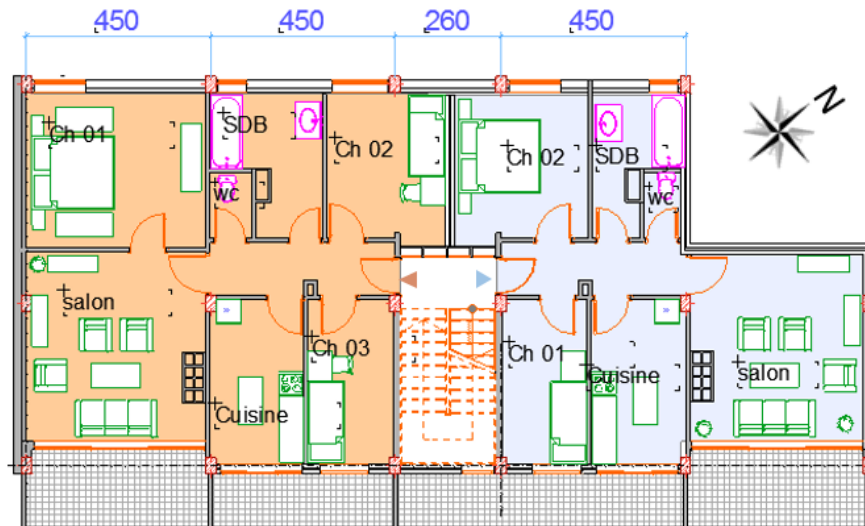
**Figure 102** : Zoom sur les appartements de la 1<sup>ère</sup> cage d'escalier situés au RDC. ECH 1/200. (Source : L.M. Miquel, repris par les auteurs, 2016.)

- La répartition des surfaces est donnée dans le tableau suivant :

Désignation	Surface (m <sup>2</sup> )
Chambre 01	17.03
Chambre 02	07.72
Chambre 03	08.38
Séjour	20.30
cuisine	09.15
SDB	6.19
WC	1.66
circulation	5.90
Total habitation	76.33
balcon	14.32
Total cédé	90.65

**Tableau 4** : Tableau surfacique appartement 03 du RDC. (Source : auteurs, 2016.)

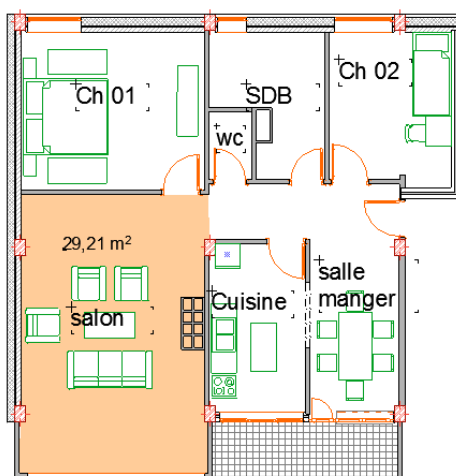
2. Etage courant : L'étage courant du bloc 01 comporte deux logements de typologies et de surfaces différentes (F4 avec une surface de 90 m<sup>2</sup> et F3 avec une surface de 83 m<sup>2</sup>). La composition de chacun des logements se fait autour du hall d'entrée dont les autres espaces se disposent de part et d'autres de ce dernier. les espaces jour sont orientés SUD-EST et les espaces nuit NORD-OUEST.



**Figure 103** : zoom sur les appartements des niveau 1,2,3 de la 1<sup>ère</sup> cage d'escalier ECH1/200.  
(Source : auteurs, 2016)

- **Les transformations de deux appartements et l'entre-sol :**

1. L'appartement 07 du 2<sup>ème</sup> étage a subis des modifications et plus précisément au niveau du séjour, où le propriétaire a récupéré l'espace du balcon pour l'inclure à la surface du séjour, et fermé par conséquent la façade du logement par une baie vitrée. Il a aussi transformé la chambre 03 en salle à manger en supprimant le mur latéral et créant une continuité avec le hall d'entrée.



**Figure 104** : Relevé appartement 05 du 02<sup>ème</sup> étage, ECH 1/200.  
(Source : auteurs, 2016.)



**Figure 105** : croquis montrant le prolongement du séjour sur le balcon. (Source : auteurs, 2016.)

2. Contrairement au logement précédent, dans ce cas le propriétaire à opter pour garder un petit espace pour le balcon tout en agrandissant le séjour



**Figure 106** : Relevé appartement 05 du 1<sup>er</sup> étage.ECH1/200. (Source : auteurs, 2016.)



**Figure 107** : croquis montrant le prolongement du séjour tout en gardant une partie du balcon. (Source : auteurs, 2016.)



**Figure 108** : croquis montrant l'espace cuisine. (Source : auteurs, 2016.)

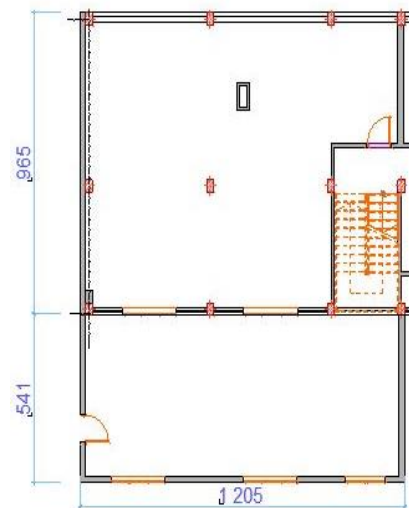


**Figure 109** : croquis montrant le séjour de l'appartement 10 du dernier niveau. (Source : auteurs, 2016.)

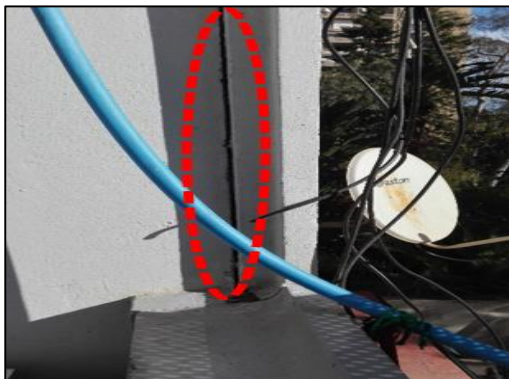


**Figure 110** : croquis montrant les espaces intérieurs de l'appartement 10 du dernier niveau. (Source : auteurs, 2016.)

3. L'entre sol a subi de lourdes modifications, en effet les propriétaires ont réalisé une extension de leurs logement, ainsi ils ont coulé une nouvelle dalle en perçante la poutre située sur la façade et causant de nombreux dommages, a compter par l'affaiblissement de la structure du bâtiment et les désagréments causés pour les copropriétaires du RDC.



**Figure 111** : Relevé des appartements de l'entre sol du bâtiment 03, ECH 1/250. (Source : auteurs, 2016.)



**Figure 112** : Les fissures du logement 03 au niveau du RDC. (Source : auteurs, 2016.)



**Figure 113** : La dalle coulée au niveau de l'entre-sol. (Source : auteurs, 2016.)

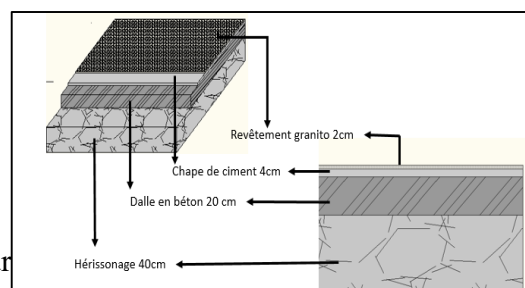
### 1.1.3 Analyse structurelle :

Le système constructif du bâtiment 3 est basé sur un système poteau-poutre coulé sur place. Les matériaux de construction utilisés sont :

#### 1. Les planchers :

##### ➤ Plancher bas :

Il est composé d'une dalle en béton armé de 20 cm posé sur un hérissinage de 40 cm d'épaisseur et un revêtement de sol en granito de 2cm d'épaisseur.

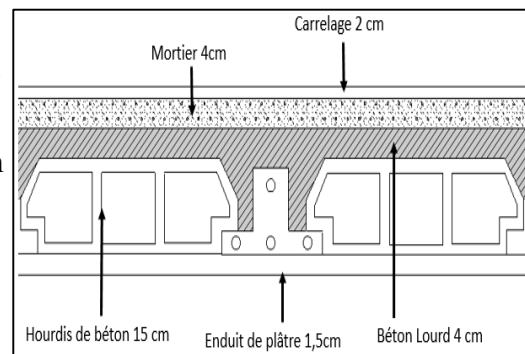


**Figure 114** : Détail schématique des matériaux composant le plancher bas. (Source : L.M. Miquel, repris par les auteurs, 2016.)



➤ **Planchers intermédiaires :**

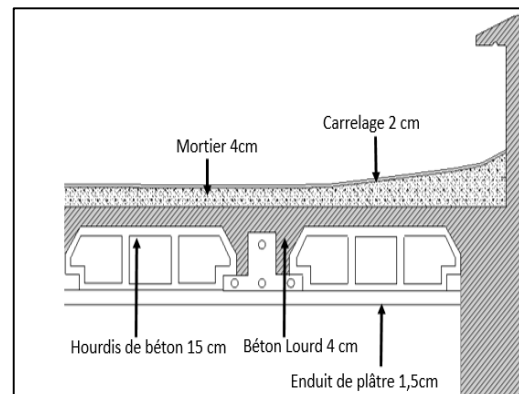
C'est un plancher de dalle à corps creux avec un hourdis en béton de 15 cm, béton lourd 4 cm, mortier de 4 cm, un carrelage en granito de 2 cm et un enduit de plâtre de 1.5cm.



**Figure 115 :** Détail schématique des matériaux composant le plancher intermédiaires. (Source : L.M. Miquel, repris par les auteurs, 2016.)

➤ **Plancher haut (terrasse) :**

C'est un plancher de dalle à corps creux avec un hourdis en béton de 15 cm, béton lourd 4cm, isolation en mortier de 6cm d'épaisseur et un carrelage de 2cm.

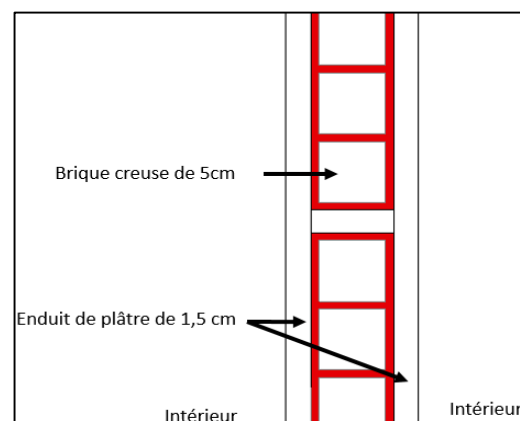


**Figure 116 :** Détail schématique des matériaux composant le plancher haut. (Source : L.M. Miquel, repris par les auteurs, 2016.)

## 2. Les parois

➤ **Les parois intérieures :**

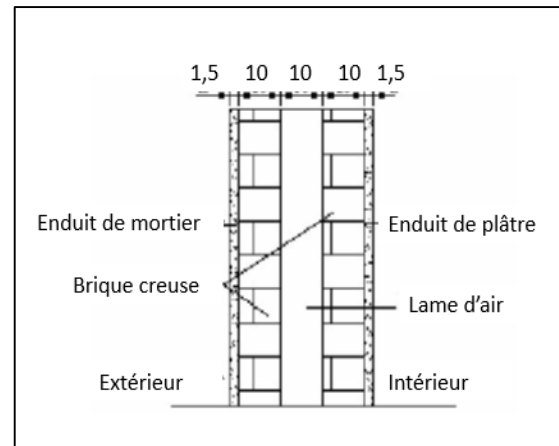
Elles sont avec une seule cloison en brique à cinq trous, d'épaisseur 5 cm revêtus d'un enduit de plâtre de 1.5 cm de part et d'autre.



**Figure 117 :** Détail schématique des matériaux composant les parois intérieures. (Source : auteurs, 2016.)

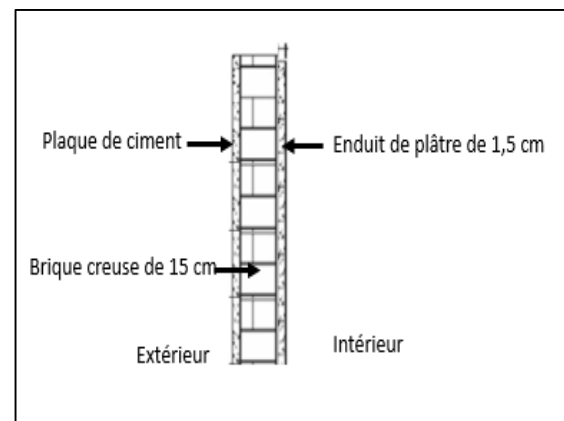
➤ **Les parois extérieures :**

1. L'enveloppe de la façade SUD-EST est en double cloison de briques de 10 cm séparées par une lame d'air de 10 cm. Le revêtement extérieur est en enduit de ciment et en plâtre pour l'intérieur.



**Figure 118 :** Détail schématique des matériaux composant les parois extérieures. (Source : auteurs, 2016.)

2. L'enveloppe de la façade NORD-OUEST est composée d'une seule cloison de brique revêtue de plaques de ciment préfabriquées du côté extérieur et d'un enduit de plâtre de 1.5 cm d'épaisseur du côté intérieur.



**Figure 119 :** Détail schématique des matériaux composant les parois extérieures. (Source : auteurs, 2016.)

➤ **Les ouvertures :**

Les fenêtres sont en menuiserie de bois avec un simple vitrage. Les fenêtres des deux façades disposent de volets roulants en bois. Les portes des logements sont des portes en bois contrairement à la porte d'entrée de l'immeuble qui est en acier.



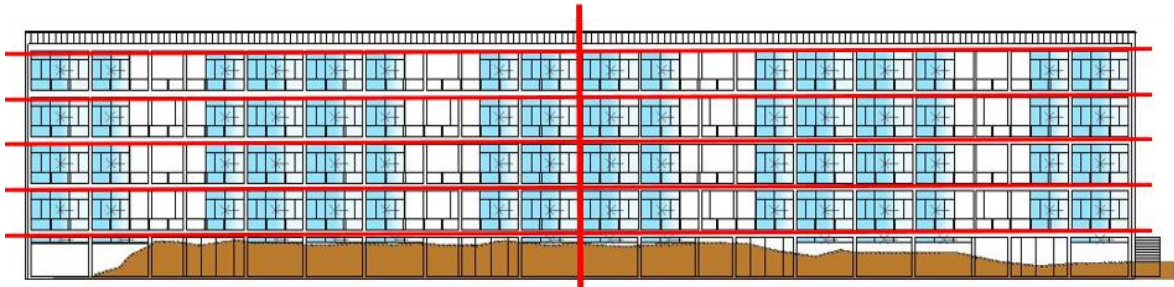
**Figure 120 :** Fenêtre en bois à simple vitrage. (Source : auteurs, 2016.)

### 1.1.4 Analyse des façades :

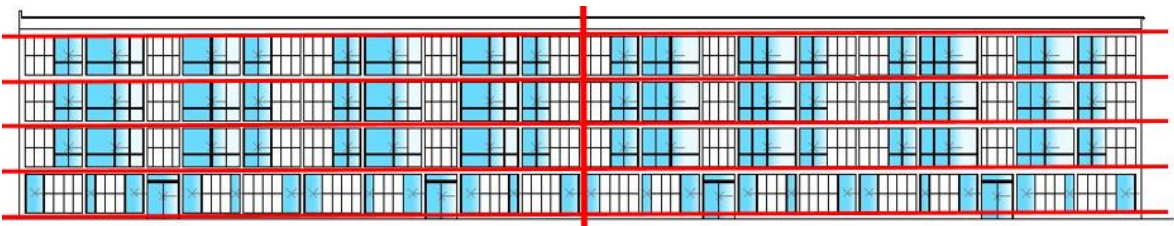
La façade sud-est du bâtiment 03 est à l'origine agrémentée de balcons tandis que la façade nord-ouest est plane.

	Plein (%)	Le vide (%)
Façade sud-est	40	60
façade nord-ouest	52	48
façade nord-est	100	0
Façade sud-ouest	100	0

**Tableau 5** : les pourcentages du plein et du vide des deux façades de l'immeuble 3.  
(Source : auteurs, 2016.)

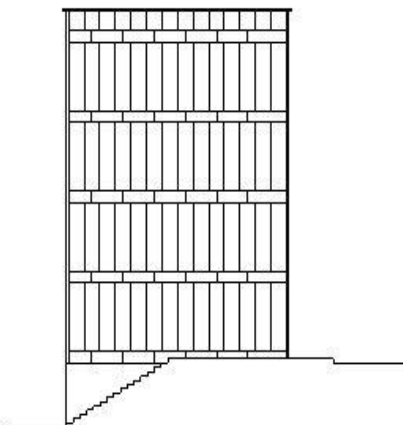


**Figure 121** : Façade sud-est. (Source : auteurs, 2016.)

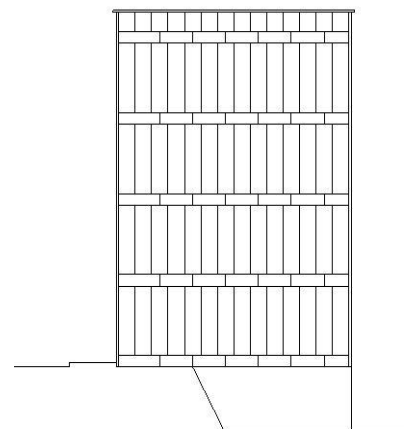


**Figure 122** : Façade Nord-ouest. (Source : auteurs, 2016.)

- Les façades sud-est et Nord-ouest sont composées suivant un axe de symétrie central.



**Figure 123** : Façade sud-ouest.  
(Source : auteurs, 2016.)



**Figure 124** : Façade Nord-est.  
(Source : auteurs, 2016.)

- Les façades sud-ouest et Nord-est sont des façades aveugles.

## 1.2 Analyse bioclimatique

### 1.2.2 Analyse bioclimatique du cas d'étude :

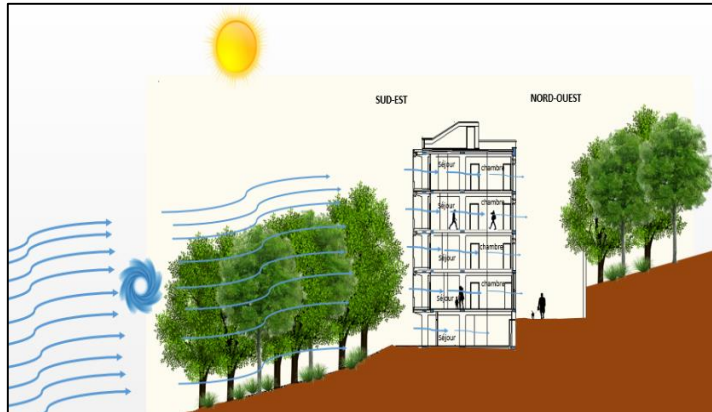
#### 1.2.2.1 Exposition aux vents dominants :

Nous pouvons distinguer au niveau du site deux types de vents et cela en fonctions de leurs directions et des saisons.

a. **En été** : les vents d'été les plus dominants sont les vents frais soufflant du coté nord-est.



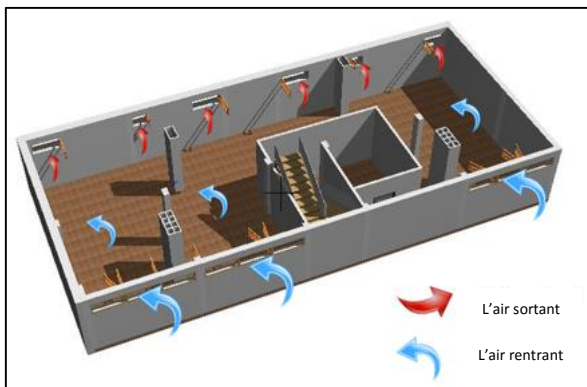
**Figure 125** : Direction des vents dominants en été. (Source : auteurs, 2016.)



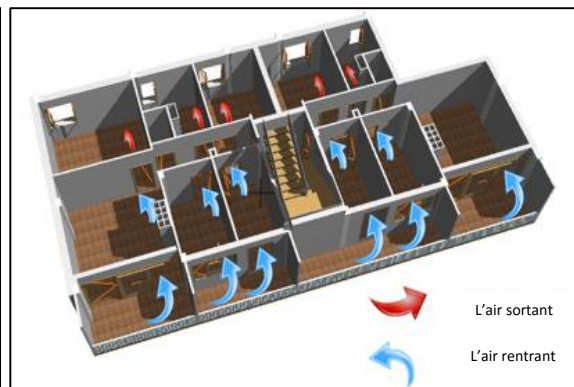
**Figure 126** : Coupe de la direction des vents dominants en été. (Source : auteurs, 2016.)

La présence d'arbres sur la façade sud-est de l'immeuble freine considérablement la vitesse du vent, ce qui engendre un flux d'air moins intense.

L'air naturel d'été venant du coté nord-est pénètre par les ouvertures de la façade sud-est. Il se déplace grâce aux différences de pression dans les différents espaces du logement par les ouvertures de transferts, et il s'évacue depuis les ouvertures situées sur la façade nord-ouest.



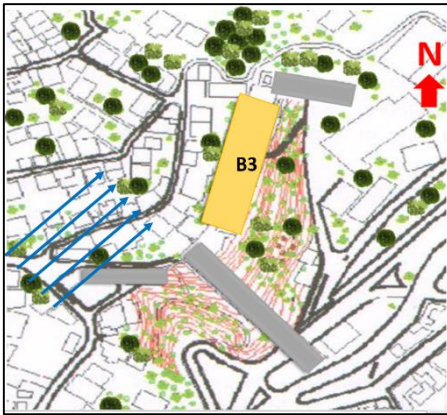
**Figure 127** : Zoom sur l'entre-sol montrant la dispersion et la direction du vent dominant nord-est en été. (Source : auteurs, 2016.)



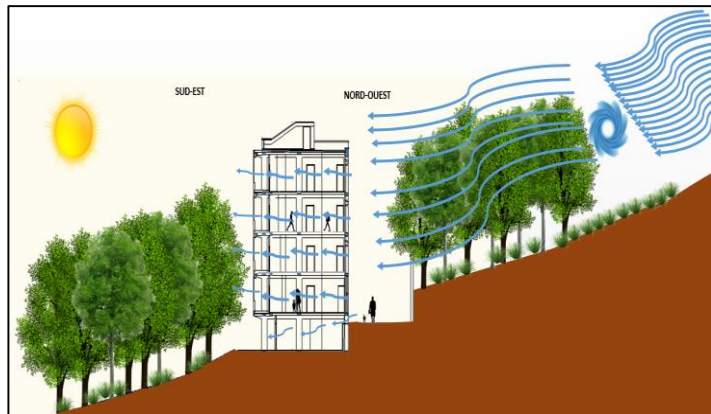
**Figure 128** : Zoom sur le logement 09 du dernier niveau montrant dispersion et la direction des vents dominants nord-est en été. (Source : auteurs, 2016.)



b. **En hiver** : les vents froids venant du sud-ouest sont les plus dominants.



**Figure 129** : Direction des vents dominants en hiver.  
(Source : auteurs, 2016.)

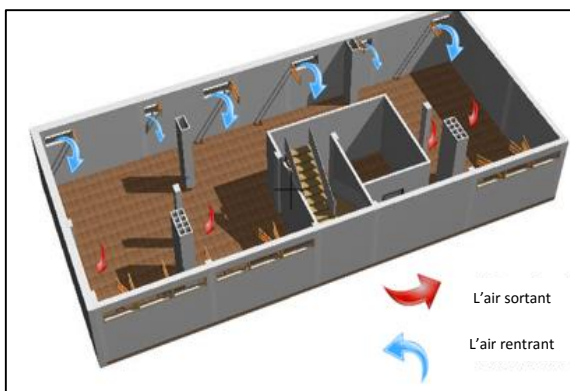


**Figure 130** : Coupe de la direction des vents dominants en hiver. (Source : auteurs, 2016.)

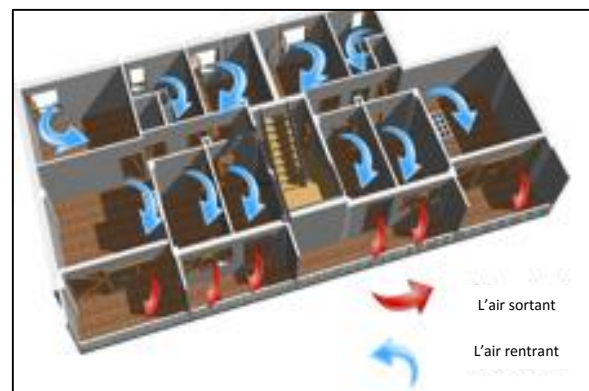
Les vents d'hiver sont les plus dominants et les plus froids mais leurs vitesses se modifient à la rencontre des arbres situés sur le côté nord-ouest. Cela signifie que ces derniers sont considérés à la fois comme obstacle naturel qui freine la vitesse du vent et comme brise vent.

L'aération des logements s'effectue par l'entrée de l'air neuf par les ouvertures situées sur la façade nord-ouest, l'air s'infiltré grâce aux différences de pressions dues au vent. Des grilles d'air permettent le passage de l'air vers les espaces humides. L'air se déplace vers les espaces nuit et s'évacue grâce aux ouvertures situées sur la façade sud-est.

L'entre-sol ne dispose que de grilles d'aération sur la façade nord-est, l'aération à ce niveau n'est pas garantie. Le manque de cette dernière provoque des problèmes d'humidité.



**Figure 131** : Zoom sur l'entre-sol, montrant la dispersion et la direction du vent dominant sud-ouest en hiver. (Source : auteurs, 2016.)



**Figure 132** : Zoom sur le logement 09 du dernier niveau, montrant la dispersion et la direction des vents dominants sud-ouest en hiver. (Source : auteurs, 2016.)

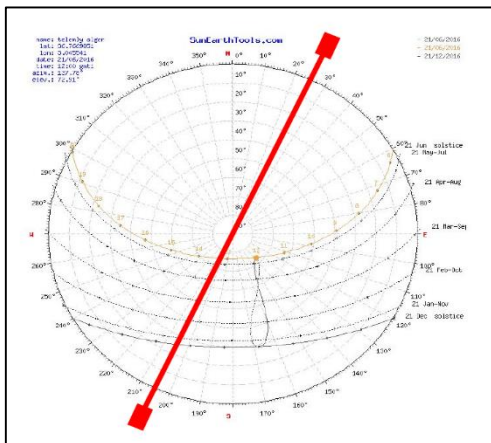
Présence de grilles d'aérations sur la façade nord-est au niveau des sanitaires, cela permet de renouveler l'air intérieur et évacué l'air vicié, en conséquence elle engendre un inconfort en plein hiver.



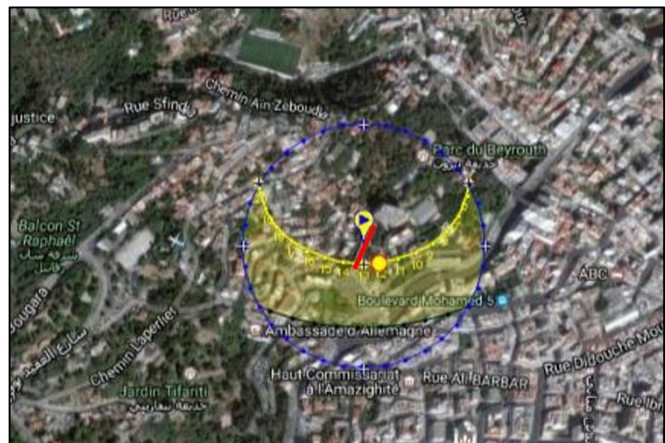
**Figure 133** : Grilles d'aérations.  
(Source : auteurs, 2016.)

### 1.2.1.2 Ensoleillement :

Il est nécessaire de connaître à tout instant la position du soleil dans le ciel car cette information est indispensable afin d'évaluer l'orientation de l'immeuble 3 et son exposition aux apports solaires. L'immeuble 03 se développe selon l'axe nord-est/sud-ouest, il est orienté sur l'axe nord-ouest/sud-est.



**Figure 134** : Diagramme solaire montrant l'orientation de l'immeuble 3 (Source : sunearthtools, traitée par les auteurs, 2016.)

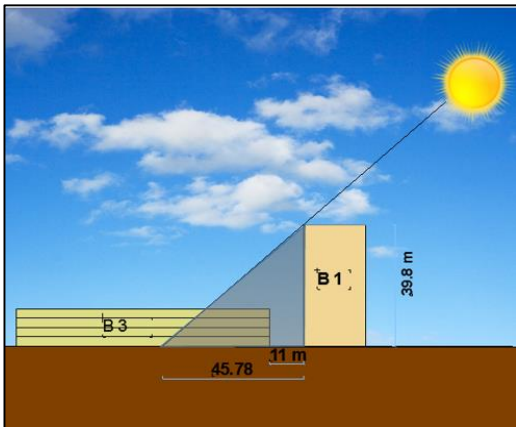


**Figure 135** : Trajectoire solaire. (Source : sunearthtools, traitée par les auteurs ,2016.)

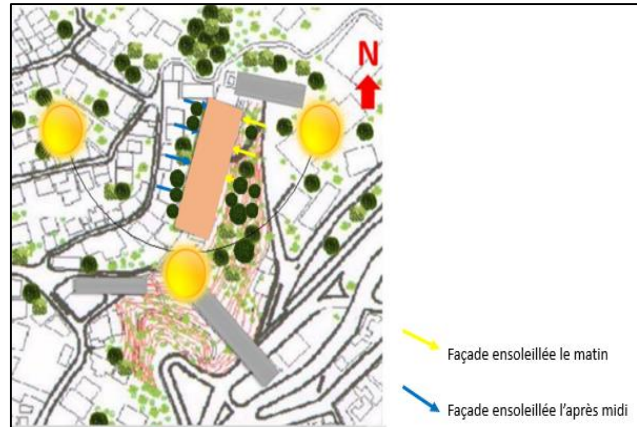
#### a. En été :

- En été, La course du soleil est plus longue qu'en hiver car en été les journées sont plus longues et par conséquent la durée d'ensoleillement est plus longue. La grande hauteur du bâtiment 1 engendre une ombre portée sur l'immeuble 3, à cet effet il le protège des apports solaires d'été, la matinée comme l'après-midi. (Voir annexe 07)



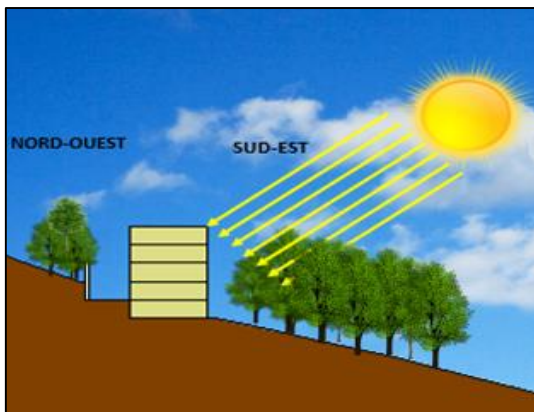


**Figure 136 :** Coupe montrant l'angle solaire et l'ombre du bâtiment B1 sur le bâtiment B3. (Source : auteurs, 2016.)



**Figure 137 :** Course du soleil et ensoleillement en été. (Source : auteurs, 2016.)

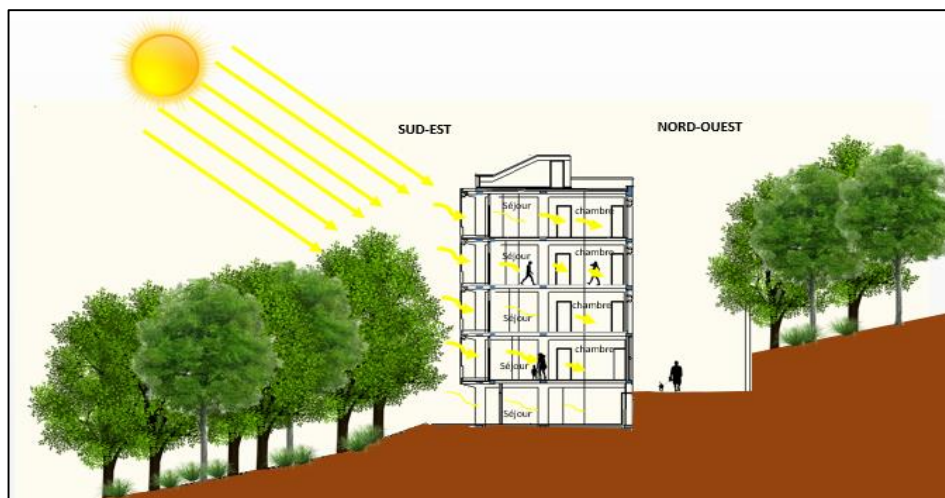
- En été les feuilles d'arbres bloquent les apports solaires, elles se présentent comme un obstacle naturel grâce auquel le bâtiment se protège du soleil d'été.



**Figure 138 :** Coupe de l'ensoleillement en été et l'obstacle naturel. (Source : auteurs, 2016.)

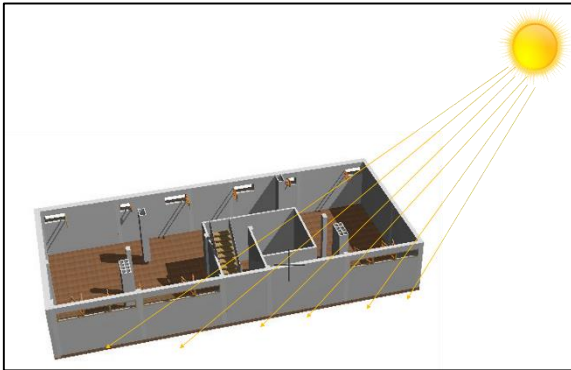


**Figure 139 :** Vue depuis le boulevard Krim Belkacem, montrant l'obstacle naturel. (Source : auteurs, 2016.)

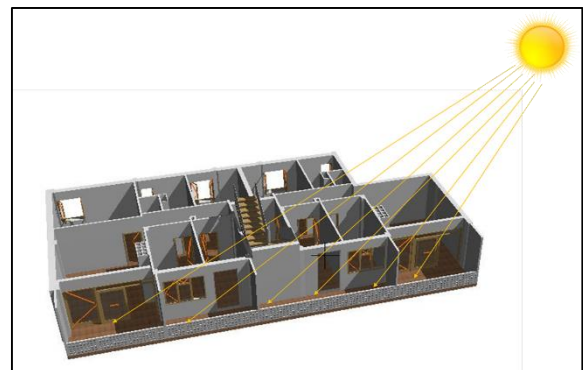


**Figure 140 :** Coupe de l'ensoleillement des espaces intérieurs en été. (Source : auteurs, 2016.)

- Les rayons solaires d'été tombent plus verticalement, et par conséquent chauffent d'avantage les espaces. La façade sud-est du bâtiment 03 est exposée aux surchauffes de l'été. Les fenêtres jouent un rôle de protection contre ces dernières, donc un intérêt particulier doit y être porté non seulement à ses dimensions mais aussi à son système de protection, car elles jouent un rôle important dans le comportement thermique des différentes pièces en limitant les apports solaires à travers les vitres et en permettant d'améliorer le confort thermique. Toutes les fenêtres des appartements sont dotées d'occultations : volets type bois ou PVC avec cadre métallique.



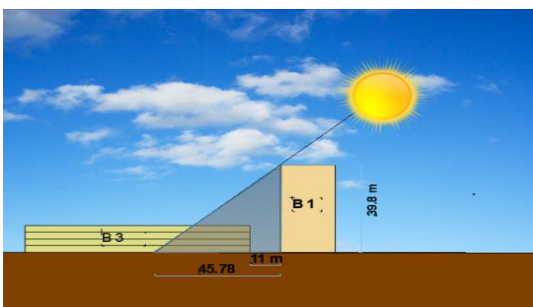
**Figure 141 :** Volumétrie de l'entre-sol, montrant le rayonnement solaire en été.  
(Source : auteurs, 2016.)



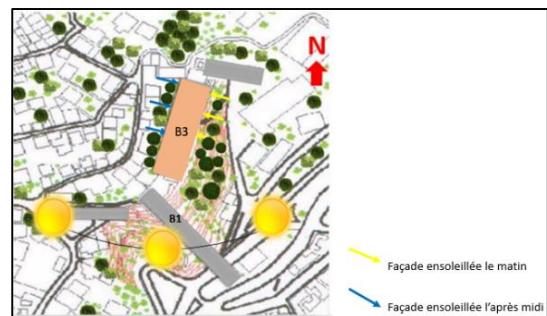
**Figure 142 :** Volumétrie des logements du dernier niveau, montrant le rayonnement solaire en été. (Source : auteurs, 2016.)

#### b. en hiver :

- Il est connu que la course du soleil en hiver est plus courte qu'en été car en hiver les journées sont plus courtes et par conséquent la durée d'ensoleillement est plus courte. La hauteur du bâtiment 01 engendre une ombre portée sur l'immeuble 03, à cet effet il l'empêche de profiter des apports solaires d'hiver la matinée comme l'après-midi. (Voir annexe 08)



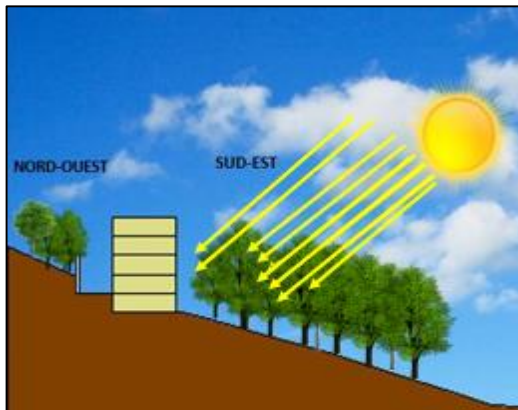
**Figure 143:** Coupe montrant l'angle solaire et l'ombre du bâtiment B1 sur le bâtiment B3 en hiver. (Source : auteurs, 2016)



**Figure 144 :** Course du soleil et ensoleillement en hiver.  
(Source : auteurs, 2016)



- Présence d'un masque végétal dense sur les deux façades de l'immeuble. Il représente des arbres aux feuillages non caducs, par conséquent ils empêchent les rayons solaires de pénétrer à travers l'enveloppe du bâtiment.



**Figure 145 :** Coupe de l'ensoleillement en hiver et l'obstacle naturel.  
(Source : auteurs, 2016.)

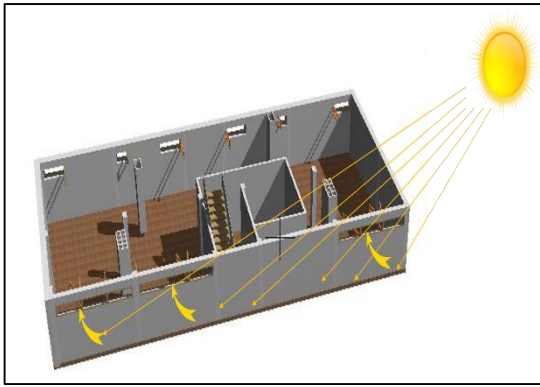


**Figure 146 :** Vue depuis l'immeuble 01 montrant l'obstacle.  
(Source : auteurs, 2016.)

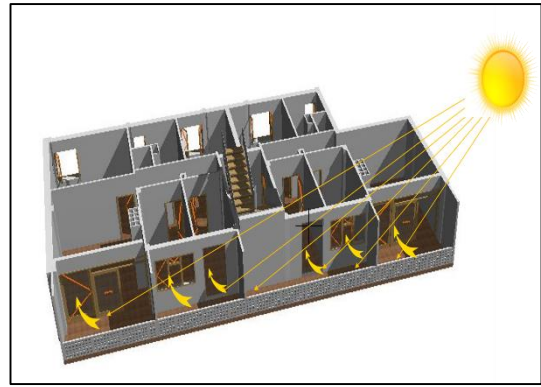


**Figure 147:** Coupe de l'ensoleillement des espaces intérieurs en hiver. (Source : auteurs, 2016)

- L'orientation du bâtiment 03 (nord-est/sud-ouest), l'accroissement de la végétation sur laquelle donne les appartements de la façade nord-ouest et l'ombre portée du bâtiment 01 sur la façade nord-ouest, tous des facteurs qui défavorisent les pièces donnant sur cette dernière en matière d'ensoleillement en hiver ainsi que leurs expositions au phénomène de parois froide.
- Quant à la face sud-ouest, les appartements situés dans la première et deuxième cage d'escalier sont les moins ensoleillés compte tenu de la présence de deux facteurs, à savoir le facteur naturel qui est un écran végétal avec une majorité d'arbres de types «sapin » dont le feuillage est dense en hiver ainsi que l'ombre portée du bâtiment B1.



**Figure 148 :** Volumétrie de l'entre-sol, montrant le rayonnement solaire en hiver.  
(Source : auteurs, 2016.)



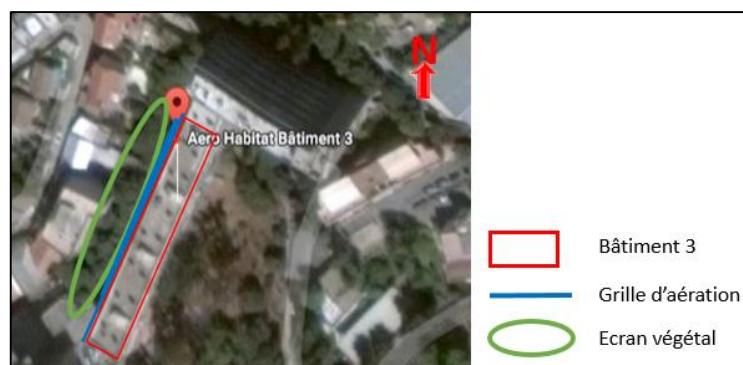
**Figure 149 :** Volumétrie des logements du dernier niveau, montrant le rayonnement solaire en hiver. (Source : auteurs, 2016.)

### 1.2.1.3 L'humidité :

L'humidité relative enregistrée par l'ONM pour la ville d'Alger nous donne les valeurs suivantes :

- L'humidité relative moyenne est de 75% (en été l'humidité relative est de 70 % et en hiver de 79%).
- L'humidité maximale moyenne est de 94%
- L'humidité minimale moyenne est de 47%

Les façades nord-ouest des logements du bâtiment 03 sont exposées directement à une barrière végétale, ainsi, cette dernière fait accroître l'humidité. Le manque d'ensoleillement de cette façade ne fait qu'accentuer le taux d'humidité en hiver.



**Figure 150 :** Ecran végétal sur la façade nord-ouest.  
(Source : Google earth, traitée par les auteurs, 2016.)

- Les appartements du sous-sol n'étant pas habités, possèdent qu'une seule façade qui est celle du sud-est, par conséquent les pièces situées au nord-ouest sont mal aérées ce qui engendre de grands problèmes d'humidité.
- Les infiltrations d'eau et ses condensations sont à l'origine des problèmes d'humidité dans les appartements du dernier étage.



**Figure 151:** Grille d'aération sur la façade nord-ouest. (Source : auteurs, 2016.)



**Figure 152 :** L'humidité au niveau du plafond. (Source : auteurs, 2016.)

#### 1.2.1.4 La protection des loggias :

Les loggias et les balcons à la livraison étaient ouverts mais avec le temps quelques habitants du bâtiment 03 ont procédé à la fermeture de ces espaces par des baies vitrées, pour en faire un prolongement des espaces de vie ou pour se protéger contre les vents d'hiver et les chaleurs d'été.

En plus de la fermeture des loggias, les fenêtres sont dotées de stores. Cette solution permet de se protéger de la surchauffe pendant la saison chaude.



**Figure 153 :** Loggias de l'immeuble 3.  
(Source : auteurs, 2016.)

### 1.3 Le bilan thermique et le comportement bioclimatique :

#### 1.3.1 Bilan thermique :

Afin d'identifier les éventuelles déperditions de chaleur à travers l'enveloppe extérieure du bâtiment, nous avons effectué une évaluation des coefficients de transmission surfaciques des différentes parois de l'immeuble.

#### Les coefficients de transmission surfaciques K ou U :

Le coefficient de transmission thermique d'une paroi est la quantité de chaleur traversant cette paroi en régime permanent, par unité de temps, par unité de surface et par unité de différence de température entre les ambiances situées de part et d'autre de la paroi.

- Le coefficient de transmission des murs :

$$1/K = \Sigma R + 1/h_e + 1/h_i \quad \text{avec:}$$

$\Sigma R$  : représente la somme des résistances thermiques des différentes couches des matériaux constituant la paroi. La détermination de la résistance thermique d'une couche de matériaux dépend de la nature du matériau.

$$R = e/\lambda \quad \lambda = \text{conductivité (w/m. } ^\circ\text{C)} \quad \text{et} \quad e = \text{épaisseur (m)}$$

La somme  $1/h_e + 1/h_i$  représente la somme des coefficients d'échanges superficiels

- Le coefficient de transmission K des parois vitrées est donné par la formule suivante :

$$1/K = 1/K_{vn} + r_v + r_{rid} \quad \text{Avec :}$$

$K_{vn}$  : représente le coefficient K du vitrage nu en ( $\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$ ).

$r_v$  : représente la résistance supplémentaire de voilage on adopte  $0.025 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$  (données de CDER « centre de développement des énergies renouvelables »).

$r_{rid}$  : représente la résistance supplémentaire de rideaux éventuels on adopte  $0.03 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$  (données de CDER « centre de développement des énergies renouvelables »).

Par convection ou par rayonnement, une paroi échange la chaleur avec les deux milieux séparés par la paroi. Cet échange est pris en compte dans les calculs grâce à un coefficient d'échange dit superficiel noté « h ». Ce coefficient est en  $\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$  (F.Sam, 2012, p15)

Le tableau ci-dessous nous donne les résistances thermiques superficielles pour les murs intérieurs, murs extérieurs, planchers bas, planchers intermédiaires et toitures.

1/h( $\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$ )	Paroi en contact avec :			Paroi en contact avec :		
	-l'extérieur -un paysage ouvert -un local ouvert			-un autre local, chauffé ou non chauffé -comble -un vide sanitaire		
Résistance thermique	1/h <sub>i</sub>	1/h <sub>e</sub>	1/h <sub>i</sub> +1/h <sub>e</sub>	1/h <sub>i</sub>	1/h <sub>e</sub>	1/h <sub>i</sub> +1/h <sub>e</sub>
Mur latéral	0.11	0.06	0.17	0.11	0.11	0.22
Toiture	0.09	0.05	0.14	0.09	0.09	0.18
planchers	0.1	0.05	0.22	0.17	0.17	0.34

**Tableau 6** : Les valeurs des résistances thermiques d'échanges superficiels intérieures et extérieures. (Source : M.Benallaoua, 2014,2015.)

### Calcul des coefficients de transmission surfaciques K des parois :

Les déperditions thermiques, à travers les parois de l'enveloppe d'une habitation, constituent les sources les plus importantes de déperditions. Celles-ci sont mesurées à l'aide du coefficient K. Celui-ci dépend de la typologie de la construction des matériaux utilisés en maçonnerie et particulièrement du type d'isolant utilisé. (F.Sam, 2012, p 41)



**Parois extérieures de la façade NORD-OUEST des étages supérieurs (du RDC au 3<sup>ème</sup> étage). (voir figure 120)**

Matériaux	$\lambda$ (W/m.°C)	Epaisseur (m)	$1/h_i+1/h_e$ (m <sup>2</sup> . °C/W)	Ri (m <sup>2</sup> . °C/W)	K (W/m <sup>2</sup> . °C)
plaque de ciment	1.4	0.015	0.17	0.0107	1.91
Brique creuse	0.5	0.15		0.3	
Enduit de plâtre	0.35	0.015		0.0428	

**Tableau 7** : Le coefficient de transmission surfacique K des parois extérieures des étages supérieures de la façade NORD-OUEST. (Source : auteurs, 2016.)

• **Parois extérieures de la façade SUD-EST des étages supérieurs (du RDC au 3<sup>ème</sup> étage) : (voir figure 119)**

Matériaux	$\lambda$ (W/m.°C)	Epaisseur (m)	$1/h_i+1/h_e$ (m <sup>2</sup> . °C/W)	Ri (m <sup>2</sup> . °C/W)	K (W/m <sup>2</sup> . °C)
Plaque de ciment	1.4	0.015	0.17	0.0107	1.00
Brique creuse	0.62	0.10		0.0161	
Enduit de plâtre	0.46	0.015		0.0326	
Lame d'aire	0.16	0.1		0.6250	

**Tableau 8** : Le coefficient de transmission surfacique K des parois extérieures des étages supérieures de la façade SUD-EST. (Source : auteurs, 2016.)

• **Parois extérieures du sous-sol :**

La paroi est composée d'une seule cloison en béton armé d'épaisseur de 15cm.revetu d'un enduit en ciment de 1.5 cm de part et d'autre.

Matériaux	$\lambda$ (W/m.°C)	Epaisseur (m)	$1/h_i+1/h_e$ (m <sup>2</sup> . °C/W)	Ri (m <sup>2</sup> . °C/W)	K (W/m <sup>2</sup> . °C)
Enduit de ciment	1.4	0.015	0.34	0.0107	2.1
Béton armé	1.75	0.2		0.114	
Enduit de ciment	1.4	0.015		0.0107	

**Tableau 9** : Le coefficient de transmission surfacique K des parois extérieures du sous-sol. (Source : auteurs, 2016.)

• **Parois intérieures : (voir figure 118)**

Matériaux	$\lambda$ (W/m.°C)	Epaisseur (m)	$1/h_i+1/h_e$ (m <sup>2</sup> . °C/W)	Ri (m <sup>2</sup> . °C/W)	K (W/m <sup>2</sup> . °C)
Enduit de plâtre	0.35	0.015	0.22	0.0428	2.46
Brique creuse	0.5	0.2		0.400	
Enduit de plâtre	0.35	0.015		0.0428	

**Tableau 10** : Le coefficient de transmission surfacique K des parois intérieures. (Source : auteurs, 2016.)

- **Planchers intermédiaires : (voir figure 116)**

Matériaux	$\lambda$ (W/m.°C)	Epaisseur (m)	$1/h_i+1/h_e$ (m <sup>2</sup> . °C/W)	Ri (m <sup>2</sup> . °C/W)	K (W/m <sup>2</sup> . °C)
Revêtement en carreaux de granito	2	0.015	0.34	0.010	1.79
Mortier	1.1	0.2		0.0285	
Corps creux +dalle de compression	1.4	0.015		0.138	
Enduit de plâtre	0.35			0.0428	

**Tableau 11** : Le coefficient de transmission surfacique K des planchers intermédiaires.

(Source : auteurs, 2016.)

- **Planchers bas : (voir figure 115)**

Matériaux	$\lambda$ (W/m.°C)	Epaisseur (m)	$1/h_i+1/h_e$ (m <sup>2</sup> . °C/W)	Ri (m <sup>2</sup> . °C/W)	K (W/m <sup>2</sup> . °C)
Revêtement en carreaux de granito	2	0.02	0.34	0.010	1.34
Mortier	1.4	0.04		0.0285	
Béton armé	1.75	0.20		0.114	
Sable +gravier	1.2	0.30		0.25	

**Tableau 12** : Le coefficient de transmission surfacique K des planchers bas.

(Source : auteurs, 2016.)

- **Toiture terrasse : (voir figure 117)**

Matériaux	$\lambda$ (W/m.°C)	Epaisseur (m)	$1/h_i+1/h_e$ (m <sup>2</sup> . °C/W)	Ri (m <sup>2</sup> . °C/W)	K (W/m <sup>2</sup> . °C)
Revêtement en carreaux de granito	2.1	0.02	0.22	0.0095	2.25
Chape d'évacuation des eaux pluviales	1.15	0.04		0.035	
Corps creux +dalle de compression	1.45	0.20		0.138	
Enduit de plâtre	0.35	0.015		0.0428	

**Tableau 13** : Le coefficient de transmission surfacique K de la toiture terrasse.

(Source : auteurs, 2016.)

- **Les ouvertures :**

Les fenêtres sont considérées comme responsable de 13% des déperditions calorifiques des parois d'une maison non isolée, ce qui n'est pas négligeable.

- Les fenêtres : le coefficient de transmission K de la fenêtre est calculé par la formule précédente.
- Les portes : tous les appartements disposent des mêmes portes.

Ouvertures		K (W/m <sup>2</sup> . °C)
Porte intérieur en bois		2
Extérieur	Porte d'entrée	3.5
	Fenêtre	5.05

**Tableau 14** : le coefficient de transmission surfacique K des ouvertures.

(Source : auteurs, 2016.)

**Résultat :**

D'après les résultats ci-dessus nous constatons que les coefficients de transmission thermique de l'immeuble étudié sont supérieurs à 1. Cela signifie que le bâtiment 3 est non isolé et énergivore.

### 1.3.2 Le comportement bioclimatique

- **L'isolation :**

- L'absence d'isolation au niveau des parois de l'immeuble soit de l'extérieur ou de l'intérieur engendre le phénomène de la paroi froide en hiver, des déperditions de chaleurs au niveau des ponts thermique et une consommation élevée d'énergie.
- Les fenêtres disposent d'un simple vitrage qui n'assure aucune protection vis-à-vis des contraintes climatiques en été et en hiver.
- Problèmes de déperditions de chaleur en hiver et des dépenses supplémentaires en énergie par l'utilisation de chauffage.
- Absence d'isolation au niveau de la terrasse provoque des infiltrations d'eau au niveau du dernier niveau.
- La toiture terrasse subit des contraintes climatiques très rigoureuses ce qui entraîne des dilatations et des rétractations de la couverture et de l'étanchéité. D'où la présence de surchauffes au niveau du dernier niveau en été et sensation de froid en hiver.
- L'isolation thermique doit faire face ces contraintes et l'isolant doit être choisi en fonction des charges qu'elle pourra supporter.
- L'orientation inadéquate, Le manque d'ensoleillement, l'ombre de l'immeuble principal et la présence d'un écran végétal font que cet immeuble soit exposé aux aléas du climat en toute saison.

- **Perméabilité à l'air :**

- les fenêtres et les surfaces vitrées, sont les plus exposées aux transferts de chaleur non désirés, elles sont mal adaptées et mal orientées, ce qui engendrent des infiltrations d'air extérieur et courant d'air gênant.
- Absence d'un conduit vertical débouchant en toiture pour assurer le bon fonctionnement de la ventilation naturelle.
- L'aération de l'entre-sol ne se fait que d'une manière optimale, l'absence de fenêtres sur la façade nord-ouest engendre un débit d'air non contrôlé et qui ne permet pas de rejeter l'air vicié.
- L'existence de simples extractions d'air par la cuisine et les pièces humides qui ne sont pas satisfaisante en raison de l'air froid qui traverse les pièces à vivre et de l'impossibilité de récupérer la chaleur. La présence de fissures sur l'enveloppe accentue le même problème d'évacuation de chaleur. Par conséquent une grande déperdition énergétique est provoquée, que les habitants compensent par des équipements techniques, à savoir le chauffage et le climatiseur.

- **Perméabilité à l'humidité :**

- L'étanchéité est mal soignée et laisse passer des migrations d'eau à l'intérieur des murs par capillarité.
- La présence des infiltrations d'eaux au niveau du dernier niveau engendrent des plafonds humides, des moisissures et la sensation d'inconfort en hiver.

#### **1.4 Application de la méthode de Mahoney :**

Carl Mahoney a développé une méthode de traitement des données climatiques très simple, constituée d'une suite de tableaux.

Les tables de Mahoney sont une série de tableaux de référence d'architecture utilisées comme guide pour obtenir des bâtiments confortables, adapté aux conditions climatiques. Ces tables qui tirent leur nom de l'architecte Carl Mahoney qui les a créées, sont constituées d'une suite de 6 tableaux. Quatre sont utilisées pour entrer les données climatiques :

1-Températures : moyennes mensuelles des températures maximales et minimales.

2-Humidité, précipitations et vent.

3-Comparaison des limites de confort et du climat.

4-Indicateurs : par combinaison des données des tables précédentes, classification de l'humidité ou de l'aridité pour chaque mois.

Les deux autres tableaux indiquent les recommandations architecturales à respecter telles que la forme et l'orientation du bâtiment, la position, la dimension ou l'exposition des ouvertures ... etc. (M,Mazari, 2012, p 45.)



Location	Telemly (alger)
Longitude	3137.75°
Latitude	72.91°
Altitude	125m

**Tableau 15** : Données géographiques de Telemly. (Source : ONM, 2014.)

### Température de l'air en °C :

Température (C°)	Jan	Févr	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	sept	Oct	Nov	Dec
Moy. mensuelle .max	16° C	17° C	20° C	22° C	25° C	30° C	32° C	33° C	30° C	27° C	21° C	18° C
Moy mensuelle .min	4°C	5°C	8°C	9°C	13° C	16° C	19° C	20° C	18° C	15° C	10° C	7°C
L'écart mensuel	12° C	12° C	12° C	13° C	12° C	14° C	13° C	13° C	12° C	12° C	11° C	11° C

**Tableau 16** : Température de l'air de la région de Telemly. (Source : ONM, 2014.)

$$AMT = (T_{max} + T_{min}) / 2 \quad T^{\circ}_{max} = 33^{\circ}C \quad AMT = 18.5$$

$$AMR = T_{max} - T_{min} \quad T^{\circ}_{min} = 4^{\circ}C \quad AMR = 29$$

### Humidité relative :

Humidité (%)	Jan	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aou	sept	Oct	Nov	Dec
Moy. mensuelle .max	94 %	93%	92%	93%	91 %	83 %	91 %	79 %	84 %	89 %	92%	94%
Moy mensuelle .min	60 %	67%	56%	55%	61 %	57 %	47 %	61 %	60 %	61 %	64%	64%
Moy mensuelle	77 %	80%	74%	74%	76 %	70 %	69 %	70 %	72 %	75 %	78%	79%
Groupe d'humidité	4	4	4	4	4	3	3	3	4	4	4	4

**Tableau 17** : Humidité relative de la région de Telemly. (Source : ONM, 2014.)

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

**Tableau 18** : Groupes d'humidité. (Source : K.Hamel, 2002, p 02.)

### Précipitation et vents :

	Jan	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aou	sept	Oct	Nov	Dec
Précipitation (mm)	80	75	55	60	40	9	5	8	30	60	90	90
Vitesse des vents m/s	5.65	6.17	6.68	6.17	6.17	5.65	5.65	5.65	5.65	5.14	5.14	5.65

**Tableau 19** : Précipitation et vent. (Source : ONM, 2014.)

Groupe	AMT>20°C				AMT 15-20°C				AMT < 15 °C			
	Confort jour		Confort nuit		Confort jour		Confort nuit		Confort jour		Confort nuit	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
1	26	34	17	25	23	32	14	23	21	30	12	21
2	25	31	17	24	22	30	14	22	20	27	12	20
3	23	29	17	23	21	28	14	21	19	26	12	19
4	22	27	17	21	20	25	14	20	18	24	12	18

**Tableau 20** : Limite de confort à partir d'AMT. (Source : K.Hamel, 2002, p 02, traité par les auteurs, 2016.)

	Jan	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aou	sept	Oct	Nov	Dec
Groupe d'humidité	4	4	4	4	4	3	3	3	4	4	4	4
T° Moy. mensuelle .max	16° C	17°C	20°C	22°C	25° C	30° C	32° C	33° C	30° C	27° C	21° C	18°C
Confort du jour / T° max	25° C	25°C	25°C	25°C	25° C	28° C	28° C	28° C	25° C	25° C	25° C	25°C
Confort du jour / T° min	20° C	20°C	20°C	20°C	20° C	21° C	21° C	21° C	20° C	20° C	20° C	20°C
Stress du jour	C	C	C	C	O	H	H	H	H	O	C	C
T° Moy .min	4°C	5°C	8°C	9°C	13° C	16° C	19° C	20° C	18° C	15° C	10° C	7°C
Confort de nuit / T° max	20° C	20°C	20°C	20°C	20° C	21° C	21° C	21° C	20° C	20° C	20° C	20°C
Confort de nuit / T° min	14° C	14°C	14°C	14°C	14° C	14° C	14° C	14° C	14° C	14° C	14° C	14°C
Stress De nuit	C	C	C	C	C	O	O	O	O	C	C	C
Avec :	O : confort,			C : froid,					H : chaud			

**Tableau 21** : le confort du jour et le confort de la nuit.

(Source : K.Hamel, 2002, p 02, traité par les auteurs, 2016.)

### Signification :

	Indicateur	confort thermique		Précipitation	Groupe d'humidité	Ecart mensuel
		Jour	Nuit			
Mouvement d'air essentiel	H1	H			4	
		H			2.3	<10 °C
Mouvement d'air désirable	H2				4	
Protection contre les pluies	H3			>200 mm		
Capacité thermique	A1				1-2-3	>10 °C
Dormir à l'extérieur	A2		H		1-2	
		H	O		1-2	>10 °C
Protection contre le froid	A3	C				

**Tableau 22** : signification des acronymes. (Source : K.Hamel, 2002, p 02.)

**Indicateurs :**

	Jan	Févr	Mar s	Avr il	Mai	Juin	Juil	Aou	sept	Oct	Nov	Dec	tota
<b>Humide</b>													
H1									+				01
H2	+	+	+	+	+				+	+	+	+	09
H3													00
<b>Aride</b>													
A1						+	+	+					03
A2													00
A3	+	+	+	+							+	+	06

**Tableau 23** : Indicateurs. (Source : K.Hamel, 2002, p 03, traité par les auteurs, 2016.)**Les recommandations spécifiques :**

Les indicateurs					
H1	H2	H3	A1	A2	A3
01	09	00	03	00	06

**Tableau 24** : Recommandations spécifiques.

(Source : K.Hamel, 2002, p 03, traité par les auteurs, 2016.)

						Plan de masse	
			0-10		+	1	Bâtiments orientés nord-sud (le long de l'axe est-ouest)
				11-12	5-12	2	Plan compact avec cour intérieure
					0-4		

**Tableau 25** : Recommandations spécifiques du plan de masse.

(Source : K.Hamel, 2002, p 03, traité par les auteurs, 2016.)

						Espacement entre bâtiments	
						3	Grands espacement entre les bâtiments
						4	Idem avec protection contre les vents
						5	Plan compact
						+	

**Tableau 26** : Recommandations spécifiques pour l'espacement entre les habitants.

(Source : K.Hamel, 2002, p 03, traité par les auteurs, 2016.)

						Circulation d'air	
						6	Circulation d'air permanent
			0-5			7	Circulation d'air intermittente
			6-12				
	2-12					8	Circulation d'air inutile
	0.1						

**Tableau 27** : Recommandations spécifiques pour la circulation de l'air.

(Source : K.Hamel, 2002, p 03, traité par les auteurs, 2016.)

						Ouvertures	
			0-1		0	9	Larges ouvertures des façades Nord et Sud ( 40 – 80 % )
			11.12		0.1	10	Petites ouvertures (10 - 20 %)
			N'importe qu'elle Autres conditions		+	11	Moyenne ouvertures (20 - 40 %)

**Tableau 28** : Recommandations spécifiques pour les ouvertures.

(Source : K.Hamel, 2002, p 03, traité par les auteurs, 2016.)

						Murs		
			0-2				12	Murs légers
			3-12			+	13	Murs massives

**Tableau 29** : Recommandations spécifiques pour les murs.

(Source : K.Hamel, 2002, p04, traité par les auteurs, 2016.)

						Toitures		
			0-5			+	14	Toitures légères et isolante
			6-12				15	Toitures lourde

**Tableau 30** : Recommandations spécifiques pour les toitures.

(Source : K.Hamel, 2002, p 04, traité par les auteurs, 2016.)

						Dormir à l'extérieur		
				2-12			16	Dormir en plein air la nuit

**Tableau 31** : Recommandations spécifiques sur l'action de dormir à l'extérieur.

(Source : K.Hamel, 2002, p 04, traité par les auteurs, 2016.)

						Protection contre la pluie		
			3-12				17	Protection contre la pluie

**Tableau 32** : Recommandations spécifique pour la protection contre la pluie.

(Source : K.Hamel, 2002, p 04, traité par les auteurs, 2016.)

### Recommandations de détails :

Les indicateurs					
H1	H2	H3	A1	A2	A3
01	09	00	03	00	06

**Tableau 33** : Recommandations de détails.

(Source : K.Hamel, 2002, p 05, traité par les auteurs, 2016.)

						Dimensions des ouvertures			
			0-1			0		1	Grande ouvertures (40 à 80%) des façades Nord et Sud
						1-12	+	2	Ouvertures moyennes (25 à 40 %)
			2-5						
			6-10					3	Petites ouvertures (15 à 25 %)
			11.12			0-3		4	Très petites ouvertures (10 à 20 %)
						4-12		5	Ouvertures moyennes (25 à 40 %)

**Tableau 34** : Recommandations de détails pour les dimensions des ouvertures.

(Source : K.Hamel, 2002, p 05, traités par les auteurs, 2016.)

						Position des ouvertures		
3-12						+	6	Ouverture au Nord et au Sud.
1-2			0-5					
			6-12				7	Ouverture au Nord et au Sud. Avec des ouvertures pour les murs intérieurs.
0	2-12							

**Tableau 35** : Recommandations de détails pour la position des ouvertures.

(Source : K.Hamel, 2002, p 05, traité par les auteurs, 2016.)



Protection des fenêtres							
				0-2		8	Exclure les apports directs
		2-12				9	Créer des protections contre la pluie

**Tableau 36** : Recommandations de détails pour la protection des fenêtres.

(Source : K.Hamel, 2002, p 05, traité par les auteurs, 2016.)

Murs et planchers							
			0-2			10	Murs légers, faible capacité thermique
			3-12		+	11	Murs lourds, déphasage au-delà de 8h

**Tableau 37** : Recommandations de détails pour les murs et les planchers.

(Source : K.Hamel, 2002, p 05, traité par les auteurs, 2016.)

Toitures							
10-12			0-2			12	Toitures légers
			3-12		+	13	Toitures légères et isolante
0-9			0-5				
			6-12			14	Toitures lourdes, déphasage au-delà de 8h

**Tableau 38** : Recommandations de détails pour les toitures.

(Source : K.Hamel, 2002, p 05, traité par les auteurs, 2016.)

Traitement des surfaces extérieures							
				1-12		15	Espaces extérieurs nécessaires pour dormir
		1-12				16	Drainage adéquat des eaux pluviales

**Tableau 39** : Recommandations de détails pour le traitement des surfaces extérieures. (Source : K.Hamel, 2002, p 05, traité par les auteurs, 2016.)

Par l'application de la méthode de Mahoney sur la ville d'Alger sous la latitude 36°72 Nord, nous avons abouti à un certain nombre de recommandations nécessaires à la réalisation du confort hygrothermique dans le bâtiment, variant du général (implantation, orientation...) jusqu'au détail (dimension des ouvertures). Nous retiendrons les recommandations suivantes :

### Synthèse des recommandations spécifiques :

- Favoriser l'orientation nord-sud afin de diminuer l'exposition des façades Est et Ouest au rayonnement solaire bas.
- Conception compacte des constructions pour limiter les surfaces déprédatives et pour une exposition solaire minimale de l'enveloppe.
- En raison de l'humidité de la saison chaude, il est nécessaire de favoriser les mouvements d'air.
- Prévoir des ouvertures moyennes (20% à 40%) sur la façade sud, pour profiter des apports du soleil bas pendant la saison froide.
- Prévoir des murs extérieurs et intérieurs massiques dans le but de retarder la transmission de la température des surfaces extérieures vers les surfaces intérieures.
- Opter pour des toitures légères et isolantes.

**Synthèse des recommandations de détail :**

- Ouvertures moyennes (25 à 40 %) de la façade.
- Les ouvertures doivent être positionnées au Nord et au Sud.
- Murs lourds avec un temps de déphasage de 8h.

Les recommandations à satisfaire pour les espaces intérieurs, s'avèrent conformes à une région climatique ou les éléments principaux à prendre en considération sont le rayonnement solaire et la température de l'air.

**1.4.1 Comparaison des résultats de l'application de la méthode Mahoney avec l'analyse bioclimatique du bâtiment 03.**

Critères	Selon Mahoney	Bâtiment 03
Orientation	nord-sud	Nord-Est et Sud-Ouest
Compacité	Forme compacte	Forme compacte
mouvements d'air	Favoriser les mouvements d'air	Présence de mouvements d'air
Ouvertures	Moyennes (20% à 40%) Nord et au Sud	Grandes 60%
Murs extérieurs et intérieurs	Lourds et massives	Légers et non massique
Toiture	Isolante	Non isolante

**Tableau 40** : Comparaison des résultats de la méthode Mahoney et l'analyse bioclimatique.  
(Source : auteurs, 2016.)

- Après comparaison des synthèses de la méthode Mahoney avec l'analyse bioclimatique, nous constatons que lors de la conception du bâtiment 3 de la cité Aéro-habitat les architectes n'ont pas pris en considération les conditions climatiques de la région, d'où l'absence de confort thermique aux seins des logements et la nécessité d'intervenir afin de rendre le bâtiment confortable et adéquat à ces conditions.

**Synthèse 1 :**

En architecture, le climat, l'implantation du bâtiment et son environnement influencent sur le confort dans le bâtiment et cela nécessite une identification des données climatiques caractérisant la région étudiée. La connaissance des facteurs climatiques et leurs différentes combinaisons permettent de comprendre leurs impacts sur le confort thermique des logements et sur le comportement des éléments du bâtiment soumis à ces contraintes.

A partir de l'analyse climatique de la ville d'Alger, il en résulte de dégager les conditions extérieures auxquelles elle est soumise. Elle est d'un climat méditerranéen, caractérisée par deux périodes distinctes : la période chaude et sec et la période douce et pluvieuse avec un contraste de température entre l'hiver et l'été. D'autre part un paramètre climatique se distingue à Alger, l'humidité relative avec un taux considérable durant l'année. Divers

facteurs participent à son élévation : sa situation au bord de la mer, son relief diversifié, son hydrographie et les différents oueds.

D'après l'analyse bioclimatique il a été déduit que le bâtiment est extrêmement exposé aux vents froids venant du sud-ouest en hiver ce qui expose la façade nord-ouest au phénomène de paroi froide et par conséquent un inconfort thermique aux occupants. L'orientation du bâtiment, le peu d'ensoleillement et la présence d'écran végétal, tous des paramètres qui participent à ce phénomène. Contrairement en été, le vent qui souffle du nord-est est agréable et apporte un rafraîchissement et une ventilation naturelle aux logements, par contre, l'exposition de la façade sud-ouest aux températures chaudes d'été provoque des surchauffes à l'intérieur des logements. Donc, Le confort thermique d'été dépend de la réduction de l'énergie transmise et absorbée par l'enveloppe ainsi que la quantité d'air diffusée dans le logement. Pour réaliser cela, les principes de base appliqués sont tout à fait simples: l'isolation de l'enveloppe du bâtiment par l'intérieur et/ou par l'extérieur, l'inertie thermique des murs, les protections solaires et la ventilation naturelle.

## **2. Analyse statistique et interprétation :**

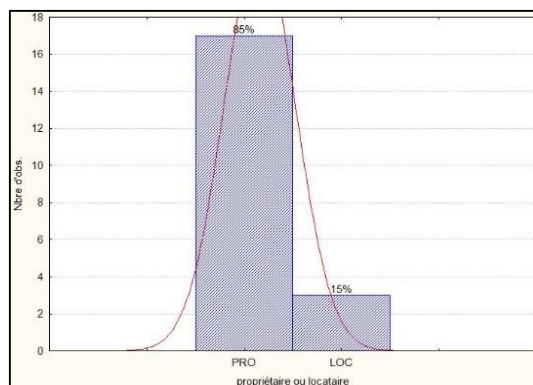
Après avoir élaboré notre questionnaire qui comprend un total de 30 questions (questions fermées et questions ouvertes) relatif à notre thème de recherche à savoir la réhabilitation énergétique, nous nous sommes dirigés vers la cité Aéro habitat d'Alger où on a choisi le bâtiment 03 comme cas d'étude sur l'ensemble des 04 bâtiments existants et cela en fonction de certains critères : état d'insalubrité du bâtiment, sa mauvaise orientation et son comportement vis à vis des phénomènes climatiques.

Sur un total de 32 ménages, uniquement 20 ont répondu à notre questionnaire car il se trouve que les habitants sont soit absent, ou tout simplement ils nous ouvrent pas la porte de leurs domiciles.

L'analyse des questionnaires s'est faite à l'aide du logiciel d'analyse STATISTICA, Stratsoft 7.1, 2005, qui permet de quantifier les différentes informations recueillies sur terrain sous forme d'histogramme. Ensuite à l'aide de la technique appelée analyse des correspondances multiples (ACM) nous avons réalisé un nuage de points dont le rôle est d'étudier l'association entre au moins deux variables qualitatives.

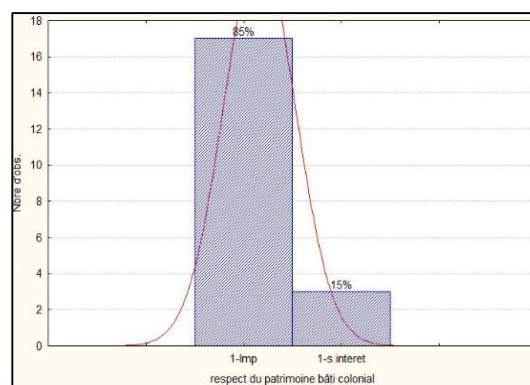
## 2.1 interprétation de l'analyse univariée :

- Les résultats de l'analyse univariée démontrent que la majorité des habitants (85%) sont des propriétaires tandis que très peu (15%) sont des locataires (voir figure 154).
- Les résultats de l'analyse univariée démontrent la majorité (85 %) des habitants enquêtés affirment que le respect du patrimoine colonial bâti est important alors que très peu (15%) le trouve sans intérêt (voir figure 155).



**Figure 154:** Histogramme montrant l'analyse statistique univariée pour les occupants des logements.

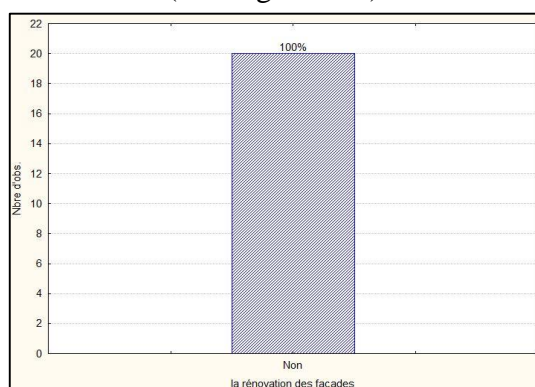
(Source, auteurs, 2016.)



**Figure 155:** Histogramme montrant l'analyse statistique univariée à propos de l'importance du respect du patrimoine colonial bâti.

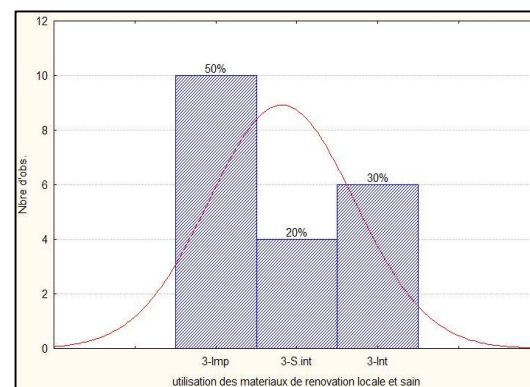
(Source : auteurs, 2016.)

- Le graphe ci-dessous montre que l'ensemble des habitants enquêtés (100%) affirment que les façades de leurs logements n'ont pas subi de rénovation (voir figure 156).
- D'après les résultats issus de ce graphe ci-dessous, la moitié (50%) des habitants enquêtés considèrent qu'il est important d'utiliser des matériaux de rénovation locaux et respectueux de l'environnement tandis qu'un peu moins de la moyenne (30%) le considèrent comme intéressant. Très peu des habitants enquêtés (20%) stipulent que L'utilisation des matériaux de rénovation locaux et respectueux de l'environnement est sans intérêt (voir figure 157).



**Figure 156 :** Histogramme montrant l'analyse statistique univariée à propos de la rénovation des façades de l'immeuble 03.

(Source, auteurs, 2016.)

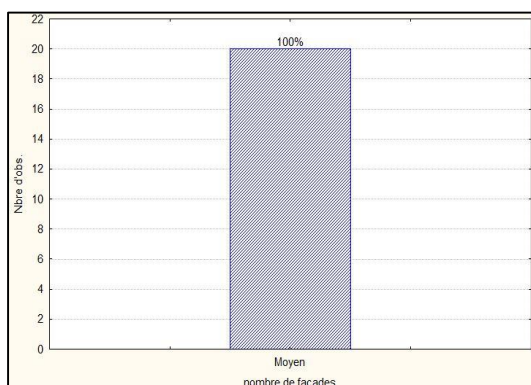


**Figure 157 :** Histogramme montrant l'analyse statistique univariée concernant l'utilisation des matériaux de rénovation locaux et respectueux de l'environnement.

(Source : auteurs, 2016.)

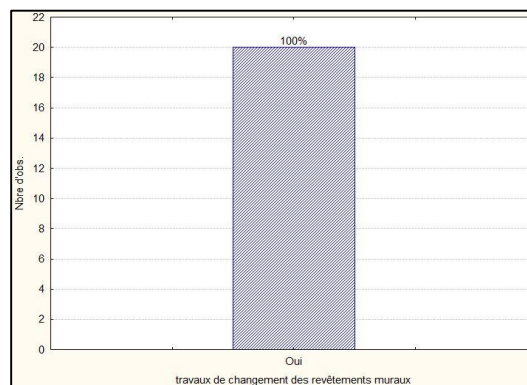


- D'après les résultats de l'analyse statistique issus de cet histogramme ci-dessous, l'ensemble des habitants enquêtés (100%) indiquent qu'ils n'ont que deux façades avec ouvertures dans leurs logements (voir figure 158).
- Les résultats issus de ce graphe démontrent que tous les habitants enquêtés (100%) ont procédé aux travaux de changement des revêtements muraux de leurs logements (voir figure 159).



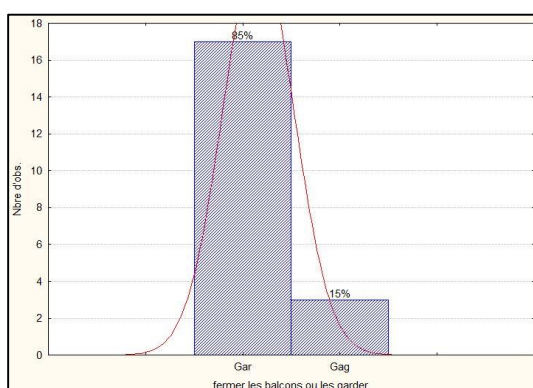
**Figure 158** : Histogramme montrant le nombre de façades des logements des habitants enquêtés.

(Source : auteurs, 2016.)



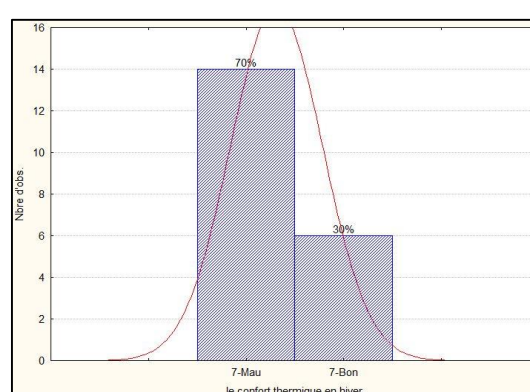
**Figure 159** : Histogramme montrant l'analyse statistique univariée concernant les travaux de changement des revêtements muraux. (Source : auteurs, 2016.)

- Les résultats issus de cette analyse univariée annoncent que la majorité des habitants soit (85%) préfèrent garder les balcons de leurs logements pour conserver l'identité architecturale de l'immeuble alors que très peu (15%) préfèrent les fermer et gagner un nouvel espace (voir figure 160).
- D'après l'analyse statistique univariée des résultats de cet histogramme ci-dessous, la majorité (70%) des habitants enquêtés jugent que le confort thermique de leurs logements en hiver est mauvais. Par contre une minorité (30%) des habitants enquêtés jugent qu'il est bon (voir figure 161).



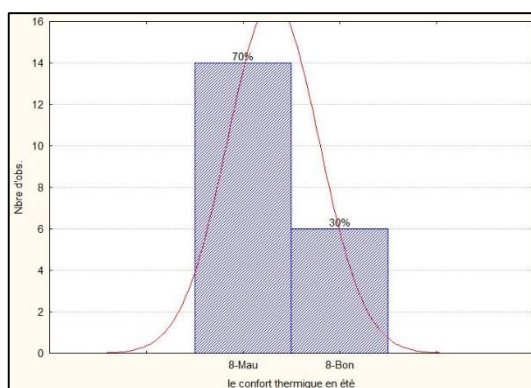
**Figure 160** : Histogramme montrant l'analyse statistique univariée concernant le choix des habitants enquêtés sur la fermeture des balcons ou sa conservation.

(Source : auteurs, 2016)



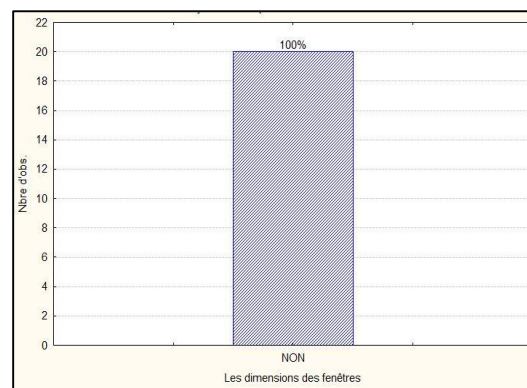
**Figure 161** : Histogramme montrant l'analyse statistique univariée concernant le confort thermique dans le logement en hiver. (Source : auteurs, 2016.)

- Les résultats issus de ce graphe démontrent que la majorité (70%) des habitants enquêtés juge que le confort thermique de leurs logements en été est mauvais. Tandis qu'une minorité (30%) des habitants enquêtés le jugent bon (voir figure 162).
- Les résultats issus de l'analyse statistique univariée de ce graphe ci-dessous, démontrent que la totalité (100%) des habitants enquêtés considèrent que les dimensions de leurs fenêtres ne leurs posent pas problèmes (voir figure 163).



**Figure 162** : Histogramme montrant l'analyse statistique univariée concernant le confort thermique dans le logement en été.

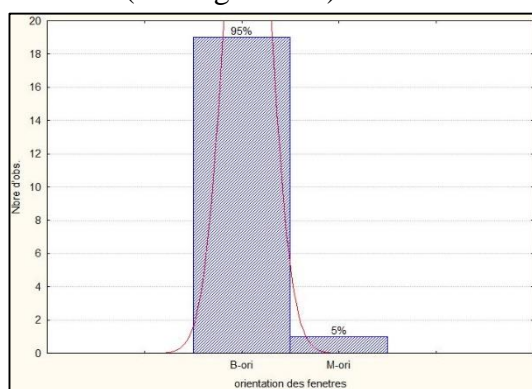
(Source : auteurs, 2016.)



**Figure 163** : Histogramme montrant l'analyse statistique univariée concernant les dimensions des fenêtres.

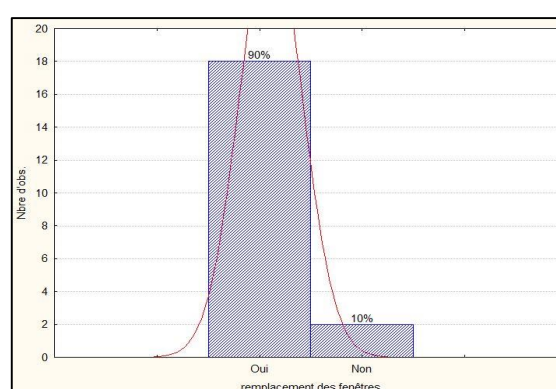
(Source : auteurs, 2016.)

- Les résultats issus de ce graphe ci-dessous démontrent que la majorité (95%) des habitants enquêtés jugent que leurs fenêtres sont bien orientées tandis que très peu d'entre eux (05%) stipulent que les fenêtres sont mal orientées (voir figure 164).
- Les résultats issus de l'analyse statistique univariée de ce graphe démontrent que la majorité (90%) des habitants enquêtés ont procédé au remplacement des fenêtres de leurs logements, alors qu'e très peu (10%) n'ont pas effectué de remplacement des fenêtres (voir figure 165).



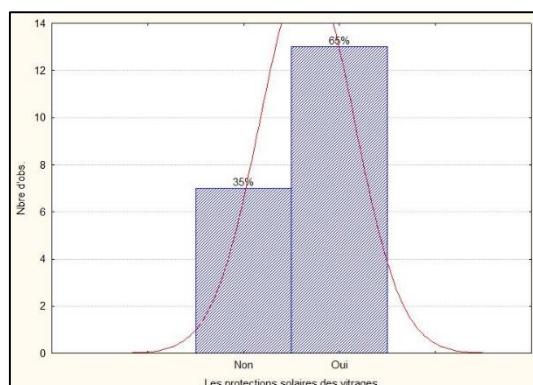
**Figure 164** : Histogramme montrant l'analyse statistique univariée concernant l'orientation des fenêtres. (Source : auteurs, 2016.)

(Source : auteurs, 2016.)



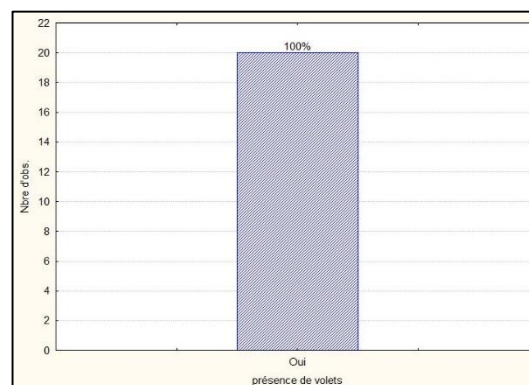
**Figure 165** : Histogramme montrant l'analyse statistique univariée concernant le remplacement des fenêtres. (Source : auteurs, 2016.)

- Le graphe ci-dessous montre que les protections solaires des vitrages semblent suffisantes pour la majorité (65%) des habitants enquêtés alors qu'une minorité (35%) considère qu'elles sont insuffisantes (voir figure 166).
- Les résultats issus de ce graphe ci-dessous, démontrent que la totalité des fenêtres des logements (100%) des habitants enquêtés disposent de volets (voir figure 167).



**Figure 166 :** Histogramme montrant l'analyse statistique univariée concernant les protections solaires des vitrages.

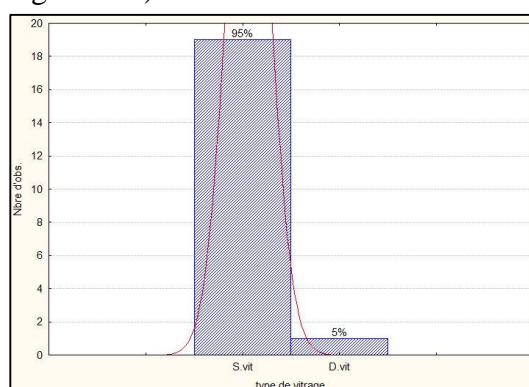
(Source : auteurs, 2016.)



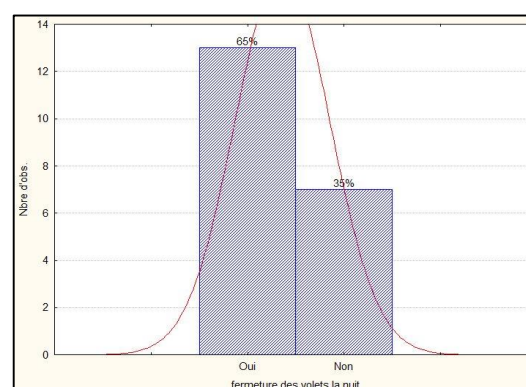
**Figure 167:** Histogramme montrant l'analyse statistique univariée à propos de la disposition des fenêtres de volets.

(Source : auteurs, 2016.)

- Les résultats issus de ce graphe démontrent que la majorité (95%) des fenêtres des logements dispose de simples vitrages tandis que très peu de fenêtres (05%) ont un double vitrage (voir figure 168).
- Les résultats issus de l'analyse statistique univariée de cet histogramme démontrent qu'un peu plus de la moyenne des habitants enquêtés (65%) déclarent qu'ils ferment leurs volets la nuit alors qu'un peu moins de la moyenne (35%) les gardent ouverts (voir figure 169).



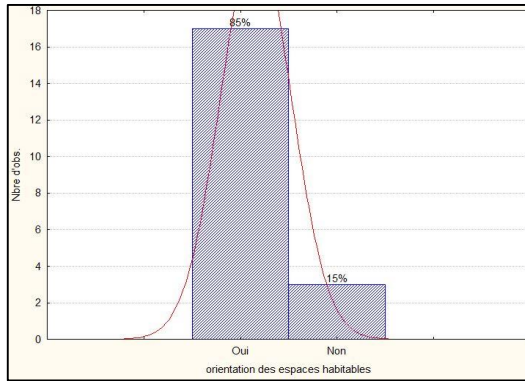
**Figure 168 :** Histogramme montrant l'analyse statistique univariée à propos du type de vitrage des fenêtres. (Source : auteurs, 2016.)



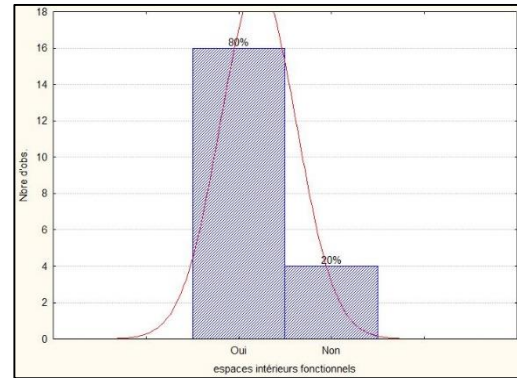
**Figure 169 :** Histogramme représente l'analyse statistique univariée à propos de la fermeture des volets la nuit. (Source : auteurs, 2016.)



- Les résultats issus de cet histogramme ci-dessous, démontrent que la majorité (85%) des habitants enquêtés sont satisfait par rapport à l'orientation de leurs espaces habitables tandis que très peu (15%) ne le sont pas (voir figure 170).
- D'après l'analyse de cet histogramme ci-dessous, la majorité des habitants enquêtés (80%) déclarent que leurs espaces intérieurs sont bien orientés tandis que très peu d'entre eux déclarent qu'ils sont mal orientés (20%) (voir figure 171).

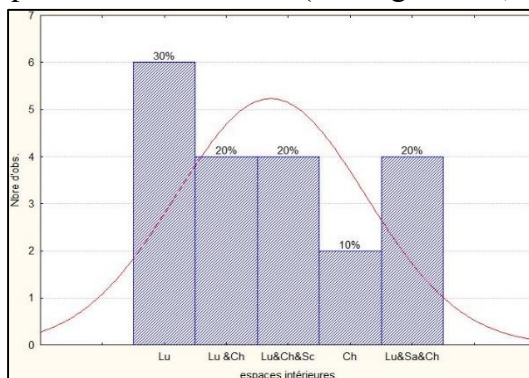


**Figure 170 :** Histogramme montrant l'analyse statistique univariée de la satisfaction des habitants par rapport à l'orientation des espaces habitables. (Source : auteurs, 2016.)

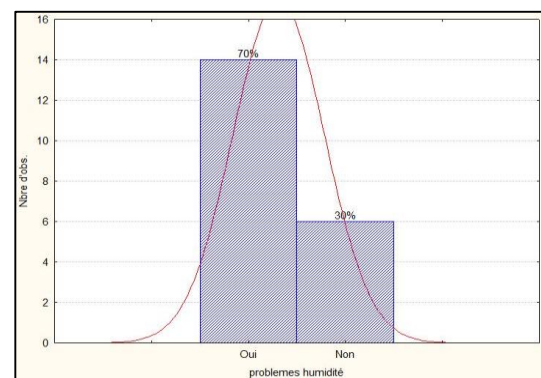


**Figure 171:** Histogramme montrant l'analyse statistique univariée à propos de la satisfaction des habitants par rapport à la fonctionnalité des espaces intérieurs. (Source : auteurs, 2016.)

- 30 % de taux des habitants enquêtés déclarent vouloir des espaces intérieurs lumineux, ensuite trois catégories estimés chacune d'elle à 20 % affirment vouloir des espaces intérieurs soit lumineux et chaleureux, soit lumineux, chaleureux et style contemporain ou encore lumineux, chaleureux et style ancien et très peu déclarent vouloir des espaces intérieurs chaleureux (voir figure 172).
- Les résultats issus de l'analyse statistique univariée de cet histogramme démontre que la majorité des habitants enquêtés (70%) déclarent avoir des problèmes d'humidité à l'intérieur de leurs logements tandis qu'une minorité (30%) déclare qu'ils n'ont pas de problèmes d'humidité (voir figure 173).



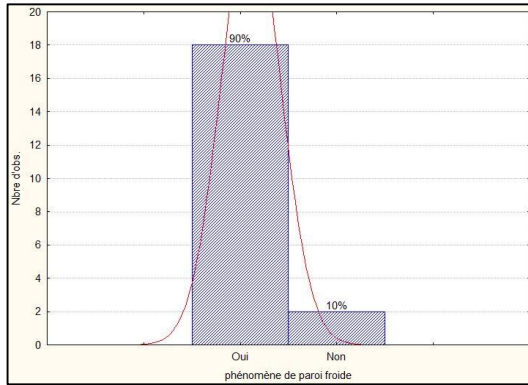
**Figure 172 :** Histogramme montrant l'analyse statistique univariée des attentes des habitants par rapport aux espaces intérieurs de leurs logements. (Source : auteurs, 2016.)



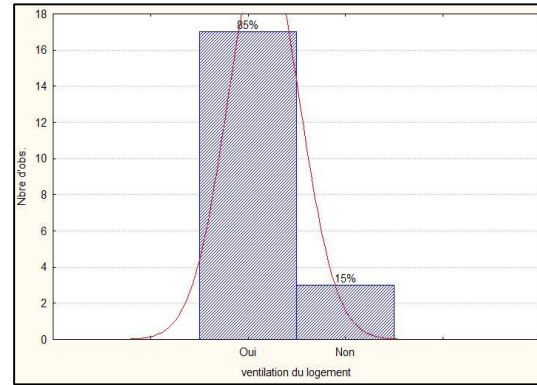
**Figure 173 :** Histogramme montrant l'analyse statistique univariée à propos de la présence de problèmes d'humidité dans les logements. (Source : auteurs, 2016.)



- La majorité des habitants enquêtés (90%) déclarent être exposé au phénomène de paroi froide tandis que très peu (10%) certifie qu'ils ne sont pas exposés à ce phénomène. (voir figure 174).
- D'après les résultats issus de l'analyse statistique univariée de cet histogramme, la majorité des habitants enquêtés (85%) estiment que leurs logements sont bien ventilés tandis que très peu (15%) déclarent qu'ils sont mal ventilés (voir figure 175).

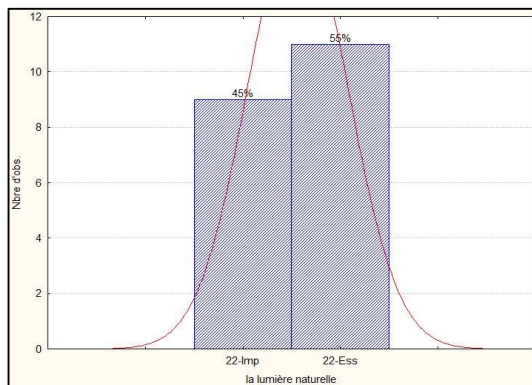


**Figure 174 :** Histogramme montrant l'analyse statistique univariée de l'exposition des logements au phénomène de paroi froide. (Source : auteurs, 2016.)

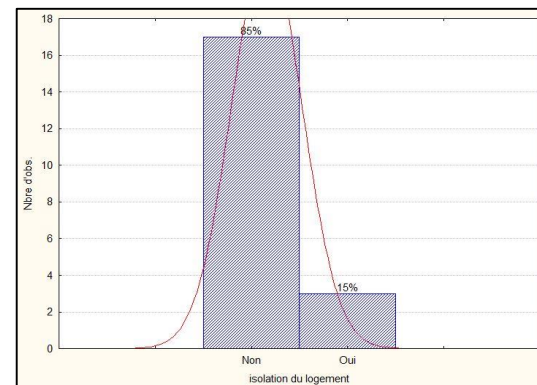


**Figure 175 :** Histogramme montrant l'analyse statistique univariée de la ventilation des logements. (Source : auteurs, 2016.)

- Un peu plus de la moyenne des habitants enquêtés (55%) déclarent que l'accès du logement à la lumière naturelle est essentielle tandis qu'un peu moins de la moyenne (45%) déclarent que l'accès du logement à la lumière naturelle est important (voir figure 176).
- les résultats issus de l'analyse statistique univariée de cet histogramme affirme que la majorité des habitants enquêtés (85%) estiment que leurs logements sont mal isolés tandis que très peu (15%) déclarent qu'ils sont bien isolés (voir figure 177).

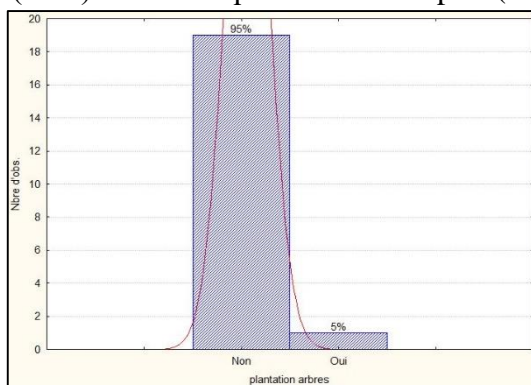


**Figure 176 :** Histogramme montrant l'analyse statistique univariée à propos de l'accès du logement à la lumière naturelle. (Source : auteurs, 2016.)

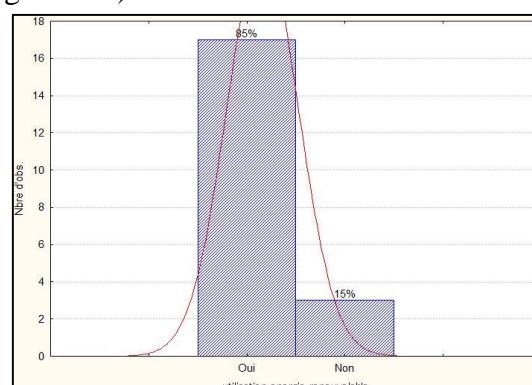


**Figure 177 :** Histogramme montrant l'analyse statistique univariée à propos de l'isolation des logements. (Source : auteurs, 2016.)

- La majorité des habitants enquêtés (95%) estiment qu'ils ne veulent pas plus de plantation d'arbres à l'extérieur de leurs logements pour avoir plus d'ombre, tandis qu'une minorité (05%) déclare qu'ils veulent planter plus d'arbre.(voir figure 178).
- La majorité des habitants enquêtés (85%) déclarent qu'ils sont intéressés par l'utilisation d'énergie renouvelable pour économiser leurs dépenses en énergie tandis que très peu (15%) déclarent qu'ils ne le sont pas. (voir figure 179)

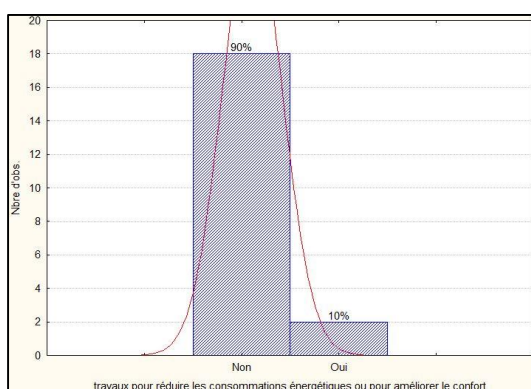


**Figure 178 :** Histogramme montrant l'analyse statistique univariée de la plantation d'arbres pour avoir plus d'ombre. (Source : auteurs, 2016.)

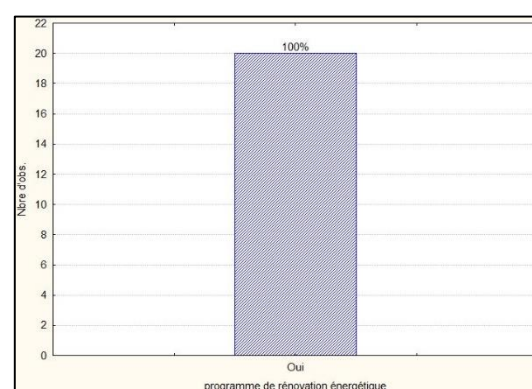


**Figure 179 :** Histogramme montrant l'analyse statistique univariée de l'utilisation d'énergie renouvelable pour économiser les dépenses en énergie. (Source : auteurs, 2016.)

- La majorité des habitants enquêtés (90%) déclarent qu'ils n'ont pas entrepris de travaux pour la réduction des consommations énergétiques ou pour l'amélioration de leur confort, tandis que très peu (10%) déclarent avoir entrepris des travaux afin de réduire leurs consommations énergétiques et apporter un meilleur confort à leurs logements. (voir figure 180).
- Les résultats issus de l'analyse statistique univariée de ce graphe démontrent que la totalité des habitants enquêtés (100%) sont intéressés par un programme de réhabilitation énergétique de leurs logements (voir figure 181).



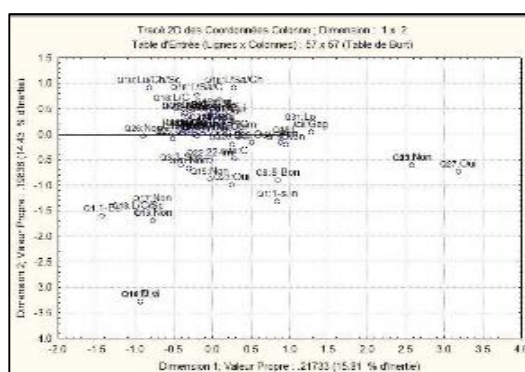
**Figure 180 :** Histogramme montrant l'analyse statistique univariée de réalisations antérieures de travaux pour la réduction des consommations énergétiques ou pour l'amélioration du confort. (Source : auteurs, 2016.)



**Figure 181 :** Histogramme montrant l'analyse statistique univariée de l'intérêt des habitants pour un programme de réhabilitation énergétique des logements. (Source : auteurs, 2016.)

## 6.2 Interprétation de l'analyse multivariée :

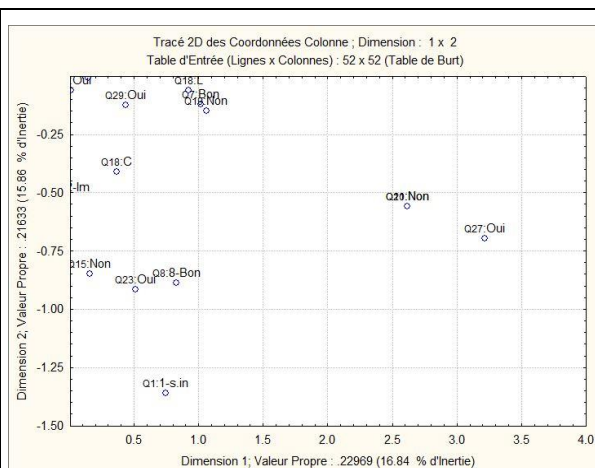
Après avoir effectué les histogrammes de l'analyse univariée, on complétera les résultats par une analyse multivariée dont les différentes questions traitées seront représentées par un nuage de points. Dans le tableau suivant nous résumerons les différents résultats de l'analyse des correspondances multiples :



**Figure 182 :** Nuage de points illustrant les correspondances entre les critères descriptifs de l'enquête par questionnaire. (Source : auteurs, 2016.)

Résultats	Illustrations
<p><b>1<sup>er</sup> résultat :</b> La majorité des occupants qui n'ont pas entrepris de travaux pour réduire leurs consommations énergétique et améliorer leur confort sont ceux qui affirment habiter des logements mal isolés et exposés au phénomène de parois froides, dont leurs appartements sont situés dans la première et deuxième cage. Les problèmes d'humidité, de surchauffe et d'infiltration d'eau sont plus constatés au dernier niveau ou la toiture terrasse. Quant aux occupants qui se plaignent de présence de traces d'humidité et de moisissures à l'intérieur de leurs logements sont ceux qui souffrent d'une mauvaise aération et qui n'ont pas procédé au changement de leurs fenêtres ni à la fermeture de leurs volets la nuit.</p> <p>Tous ses facteurs réunis provoquent le phénomène d'inconfort thermique en été et en hiver, engendrant par conséquent une précarité énergétique.</p>	<p><b>Figure 183 :</b> Nuage de points illustrant les correspondances entre les critères descriptifs de l'enquête par questionnaire. (Source : auteurs, 2016.)</p>

**2eme résultat :** Contrairement à la majorité des occupants, une minorité a effectué des travaux pour réduire sa consommation énergétique et améliorer son confort, et par conséquent considèrent avoir des logements bien isolé dépourvu de tout problème d'humidité, de parois froide, ce qui leurs procurent un bon confort thermique en été et en hiver.



**Figure 184 :** Nuage de points illustrant les correspondances entre les critères descriptifs de l'enquête par questionnaire.  
(Source : auteurs, 2016.)

**Tableau 41 :** Interprétation des résultats de l'analyse des correspondances multivariées.  
(Source : auteurs, 2016.)

### Discussion :

Les résultats de l'enquête par questionnaire ont montré l'existence d'un manque d'entretien du bâtiment par les habitants pour cause, leur ignorance envers l'importance de préserver un bâtiment de valeur patrimoniale, ainsi que leur manque de connaissances sur la question des dépenses énergétiques. Ce manque d'entretien engendre des problèmes d'inconfort dans les logements, à savoir les surchauffes des appartements en été, la présence de phénomène de parois froide en hiver, les problèmes d'humidité ainsi que la présence de moisissures. Tous ces problèmes étant la conséquence néfaste de la mauvaise isolation thermique de l'enveloppe du bâtiment et la présence d'un écran végétal de part et d'autre de ce dernier qui participe à l'élévation du taux d'humidité ainsi que l'ombre portée du bâtiment A1 sur le bâtiment A3, dont les appartements les plus affectés sont situés dans la première et deuxième cage d'escalier. Ceci dit, une mauvaise aération des logements, une ignorance de l'importance de fermer les fenêtres la nuit qui défavorisent le gaspillage de l'énergie à travers les fenêtres et une surface vitrée très importante d'un simple vitrage, tous des facteurs qui favorisent les déperditions énergétiques et le phénomène d'inconfort thermique.

L'enveloppe dispose également de fenêtres en bois qui demandent un entretien régulier pour assurer une bonne performance énergétique, dans le cas contraire, elles permettent le transfert de chaleur vers l'extérieur et une déperdition énergétique. Tandis qu'aux fenêtres en aluminium qu'on retrouve dans les appartements rénovés sont moins isolantes que les fenêtres en bois et engendrent plus de déperditions énergétiques.



La majorité des occupants sont pour un projet de réhabilitation énergétique de leur bâtiment par l'utilisation des matériaux locaux et renouvelables qui assurent à la fois, la durabilité du bâtiment, la diminution de la consommation énergétique et le confort des habitants.

### **Conclusion :**

Pour conclure, nous dirons que le résultat de cette étude a mis en évidence les aspects qui ont un impact sur la consommation énergétique, le confort des habitants, l'amélioration de cadre bâti et la préservation de l'environnement ainsi que l'identité patrimoniale.

Les résultats des deux enquêtes ont montré l'existence de contraintes relatives au bâtiment 03 de la cité Aéro-habitat, liées à des problèmes d'orientation, d'implantation et d'isolation. En effet, les surchauffes, les infiltrations d'eau, le taux d'humidité élevé, les moisissures et le phénomène des parois froides au niveau des logements sont dues à une orientation défavorable des baies vitrées, l'inexistence d'une ventilation nocturne et également à la mauvaise isolation du bâtiment. Le choix de l'enveloppe du bâtiment joue un rôle considérable sur le confort thermique à l'intérieur des logements qui dépend de la réduction de l'énergie transmise et absorbée à travers les parois de l'enveloppe y compris la toiture et les surfaces vitrées. Cependant, une mauvaise isolation de l'enveloppe engendre des dépenses énergétiques à long terme et un inconfort thermique au sein des logements.

Nous retiendrons que le bâtiment étudié, présente des insuffisances en matière de confort thermique intérieur qui est principalement dû à la mauvaise isolation du bâtiment et son état délabré. Nous retiendrons également que la majorité des habitants n'ont pas effectué de travaux pour sortir de cette précarité énergétique à l'échelle de leurs logements mais la totalité des habitants sont prêts à participer dans un projet qui consistera à réaliser des travaux à l'échelle de la copropriété afin de réduire leurs consommations énergétique et par la même occasion améliorer leurs confort intérieurs.

Au final, l'enveloppe du bâtiment ne joue pas son rôle protecteur, ce qui fait que pour atteindre les conditions de confort requises dans ces espaces habitables, il faut faire appel à une réhabilitation énergétique afin d'intégrer un confort optimal tout en préservant les qualités architecturales et patrimoniales de notre cas d'étude.

# **Conclusion générale**

## **8. Conclusion générale :**

### **Introduction :**

Cette recherche présente une réflexion sur l'appréhension de la relation entre le développement durable et le patrimoine. Notre recherche vise à mieux les articuler dans le même cadre architectural et environnemental pour enfin développer le concept majeur de la réhabilitation énergétique et par conséquent assurer la durabilité du patrimoine. L'étude menée sur ce thème, a pour but d'évaluer le comportement énergétique du bâtiment 03 de la cité Aéro-habitat et de ce fait, minimiser son impact sur l'environnement.

Cette étude repose tout d'abord sur la méthode de l'enquête par observation qui consiste en une analyse architecturale et bioclimatique. Ensuite, pour situer le problème de l'inconfort thermique nous avons analysé les connaissances existantes en matière de confort thermique à travers la méthode Mahoney. À l'aide d'un inventaire par questionnaire, nous avons essayé d'évoluer les pratiques de réhabilitation ainsi que les modes d'habiter vers un comportement plus vertueux tout en conservant les qualités spécifiques du bâtiment. Finalement, en se basant sur l'ensemble des recommandations élaborées, nous avons proposé un projet de réhabilitation énergétique du bâtiment 03 de la cité Aéro-habitat.

Les résultats issus de cette recherche, répondent de manière générale aux questionnements posés au départ et vérifient les objectifs fixés au préalable. Nous synthétisons ci-dessous les principaux résultats de notre recherche.

### **1. Principaux résultats de la recherche :**

- ✓ A travers la première partie de notre travail, nous avons tenté de cerner l'importance de l'intervention sur le patrimoine bâti par une réhabilitation énergétique, afin de réduire son impact sur l'environnement et ainsi réduire son empreinte écologique.
- ✓ la réhabilitation énergétique dépend principalement des phénomènes climatiques, environnementaux et architecturaux. Il est donc nécessaire d'améliorer certaines composantes de ces phénomènes afin d'avoir une meilleure isolation thermique de l'enveloppe, sachant qu'une mauvaise conception thermique induit à un surdimensionnement des équipements et à une surconsommation d'énergie dont le coût financier et environnemental est important.
- ✓ On retiendra de cette étude que le bâtiment étudié, présente des insuffisances en matière de prise en charge du confort intérieur. En effet, les conditions de vie des habitants constatées lors de l'enquête par observation, mettent en évidence des carences en termes d'inconfort thermique confirmé par l'enquête par questionnaire.
- ✓ Le projet de réhabilitation énergétique du bâtiment 03 de l'Aéro-habitat nous a relevé une gamme de principes à la fois sur la conception bioclimatique et sur la préservation des

qualités architecturales et patrimoniales, et cela à travers la création d'une situation de confort dans les logements et l'association de solutions appropriées à ce dernier.

- ✓ Notre préoccupation est de réduire la consommation énergétique et d'obtenir une meilleure qualité thermique des ambiances tout en gardant le caché patrimonial. Toutes ces préoccupations nous ont orienté vers deux outils de recherche : une série de questionnements et une enquête par observation en intégrant la méthode Mahoney, qui décèleront les solutions de réhabilitation les plus appropriées au bâtiment d'habitation collective choisi :
- Le questionnaire a montré l'existence d'un inconfort pour les occupants, lié à un problème de surchauffe en été et le phénomène de façade froide en hiver, due à une mauvaise isolation et à une ventilation inadaptée. Pour surmonter les désagréments thermiques, des solutions très coûteuses en énergie tel que « les climatiseurs » et « les chauffages » ce sont mis en place.
- l'application la méthode Mahoney, nous a permis d'aboutir à un ensemble de recommandations spécifiques et de détails à suivre lors de la conception du bâtiment étudié en se basant sur les caractéristiques climatiques du site d'étude afin de voir si ces différents points ont été pris en considération lors de la réalisation de ce bâtiment. Tout cela dans le but d'apporter quelques éléments de réponse aux causes d'inconfort des usagers et de déterminer des solutions réduisant au mieux les besoins énergétiques tout en favorisant l'amélioration du confort thermique.

### **2. Limites de la recherche :**

Les limites de notre travail sont énumérées comme suit :

1. L'enquête par observation s'est intéressée à une évaluation du comportement de l'enveloppe vis-à-vis des phénomènes climatique et sur le comportement des éléments du bâtiment soumis à ces derniers. Cette enquête s'est limitée à un calcul manuel par manque de matériels et de temps, au lieu d'accomplir ce travail par une simulation sur ordinateur à l'aide des logiciels et d'appareils adéquats dans le domaine énergétique.
2. La solution proposée dans le cadre du projet de la réhabilitation énergétique s'est limitée à nos différentes recherches, connaissances et aux résultats de l'étude comparative. Par conséquent, une série de tests n'a pas été effectuée afin de tester une variété d'isolants à différentes épaisseurs en cherchant l'optimale (coût et économie d'énergie) pour assurer le meilleur confort.
3. L'enquête par questionnaire s'est limitée à des questions d'ordre général (modèle, nombre, habitude ... etc.) et ne prend pas en compte l'aspect technique de l'architecture car les usagers ne sont pas en mesure d'y répondre.
4. Le contexte global de notre étude concerne la réhabilitation énergétique de l'ensemble des logements du bâtiment 03 de la cité Aéro-habitat mais l'accessibilité à ces derniers était limité ce qui nous a mené à étudier une seule cage d'escalier de cet immeuble et de généralisé les résultats pour l'ensemble des logements.



### 3. Recommandations :

- Préserver l'identité architecturale et patrimoniale du bâtiment par une isolation intérieure.
- Utilisation de matériaux locaux et sein afin de diminuer l'énergie grise nécessaire à leurs fabrications et leur transport, par conséquent réduire leur impact sur l'environnement.
- Une isolation par l'extérieur à l'aide d'une façade bioclimatique.
- Revoir l'étanchéité de la toiture par de meilleures revêtements aux caractéristiques plus étanches et plus isolantes afin d'améliorer les performances énergétiques du bâtiment.
- Remplacer les arbres existants par des arbres à feuilles caduques afin de créer une casquette bioclimatique qui permettra de chauffer le bâtiment en hiver sur la façade sud et de le rafraichir en été grâce l'ombre qu'elle génère.
- La mise en place d'un double vitrage de type VIR.
- La pratique de l'intermittence du contrôle thermique dans les logements à occupations discontinue est l'un des moyens les plus efficaces pour réaliser des économies d'énergies importantes.
- L'intégration des énergies renouvelables pour réduire l'empreinte écologique du bâtiment sur l'environnement par l'intégration de capteurs photovoltaïques sur le bâtiment.
- La mise en valeur, en facilitant le repérage et l'accessibilité au bâtiment par l'animation des façades le jour, par une mise en place de murs d'eaux et des jeux de lumières la nuit.
- La mise en œuvre une ventilation VMC simple flux auto réglable. Ce type de ventilation présente des différents avantages.
- La réhabilitation énergétique du bâtiment constitue un moyen d'élever la valeur du bien immobilier
- La sensibilisation des usagers de la cité Aéro-habitat à la valeur patrimoniale de leurs immeubles ainsi que le grand public afin de le préserver et en particulier les autorités concernée.
- Le renforcement du sentiment de solidarité et de convivialité au sein des bâtiments en organisant des journées de rencontre pour discuter des problèmes de la cité.
- Les résultats de notre étude peuvent être extrapolés pour le reste des bâtiments de la cité Aéro habitat.

### 4. perspectives de la recherche :

- Promouvoir une isolation par l'extérieur à l'aide d'une façade bioclimatique intelligente avec une orientation automatisée en fonction de la position du soleil et de la direction du vent. Cela peut être éventuellement développé au future, dans un large éventail de recherche par des personnes spécialisées.
- Une perspective intéressante consisterait à étudier les effets d'une toiture végétalisée en plus de l'isolation externe de l'enveloppe, sur l'amélioration des performances énergétiques du bâtiment.

- Le remplacement des éléments de façades, ou encore par des capteurs semi-transparents peuvent simultanément produire de l'énergie et jouer le rôle de protection solaire, de plus ils favorisent la diffusion de la lumière. Ils sont également une source d'économie d'énergie. Tout cela pourra être développé dans un champ de recherche plus spécialisé.
- Technique d'isolation innovante par des injections de substances chimiques améliorant les propriétés thermiques des matériaux de construction.
- Mise en œuvre de revêtements muraux aux performances thermiques très élevés et aux épaisseurs les plus réduite possible.
- En se basant sur le travail de recherche effectué, nous allons proposer durant le deuxième semestre la conception d'un projet avec une étiquette énergétique BBC.

### **Conclusion :**

Ceci nous amène à répondre à nos questionnements de départ et d'aboutir aux objectifs fixés selon lesquels une stratégie de réhabilitation énergétique a été établie qui est l'isolation thermique par l'extérieur, afin de concilier performance énergétique et préservation de l'identité architecturale de l'immeuble 03 de la cité Aéro-habitat.

A la finalité de tout le travail effectué, nous allons proposer un projet de réhabilitation du bâtiment 03 de la cité Aéro-habitat.

# **Projet de réhabilitation** **énergétique**

### **Présentation du projet de réhabilitation énergétique du bâtiment 03 de la cité l'Aéro-habitat :**

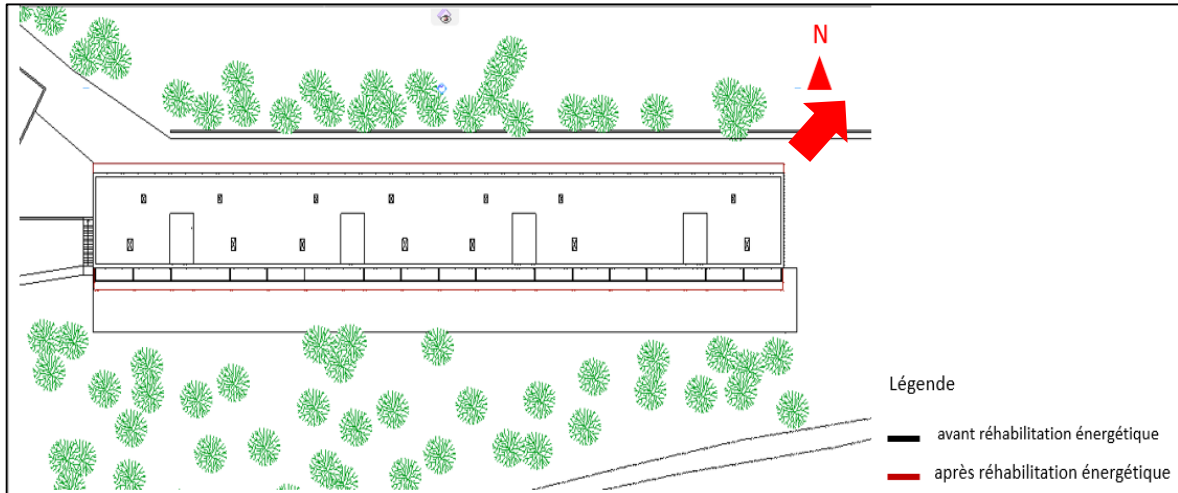
Dans le cadre du projet de réhabilitation énergétique du bâtiment 03 et en se basant sur les recommandations précédentes et l'étude comparative. Nous avons essayé d'élaborer une proposition de réhabilitation qui consiste à isoler l'enveloppe du bâtiment par l'extérieur sans pour autant porter atteinte à son cachet et son identité patrimoniale.

Faute de notre non spécialisation dans le domaine technique, nous nous sommes limités à quelques interventions à savoir :

- ✓ récupérer les caractéristiques architecturales initiales du bâtiment par la suppression des transformations subies par les habitants.
- ✓ Isolation des deux façades Nord-Ouest et Sud-Est par l'extérieur par une double-peau bioclimatique en verre transparent, la façade est fermée en hiver et ouverte en été afin de favoriser la ventilation. Quant aux façades Sud-Ouest et Nord-Est, elles sont isolées par l'intérieur.
- ✓ Isolation de la toiture par la mise en place d'une toiture végétalisée.
- ✓ Mise en œuvre d'une ventilation VMC simple flux auto réglable.
- ✓ La mise en place des panneaux des panneaux photovoltaïques au niveau de la toiture orientés au sud, qui générant à la fois de l'énergie pour chauffer les logements et produire de l'électricité pour l'éclairage de l'immeuble de l'intérieur et de l'extérieur par l'installation d'un système d'animation lumineux au niveau de la structure métallique de la façade bioclimatique.
- ✓ éviter l'augmentation et la diminution de la température dans les logements par la plantation des végétaux autour du bâtiment, à savoir des arbres à feuillage caduc au Nord et ceux à feuillage persistant au Sud.



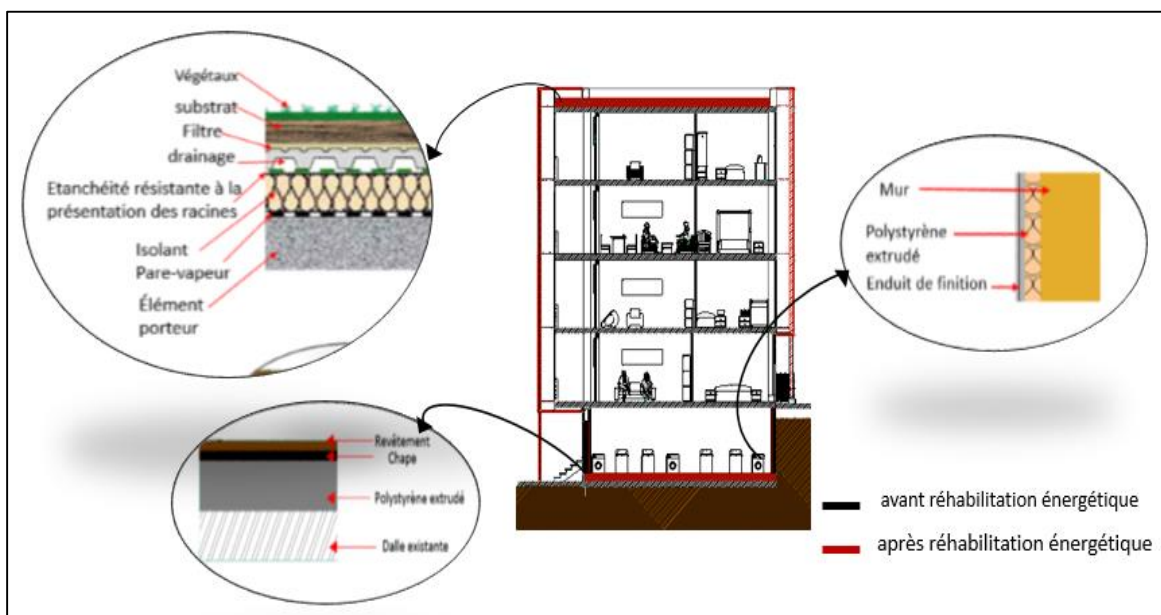
- Mise en place des arbres à feuillage caduc au Nord et ceux à feuillage persistant au Sud, afin de minimiser les surchauffes d'été et profiter également des apports solaire d'hiver.



**Figure 185 :** Plan de masse de l'immeuble après réhabilitation énergétique.ECH1/1000.

(Source : auteur)

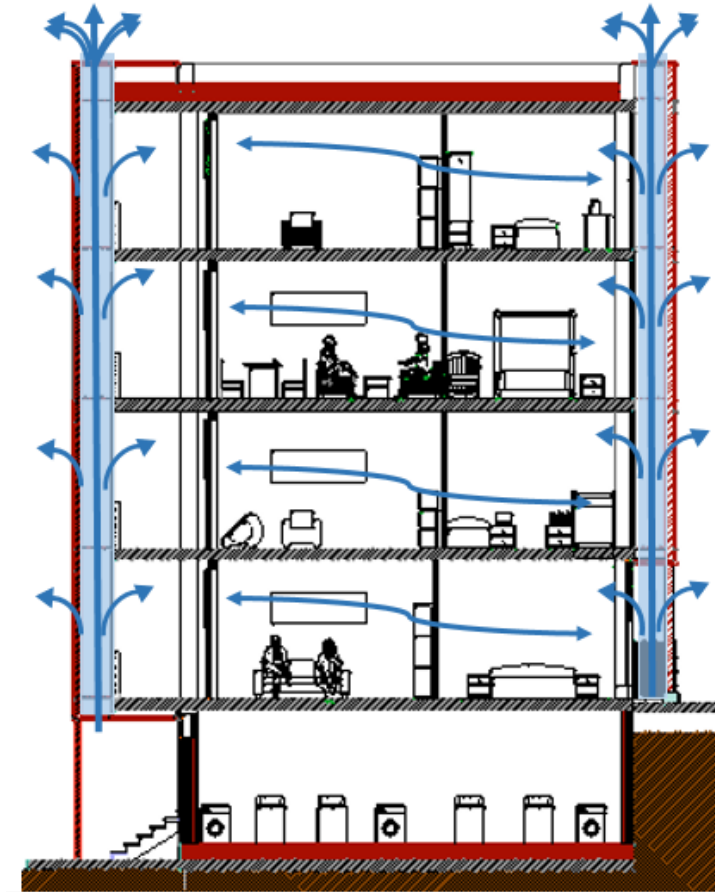
- Au niveau de l'entre sol, les murs et le plancher sont en contact direct avec l'extérieur et cela engendre l'effet de paroi froide. Pour éviter cette dernière, nous avons effectué une isolation à l'aide des plaques de polystyrène extrudé pour but de minimiser la consommation énergétique, mais aussi d'améliorer sensiblement le confort thermique.
- la terrasse de l'immeuble subit des chocs thermique, et afin d'améliorer l'inconfort engendré par cette dernière, nous avons mis en place une toiture végétalisée qui permet une réduction des variations de température.



**Figure 186 :** Coupe montrant les différentes procédures de réhabilitation énergétique.

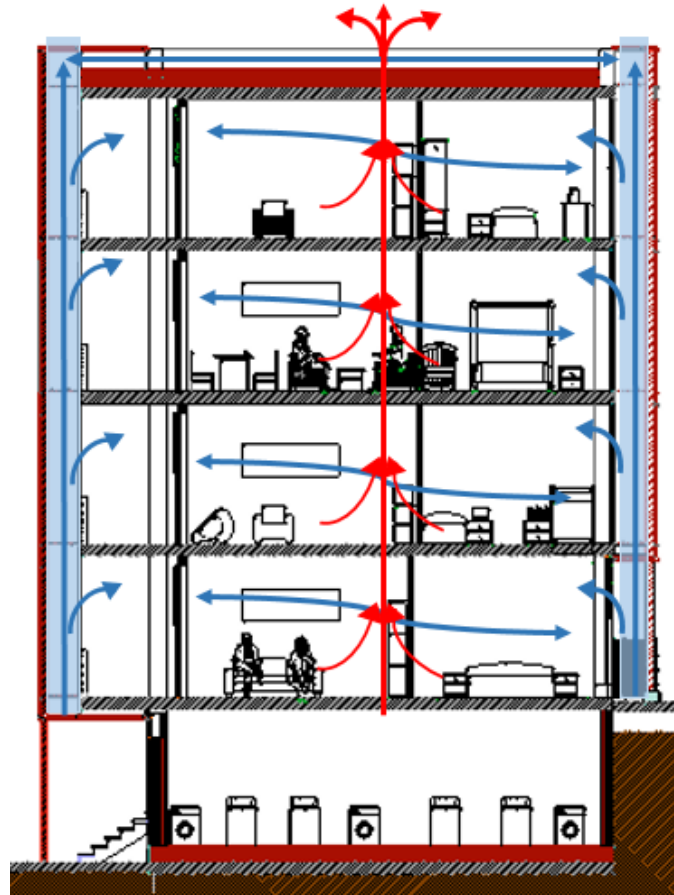
(Source : auteurs, 2017)

- En été, la façade bioclimatique est ouverte, elle engendre un effet de tirage thermique qui rafraîchit les façades par effet de convection. L'espace tampon entre la façade vitrée et la façade existante permet à la fois d'assurer un meilleur rendement énergétique et améliorer le confort thermique des occupants. L'air chaud est directement évacué en toiture.

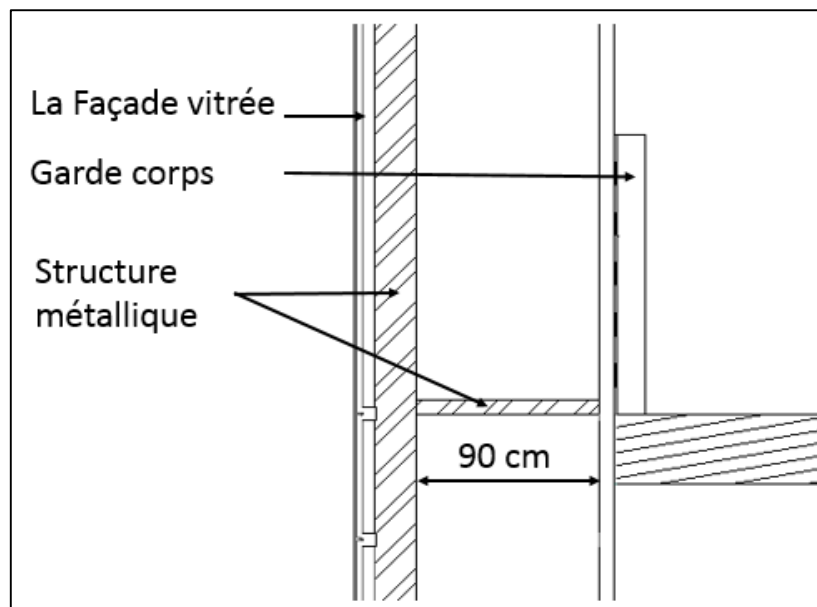


**Figure 187** : Coupe schématique montrant le fonctionnement de la façade bioclimatique en été. (Source : auteurs, 2017)

- En hiver, la façade bioclimatique est fermée, elle absorbe le rayonnement solaire et permet de réchauffer passivement l'intérieur du bâtiment. Elle constitue ainsi un espace tampon qui entoure le bâtiment.



**Figure 188** : Coupe schématique montrant le fonctionnement de la façade bioclimatique en hiver. (Source : auteurs, 2017)



**Figure 189** : Coupe schématique montrant la fixation de la façade vitrée. (Source : auteurs, 2017)





**Figure 190** : vue sur la façade Sud-Est après réhabilitation énergétique.

(Source : auteurs, 2017)



**Figure 191** : vue sur la façade Sud-Est après réhabilitation énergétique.

(Source : auteurs, 2017)



# **Liste bibliographique**

## Bibliographie :

### Ouvrage :

- B.Peuportier, 2008, *eco-conception des bâtiments et quartier*, paristech, les presses, pp 01-15.
- F.Choay, 1992, *L'Allégorie du patrimoine*, Du Seuil, Paris, 272p.
- JP .Babelon et A.Chastel, 1980, *La notion de patrimoine*, l'Harmattan, Paris, 141p
- M.Ongers, 1992, *Initiation pratique à la méthodologie des sciences humaines*, casbah université, 381p.
- P.Levy, 2010, *la rénovation écologique : principe fondamentaux, exemple de mise en œuvre*, terre vivante, 317p.
- S.Bronchart, J.Rixen et M. Bourgeois, 2010, *Renover en basse consommation*, L'inédite, 256 p.

### Dictionnaire en ligne :

- Le robert, 2010, Dictionnaire *Français*, développement bureau van Dijk, Bruxelles, en ligne : <http://www.le-dictionnaire.com/>, consulté le : 01/01/2017

### Thèses et mémoires :

- B.Moujalled, 2007, *Modélisation dynamique du confort thermique dans les bâtiments naturellement ventilés*, Thèse doctorat, université de Lyon, pp 23-61.
- D.Medjelekh, 2006, *l'impact de l'inertie thermique sur le confort hygrothermique et la consommation énergétique du bâtiment*, thèse magister, université de MENTOURI, Constantine, 303p.
- F.Sam, 2012, *Réhabilitation thermique d'un local dans une zone aride*, thèse magister, 96 p
- K.Benhalilou, 2008, *impact de la végétation grimpante sur le confort hygrothermique estival du bâtiment*, thèse magister, université de MENTOURI, Constantine, 253p.
- M.Mazari, 2012, *étude et évaluation thermique des bâtiments à caractère publics*, mémoire magister, université de Mouloud-Mammeri, pp 40-50.
- N.Belouadah, 2012, *Développement urbain et préservation du patrimoine architectural dans les médinas Cas de la médina de Bou-Saada*, Thèse de magister, Faculté des sciences et de la technologie UMKBiskra, 349p.
- N.Bounane Kentouche, 2008, « *LE PATRIMOINE ET sa place dans LES POLITIQUES URBAINES algériennes* », Thèse de magister, UNIVERSITE MENTOURI FACULTE DES SCIENCES DE LA TERRE, DE GEOGRAPHIE ET DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE, p 41.

- N. Kadri et A. Mokhtari, 2011, *Contribution à l'étude de réhabilitation thermique de l'enveloppe du bâtiment*, mémoire magister, université de la Science et de la Technologie Mohamed Boudiaf, Msila, pp 301-311.
- N.Nait, 2011, *la réhabilitation énergétique dans les logements collectifs existants*, thèse de magister, université Mentourie de Constantine, 2011, pp 01-75.

### Publications et articles :

- Algérie presse service, 2016, *l'Algérie signe à New York l'accord sur le changement climatique*, en ligne : <http://www.aps.dz/algerie/40889-1%E2%80%99alg%C3%A9rie-signe-%C3%A0-new-york-1%E2%80%99accord-sur-le-changement-climatique>, consulté le 09/10 2016.
- association énergie et avenir, 2010, *amélioration énergétique des bâtiments*, en ligne : <http://www.energies-avenir.fr/page/amelioration-energetique-des-batiments-13> consulté le 05/11/ 2016.
- Association rempart 50, **2014, le patrimoine et le développement durable**, en ligne : <http://www.rempart.com/n/rempart-le-patrimoine-et-le-developpement-durable/n:14134>, **consulté le 15/11/2016.**
- B. Laponche, 2010, *l'énergie dans le monde : priorité à l'efficacité énergétique*, en ligne : <http://docplayer.fr/8437035-L-energie-dans-le-monde-priorite-a-l-efficacite-energetique-bernard-laponche-septembre-2010-table-des-matieres.html> , consulté le 09/11/2016, 36 p.
- CRMS, 2004, *préserver le patrimoine pour inventer l'avenir*, en ligne : <http://www.crms.irisnet.be/fr> , consulté le 21/10/2016, 25 p.
- France Diplomatie, 2008, *COP21 : L'Accord de Paris en 4 points clés*, en ligne : <http://www.diplomatie.gouv.fr/fr/politique-etrangere-de-la-france/climat/paris-2015-cop21/cop21-l-accord-de-paris-en-4-points-cles/#>, consulté le 11/11/2016.
- F.Terp, *Energie-Cités*, en ligne : <http://www.energy-cities.eu/> Consulté le 25/12/ 2016, P01-02.
- H.Ter Minassien, 2015, *la rénovation énergétique du bâti ancien ne passe pas que par l'isolation de la façade*, en ligne : <http://www.lemoniteur.fr/article/la-renovation-energetique-du-bati-ancien-ne-passe-pas-que-par-l-isolation-des-facades-27503532>, consulté le 17/12/2016.
- MOA et MOE, 2015 « *concept bioclimatique pour la valorisation croisée entre performance énergétique et patrimoine bâti* », p 05.
- ORIV, 2008, *guide de l'observation sociale territorialisée*, en ligne : <http://www.oriv-alsac.org/pages1/4-prod/mener-demande-observation>, consulté le 07/02/2017.

- Opération campus bordeaux, *secteur Béthanie*, en ligne: <https://operation-campus.u-bordeaux.fr/Transformer-les-espaces-publics/Sur-le-campus-Pessac-Talence-Gradignan/Secteur-Bethanie>, consulté le 04/02/ 2017
- Service des sites et monuments nationaux, *patrimoine bâti, efficience énergétique et énergies renouvelables*, en ligne : [http://www.ssmn.public.lu/content/dam/ssmn/fr/publications/patrimoine\\_efficience\\_\\_nerg\\_\\_tique.pdf](http://www.ssmn.public.lu/content/dam/ssmn/fr/publications/patrimoine_efficience__nerg__tique.pdf) consulté le 05 janvier 2017, 2015, pp 01-24.
- S.Gobain, 2008, *isolation thermique en été et en hiver*, en ligne : <http://www.toutsurlisolation.com/Isolation-thermique/Benefices-de-l-isolation-thermique/Une-isolation-thermique-ete-comme-hiver>, consulté le 02/10/2016.
- T. Abdelbari, 2015, *Changements climatiques : l'Algérie réclame une aide financière et technologique*, en ligne : <http://www.tsa-algerie.com/20150917/changements-climatiques-lalgerie-reclame-une-aide-financiere-et-technologique/>, consulté le 15/11/2016.
- UNESCO, 2003, *Texte de la Convention pour la sauvegarde du patrimoine culturel immatériel*, en ligne : <http://www.unesco.org/culture/ich/fr/convention>, consulté le 17/11/2016.
- Y.Necissa, 2006, *Le patrimoine, outil de développement régional*, en ligne : <http://www.urbamag.net/document.php?id=54&format=print>, consulté le 01/12/2016.

**Revues :**

- C.Charlot-Valdieu et P.Outrequin, 2011, *la réhabilitation énergétique des logements*, le Moniteur, France, pp 01-10.
- DREAL Alsace et DRAC Alsace, 2014, *rénovation énergétique du bâti ancien*, Direction Territoriale Est du Cerema, pp 06-20.
- F. SGORBINI, 2013, *isoler par l'intérieur ou isoler par l'extérieur*, apparu dans l'acte de colloque : réhabiliter les façades du XX ème siècle, Villeurbanne, p 01-32.
- Giec, 2007, *GIEC Groupe intergouvernemental d'experts sur le Climat*, p15.
- J.LOPEZ, B.CARRERE, 2014, *Réhabilitation des bâtiments universitaires : vers des campus plus durables ?*, Mobatek, pp 01-46.
- I. Garat, M.Gravari-Barbas et V.Veschambre, 2005, *Développement durable et préservation du patrimoine : une tautologie ? Les cas de Nantes et Angers*, openedition, revue.org, pp 01-07.
- J. Bigorgne, F. L'Hénaff, H. Terminassian et J. Rezé, 2011, *Analyse de la performance thermique des logements parisiens construits entre 1801et 1850*, apur, atelier parisienne d'urbanisme, pp 03-16.



- K, Saffer, 2015, *Environnement et Développement Durable*, cours 3eme année de licence Génie Mécanique Option énergétique, Université des Sciences et de la Technologie d'Oran Mohamed BOUDIAF, pp 01-10.
- M.Castra, 2012, *Identité, Les 100 mots de la sociologie*, Paris, Presses universitaires de France, pp. 72-73.
- N. Fezzioui, B. Droui, M. Benyamineet S. Larbi, 2008, *Influence des caractéristiques dynamiques de l'enveloppe d'un bâtiment sur le confort thermique au sud Algérien*, énergie renouvelables, Alger, pp 01-10.
- N.Kohler, 1999, *Economic analysis of energy-saving renovation measures for urban existing residential buildings in China based on thermal simulation and site investigation*, Energy Policy37, pp 140–149.
- N.Stambouli, 2014, *L'Aéro-habitat, avatar d'un monument classé ?*, *Livraisons de l'histoire de l'architecture*, revues.org, pp 117-127.
- O. Godard, 2003, *Le développement durable de Rio de Janeiro 1992,2008*, Johannesburg, Hal, archives-ouvertes, pp 01-10.
- O.Sidler, 2007, *rénovation a basse consommation d'énergie des logements en France*, projet renaissance, ENERTECH, pp 42-43.
- P.Pelletier, 2010, *Le Plan Bâtiment Grenelle : un chemin vertueux vers l'adaptation du patrimoine ancien*, apparu dans l'acte de colloque : le patrimoine un modèle du développement durable, 04 octobre 2010, Paris, ICOMOS France, Euromed Heritage, pp 01-41.

### Site internet :

- Info climat, 2016, en ligne : <http://www.infoclimat.fr/>, consulté le 11/12/2016.
- LEM, 2007, laboratoire d'étude maritime, en ligne : <http://www.lem-dz.com/>, consulté le 14/12/2012.
- Météo Bordeaux, 2013, en ligne : <http://www.infoclimat.fr/>, consulté le 11/12/2012.
- Météofrance, 2016, en ligne : <http://www.meteofrance.com/climat/france>, consulté le 11/12/2012.
- Météo Lyon, 2015, en ligne : <http://www.meteo-lyon.net/previsions.php>, consulté le 11/12/2012.
- ONM, 2007, Office national de la météorologie, en ligne : <http://www.meteo.dz/>, consulté le 11/12/2012.
- Bricozone, 2010, en ligne : <https://www.bricozone.be/t/seuil-de-porte-et-pont-thermique.25420/>, consulté le 11/12/2016.

# **Annexes**

**Annexes :**

**Annexe 01 : Questionnaire**

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE ABDERRAHMANE MIRA- BEJAIA  
FACULTE DE TECHNOLOGIE  
DEPARTEMENT D'ARCHITECTURE



**Questionnaire**

**Questionnaire élaboré par :**

Melle MANSOURI Asma

Melle MAMMERI Nawel

Encadré par : Mme OUARET Manel

Ce questionnaire vous est proposé dans le cadre d'un travail de recherche sur la réhabilitation énergétique pour l'amélioration des performances énergétiques et du confort des logements de copropriété.

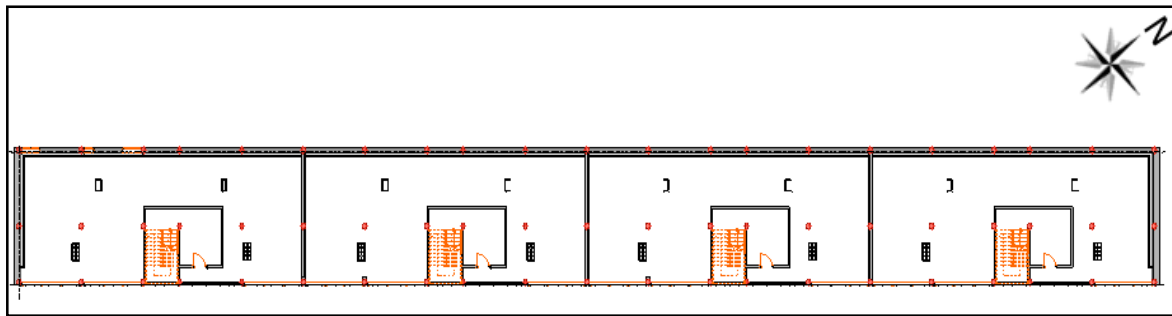
Année universitaire : 2016/2017



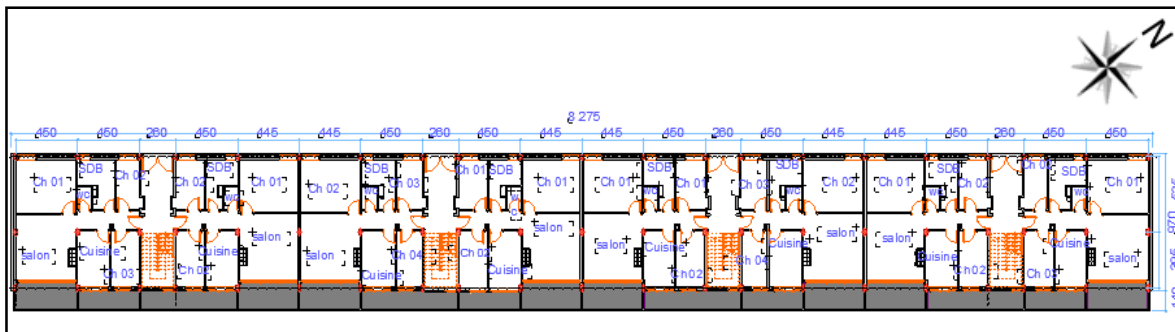




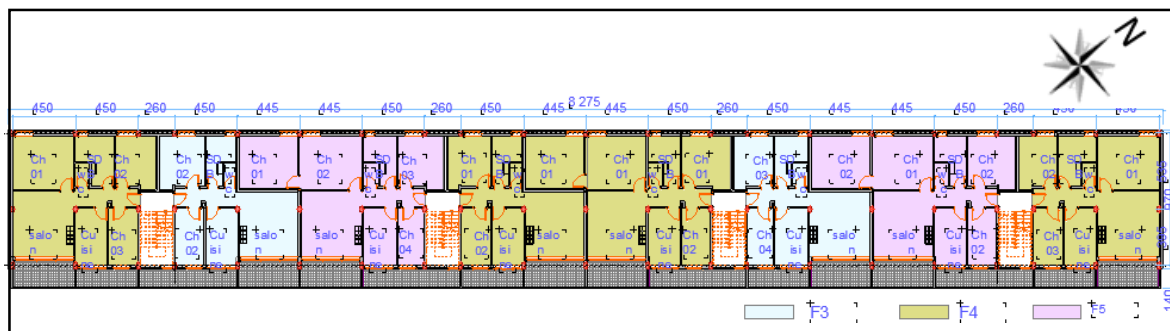
18. Quelles sont vos attentes par rapport aux espaces intérieures de votre logement :  
 Style Contemporain  Chaleureux  Style ancien  Lumineux
19. Y'a-t-il des problèmes d'humidité dans votre logement ?  Oui  Non
- Dans quel endroit ? .....
  - Quelles sont selon vous les sources d'humidité?.....
20. Êtes-vous exposés au phénomène d'une paroi froide ?  
 Oui  Non
21. Trouvez-vous votre logement bien ventilé ? :  Oui  Non  
Si Non, pourquoi ? .....
22. L'accès de votre logement à la lumière naturelle est :  
 Essentiel  Important  Intéressant  Sans intérêt
23. Votre logement est-il bien isolé ?  Oui  Non  
Si non, dans quel élément :  Mur  Plancher  Toiture
24. Quel est le type de votre toiture ? .....
25. Ressentez-vous des problèmes de surchauffe pendant l'été (dernier étage) ?  
 Oui  Non
26. Avez-vous des infiltrations d'eau en hiver (dernier étage) ?  Oui  Non
27. Aimeriez-vous planter plus d'arbres pour avoir plus d'ombre ?  
 Oui  Non
28. Etes-vous intéressés par l'utilisation d'énergie renouvelable pour économiser vos dépenses en énergie ?  Oui  Non
29. Des travaux pour réduire vos consommations énergétiques ou pour améliorer votre confort ont-ils été entrepris récemment ?  Oui  Non  
Si oui, lesquels? .....
30. Etes-vous intéressés par un programme de rénovation énergétique pour votre bâtiment ?  Oui  Non

**Annexe 02** : plan de l'entre-sol

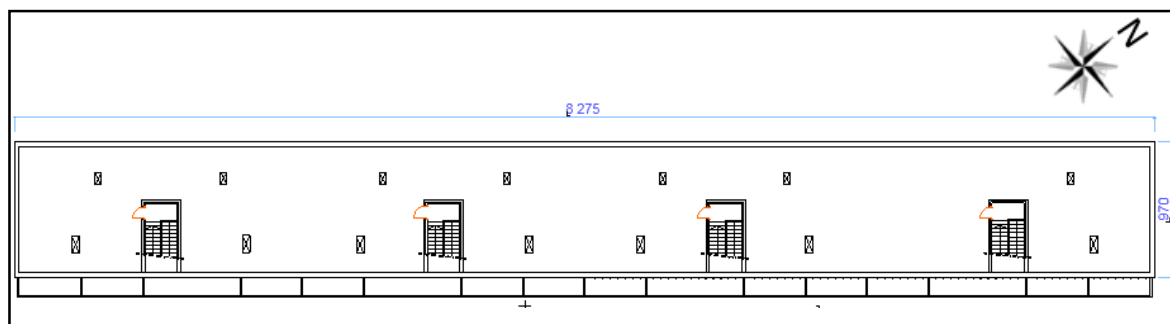
Plan entre-sol du bâtiment 03, ECH1/500. (Source : auteurs, 2016.)

**Annexe03** : plan du rez-de-chaussée

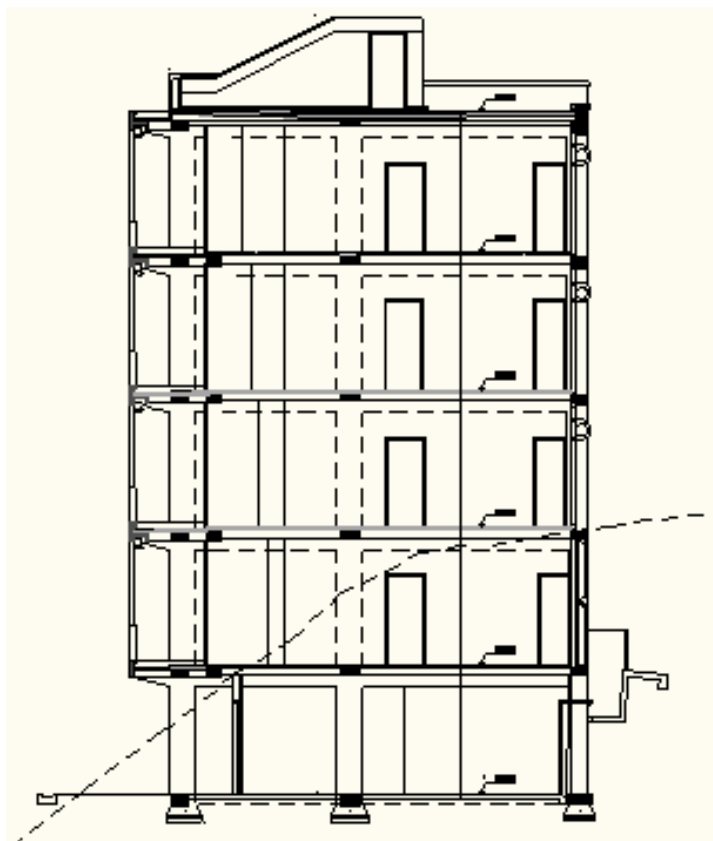
Plan RDC du bâtiment 03, ECH : 1/500. (Source : auteurs, 2016.)

**Annexe 04** : plan de l'étage courant :

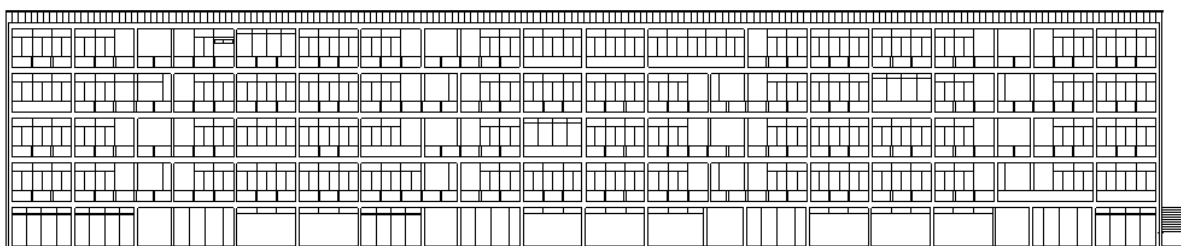
Plan de l'étage courant du bâtiment 03, ECH : 1/500. (Source : auteurs, 2016.)

**Annexe 05** : plan de terrasse

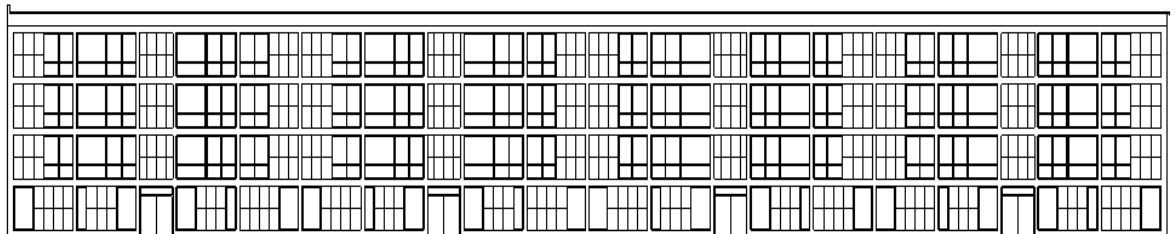
Plan de toiture du bâtiment 03, ECH : 1/500. (Source : auteurs, 2016.)

**Annexe 06** : coupe de l'immeuble

Coupe de l'immeuble 03, Ech 1/500. (Source : auteurs, 2016.)

**Annexe 07** : Façade sud-Est après transformation

Façade sud-est, ECH :1/500. (Source : auteurs, 2016.)

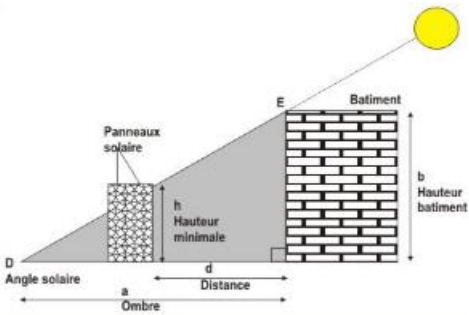
**Annexe 08** : Façade sud-Est après transformation

Façade nord-ouest, ECH :1/500. (Source : auteurs, 2016.)

**Annexe 09 :** détermination de l’angle solaire et l’ombre du bâtiment B1 sur le bâtiment B3 en été :

Pour déterminer les ombres nous prenons la journée la plus ensoleillée d’été qui correspond au 21 juin 2016 (solstice d’été)

- Le soleil est à une latitude de 72 degré (<http://www.sunearthtools.com>)
- La hauteur du bâtiment 1 est de 39.80m, la distance entre le bâtiment 1 et le bâtiment 3 est de 11 m
- A l’aide du logiciel d’application en ligne (<http://users.telenet.be/h-consult/soleil/zonSchaduw.htm>) on aura l’angle solaire, la hauteur « H » et l’ombre « a ».
- Résultat : L’angle solaire est de 41°, L’ombre a=45,78m, La hauteur h=30.24 m



**Annexe 10 :** détermination de l’angle solaire et l’ombre du bâtiment B1 sur le bâtiment B3 en hiver :

- Pour déterminer les ombres d’hiver nous prenons d’hiver une journée qui correspond au 21 décembre 2016 (solstice d’hiver)
- Le soleil est à une latitude de 30 degré (<http://www.sunearthtools.com>)
- La hauteur du bâtiment 1 est de 39.80m, la distance entre le bâtiment 1 et le bâtiment 3 est de 11 m
- A l’aide du logiciel d’application en ligne (<http://users.telenet.be/h-consult/soleil/zonSchaduw.htm>) on aura l’angle solaire, la hauteur « H » et l’ombre « a ».
- Résultat : L’angle solaire est de 37°, L’ombre a=52.51m, La hauteur h=31.51 m.

**Annexe 11 :** les tables de Mahoney :

Température de l'air en °C :

Température (C°)	Jan	Févr	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	sept	Oct	Nov	Dec
Moy. mensuelle .max												
Moy mensuelle .min												
L'écart mensuel												

Tableau : Température de l’air de la région de Telemly. (Source : ONM, 2014.)



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

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

**Humidité relative :**

Humidité (%)	Jan	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aou	sept	Oct	Nov	Dec
Moy. mensuelle .max												
Moy mensuelle .min												
Moy mensuelle												
Groupe d'humidité												

**Tableau :** Humidité relative de la région de Telemly. (Source : ONM, 2014.)

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

**Tableau :** Groupes d'humidité. (Source : K.Hamel, 2002, p 02.)**Précipitation et vents :**

	Jan	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aou	sept	Oct	Nov	Dec
Précipitation (mm)												
Vitesse des vents m/s												

**Tableau :** Précipitation et vent. (Source : ONM, 2014.)

Groupe d'humidité	AMT > 20°C				AMT 15-20°C				AMT < 15 °C			
	Confort jour		Confort nuit		Confort jour		Confort nuit		Confort jour		Confort nuit	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
1												
2												
3												
4												

**Tableau :** Limite de confort à partir d'AMT. (Source : K.Hamel, 2002, p 02, traité par les auteurs, 2016.)

	Jan	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aou	sept	Oct	Nov	Dec
Groupe d'humidité	4	4	4	4	4	3	3	3	4	4	4	4
T° Moy. mensuelle .max												
Confort du jour / T° max												
Confort du jour / T° min												
Stress du jour												
T° Moy. mensuelle .min												
Confort de nuit / T° max												
Confort de nuit / T° min												
Stress De nuit												
Avec :	<b>O</b> : confort,			<b>C</b> : froid,					<b>H</b> : chaud			

**Tableau** : Le confort du jour et le confort de la nuit.  
(Source : K.Hamel, 2002, p 02, traité par les auteurs, 2016.)

### Signification :

	Indicateur	confort thermique		Précipitation	Groupe d'humidité	Ecart mensuel
		Jour	Nuit			
Mouvement d'air essentiel	H1	H			4	
		H			2.3	<10 °C
Mouvement d'air désirable	H2				4	
Protection contre les pluies	H3			>200 mm		
Capacité thermique	A1				1-2-3	>10 °C
Dormir à l'extérieur	A2		H		1-2	
		H	O		1-2	>10 °C
Protection contre le froid	A3	C				

**Tableau** : Signification des acronymes. (Source : K.Hamel, 2002, p 02.)

### Indicateurs :

	Jan	Févr	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	sept	Oct	Nov	Dec	total
<b>Humide</b>													
H1													01
H2													09
H3													00
<b>Aride</b>													
A1													03
A2													00
A3													06

**Tableau** : Indicateurs. (Source : K.Hamel, 2002, p 03, traité par les auteurs, 2016.)

**Les recommandations spécifiques :**

Les indicateurs					
H1	H2	H3	A1	A2	A3

**Tableau** : Recommandations spécifiques.

(Source : K.Hamel, 2002, p 03, traité par les auteurs, 2016.)

Plan de masse							
			0-10		1	Bâtiments orientés nord-sud (le long de l'axe est-ouest)	
			11-12	5-12		2	Plan compact avec cour intérieure
				0-4			

**Tableau** : Recommandations spécifiques du plan de masse.

(Source : K.Hamel, 2002, p 03, traité par les auteurs, 2016.)

Espace entre bâtiments						
11-12					3	Grands espacement entre les bâtiments
2-10					4	Idem avec protection contre les vents
0-1					5	Plan compact

**Tableau** : Recommandations spécifiques pour l'espacement entre les habitants.

(Source : K.Hamel, 2002, p 03, traité par les auteurs, 2016.)

Circulation d'air						
3-12					6	Circulation d'air permanent
1-2			0-5		7	Circulation d'air intermittente
			6-12			
0	2-12				8	Circulation d'air inutile
	0.1					

**Tableau** : Recommandations spécifiques pour la circulation de l'air.

(Source : K.Hamel, 2002, p 03, traité par les auteurs, 2016.)

ouvertures						
			0-1	0	9	Larges ouvertures des façades Nord et Sud ( 40 – 80 % )
			11.12	0.1	10	Petites ouvertures (10 - 20 %)
N'importe qu'elle Autres conditions					11	Moyenne ouvertures (20 - 40 %)

**Tableau** : Recommandations spécifiques pour les ouvertures.

(Source : K.Hamel, 2002, p 03, traité par les auteurs, 2016.)

Murs						
			0-2		12	Murs légers
			3-12		13	Murs massives

**Tableau** : recommandations spécifiques pour les murs.

(Source : K.Hamel, 2002, p04, traité par les auteurs, 2016.)

						toitures	
			0-5			14	Toitures légères et isolante
			6-12			15	Toitures lourde

**Tableau** : Recommandations spécifiques pour les toitures.  
(Source : K.Hamel, 2002, p 04, traité par les auteurs, 2016.)

						Dormir à l'extérieur	
			2-12			16	Dormir en plein air la nuit

**Tableau** : Recommandations spécifiques sur l'action de dormir à l'extérieur.  
(Source : K.Hamel, 2002, p 04, traité par les auteurs, 2016.)

						Protection contre la pluie	
		3-12				17	Protection contre la pluie

**Tableau** : Recommandations spécifique pour la protection contre la pluie.  
(Source : K.Hamel, 2002, p 04, traité par les auteurs, 2016.)

### Recommandations de détails :

Les indicateurs					
H1	H2	H3	A1	A2	A3

**Tableau** : Recommandations de détails.  
(Source : K.Hamel, 2002, p 05, traité par les auteurs, 2016.)

						<b>Dimensions des ouvertures</b>	
			0-1		0	1	Grande ouvertures (40 à 80%) des façades Nord et Sud
					1-12	2	Ouvertures moyennes (25 à 40 %)
			2-5				
			6-10			3	Petites ouvertures (15 à 25 %)
			11.12		0-3	4	Très petites ouvertures (10 à 20 %)
					4-12	5	Ouvertures moyennes (25 à 40 %)

**Tableau** : Recommandations de détails pour les dimensions des ouvertures.  
(Source : K.Hamel, 2002, p 05, traités par les auteurs, 2016.)

						<b>Position des ouvertures</b>	
3-12						6	Ouverture au Nord et au Sud.
1-2			0-5			7	Ouverture au Nord et au Sud. Avec des ouvertures pour les murs intérieurs.
			6-12				
0	2-12						

**Tableau** : Recommandations de détails pour la position des ouvertures.  
(Source : K.Hamel, 2002, p 05, traité par les auteurs, 2016.)

Protection des fenêtres							
					0-2	8	Exclure les apports directs
		2-12				9	Créer des protections contre la pluie

**Tableau** : Recommandations de détails pour la protection des fenêtres.

(Source : K.Hamel, 2002, p 05, traité par les auteurs, 2016.)

Murs et planchers							
					0-2	10	Murs légers, faible capacité thermique
					3-12	11	Murs lourds, déphasage au-delà de 8h

**Tableau** : Recommandations de détails pour les murs et les planchers.

(Source : K.Hamel, 2002, p 05, traité par les auteurs, 2016.)

Toitures							
10-12			0-2			12	Toitures légers
			3-12				13
0-9			0-5			14	Toitures lourdes, déphasage au-delà de 8h
			6-12				

**Tableau** : Recommandations de détails pour les toitures.

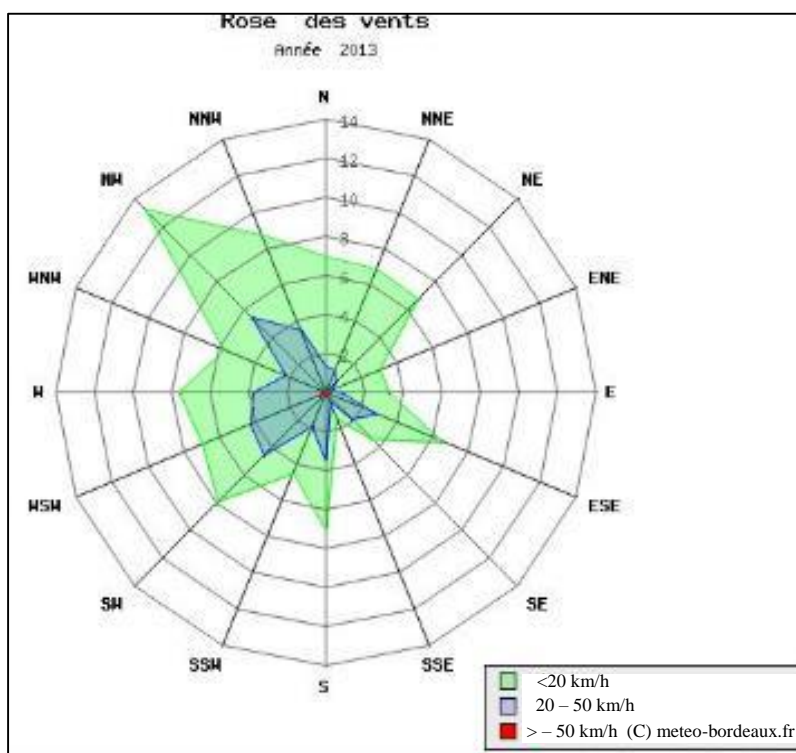
(Source : K.Hamel, 2002, p 05, traité par les auteurs, 2016.)

Traitement des surfaces extérieures							
					1-12	15	Espaces extérieurs nécessaires pour dormir
		1-12				16	Drainage adéquat des eaux pluviales

**Tableau** : recommandations de détails pour le traitement des surfaces extérieures.

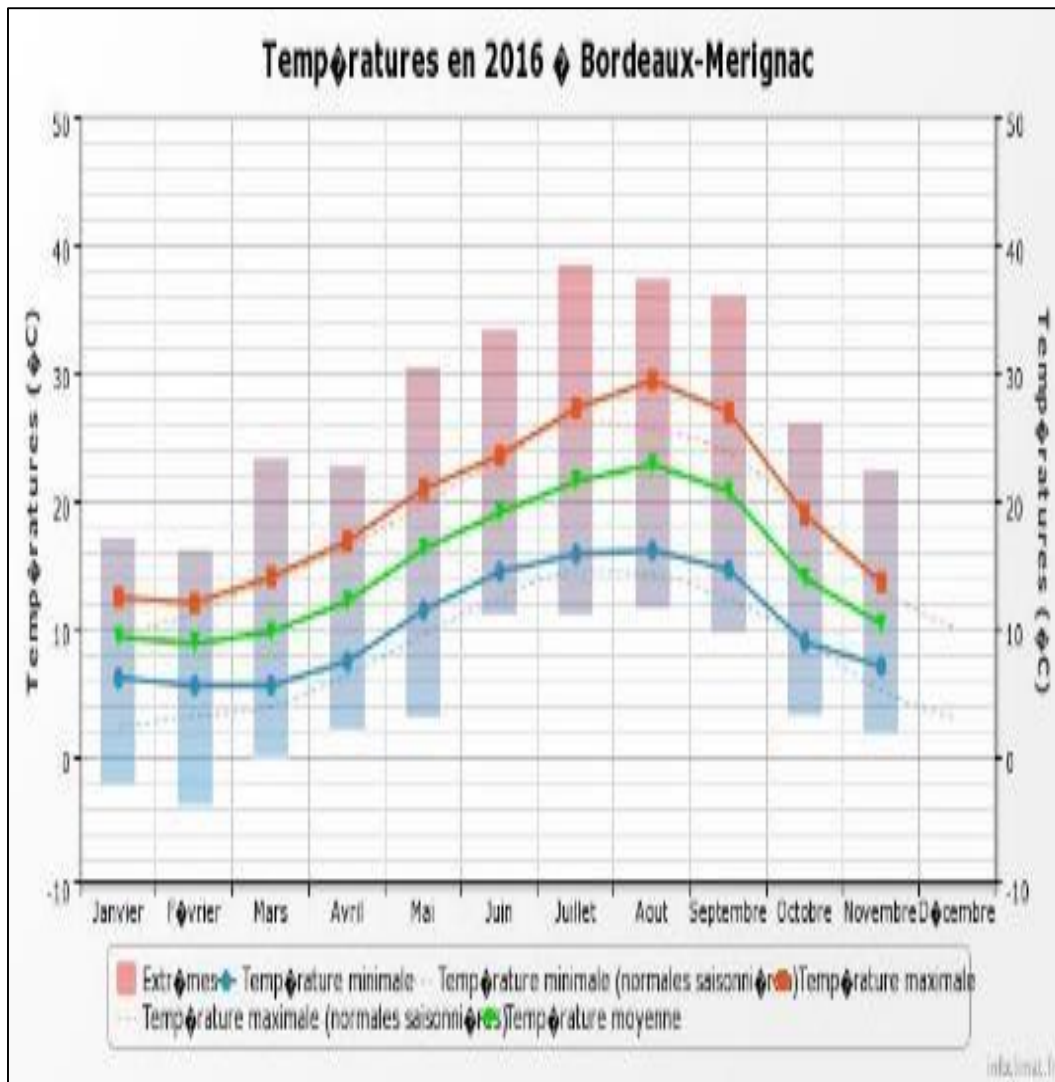
(Source : K.Hamel, 2002, p 05, traité par les auteurs, 2016.)

**Annexe 12** : Rose des vents de Bordeaux.





**Annexe 13 :** température par mois pour la ville de Bordeaux.



Annexe 14 : précipitations par mois pour la ville de Bordeaux.

