

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE POLYTECHNIQUE D'ARCHITECTURE ET D'URBANISME

**epau**



**Laboratoire Ville, Urbanisme et Développement Durable (VUDD)**

**Axe de recherche :**

**Habitat, Architecture et Développement**

**Mémoire de Master Recherche**

# **La réhabilitation énergétique du logement existant pour une réduction de la consommation à Alger**

Présenté(e) par :

**LOUNIS Nassim Elhadi**

Encadré par :

**Dr. DJIAR Kahina A.**

Jury :

**Pr. BAOUNI Tahar, président**

**Dr. MEZOUARI Fadila, membre**

**Dr. CHENAK Abdelkrim, membre**

**Mr MOUSSAOUI Tahar, invité**

**Octobre 2017**



## Remerciements :

Ce document vient conclure deux années de travail durant lesquelles les difficultés n'ont pas manqué à l'appel et ont maintes fois mis ma détermination à rude épreuve. Il y avait des moments où toutes les portes semblaient être fermées et que les doutes s'y sont prospérés au point où il n'y avait plus de lumières au bout du chemin. Pourtant, ces pages témoignent du contraire pour une seule et bonne raison. Peu importe les contraintes auxquelles nous faisons face, il y a toujours des gens qui nous soutiennent et nous tendent la main pour avancer, à ceux-là, je tiens à leur faire part de toute ma reconnaissance et ma profonde gratitude.

À mon encadreur, Dr. Djiar Kahina pour tous les efforts qu'elle a fournis afin que je termine et que je réalise ce travail tel qu'il est aujourd'hui, qui a soutenu mes ambitions quand le temps s'y prêtait et qui a su concentrer mes efforts sur l'objectif quand je me perdais.

À ma famille qui s'est investie corps et âme dans ce travail. Mes parents qui m'ont soutenu moralement, qui m'ont aidé dans toutes les démarches que j'ai dû entreprendre en tentant de débloquer certaines situations que ce soit les importants et longs déplacements qu'il a fallu faire, les connaissances et les personnes qu'il a fallu contacter ou bien l'argent et les investissements qu'il a fallu mettre dans ce travail. Mes tantes, OUSSADOU Saliha et OUSSADOU Saïda, ma cousine et son mari, TAOUINT Nassima et TAOUINT Djamel, qui m'ont soutenu dans différentes situations et qui ont tout fait pour contacter des bureaux d'études et des spécialistes en audit énergétique en France et au Canada afin que je puisse réaliser ce travail avec le meilleur outil possible. Mon frère qui a dû supporter mon humeur, qui m'a aidé plusieurs fois et qui m'a laissé son ordinateur à ma disposition afin que je puisse faire mes simulations et tests sur deux supports.

Aux personnes dont la contribution témoigne de leur générosité et de leurs grands cœurs, je les remercie par ordre de rencontre car tous méritent d'avoir une place spéciale dans ce mémoire. Monsieur MOUSSAOUI Tahar qui a été là pour moi tellement de fois, qui m'a tellement aidé et pour qui j'ai tellement d'estime et de reconnaissance que tous ceux qui m'ont parlé au cours de ces deux dernières années le connaissent sous le nom du monsieur de l'APRUE du fait que je n'ai cessé de mentionner tout ce qu'il a fait pour moi. Monsieur AIT YOUNES Salim qui m'a proposé son aide et qui a toujours été à la hauteur de son engagement : il m'a aidé à la vérification du relevé, il a tout fait pour m'orienter vers les personnes dont j'avais besoin quand le travail n'avancait plus et qui, même en étant très occupé, a toujours été là. Monsieur CHENAK Abdelkrim, Monsieur IMESSAD Khaled, Monsieur MERABET Hamza et toutes les personnes au sein du CDER qui ont été là pour apporter le soutien dont avait besoin cette étude. Madame ALI-TOUDERT Fazia, Monsieur ATHAMENA Khaled, Madame BABA SLIMANE Nour El Houda, qui ont, chacun, apporté des informations clés à la réalisation du mémoire. Monsieur Mbarek qui été disponible et très serviable comme à son habitude.

À tous mes amis qui m'ont soutenu jusqu'à la dernière minute et qui m'ont aidé dans ce travail sur tous les niveaux. AKEBLERSANE Imen dont je n'oublierai jamais l'énorme contribution qu'elle avait apporté à ce travail quand il n'était que quelques lignes. Ceux qui même loin de l'EPAU sont toujours restés proches de moi, IGDERZEN Zakaria et CHAIBLAINE Ramy. Ceux avec qui j'ai eu le plaisir de passer ces cinq dernières années, ARBIA Safya,

BOUDOUHA Yasmine, Zaidi Farouk. Le Club Charrette que je ne cesserai de qualifier comme ma deuxième famille.

À tous les membres de l'axe Habitat, Architecture et Développement dont je cite Madame Bounaira, Madame Maroua, Madame Racha, Madame Wahiba et mes camarades de la promotion actuelle : Meriem, Selma et Radja qui m'ont, tous, soutenu avec leur aide et encouragements.

Aux membres du jury pour avoir accepté d'évaluer ce travail et d'y apporter leurs remarques.

À tous les membres du laboratoire Ville Urbanisme et Développement Durable, toute personne au sein de l'EPAU et toute personne en dehors de l'EPAU qui ont contribués de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

### **Dédicaces :**

A ma mère, qui a fait de moi ce que je suis, qui m'a permis d'aller aussi loin, qui a tant enduré pour moi et à qui je dois plus que les mots peuvent exprimer.

A mon père, qui m'a incité à faire ce beau métier, qui a donné sa vie et sa santé pour que je puisse réussir et qui a fait de moi, aujourd'hui, l'homme que je suis.

A la mémoire de ma défunte Grand-mère, qui a embelli mon enfance et qui souhaitait vivre assez pour me voir réussir dans la vie.

Veillez trouver dans ce travail mon éternelle reconnaissance.

## **Résumé :**

L'énergie est une ressource indispensable surtout que sa consommation par individu n'a jamais été aussi élevée qu'à notre époque. Ses sources non renouvelables sont celles qui nous ont permis de satisfaire les demandes jusqu'à présent. Par conséquent, aujourd'hui, nous faisons face à l'épuisement éminent de ces dernières. Les changements climatiques de plus en plus inquiétants mettent les Etats du monde entier devant l'impératif de la transition énergétique.

Consommant 33% des ressources énergétiques mondiale, le secteur tertiaire et résidentiel représente non seulement la part la plus importante des dépenses, mais aussi la sphère la plus sensible en termes d'enjeux économiques, politiques, sociaux et environnementaux. En Algérie, ce secteur consomme plus de 41% de la production énergétique. Avec un parc logement existant excédant les 10 millions d'habitations, l'investissement dans la réhabilitation énergétique s'impose de manière impérieuse. Sauf qu'aucune étude n'a encore démontré les atouts tangibles d'une opération de réhabilitation énergétique dans le contexte algérois. Pourtant, la question qui revient à chaque fois que cette notion est abordée est la suivante : serait-il réellement possible d'atteindre la performance d'un projet d'habitation nouvellement construit conformément aux exigences de la haute performance énergétique en ayant recourt à la réhabilitation énergétique d'un logement existant ?

C'est précisément pour répondre à cette question que cette recherche a été menée. L'objectif consistait à comparer la performance d'un logement neuf construit dans le cadre du projet Eco-Bat, avec un logement existant en lui simulant une opération de réhabilitation énergétique. Pour ce faire, deux cas d'études ont été choisis, le premier situé à Ain Romana dans la Wilaya de Blida, alors que le second est situé à Jolie Vue II.

Les résultats obtenus à l'aide du logiciel BEopt ont permis de démontrer la possibilité de dépasser la performance du projet Eco-Bat avec la réhabilitation du logement existant. Mieux encore, l'opération permettrait de réduire la consommation énergétique de 50%. Ces résultats ont été obtenus en opérant une simulation de réhabilitation à travers de simples modifications (un investissement dans des équipements efficaces et un comportement plus optimal des usagers).

**Mots clés :** Alger, Audit énergétique, BEopt, Eco-Bat, réhabilitation énergétique.

## **Abstract:**

Energy is an indispensable resource especially in an age where consumption per individual has never been higher. Its non-renewable sources are those which have enabled us to satisfy the demands so far and consequently, today, we face the eminent exhaustion of the latter. Our obstinacy to go further and to aspire to more technological advances, we ended up with an ill world. Climate change due to our lifestyle is becoming more and more worrying and the ideal of sustainability seems to be less and less attainable. Thus, the countries engaged in a struggle to deal with them.

As 33% of world energy consumption, the tertiary and residential sector has become a priority in this fight. It represents not only the largest share of our spending but it is also a sensitive sector due to the economic, political, social and environmental issues it confronts us to. Any intervention could be considered as an optimal solution if it takes into account all these issues related to it. By this logic energy rehabilitation is one of the best ways to increase opportunities and reduce risks.

This rehabilitation, which is approached from an energy perspective, is based on the processes of energy efficiency in which we seek to achieve a certain objective with minimum energy. In buildings, in general, urbanistic, architectural and socio-technical factors influence it. By rehabilitating, we intervene on the same factors but within the limits of the existing and according to the most profitable scenario.

In Algeria, with a consumption of 41% by the services sector and the residential sector, the state was interested in the matter but still not in its rehabilitation aspect while its existing housing stock is close to 10 million dwellings.

We then made a comparison between two case studies, one being part of the Eco-Bat project of new buildings carried by the state and supposed to be energy efficient and the other part being from the existing housing stock to which we propose a rehabilitation.

The results obtained with the BEopt software showed that not only the Eco-Bat project performances could be exceeded by the rehabilitation of the existing project, but that energy consumption could be divided too. These results have been achieved by rehabilitation with simple means, investment in efficient equipment and more optimal household behaviors.

**Keywords:** Algeria, BEopt, Eco-Bat, Energy audit, Energy rehabilitation.

## ملخص:

الطاقة هي مورد لا غنى عنه خاصة في عصر لم نشهد استهلاكاً مثله قط. طاقة كانت مصادرها غير المتجددة وراء تلبية متطلباتنا إلى أن أصبحت عرضة للنافذ. مصرين على الوصول إلى ما هو دائماً أسمى، وطامحين إلى المزيد من التقدم التكنولوجي، وجدنا أنفسنا نواجه عالماً يعاني. حتى أن التغيير المناخي الذي ما هو إلا نتيجة أسلوب حياتنا أصبح مقلقا أكثر فأكثر، كذلك فلأن طموح الاستدامة صار يبدو أقل قابلية للتحقيق. في ظل هذا الوضع تجندت البلدان لخوض كفاح فرض نفسه.

مثلاً 33% من استهلاك الطاقة في العالم، أصبح قطاع الخدمات والسكن أولوية. وليس أنه يمثل أكبر حصة من استهلاكنا فقط وإنما هو أيضاً قطاع حساس بسبب التحديات الاقتصادية والسياسية والاجتماعية والبيئية التي يواجهها بها. وأي مشروع لا يمكن أن يكون الحل الأمثل إلا إذا أخذت جميع التحديات المحيطة به بعين الاعتبار. لهذا فإن إعادة تأهيل الطاقة هي واحدة من أفضل الطرق لزيادة الفرص والحد من المخاطر المترتبة عنه.

ويستند هذا التأهيل، الذي نتطرق إليه من منظور الطاقة، على عمليات تحقيق الكفاءة الطاقوية التي تتمحور أسسها حول تحقيق هدف معين بحد أدنى من الطاقة. في البناء، وعموماً، العوامل الحضرية والمعمارية والاجتماعية التقنية تؤثر على هذا. من خلال إعادة التأهيل، ونحن نتدخل على نفس هذه العوامل ولكن ضمن حدود التدخلات الممكنة فيما هو قائم ووفقاً للسياسات الأكثر ربحية.

في الجزائر، مع استهلاك قدره 41% لقطاع الخدمات والسكن، أبدت الدولة اهتمامها بالموضوع إلا إنها لم تجعل إعادة التأهيل ضمن مخططاتها في حين أن رصيدها السكني يقارب 10 ملايين مسكن.

ثم أجرينا مقارنة بين حالتين للدراسة، إحداهما جزء من مشروع Eco-Bat للمباني الجديدة التي أنشأتها الدولة ويفترض أن تكون فعالة في استخدام الطاقة والأخرى من الرصيد السكني الحالي الذي نقترح إعادة تأهيله.

وأظهرت النتائج التي تم الحصول عليها مع برنامج BEopt أنه ليس يمكن أن نتعدى كفاءة مشروع ايكو-بات من خلال إعادة التأهيل للسكنات المبنية فقط، بل ويمكن تقليص استهلاك الطاقة إلى النصف. وقد تحققت هذه النتائج من خلال إعادة التأهيل بوسائل بسيطة، والاستثمار في معدات عالية الكفاءة مع تصرفات منزلية أمثل.

الكلمات الرئيسية: BEopt، Eco-Bat، إعادة تأهيل الطاقة، تدقيق استهلاك الطاقة، الجزائر.

## Sommaire :

Remerciements .....	I
Dédicaces .....	III
Résumé .....	IV
Abstract .....	V
ملخص .....	VI
Sommaire .....	VII
Liste des figures .....	X
Liste des tableaux .....	XIV

### Introduction générale

I. Les motivations .....	2
II. Objectif de la recherche .....	2
III. La problématique .....	2
IV. Les hypothèses .....	3
V. La structure du mémoire .....	3
VI. L'approche méthodologique .....	4
a- Présentation du logiciel utilisé .....	5
b- Présentation des cas d'étude .....	6

### Partie I : Le développement durable et la réhabilitation énergétique

Introduction .....	9
--------------------	---

#### Chapitre I : Le développement durable et l'efficacité énergétique

1. L'importance de l'énergie dans le développement durable .....	10
1.1. Types d'énergies .....	10
1.2. L'importance de la préservation des énergies non renouvelables .....	12
2. Les changements climatiques et l'efficacité énergétique .....	12
2.1. Le développement durable et le besoin en énergie .....	12
2.2. Les changements climatiques, le développement durable et l'efficacité énergétique .....	14

## **Chapitre II : La réhabilitation énergétique et ses enjeux**

1. Qu'est-ce que la réhabilitation énergétique ? .....	16
2. Les enjeux de la réhabilitation énergétique.....	17
2.1. Les enjeux politiques.....	17
2.2. Les enjeux économiques .....	19
2.3. Les enjeux sociaux .....	20
2.4. Les enjeux environnementaux.....	23

## **Chapitre III : L'Algérie et l'énergie**

1. L'Algérie, les énergies et le développement durable .....	26
2. La réhabilitation énergétique en Algérie .....	28
Conclusion.....	30

## **Partie II : Evaluation de la performance énergétique des cas d'étude**

Introduction .....	31
--------------------	----

## **Chapitre IV : Evaluation de l'efficacité énergétique - méthodes et outils**

1. Efficacité énergétique ou efficacité énergétique ? .....	32
2. Les paramètres liés à l'efficacité énergétique .....	32
3. Les labels énergétiques .....	34
4. Logiciels d'évaluation de l'efficacité énergétique .....	35

## **Chapitre V : L'audit énergétique des cas d'études**

1. Présentation du logiciel BEopt .....	39
2. Etapes de la simulation appliquée sur Jolie Vue II et Ain Romana .....	40
a. Gestion des données du site.....	40
b. Modélisation de la géométrie des bâtiments .....	43
c. Configuration des options des bâtiments .....	46

## **Chapitre VI : Discussion, analyse et présentation des résultats de la simulation**

1. Les consommations énergétiques dans les cas d'étude .....	57
2. Proposition de réhabilitation énergétique.....	59
a. Le niveau urbain .....	59
b. Le niveau architectural .....	59
c. Le niveau sociotechnique .....	64
3. Résultats des simulations .....	67
Conclusion.....	73

Conclusion générale .....	<b>74</b>
Bibliographie .....	<b>77</b>
Table des annexes.....	<b>84</b>

## Liste des Figures :

Figure 1: Schéma représentant les principaux paramètres liés à la performance énergétiques. (source :Auteur.).....	4
Figure 2: Schéma représentant une comparaison entre la performance énergétique d'un logement réhabilité et un logement HPE. (source :Auteur.) .....	4
Figure 3: Schéma représentant l'évaluation de la performance par des simulations (réhabilitation du bâtiment et changement d'équipements). (source :Auteur.).....	5
Figure 4: Consommation des énergies dans le monde entre 1990 et 2040 (par quadrillion de btu). (source : U.S.Energy Information Administration. International Energy Outlook 2016. [Document électronique]. Washington DC, Office of Energy Analysis, May 2016, <a href="http://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/0484(2016).pdf">http://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/0484(2016).pdf</a> , page 1 [Consulté le : 15 Janvier 2017]) .....	10
Figure 5: Schéma représentatif des réserves mondiales des énergies non renouvelables (source : Pactes-energie (2011). Réserves énergétiques. [En ligne]. <a href="http://www.pactes-energie.org/wp-content/uploads/2011/09/reserves_energetiques.png">http://www.pactes-energie.org/wp-content/uploads/2011/09/reserves_energetiques.png</a> [Consulté le : 15 Janvier 2017]) .....	10
Figure 6: Diagramme représentatif de la production mondiale en énergie (source : Connaissance des énergies (27 mars 2015). Production d'énergie dans le monde. [En ligne]. <a href="http://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/chiffres-cles-production-d-energie">http://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/chiffres-cles-production-d-energie</a> [Consulté le : 15 Janvier 2017]) .....	11
Figure 7: Schéma représentatif de la consommation mondiale des énergies non renouvelables (source : Pactes-energie (2011). Réserves énergétiques. [En ligne]. <a href="http://www.pactes-energie.org/wp-content/uploads/2011/09/reserves_energetiques.png">http://www.pactes-energie.org/wp-content/uploads/2011/09/reserves_energetiques.png</a> [Consulté le : 15 Janvier 2017]) .....	11
Figure 8: Dépendance de la consommation énergétique annuelle par habitant avec l'indice de développement humain. (source : IMESSAD, Khaled. L'habitat, un gisement d'économie d'énergie, Bulletin des Energies Renouvelables N°22. [Document électronique]. Alger, CDER, 2002, <a href="http://www.cder.dz/bulletin/bull22/ber22.pdf">http://www.cder.dz/bulletin/bull22/ber22.pdf</a> , page 8 et 9 [Consulté le : 17 février 2017]).....	13
Figure 9: Evolution de la température de l'Hémisphère Nord depuis 2 000 ans. (source : BERRUYER, Olivier. 1345 Climat (8) : Historique long et analyse du réchauffement climatique. [Document électronique]. France, les-crises.fr, 19 avril 2013, <a href="https://www.les-crises.fr/climat-8-analyse-rechauffement/">https://www.les-crises.fr/climat-8-analyse-rechauffement/</a> [Consulté le : 18 février 2017]).....	14
Figure 10: Evolution de la température de la planète depuis 800 000 ans. (source : BERRUYER, Olivier. 1345 Climat (8) : Historique long et analyse du réchauffement climatique. [Document électronique]. France, les-crises.fr, 19 avril 2013, <a href="https://www.les-crises.fr/climat-8-analyse-rechauffement/">https://www.les-crises.fr/climat-8-analyse-rechauffement/</a> [Consulté le : 18 février 2017]).....	14
Figure 11: Evolution depuis 800 000 ans de la température de la planète et de la concentration en CO2 dans l'atmosphère. (source : BERRUYER, Olivier. 1345 Climat (8) : Historique long et analyse du réchauffement climatique. [Document électronique]. France, les-crises.fr, 19	

avril 2013, <a href="https://www.les-crises.fr/climat-8-analyse-rechauffement/">https://www.les-crises.fr/climat-8-analyse-rechauffement/</a> [Consulté le : 18 février 2017]) .....	<b>15</b>
Figure 12 : Graphique représentant la situation des ménages en fonction de leurs revenus. (source : Xavier May (22 février 2015). Inégalités en matière de facture énergétique. [en ligne]. <a href="http://inegalites.be/Inegalites-en-matiere-de-facture">http://inegalites.be/Inegalites-en-matiere-de-facture</a> [Consulté le: 29 juillet 2017].)...	<b>21</b>
Figure 13 :Graphique représentant l’isolation des logements en fonction des revenus. (source : Xavier May (22 février 2015). Inégalités en matière de facture énergétique. [en ligne]. <a href="http://inegalites.be/Inegalites-en-matiere-de-facture">http://inegalites.be/Inegalites-en-matiere-de-facture</a> [Consulté le: 29 juillet 2017].) .....	<b>22</b>
Figure 14 : Schéma représentant les trois axes majeurs de la politique nationale de maîtrise de l’énergie. (source : COLLECTIF. Pour une construction éco-énergétique en Algérie. Alger, EDDIWAN, juillet 2015, page 24).....	<b>27</b>
Figure 15 : Schéma représentant les paramètres impactant le comportement thermique du bâtiment . (source : TER MINASSIAN hovig. La réhabilitation thermique des bâtiments anciens à Paris : comment concilier protection du patrimoine et performance énergétique ? . [document électronique]. Cybergeo : European Journal of Geography, Aménagement, Urbanisme, document 536, 5 août 2011, <a href="http://cybergeo.revues.org/22583">http://cybergeo.revues.org/22583</a> [Consulté le: 23 février 2017].).....	<b>33</b>
Figure 16: Ecran d’accueil d’un nouveau projet. (source :Auteur.).....	<b>39</b>
Figure 17: Ecran de gestion des données du site. (source :Auteur.) .....	<b>40</b>
Figure 18: Ecran de modélisation de la géométrie des bâtiments. (source :Auteur.).....	<b>43</b>
Figure 19:Ecran de configuration des options des bâtiments. (source :Auteur.) .....	<b>46</b>
Figure 20 : Consommation en énergie primaire en kWh du bâtiment étudié de Ain Romana. (source :Auteur.).....	<b>57</b>
Figure 21 : Consommation en énergie primaire en kWh du bâtiment étudié de Jolie Vue II. (source :Auteur.).....	<b>57</b>
Figure 22 : Consommation en énergie primaire en kWh du logement étudié de Ain Romana. (source :Auteur.).....	<b>57</b>
Figure 23 : Consommation en énergie primaire en kWh du logement étudié de Jolie Vue II. (source :Auteur.).....	<b>57</b>
Figure 24 : Consommation en énergie primaire en kWh du logement étudié de Ain Romana en dehors du contexte réel. (source :Auteur.).....	<b>58</b>
Figure 25 : Consommation en énergie primaire en kWh du logement étudié de Jolie Vue II en dehors du contexte réel. (source :Auteur.) .....	<b>58</b>
Figure 26 : Illustration représentant la pose collée d’une isolation thermique extérieure sous enduit. (source : Point.P (4 février 2014). L’isolation thermique des murs par l’extérieur (ITE). [en ligne]. <a href="http://www.pointp.fr/l-isolation-thermique-des-murs-par-l-exterieur-ite-XA163">http://www.pointp.fr/l-isolation-thermique-des-murs-par-l-exterieur-ite-XA163</a> [Consulté le: 10 septembre 2017].) .....	<b>60</b>

Figure 27 : Illustration représentant la pose callée-chevillée d'une isolation thermique extérieure sous enduit. (source : Point.P (4 février 2014). L'isolation thermique des murs par l'extérieur (ITE). [en ligne]. <a href="http://www.pointp.fr/l-isolation-thermique-des-murs-par-l-exterieur-ite-XA163">http://www.pointp.fr/l-isolation-thermique-des-murs-par-l-exterieur-ite-XA163</a> [Consulté le: 10 septembre 2017].)	<b>60</b>
Figure 28 : Illustration représentant la pose d'une isolation thermique extérieure sous bardage. (source : Point.P (4 février 2014). L'isolation thermique des murs par l'extérieur (ITE). [en ligne]. <a href="http://www.pointp.fr/l-isolation-thermique-des-murs-par-l-exterieur-ite-XA163">http://www.pointp.fr/l-isolation-thermique-des-murs-par-l-exterieur-ite-XA163</a> [Consulté le: 10 septembre 2017].)	<b>60</b>
Figure 29 : Illustration représentant la pose d'une isolation thermique sous plancher par fixation mécanique. (source : CYPE Ingenieros. FIF Planchers. [en ligne]. <a href="http://www.algerie.prix-construction.info/renovation/Amenagements_et_finitions/Isolations_interieures/Planchers/FIF_010_Isolation_thermique_sous_plancher__0_0_0_0_0_0_1.html">http://www.algerie.prix-construction.info/renovation/Amenagements_et_finitions/Isolations_interieures/Planchers/FIF_010_Isolation_thermique_sous_plancher__0_0_0_0_0_0_1.html</a> [Consulté le: 10 septembre 2017].)	<b>62</b>
Figure 30 : Illustration représentant la pose d'une isolation thermique sous plancher par collage avec un mortier colle. (source : CYPE Ingenieros. FIF Planchers. [en ligne]. <a href="http://www.algerie.prix-construction.info/renovation/Amenagements_et_finitions/Isolations_interieures/Planchers/FIF_010_Isolation_thermique_sous_plancher__0_0_0_0_0_0_1.html">http://www.algerie.prix-construction.info/renovation/Amenagements_et_finitions/Isolations_interieures/Planchers/FIF_010_Isolation_thermique_sous_plancher__0_0_0_0_0_0_1.html</a> [Consulté le: 10 septembre 2017].)	<b>62</b>
Figure 31 : Graphe des coûts relatifs aux énergies par an en fonction des économies en énergie primaire pour les différents scénarios de réhabilitation du bâtiment de Jolie Vue II. (source :Auteur.)	<b>67</b>
Figure 32 : Consommation en énergie primaire en kWh du bâtiment réhabilité de Jolie Vue II. (source :Auteur.)	<b>68</b>
Figure 33 : Consommation en énergie primaire en kWh du logement réhabilité de Jolie Vue II. (source :Auteur.)	<b>68</b>
Figure 34 : Consommation en énergie primaire en kWh du logement réhabilité de Jolie Vue II en dehors du contexte réel. (source :Auteur.)	<b>68</b>
Figure 35 : Consommation annuelle en énergie primaire en kWh des bâtiments (kWh). (source :Auteur.)	<b>69</b>
Figure 36 : Consommation annuelle en énergie primaire des bâtiments par m <sup>2</sup> (kWh/m <sup>2</sup> ). (source :Auteur.)	<b>69</b>
Figure 37 : Consommation annuelle en énergie primaire des logements (kWh). (source :Auteur.)	<b>69</b>
Figure 38 : Consommation annuelle en énergie primaire par m <sup>2</sup> des logements (kWh/m <sup>2</sup> ). (source :Auteur.)	<b>70</b>
Figure 39 : Consommation en énergie primaire en intervenant sur l'architecture en kWh du bâtiment réhabilité de Jolie Vue II. (source :Auteur.)	<b>71</b>

Figure 40 : Consommation en énergie primaire en intervenant sur les comportements en kWh du bâtiment réhabilité de Jolie Vue II. (source :Auteur.).....	<b>71</b>
Figure 41 : Consommation en énergie primaire en intervenant sur les équipements en kWh du bâtiment réhabilité de Jolie Vue II. (source :Auteur.).....	<b>71</b>
Figure 42 : Apport des interventions sur la consommation. (source :Auteur.) .....	<b>72</b>
Figure 43 : Apport des interventions sur la consommation hors contexte. (source :Auteur.)..	<b>72</b>
Figure 44 : Coût global sur 30 ans de chaque intervention. (source :Auteur.).....	<b>72</b>

## Liste des tableaux :

- Tableau 1: Tableau représentant les facteurs d'émissions des combustibles. (source : APRUE. Consommation énergétique finale de l'Algérie. [Document électronique]. Algérie, Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie, 2007, <http://www.aprue.org.dz/documents/consommation-energetique.pdf> [Consulté le: 19 février 2017].) ..... **15**
- Tableau 2: Tableau représentant le classement des pays par quantité de CO2 émise en millions de tonnes de 1990 à 2012. (source : Florian Colas (29 juillet 2015). Quels sont les pays qui polluent le plus ?. [en ligne]. <http://vivredemain.fr/pays-polluent-plus-pollution/> [Consulté le: 25 juillet 2017].)..... **18**
- Tableau 3 : Tableau représentant le classement des pays par quantité de CO2 émise par habitant en millions de tonnes en 2012. (source : Florian Colas (29 juillet 2015). Quels sont les pays qui polluent le plus ?. [en ligne]. <http://vivredemain.fr/pays-polluent-plus-pollution/> [Consulté le: 25 juillet 2017].)..... **18**
- Tableau 4 : Tableau comparatif des frais d'une rénovation par rapport à une construction neuve. (source : Unité Construction Publique du Service Construction Habitat Ville. Construire ou Rénover ? Comment choisir ?. [document électronique]. Juin 2015, Direction Départementale des Territoires de Maine-et-Loire, [http://www.maine-et-loire.gouv.fr/IMG/pdf/Construire\\_ou\\_renover\\_-\\_13.pdf](http://www.maine-et-loire.gouv.fr/IMG/pdf/Construire_ou_renover_-_13.pdf) [Consulté le: 27 juillet 2017].) ..... **20**
- Tableau 5 : Tableau comparatif du délai de rentabilisation et le rendement de l'isolation de la toiture et des panneaux solaires dans des régions de la Belgique. (source : PELLARD Anaïs (22 avril 2017). Les énergies renouvelables : quel retour sur investissement ?. [en ligne]. <https://www.topcompare.be/fr/blog/les-energies-renouvelables-retour-investissement> [Consulté le: 1 août 2017].)..... **22**
- Tableau 6 : Tableau comparatif des changements en températures moyennes, élévation du niveau de la mer et de la concentration de CO2 dans l'atmosphère de 1990 à 2014. (source : MAGDELAINÉ Christophe (04 novembre 2014). Changement climatique : les prévisions du GIEC. [en ligne]. [https://www.notre-planete.info/terre/climatologie\\_meteo/changement-climatique-GIEC.php](https://www.notre-planete.info/terre/climatologie_meteo/changement-climatique-GIEC.php) [Consulté le: 2 août 2017].) ..... **23**
- Tableau 7 : Tableau comparatif du développement humain par rapport aux émissions de CO2 . (source : MARECHAL Jean-Paul. Le changement climatique, un enjeu international majeur du

XXIe siècle. [document électronique]. Géoéconomie, N°50, Mars 2009, France, Editions Choiseul, p93-100, <https://www.cairn.info/revue-geoéconomie-2009-3-page-93.htm> [Consulté le: 3 août 2017].) ..... **24**

Tableau 8 : Tableau des émissions en milliards de tonnes d'équivalent CO2 et en pourcentage de tous les GES d'origine humaine selon les pays et la période. (source : MARECHAL Jean-Paul. Le changement climatique, un enjeu international majeur du XXIe siècle. [document électronique]. Géoéconomie, N°50, Mars 2009, France, Editions Choiseul, p93-100, <https://www.cairn.info/revue-geoéconomie-2009-3-page-93.htm> [Consulté le: 3 août 2017].) ..... **25**

Tableau 9 : tableau représentant le bilan des émissions par secteur. (source : APRUE. Consommation énergétique finale de l'Algérie. [Document électronique]. Algérie, Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie, 2007, <http://www.aprue.org.dz/documents/consommation-energetique.pdf> [Consulté le: 19 février 2017].) ..... **27**

# **INTRODUCTION**

## **GENERALE**

## Introduction générale

Il est souvent réitéré que les réserves en énergies fossiles (pétrole, gaz et charbon) s'épuiseront dans quelques décennies. En 2009, leur consommation avait déjà atteint plus de 80% du marché de l'énergie : 33% pour le pétrole, 21% pour le gaz, 28% pour le charbon et 7% pour l'uranium<sup>1</sup>. Aujourd'hui, selon les nombreuses estimations, il ne resterait qu'une quarantaine d'années pour le pétrole, une soixante dizaines d'années pour le gaz et 400 ans pour le charbon<sup>2</sup>. Ces énergies coûtent de plus en plus cher, nuisent à l'environnement et se raréfient ; alors qu'en parallèle, la population mondiale ne cesse d'augmenter et la demande est aussi en hausse. Il est alors devenu d'actualité dans le monde de rechercher l'économie à travers une politique d'efficacité énergétique, en investissant dans les ressources renouvelables et en cherchant à réduire la consommation énergétique<sup>3</sup>.

La consommation d'énergie dans les bâtiments des secteurs résidentiel et tertiaire représente 33% du total de la consommation mondiale, dépassant celle du secteur de l'industrie représentant 29% et celle des transports avec 27%<sup>4</sup>. Ces chiffres supposeraient qu'une politique d'efficacité énergétique dans le secteur de l'habitat réduirait potentiellement la consommation globale des ressources énergétiques<sup>5</sup>.

En Algérie, les données relatives à la consommation énergétique présentent une grande similarité. Le secteur résidentiel-tertiaire est considéré comme étant le plus énergivore avec ses 41% (en tête devant le transport qui absorbe 33%, l'industrie avec 19% et l'agriculture hydraulique avec 7%).<sup>6</sup> Le parc logement, à lui seul, avec ses dix (10) millions d'habitations constitue un énorme potentiel en termes d'économie d'énergie.<sup>7</sup>

Dans cette optique, l'on pourrait supposer que s'il y a lieu de préparer la transition énergétique, l'ultime solution résiderait dans la réhabilitation énergétique du parc logement existant. Cette option a déjà été adoptée ailleurs dans le monde comme nous le verrons plus tard. Des expériences à l'étranger ont déjà montré qu'à travers certaines interventions architecturales associées à des changements ciblés dans les comportements des usagers l'on peut alors

---

<sup>1</sup> Notre-planete.info. L'énergie, les énergies fossiles et renouvelables. [En ligne]. <http://www.notre-planete.info/ecologie/energie/> [Consulté le : 18 mai 2016].

<sup>2</sup> *Ibid.*

<sup>3</sup> Laetitia Van Eeckhout. Economies d'énergie : beaucoup d'efforts restent à faire. [En ligne]. [http://www.lemonde.fr/planete/article/2013/10/08/economies-d-energie-beaucoup-d-efforts-restent-a-faire\\_3492096\\_3244.html](http://www.lemonde.fr/planete/article/2013/10/08/economies-d-energie-beaucoup-d-efforts-restent-a-faire_3492096_3244.html) [Consulté le : 18 mai 2016].

<sup>4</sup> Collectif. La réhabilitation énergétique des bâtiments Enjeux et méthodes. [Document électronique]. France, Agence Française de développement, Novembre 2011, <http://www.afd.fr/jahia/webdav/site/afd/shared/PUBLICATIONS/RECHERCHE/Scientifiques/Focales/08-Focales.pdf> [Consulté le : 18 mai 2016].

<sup>5</sup> IMESSAD Khaled. L'habitat, un gisement d'économie d'énergie. [Document électronique]. Algérie, Recherche et Développement, 2012, [http://www.cder.dz/vlib/bulletin/pdf/bulletin\\_022\\_04.pdf](http://www.cder.dz/vlib/bulletin/pdf/bulletin_022_04.pdf) [Consulté le : 18 mai 2016].

<sup>6</sup> APRUE. Consommation énergétique finale de l'Algérie. [Document électronique]. Algérie, Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie, 2007, <http://www.aprue.org.dz/documents/consommation-energetique.pdf> [Consulté le : 18 mai 2016].

<sup>7</sup> Lotfi Ramdani. Algérie : des chiffres et des logements. [En ligne]. <http://tribune.lkeria.com/algerie-des-chiffres-et-des-logements/> [Consulté le : 18 mai 2016].

économiser de l'énergie. Qu'en est-il du cas de l'Algérie ? Comment peut-on explorer le sujet de la réhabilitation énergétique dans le secteur résidentiel ?

## **I. Les motivations :**

Ce thème recèle une importance majeure, plus particulièrement en ce temps de crise économique, qui commence à livrer ses premières conséquences, notamment à travers le phénomène d'inflation. Il est clair que la première motivation derrière le choix du sujet est d'abord liée à des sensibilités que nous ne pouvons ignorer face à l'actualité qui rythme notre quotidien. Il s'agit, pour nous, d'approfondir nos connaissances sur un sujet, qui malgré son importance, reste encore peu étudié dans les projets développés en ateliers à l'EPAU, mais fort heureusement proposé pour les thèmes de recherche en Master par l'axe HAD du Laboratoire VUDD.

Ainsi, nous avons opté pour un sujet de recherche qui, par ses résultats, nous espérons qu'il aura un impact d'ordre opérationnel, dans le sens où il contribuerait à orienter la prise de décision par les pouvoirs publics.

## **II. Objectif de la recherche :**

L'objectif de cette recherche est d'évaluer l'efficacité de la réhabilitation énergétique dans une démarche de comparaison avec la performance du logement neuf de type haute performance énergétique (HPE). En d'autres termes, il s'agit d'effectuer une étude comparative entre la performance énergétique d'un logement nouvellement construit de type HPE et celle d'un logement sur lequel on simulerait une opération de réhabilitation énergétique.

Trois sous-objectifs peuvent se dresser comme suit :

- Examiner les implications du changement des caractéristiques intrinsèques du logement ;
- Explorer l'impact du changement des comportements des usagers sur la consommation énergétique du bâtiment ;
- Renseigner les pouvoirs publics sur l'apport économique de la réhabilitation énergétique d'un logement en le comparant avec celui du HPE.

## **III. La problématique :**

La réhabilitation énergétique, de plus en plus adoptée à l'étranger, constitue une politique qui commence à apporter ses fruits<sup>8</sup>. Cependant, ce sujet reste peu exploré dans les sphères académiques en Algérie, où le contexte est bien différent. Ce qui se fait ailleurs dans le monde n'est pas forcément applicable dans notre pays. En effet, il ne s'agit pas de rénovation énergétique qui vise à transformer les caractéristiques d'un bâtiment pour qu'il puisse atteindre des performances proches d'un bâtiment récent avec des objectifs de performance quantitative.

---

<sup>8</sup>Collectif. La réhabilitation énergétique des bâtiments Enjeux et méthodes. [Document électronique]. France, Agence Française de développement, Novembre 2011, <http://www.afd.fr/jahia/webdav/site/afd/shared/PUBLICATIONS/RECHERCHE/Scientifiques/Focales/08-Focales.pdf> [Consulté le : 18 mai 2016].

Il s'agit plutôt de réhabilitation énergétique qui concerne l'amélioration énergétique accompagnée d'une transformation qualitative du bâtiment, ce qui signifie qu'on associe à la problématique de l'énergie le souci de la qualité de l'utilisateur<sup>9</sup>. Ainsi, la différence de culture et d'utilisation des espaces nous amène, elle aussi, à s'interroger sur l'applicabilité de cette solution dans le contexte algérien – ou, plus précisément, algérois.

De plus, il serait purement hypothétique d'affirmer avec conviction, sans aucune étude scientifique, l'efficacité des techniques utilisées ailleurs dans le cadre de la réhabilitation énergétique. Cette dernière ne peut être considérée comme solution à préconiser tant qu'il n'y a pas d'arguments démontrés de manière méthodique et objective. En somme, notre problématique s'articule autour de la question suivante : Est-il possible d'atteindre un niveau d'efficacité énergétique similaire à, ou même meilleur que, celui obtenu par un logement à Haute Performance Energétique (HPE) par la réhabilitation d'un logement existant ? En d'autres termes, serait-il plus approprié d'investir dans la réhabilitation du parc logement existant, qui comme il a été noté plus haut s'élève à dix (10) millions d'habitations, que de développer exclusivement le HPE ?

#### **IV. Les hypothèses :**

La consommation énergétique se calcule généralement en prenant en considération les caractéristiques du bâtiment, de son environnement et du type d'usages effectué par ses habitants. Ainsi, l'on pourrait réduire la consommation énergétique en intégrant des énergies renouvelables, en proposant des interventions architecturales au niveau du logement et en encourageant, dans le même temps, un changement progressif des comportements des usagers. A partir de là, il deviendrait possible d'atteindre une réduction de la consommation énergétique, probablement autant qu'un bâtiment Eco-Bat, dit de Haute Performance Energétique (HPE), tel qu'il est conçu dans le cadre du Programme National pour la Maîtrise de l'Energie (PNME)<sup>10</sup>.

#### **V. La structure du mémoire :**

Le mémoire est structuré en deux principales parties. Chacune se compose de trois chapitres comme suit :

**La première partie** introduit la réhabilitation énergétique et examine son importance à l'échelle mondiale. Cette première partie comporte le **Chapitre 1** qui présente un aperçu global de la situation de la consommation énergétique dans le monde. Il discute, par ailleurs, des aspects liés aux enjeux énergétiques dans le secteur de l'habitat. Il est suivi par le **Chapitre 2** dans lequel on cible les enjeux de la réhabilitation énergétique sous toutes ses formes. Ce chapitre apporte des notions complémentaires à celles développées dans le précédent chapitre, dans la mesure où il discute l'importance de la gestion de l'énergie. Dans le **Chapitre 3**, nous

---

<sup>9</sup> CHARLOT-VALDIEU Catherine et OUTREQUIN Philippe. La réhabilitation énergétique des logements. France, Le moniteur, 2011, 271.

<sup>10</sup>S. Sami-Mécheri, D. Semmar et A. Hamid. Efficacité énergétique des logements à haute performance énergétique, 'HPE': Application au site de Béchar. [Document électronique]. Algérie, Revue des Energies Renouvelables Vol. 15 N°2, 2012, [http://www.cder.dz/download/Art15-2\\_15.pdf](http://www.cder.dz/download/Art15-2_15.pdf) [Consulté le : 18 mai 2016].

discutons les aspects liés aux énergies et au développement durable dans le contexte algérien. Il est question d'explorer la notion de la réhabilitation énergétique dans le cas algérien.

**La deuxième partie** traite de l'audit énergétique que nous avons effectué dans deux cas d'étude : un logement existant situé à Jolie Vue II (Alger) et un logement de type HPE nouvellement construit à Ain Romana (Blida).

## VI. Approche méthodologique :

Afin d'atteindre l'objectif de recherche, et pour répondre à notre problématique, nous avons adopté une démarche méthodologique qui s'organise selon la logique présentée ci-après :

La performance énergétique d'un bâtiment dépend de trois principaux paramètres (Voir Figure 1) :

1- l'Architecture avec ses caractéristiques intrinsèques ; 2- l'environnement urbain avec les aspects liés à l'orientation, l'ensoleillement, le vent, les masques, etc. ; 3- le comportement des usagers avec leur choix d'équipements et appareils.



Figure 1: Schéma représentant les principaux paramètres liés à la performance énergétique. (source :Auteur.)

Ainsi, nous procéderons à l'évaluation de l'approche la plus approprié à la réhabilitation énergétique en agissant sur ces trois paramètres. Nous utiliserons la simulation numérique pour comparer entre la performance d'un logement avant et après sa réhabilitation avec celle d'un logement dit à haute performance énergétique (Figure 2).

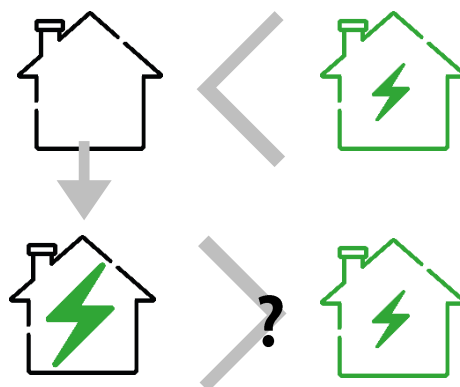


Figure 2: Schéma représentant une comparaison entre la performance énergétique d'un logement réhabilité et un logement HPE. (source :Auteur.)

Dans un second temps, nous procéderons à la modification des paramètres afin de mesurer leur impact sur la performance du bâtiment. Il s'agit donc de simuler une réhabilitation de l'enveloppe architecturale du bâtiment, en cherchant à profiter du potentiel de l'environnement urbain. L'analyse ne s'arrête pas là puisque nous poursuivrons l'évaluation par un autre niveau de simulation. Celle-ci propose un changement des équipements et leur éventuel remplacement par des appareils économes énergétiquement (Figure 3).

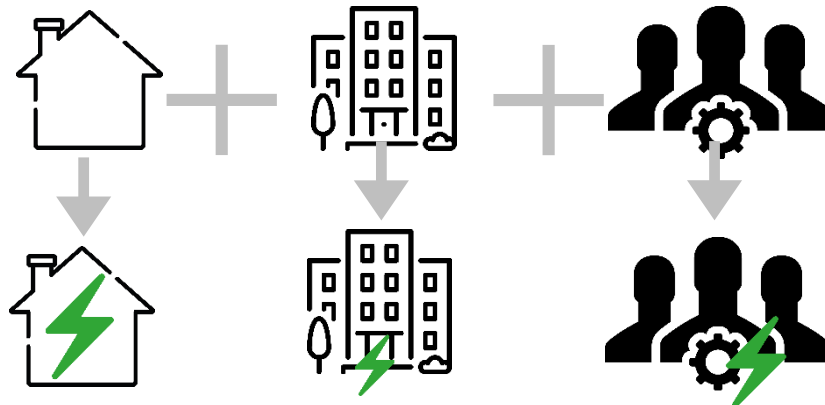


Figure 3: Schéma représentant l'évaluation de la performance par des simulations (réhabilitation du bâtiment et changement d'équipements). (source :Auteur.)

Nous entamons notre étude par la réalisation d'un audit énergétique complet qui prendrait en compte les trois paramètres : les comportements, habitudes et types d'usagers. Il serait difficile de comparer la performance de deux logements en ayant différents usagers. C'est pourquoi nous fixons un seul type de ménage pour les deux cas d'études, comme nous l'expliquerons plus tard. Ceci nous permettra d'avoir une meilleure appréciation de l'évolution que pourrait donner une optimisation des comportements et des investissements des usagers.

Après l'audit énergétique, nous proposons pour chacun des paramètres diverses solutions au niveau de l'ancien logement. L'étude comparative nous permettra de choisir l'option la plus optimale.

Enfin, nous analysons les résultats obtenus en comparant ceux du logement nouvellement construit de type HPE avec les résultats obtenus à partir des simulations effectuées sur le logement existant sur lequel nous supposons une opération de réhabilitation. Cette démarche nous permettra de confirmer ou infirmer notre hypothèse selon les résultats liés au calcul de la performance énergétique appliquée aux deux cas choisis.

#### **a- Présentation du logiciel utilisé :**

Pour la réalisation de cette étude, nous devons opter pour un logiciel de simulation énergétique dynamique (SED) afin que nous puissions couvrir les trois paramètres qui nous intéressent. Initialement, notre choix s'est tourné vers TRNSYS et EnergyPlus. Le premier nécessitait une importante maîtrise et l'aide d'ingénieurs ou spécialistes compte tenu de la complexité de son langage, sans évoquer le fait qu'il soit payant. EnergyPlus, quant à lui, étant gratuit et relativement plus maîtrisable avait, tout de même, une interface non-conviviale.

Dès lors nous avons tenté de suivre une formation afin d'apprendre les éléments de base qui nous permettraient d'effectuer notre exercice de simulation. Malheureusement, nos recherches n'ont pas été concluantes, ce qui nous a amené à nous pencher sur des applications tiers d'EnergyPlus. Celles-ci étant nombreuses et différentes, nous avons essayé toutes celles qui étaient gratuites. Finalement, nous avons retenu le logiciel **BEopt dans sa version 2.7**, étant la plus récente au moment de la réalisation de notre étude.

BEopt se présentait comme un logiciel qui nous permettait d'appliquer notre simulation conformément aux objectifs que nous nous sommes fixés au préalable. De plus, il est gratuit, et bien plus facile à utiliser que TRNSYS ou EnergyPlus. Plusieurs chercheurs ont eu recours à ses utilités et ont apporté un témoignage satisfaisant, ce qui nous a rassuré quant à la fiabilité de ses résultats.<sup>11</sup>

En effet, BEopt ou Building Energy Optimization est un logiciel qui propose d'évaluer la conception des bâtiments et d'identifier, dans le même temps, la solution la plus rentable en termes de coût et de performance énergétique. Il peut être utilisé pour analyser des constructions neuves ou anciennes, des bâtiments individuels ou collectifs, en réalisant une simple évaluation de la performance, une comparaison, ou une optimisation cherchant une double rentabilité, énergétique et financière.

Il permet aussi de visualiser en planimétrie ou en 3D la géométrie du projet, en tenant compte des différents éléments en relation avec les trois paramètres que nous nous sommes fixés d'étudier. Par ailleurs, il donne la possibilité de détailler certains aspects financiers et de facturation, tout en abordant la question du site d'implantation avec des données aussi précises que celles développées par le logiciel EnergyPlus. De plus, il offre des données de sorties détaillées avec un pas de temps inférieur à l'heure.

Cependant, BEopt présente quelques inconvénients, similaires en tout cas à ceux d'EnergyPlus, dans la mesure où il comporte une bibliothèque large mais qui convient plus aux constructions américaines. Le rajout de données à la bibliothèque est possible, mais nécessite l'apprentissage des unités de mesures anglo-saxonnes, ce que nous avons dû apprendre.

## **b- Présentation des cas d'étude :**

Comme nous l'avons évoqué plus haut, l'objectif de notre recherche est d'effectuer une étude comparative entre la performance énergétique d'un logement nouvellement construit de type HPE et celle d'un logement sur lequel on simulerait une opération de réhabilitation énergétique. Ainsi, pour le logement existant, nous avons opté pour un appartement situé au quartier G11 des 1216 logements à Jolie Vue II (Alger), tandis que pour le cas du HPE, nous avons choisi un appartement situé au projet des 80 logements d'Ain Romana à Blida. Les motifs justifiant ces choix sont listés ci-dessous.

---

<sup>11</sup> NREL. Publications. [En ligne]. <http://beopt.nrel.gov/publications> [Consulté le : 20 août 2017]

- **Le G11 des 1216 logements à Jolie Vue II :**

L'analyse que nous voudrions faire nécessite d'avoir beaucoup de détails sur les équipements et les appareils des ménages. Elle nécessite aussi de connaître les habitudes des usagers en détail afin de garantir la fiabilité des données afin de réaliser correctement l'audit énergétique. Le type des données concerne les heures de présence chaque jour, les habitudes des locataires pendant le weekend où en période de vacances, l'utilisation du climatiseur, les habitudes par rapport au nettoyage du linge, les heures de repas, etc. Ces données sont non seulement importantes à connaître pour réaliser l'audit, mais indispensables aussi dans la mesure où elles permettent de mesurer les excès et détecter les habitudes qui engendrent du gaspillage énergétique. Ainsi, compte tenu du caractère privé des données requises et de leur précision, nous avons opté pour notre propre logement familial.

Le quartier G11 fait partie des 1216 logements la cité Jolie Vue II qui se situe dans la commune de Kouba à Alger. L'abréviation G11 fait référence à Groupe 11, qui est un projet de logement social initialement programmé par la Direction de l'Urbanisme, de la Construction et de l'Habitat (DUCH) d'Alger, puis réalisé par la Société régionale de construction d'Alger (SORECAL) en 1989-1991. Aujourd'hui, il est géré par l'Office de promotion et de gestion immobilière (OPGI) d'Hussein Dey. Le quartier comprend 698 logements dont 220 F2, 385 F3, 78 F4 et 15 F5 intégrés des bâtiments de type tour et d'autres de type barre.

Le logement retenu pour notre étude est de type F3 d'une surface de 70.22 m<sup>2</sup>, situé dans un immeuble dit tour de R+4, à quatre logements par palier. Le bâtiment est construit avec du béton préfabriqué et une isolation thermique extérieure en plaques de plâtre.

Dans l'impossibilité de retrouver les plans de l'immeuble, dû au fait que SORECAL ait été dissoute en 1998, nous avons été contraints d'effectuer nous-même le relevé. La qualité du relevé effectué a été confirmée en termes de géométrie puisque les aires obtenues étaient quasi-identiques à celles mentionnées sur les contrats d'achats. Pour ce qui des matériaux, nous avons pu les obtenir par le biais du propriétaire, qui n'est autre que mon père, LOUNIS Ali. Ayant travaillé au Ministère de l'Habitat lors de la conception du projet, il nous a aidé à identifier les matériaux et les systèmes constructifs. Nous avons tout de même vérifié ces aspects avec un voisin architecte, qui lui aussi a exercé, à cette même époque, au niveau de la DUCH d'Alger. Son témoignage était précis puisqu'il a assisté aux différentes étapes de la réalisation du projet.

- **Le projet des 80 logements HPE à Ain Romana :**

Le choix du projet de logements de type HPE s'est directement porté sur celui situé à Ain Romana à Blida puisque c'est le seul de ceux lancés dans le cadre du programme Eco-Bat déjà réalisé et livré dans la région nord-centre en Algérie. En effet, le programme Eco-Bat, lancé en juin 2011, projetait la construction de 600 logements à haute performance énergétique dans 11 wilayas : Alger, Skikda, Oran, Blida, Tamanrasset, Mostaganem, Béchar, Laghouat, Djelfa, El Oued et Sétif.<sup>12</sup> C'est un programme pilote d'efficacité énergétique supervisé par l'APRUE en collaboration avec les OPGI. Les 80 logements d'Ain Romana se situent dans la commune

---

<sup>12</sup> Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie (2015). Programme Eco-Bat. [en ligne]. <http://www.aprue.org.dz/prg-eco-bat.html> [Consulté le: 9 septembre 2017].

Tifiniagh dans la wilaya de Blida. Il a été conçu par le Bureau d'études BET DAR et réalisé par l'entreprise ERTBPH DJEMIL. Les appartements sont répartis sur 8 bâtiments de type R+5 avec deux logements F3 d'une surface de 74 m<sup>2</sup> chacun, par palier.

Le bâtiment est en double cloisons avec isolation en polystyrène et des dalles flottantes en hourdis avec du polystyrène en contrebas. Son enveloppe et ses ouvertures sont censées être conçues en respectant les DTR. Le dossier graphique indique la présence d'une ventilation par puits canadiens et des extracteurs statiques, ce qu'en fait, n'a jamais été réalisé, ce qui signifie que nous n'allons pas les prendre en compte dans notre étude.

# **Partie I :**

## **Le développement durable et la réhabilitation énergétique**

## **Introduction :**

On ne peut aspirer à une durabilité sans énergies. Les énergies ont toujours été une ressource essentielle dans la vie de l'être humain quelles que soit leur forme. Il fût un temps où la seule énergie qui attisait les convoitises était la nourriture. Plus on lui découvrait de formes nouvelles et plus elle devenait indispensable, car elle permettait d'ouvrir la vie de tous les jours sur des perspectives nouvelles.

Dans cette première partie, nous introduisons l'énergie telle qu'elle est perçue aujourd'hui. En partant des types d'énergies et tous ce qui entoure le sujet jusqu'à arriver aux impacts de leur consommation abusive sur notre planète, nous discutons les raisons derrière les conflits qu'elle crée et l'impérative du développement durable.

Nous présenterons ensuite la réhabilitation énergétique, une des solutions qui tend à s'imposer dans le but de préserver les ressources naturelles et limiter leur épuisement. Le sujet de l'énergie touche à plusieurs domaines et la recherche d'une solution pour réduire la consommation, notamment par le billet de la réhabilitation nécessite une connaissance de ses risques et de ses opportunités. Nous abordons de ce fait les enjeux de la réhabilitation afin d'évaluer toute son importance.

Une fois les notions générales liées à l'énergie et les enjeux de la réhabilitation explorés, nous nous penchons sur le cas de l'Algérie pour examiner l'approche des pouvoirs publics face au débat international. La compréhension du sujet au niveau mondial nous permet ainsi de situer l'intérêt et l'apport de notre pays dans ce domaine.

# **Chapitre I : Le développement durable et l'efficacité énergétique**

# 1. L'importance de l'énergie dans le développement durable :

## 1.1. Types d'énergies :

Quand on aborde le terme « énergie », les notions d'énergies fossiles et d'énergies renouvelables se placent immédiatement à l'ordre du jour. D'un côté, se place la source d'énergie principale, autrefois incontestée, qu'est l'énergie fossile avec toute la liste des combustibles tel que le pétrole, le gaz naturel et le charbon. Ce sont des énergies non renouvelables, car elles sont issues de la transformation de la matière organique enfouie sous le sol pendant des millions d'année.<sup>13</sup> De l'autre côté, l'on retrouve les énergies dites renouvelables, celles issues d'une ressource que la nature permet de renouveler en permanence.<sup>14</sup> On se réfère ainsi à deux sources principales : le soleil et la terre (hydraulique, solaire, éolien, marine, biomasse et géothermie).

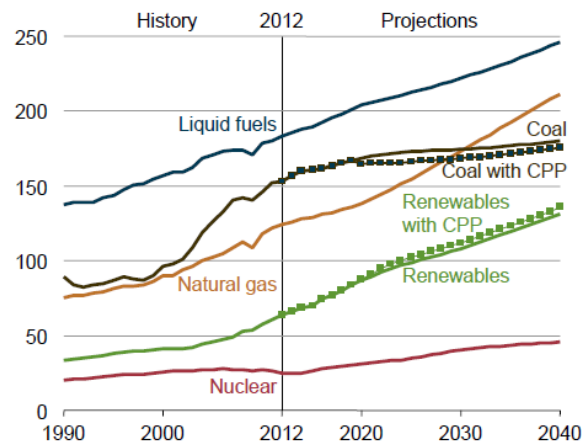


Figure 4: Consommation des énergies dans le monde entre 1990 et 2040 (par quadrillion de btu). (source : U.S. Energy Information Administration. *International Energy Outlook 2016*. [Document électronique]. Washington DC, Office of Energy Analysis, May 2016, [http://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/0484\(2016\).pdf](http://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/0484(2016).pdf), page 1 [Consulté le : 15 Janvier 2017])

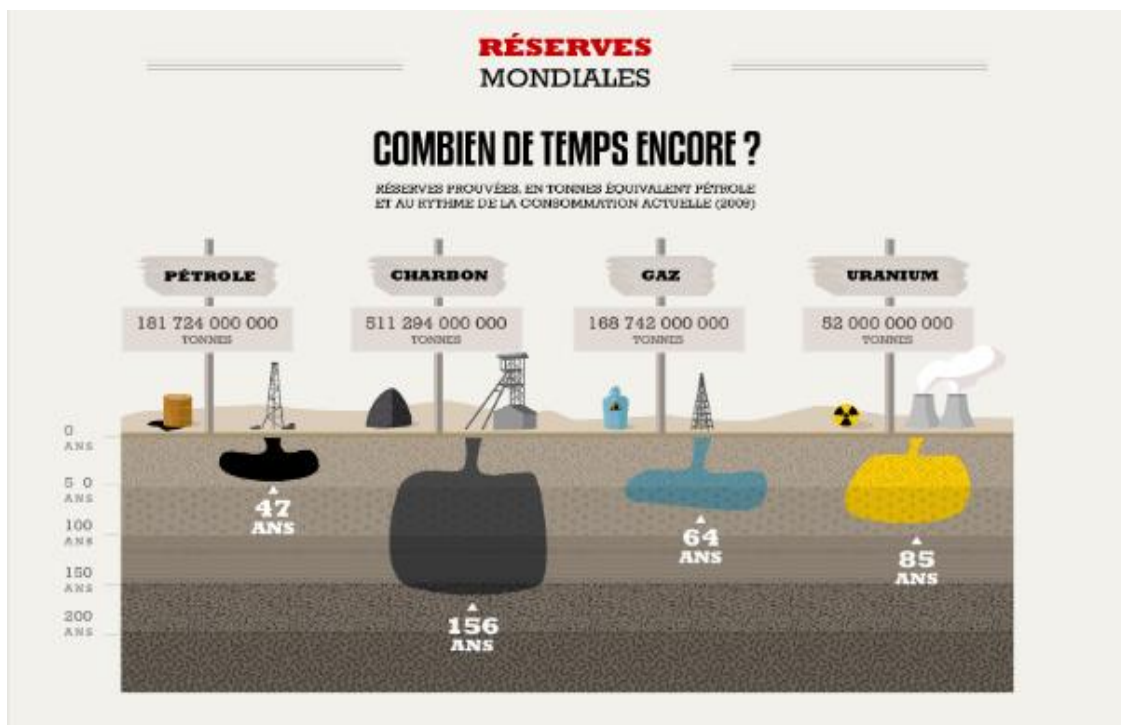


Figure 5: Schéma représentatif des réserves mondiales des énergies non renouvelables (source : pactes-energie (2011). *Réserves énergétiques*. [En ligne]. [http://www.pactes-energie.org/wp-content/uploads/2011/09/reserves\\_energetiques.png](http://www.pactes-energie.org/wp-content/uploads/2011/09/reserves_energetiques.png) [Consulté le : 15 Janvier 2017])

<sup>13</sup> Planète énergies (25 juillet 2016). Les énergies fossiles. [en ligne]. <http://www.planete-energies.com/fr/medias/decryptages/les-energies-fossiles> [Consulté le: 15 Janvier 2017].

<sup>14</sup> Planète énergies (25 juillet 2016). Les énergies renouvelables. [en ligne]. <http://www.planete-energies.com/fr/medias/decryptages/les-energies-renouvelables> [Consulté le: 15 Janvier 2017].

A mi-chemin entre ces deux grandes familles, vient se placer l'énergie nucléaire, qui se base principalement sur l'uranium, lequel jouit d'une rentabilité tellement importante qu'il est souvent considéré comme une énergie inépuisable<sup>15</sup>.

Aujourd'hui, les énergies fossiles dominent le marché de la consommation énergétique (voir Figure 4). Les énergies renouvelables quant à elles continuent de susciter les débats autour de leur coût d'investissement et de maintenance requise pour chaque procédé<sup>16</sup>. Pour ce qui est de l'énergie nucléaire, malgré son potentiel, elle demeure très coûteuse et présente de grands risques liés à la sécurité.<sup>17</sup>

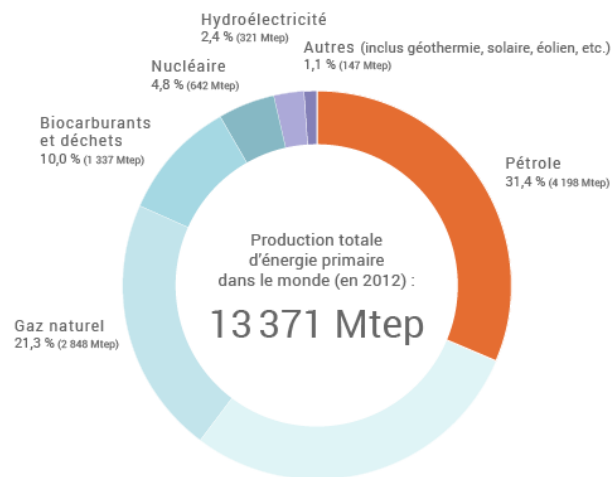


Figure 6: Diagramme représentatif de la production mondiale en énergie (source : Connaissance des énergies (27 mars 2015). Production d'énergie dans le monde. [En ligne]. <http://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/chiffres-cles-production-d-energie> [Consulté le : 15 Janvier 2017])

Au vu de la demande toujours plus importante, les ressources fossiles épuisables vont atteindre inévitablement leurs limites. En effet, le rythme de consommation actuel laisse une quarantaine d'années au pétrole, une soixantaine d'années au gaz, environ cent cinquante ans au charbon et quatre-vingt ans à l'uranium avant de s'épuiser entièrement (Figure 5 et Figure 7). D'ici là, les énergies renouvelables vont probablement devenir la seule ressource dont nous disposerons bien que nous n'en produisons toujours pas assez pour le moment (voir Figure 6).



Figure 7: Schéma représentatif de la consommation mondiale des énergies non renouvelables (source : pactes-energie (2011). Réserves énergétiques. [En ligne]. [http://www.pactes-energie.org/wp-content/uploads/2011/09/reserves\\_energetiques.png](http://www.pactes-energie.org/wp-content/uploads/2011/09/reserves_energetiques.png) [Consulté le : 15 Janvier 2017])

<sup>15</sup> Planète énergies (25 juillet 2016). Les énergies renouvelables. [en ligne]. <http://www.planete-energies.com/fr/medias/decryptages/les-energies-renouvelables> [Consulté le: 15 Janvier 2017].

<sup>16</sup> Quelle Energie.fr. Énergies renouvelables : avantages et inconvénients. [en ligne]. <https://www.quelleenergie.fr/magazine/energies-renouvelables/energies-renouvelables-avantages-inconvenients-46047/> [Consulté le: 4 avril 2017].

<sup>17</sup> L'énergie nucléaire (15 octobre 2014). Les avantages et inconvénients de l'énergie nucléaire. [en ligne]. <https://energie-nucleaire.net/avantages-et-inconvenients-de-l-energie-nucleaire.html> [Consulté le: 4 avril 2017].

## 1.2. L'importance de la préservation des énergies non renouvelables :

Dans le but de répondre à la demande en énergie, la production dépasse la consommation. Cela revient au fait que l'énergie connaît plusieurs transformations avant d'atteindre sa forme consommable. L'énergie à l'état brut et sans aucune intervention humaine est appelée énergie primaire. Cette dernière est transformée en énergie secondaire pour devenir carburant, électricité, ... etc. Pour ainsi faire, une énergie secondaire est utilisée pour transformer l'énergie primaire vers sa forme secondaire. L'énergie obtenue est celle qui répond aux besoins de l'être humain directement, comme son utilisation pour un usage domestique ou indirectement en étant utilisée pour produire tout ce qui sera consommé. Dans ce sens, elle est soit primaire soit secondaire.<sup>18</sup>

L'énergie finale n'est alors que l'énergie primaire à laquelle sont soustraits les pertes qu'elle subit pendant sa transformation. Ce qui fait que pour répondre à la demande mondiale en énergie finale, il faut que l'énergie primaire utilisée pour atteindre le besoin dépasse la quantité demandée en prenant en compte toutes les pertes. Ce qui rend les besoins en énergie renouvelables d'autant plus importants pour remplacer entièrement les énergies fossiles. Dans ce cas-là, il devient inéluctable que les énergies renouvelables sont celles de l'avenir sauf qu'elles requièrent du temps pour atteindre le niveau de production nécessaire. D'ici là, il est impératif de rationaliser l'utilisation des énergies afin de réduire la consommation et prolonger relativement la durée de vie des énergies fossiles.

## 2. Les changements climatiques et l'efficacité énergétique :

### 2.1. Le développement durable et le besoin en énergie :

Bien connue, toujours citée, le développement durable appelle à « *répondre aux besoins du présent sans compromettre la capacité de satisfaire ceux des générations futures* ». <sup>19</sup> Mais, comme le note Jean-Marc Jancovici, au fond « *cette définition n'a malheureusement aucune portée opérationnelle, en ce sens qu'elle ne fournit de réponse objective ou d'aide à la décision dans aucun domaine où il existe des limites physiques* » <sup>20</sup>. Parler d'énergie et de développement durable commence par identifier les besoins à satisfaire ce qui ouvre une grande porte au débat. Si l'on se référait à la pyramide de Maslow, l'être humain exprime cinq besoins fondamentaux. Il s'agit des besoins physiologiques, besoins de sécurité, besoins sociaux, le besoin d'estime de

---

<sup>18</sup> Planète énergies (25 juillet 2016). Consommation d'énergie finale dans le monde. [en ligne]. <http://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/consommation-d-energie-finale-dans-le-monde-0> [Consulté le: 15 Janvier 2017].

<sup>19</sup> Gro Harlem Brundtland. Rapport Brundtland - Avant-propos. [Document électronique]. Commission mondiale sur l'environnement et le développement de l'Organisation des Nations unies, 1987, [http://www.diplomatie.gouv.fr/sites/odyssee-developpement-durable/files/5/rapport\\_brundtland.pdf](http://www.diplomatie.gouv.fr/sites/odyssee-developpement-durable/files/5/rapport_brundtland.pdf), page 37 [Consulté le : 16 février 2017]

<sup>20</sup> Jean-Marc Jancovici (1 juillet 2003). Energie et développement durable. [en ligne]. <https://jancovici.com/publications-et-co/articles-de-presse/energie-et-developpement-durable/> [Consulté le: 16 février 2017].

soi et le besoin de se réaliser.<sup>21</sup> Tous dépendent, aujourd’hui, d’énergie qui, elle, est presque devenue aussi importante qu’eux car elle constitue un moyen essentiel pour atteindre l’équilibre évoqué par Maslow.

Par ailleurs, et dans cette même optique, les Nations Unies ont mis en place l’indice HDI (Human Development Index) qui évalue le développement humain selon l’espérance de vie, l’accès au savoir et l’accès aux ressources matérielles<sup>22</sup>. Selon le graphe présenté sur la Figure 8, il existe une relation directe entre l’accroissement du HDI et l’accroissement de la consommation énergétique. En effet, *les pays qui ont les valeurs de HDI le plus élevé, supérieur à 90%, sont des nations ayant des économies relativement développées, tel que les Etats Unis, le Canada et le Japon*<sup>23</sup>. On voit aussi que le HDI est un paramètre clé du développement durable contrairement à la consommation qui, si elle consiste à puiser dans les ressources limitées, va à son encontre. Opter pour une efficacité de consommation énergétique, en préservant la qualité de vie, voir l’améliorer, serait une bonne stratégie pour servir le développement durable, particulièrement pour les pays en voie de développement qui œuvrent pour l’amélioration de leur HDI. L’énergie constitue, indéniablement, « *un facteur clé du développement économique et social actuel, tant pour les pays développés que pour les pays en développement.* »<sup>24</sup>

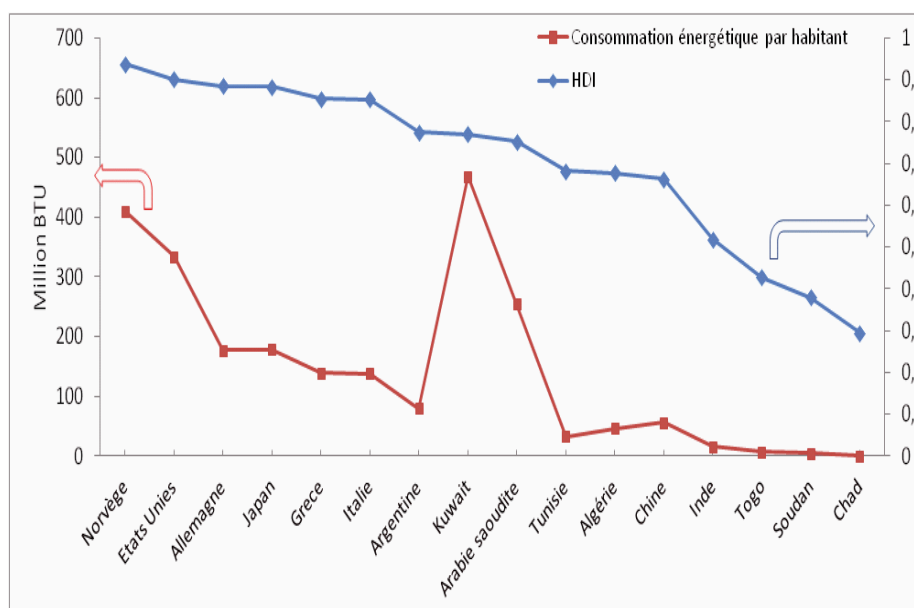


Figure 8: Dépendance de la consommation énergétique annuelle par habitant avec l’indice de développement humain. (source : IMESSAD, Khaled. L’habitat, un gisement d’économie d’énergie, Bulletin des Energies Renouvelables N°22. [Document électronique]. Alger, CDER, 2002, <http://www.cder.dz/bulletin/bull22/ber22.pdf>, page 8 et 9 [Consulté le : 17 février 2017])

<sup>21</sup> Mieux-vivre-autrement. Les besoins fondamentaux de l’être humain. [en ligne]. <http://www.mieux-vivre-autrement.com/les-besoins-fondamentaux-etre-humain.html> [Consulté le: 11 mai 2017].

<sup>22</sup> IMESSAD, Khaled. L’habitat, un gisement d’économie d’énergie, Bulletin des Energies Renouvelables N°22. [Document électronique]. Alger, CDER, 2002, <http://www.cder.dz/bulletin/bull22/ber22.pdf>, page 8 et 9 [Consulté le : 17 février 2017]

<sup>23</sup> *Ibid.*

<sup>24</sup> SPF Economie (2013). Développement durable de l’énergie. [en ligne]. [http://economie.fgov.be/fr/consommateurs/Energie/Developpement\\_energie/](http://economie.fgov.be/fr/consommateurs/Energie/Developpement_energie/) [Consulté le: 16 février 2017].

## 2.2. Les changements climatiques, le développement durable et l'efficacité énergétique :

Au cours des dernières décennies, le phénomène de hausse de température et dérèglement du climat rythme quotidiennement l'actualité. Selon la Banque Mondiale, « *Le changement climatique est l'un des défis les plus complexes de [...ce] siècle* ». <sup>25</sup> Les variations des caractéristiques météorologiques inquiètent les spécialistes à l'échelle de la planète. Les chercheurs n'hésitent pas à revenir vers la source du problème, qui pour plusieurs observateurs est très controversée. On attribue deux causes à ce phénomène : l'une est de type anthropique et l'autre plutôt naturelle. En revenant sur l'évolution de la température de l'Hémisphère nord depuis 2000 ans, ou même depuis 800.000 ans, il devient aisé de remarquer des cycles de glaciation et de réchauffement naturels mais qui se produisent dans des périodes de 1500 ans à 3000 ans.

Le réchauffement qu'on connaît aujourd'hui s'est produit en 30 ans seulement (voir Figure 9 et Figure 10). A l'heure actuelle, il est difficile de lui attribuer une cause certaine bien que les changements anormaux et rapides ne peuvent être dus à la nature seule, d'autant plus qu'il existe une relation directe entre la concentration de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère et la température de la planète (voir figure 11).

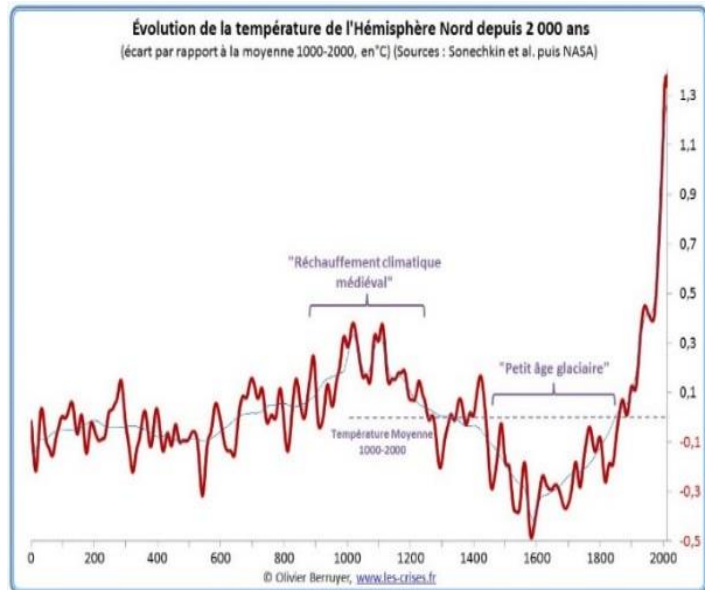


Figure 9: Evolution de la température de l'Hémisphère Nord depuis 2 000 ans. (source : BERRUYER, Olivier. 1345 Climat (8) : Historique long et analyse du réchauffement climatique. [Document électronique]. France, les-crises.fr, 19 avril 2013, <https://www.les-crises.fr/climat-8-analyse-rechauffement/> [Consulté le : 18 février 2017])

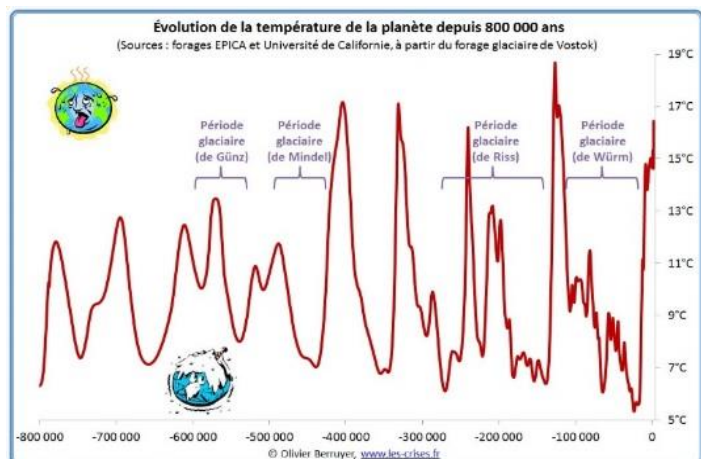


Figure 10: Evolution de la température de la planète depuis 800 000 ans. (source : BERRUYER, Olivier. 1345 Climat (8) : Historique long et analyse du réchauffement climatique. [Document électronique]. France, les-crises.fr, 19 avril 2013, <https://www.les-crises.fr/climat-8-analyse-rechauffement/> [Consulté le : 18 février 2017])

<sup>25</sup> Banque mondiale. Rapport sur le développement durable dans le monde 2010. [Document électronique]. Washington, Banque mondiale, 2010, <http://siteresources.worldbank.org/INTWDR2010/Resources/5287678-1226014527953/Overview-French.pdf>, page V [Consulté le : 11 mai 2017].

En effet, la terre a toujours eu une capacité de résilience naturelle qui, aujourd'hui, ne suffit plus face aux fortes émissions de gaz à effet de serre produits. Certains observateurs compareraient le phénomène avec une phase d'endettement envers la terre. C'est pourquoi, reprendre un taux d'émission de GES acceptable à la planète est impératif. La gestion de l'énergie est un paramètre important pour mener à terme cette volonté, puisque, selon des chiffres de l'Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie (ADEM) par exemple, il y a eu une baisse de 45% de l'intensité des émissions de CO<sub>2</sub> en France après la réduction de l'intensité énergétique de l'industrie par 33%<sup>26</sup>. Toutes les énergies ne se valent pas en termes d'émission de CO<sub>2</sub> car chaque type d'énergie nécessite des procédés de transformation différents et a une rentabilité différente (voir le tableau 1).

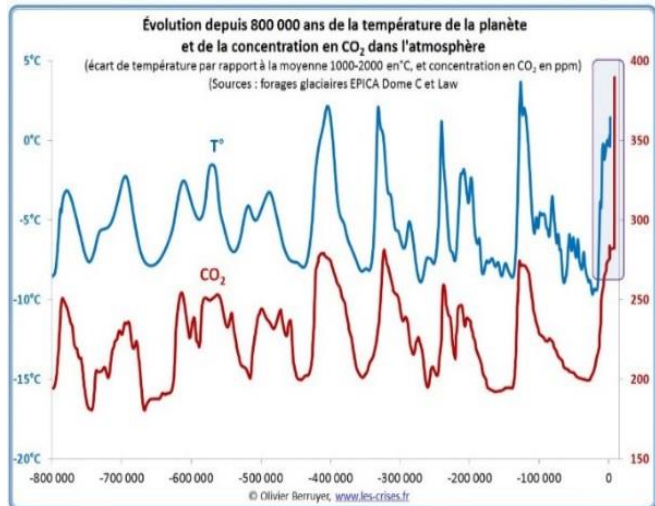


Figure 11: évolution depuis 800 000 ans de la température de la planète et de la concentration en CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère. (source : BERRUYER, Olivier. 1345 Climat (8) : Historique long et analyse du réchauffement climatique. [Document électronique]. France, les-crisis.fr, 19 avril 2013, <https://www.les-crisis.fr/climat-8-analyse-rechauffement/> [Consulté le : 18 février 2017])

Enfin, l'énergie constitue un facteur important dans le bras de fer qui s'est installé entre l'empreinte écologique et la biocapacité de la planète et qu'il faut absolument maîtriser, d'autant plus que les Nations Unies confirment la présence d'un lien entre le changement climatique, le développement économique, les ressources naturelles et la pauvreté. Il devient inéluctable que « la lutte contre celui-ci est devenue un élément indissociable de la réalisation du développement durable. »<sup>27</sup> C'est d'ailleurs le 13<sup>ème</sup> objectif sur la liste des 17 objectifs pour le développement durable récemment arrêté.

Combustibles *TE-CO <sub>2</sub> /TJ	Facteurs d'émissions
<b>Gaz Naturel</b>	56,1
<b>GPL</b>	63,1
<b>Essence</b>	69,3
<b>Kérosène</b>	71,9
<b>Diesel</b>	74,1
<b>Fioul</b>	77,4

Tableau 1 : Tableau représentant les facteurs d'émissions des combustibles. (source : APRUE. Consommation énergétique finale de l'Algérie. [Document électronique]. Algérie, Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie, 2007, <http://www.aprue.org.dz/documents/consommation-energetique.pdf> [Consulté le : 19 février 2017].)

<sup>26</sup> ADEME. Chiffres clés énergie climat. [en ligne]. <http://www.ademe.fr/expertises/changement-climatique-energie/chiffres-cles-energie-climat> [Consulté le: 19 février 2017].

<sup>27</sup> Nations Unies.

Objectif 13 : Prendre d'urgence des mesures pour lutter contre les changements climatiques et leurs répercussions. [en ligne]. <http://www.un.org/sustainabledevelopment/fr/climate-change-2/> [Consulté le: 11 mai 2017].

## **Chapitre II : La réhabilitation énergétique et ses enjeux**

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

Lorsqu'on parle de réhabilitation énergétique, il y a souvent une confusion avec la rénovation énergétique. Pourtant si l'on revient à décomposer ces termes, il devient plus facile de saisir la nuance. La réhabilitation correspond au « *rétablissement d'un édifice ou d'un ensemble d'immeubles dans ses capacités à abriter des activités et des habitants. Les principales caractéristiques héritées de l'objet traité sont alors préservées et insérées dans un nouveau fonctionnement mieux adapté au temps présent.* »<sup>28</sup> La réhabilitation se rapproche ainsi de la rénovation qui, pour sa part, « *désigne une opération de complet remodelage d'un immeuble ou d'un quartier, passant par une démolition complète ou quasi-complète à laquelle succède une reconstruction* »<sup>29</sup>.

Au-delà de ces définitions qui se rejoignent sur plusieurs points, CHARLOT-VALDIEU Catherine et OUTREQUIN Philippe qui ont produit plusieurs ouvrages références en matière d'urbanisme, de durabilité, d'écologie et de réhabilitation, présentent une différence importante entre ces notions en y intégrant la valeur historique. En effet, rénover un bâtiment signifie « *le remettre à neuf* ». Les auteurs cités ci-haut expliquent que la « *remise à neuf [d'un bâtiment] peut impliquer sa restauration, c'est-à-dire la sauvegarde ou la réfection à l'identique du bâtiment en vertu de sa qualité patrimoniale ; elle peut aussi signifier la mise à niveau des normes et usages les plus modernes* »<sup>30</sup>. D'un autre côté, réhabiliter un bâtiment ne signifie pas seulement améliorer le bâti. Elle signifie « *'remettre en état d'habitation' (consolider, assainir, mettre aux normes, remplacer les équipements obsolètes) ; c'est aussi prolonger la vie d'un bâtiment dévalorisé pour 'le rétablir dans l'estime'* ». 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* »<sup>31</sup>. Dès lors, la réhabilitation consiste à rénover sans détruire, contrairement à la rénovation, en préservant le caractère architectural, sans toutefois revenir à l'état initial, ce qui serait de la restauration.<sup>32</sup>

Pour revenir à la différence entre réhabilitation et rénovation d'un point de vue énergétique, les mêmes auteurs cités plus haut expliquent encore que la « *'rénovation énergétique' vise à ce que le bâtiment atteigne des performances proches d'un bâtiment récent, c'est-à-dire les étiquettes de la classe B ou C. Dans ce sens, il s'agit d'une approche technique avec des objectifs de performances quantitatives* »<sup>33</sup>. Quant à la réhabilitation énergétique, elle met plus en avant le fait que « *l'amélioration énergétique doit être accompagnée d'une amélioration qualitative du logement et du bâtiment, en associant la problématique de l'énergie à celle de la qualité*

---

<sup>28</sup> LEVY Jacques, LUSSAULT Michel - dir. Dictionnaire de la géographie. Paris, Belin, septembre 2013, p1033.

<sup>29</sup> MERLIN pierre, CHOAY Françoise. Dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement. Paris, P.U.F., 2005, p992.

<sup>30</sup> CHARLOT-VALDIEU Catherine, OUTREQUIN Philippe. La réhabilitation énergétique des logements. France, Le moniteur, 2011, p11.

<sup>31</sup> CHARLOT-VALDIEU Catherine, OUTREQUIN Philippe. La réhabilitation énergétique des logements. France, Le moniteur, 2011, p11.

<sup>32</sup> ENS de Lyon/DGESCO de géographie. Réhabilitation / Restauration / Rénovation urbaine. [document électronique]. *Geoconfluences*, juillet 2005, <http://geoconfluences.ens-lyon.fr/glossaire/rehabilitation-restauration-renovation-urbaine> [Consulté le: 23 juillet 2017].

<sup>33</sup> CHARLOT-VALDIEU Catherine, OUTREQUIN Philippe. La réhabilitation énergétique des logements. France, Le moniteur, 2011, p11.

*d'usage du logement : confort, santé, réduction des charges locatives, image du bâtiment ou son insertion dans le quartier* »<sup>34</sup>. Dans un contexte de durabilité, où la société et son identité sont des éléments clés, la réhabilitation énergétique se propose d'être une vision plus durable et plus bénéfiques aux habitants et aux localités que la rénovation énergétique.

## **2. Les enjeux de la réhabilitation énergétique :**

De manière très simple, un enjeu réfère à « *ce que l'on peut gagner ou perdre dans une entreprise quelconque.* »<sup>35</sup>; Lorsqu'il s'agit de la réhabilitation énergétique, il existe des enjeux politiques, économiques, sociaux et environnementaux.

### **2.1. Les enjeux politiques :**

En abordant le domaine du bâtiment ou de manière générale l'environnement urbain, les intérêts politiques se trouvent toujours au centre du débat. Les grandes nations portent un intérêt particulier à leur image. Au-delà de leur besoin de se développer davantage dans une optique d'amélioration de leur cadre de vie, elles sont souvent en concurrence avec d'autres pays pour des questions liées au mérite et à la reconnaissance.<sup>36</sup> Les pays moins avancés, quant à eux, essaient d'afficher une image qui se rapproche de celle de pays cités précédemment dans leur quête du développement<sup>37</sup>. La réhabilitation énergétique étant un outil qui traduit une quête du progrès, comme nous l'avons vu plus haut, contribue grandement à afficher l'image de développement.

Outre ce souci élémentaire lié à l'image d'un pays que ça soit technologiquement ou techniquement, il y a aussi l'image du pays œuvrant pour le bien de la planète. Les pays développés, illustrés dans le tableau 2, présentent les taux d'émissions de CO<sub>2</sub> les plus élevés. Ces écarts sont justifiés du fait qu'une grande partie de leur économie repose sur tout ce qui produit des GES. Dans le cadre de diverses conventions, ils investissent dans des politiques de développement durable, réductions de GES, d'économie d'énergie, etc.

Les pays en développement quant à eux émettent les taux de CO<sub>2</sub> les plus importants par habitant selon le tableau 3. Il est estimé que les deux grands pays émergents, à savoir la Chine

---

<sup>34</sup> CHARLOT-VALDIEU Catherine, OUTREQUIN Philippe. La réhabilitation énergétique des logements. France, Le moniteur, 2011, p11.

<sup>35</sup> Larousse. Enjeu. [en ligne]. <http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/enjeu/29621> [Consulté le: 24 juillet 2017].

<sup>36</sup> John Aubrey Douglass. Concurrence mondiale : évaluation de l'avantage technologique des États-Unis et du processus de mondialisation. [document électronique]. *Politiques et gestion de l'enseignement supérieur, volume 20-2*, 2008, OCDE , <https://www.cairn.info/revue-politiques-et-gestion-de-l-enseignement-superieur-2008-2-page-65.htm> [Consulté le: 24 juillet 2017].

<sup>37</sup> Alain Ruellan (Août 1988). La recherche scientifique, facteur de développement : UNE PRIORITÉ POUR LES PAYS DU TIERS-MONDE. [en ligne]. <https://www.monde-diplomatique.fr/1988/08/RUELLAN/41095> [Consulté le: 24 juillet 2017].

et l'Inde, seront les deux plus grands émetteurs de GES en 2030<sup>38</sup>. Les solutions qu'il requiert d'adopter ne semblent pas convenir à satisfaire tout le monde. Pourtant, une politique clairement orientée vers la réhabilitation énergétique devrait arranger l'ensemble des parties dans la mesure où l'on n'affecte pas les capacités de développement des pays, mais on préserve les ressources dont ils disposent et les énergies qu'ils produisent.

Pays émetteurs	Quantité émise de CO <sub>2</sub> en millions de tonnes par habitant
<b>1. Koweït</b>	62,29
<b>2. Brunei</b>	53,53
<b>3. Bélice</b>	45,03
<b>4. Qatar</b>	41,58
<b>5. Guinée équatoriale</b>	35,56
<b>6. Oman</b>	32,99
<b>7. Trinité et Tobago</b>	30,21
<b>8. Australie</b>	30,14
<b>9. Bahreïn</b>	25,23
<b>10. Emirats arabes unies</b>	23,47
<b>11. Libye</b>	21,22

Tableau 1 à gauche : Tableau représentant le classement des pays par quantité de CO<sub>2</sub> émise par habitant en millions de tonnes en 2012. (source : Florian Colas (29 juillet 2015). Quels sont les pays qui polluent le plus ?. [en ligne]. <http://vivredemain.fr/pays-polluent-plus-pollution/> [Consulté le: 25 juillet 2017].)

Pays émetteurs	Quantité émise de CO <sub>2</sub> en millions de tonnes
<b>1. Etats-Unis</b>	141 273,85
<b>2. Chine</b>	133 621,31
<b>3. Union européenne (28 pays composant l'UE en 2013)</b>	106 226,23
<b>4. Union européenne (15 pays composant l'UE en 1995)</b>	85 619,53
<b>5. Russie</b>	52 814,47
<b>6. Inde</b>	42 144,25
<b>7. Brésil</b>	40 609,55
<b>8. Japon</b>	27 234,7
<b>9. Allemagne</b>	21 374,89

Tableau 2 à droite : Tableau représentant le classement des pays par quantité de CO<sub>2</sub> émise en millions de tonnes de 1990 à 2012. (source : Florian Colas (29 juillet 2015). Quels sont les pays qui polluent le plus ?. [en ligne]. <http://vivredemain.fr/pays-polluent-plus-pollution/> [Consulté le: 25 juillet 2017].)

Sur le plan local, le citoyen aujourd'hui, commence à prendre conscience des risques et dangers auxquels est exposée la planète. Les politiciens ont saisi cet intérêt exprimé par la population envers le développement durable et ont en profité pour enrichir leurs programmes électoraux. On pourrait citer l'exemple de la France, un pays qui vient de connaître des élections présidentielles avec des candidats qui ont proposé différents programmes qui permettraient à leur pays de rebondir en optant, parmi d'autres points, pour la transition énergétique, la production et la distribution des énergies renouvelables tout comme l'énergie nucléaire, la taxation de l'émission des GES et même la réhabilitation thermique des logements<sup>39</sup>. L'un des candidats, Jean-Luc Mélenchon, même s'il a été éliminé, au premier tour, suite à son classement

<sup>38</sup> Sciences et Avenir (09 Décembre 2015). Climat: pays développés ou en développement, qui fait quoi?. [en ligne]. [https://www.sciencesetavenir.fr/nature-environnement/climat-pays-developpes-ou-en-developpement-qui-fait-quoi\\_17376](https://www.sciencesetavenir.fr/nature-environnement/climat-pays-developpes-ou-en-developpement-qui-fait-quoi_17376) [Consulté le: 24 juillet 2017].

<sup>39</sup> VANDEKERKHOVE Charlie et al. (2017). Comparez les programmes des candidats à la présidentielle 2017. [en ligne]. <http://www.bfmtv.com/politique/comparez-les-programmes-des-candidats/> [Consulté le: 25 juillet 2017].

en 4<sup>ème</sup> position, a proposé visiblement « le meilleur programme ». <sup>40</sup> Il a défendu l'idée d'interdire le prélèvement des ressources naturelles en optant pour 100% d'énergies renouvelables en 2050. Il a même proposé de créer un grand pôle public de l'énergie, et de rendre obligatoire le recyclage, le compostage ou l'incinération. <sup>41</sup> Plus encore, il voulait engager son pays à réhabiliter 700.000 logements par an pour qu'ils deviennent à énergie positive. <sup>42</sup>

Le Corbusier a souvent réitéré le dicton « quand le bâtiment va, tout va ». En liant cela à la question de transition énergétique, il devient possible de tisser un lien entre la réhabilitation énergétique et ses enjeux économiques.

## 2.2. Les enjeux économiques :

Il serait difficile de discuter les enjeux économiques de la réhabilitation énergétique sans l'évoquer en termes de transition énergétique, qui est un concept souvent utilisé « *pour désigner l'abandon progressif de certaines énergies (fossiles, parfois nucléaire) conjointement au développement d'autres énergies (renouvelables), accompagné notamment par des actions d'efficacité énergétique* ». <sup>43</sup> Ce qui implique que pour la réussite de la transition, des actions d'efficacité énergétique doivent être entreprises. C'est pourquoi un investissement lourd doit avoir lieu avant d'en tirer bénéfice. Plus l'investissement est important, plus les bénéfices le sont. Les risques sont pour autant très importants également. Il faut alors prévoir un ratio acceptable risque/récompense, ce qui est facilement mesurable en ce qui concerne le secteur du bâtiment grâce aux études effectuées au préalable. Celles-ci permettraient de quantifier tous les aspects de l'opération, de personnaliser l'investissement et les moyens d'agir pour chaque cas, surtout que la transition énergétique ne peut être appliquée partout de la même manière, c'est-à-dire avec les mêmes mix énergétiques. En d'autres termes, réhabiliter n'est qu'un moyen pour opérer cette transition sur les bâtiments construits.

Un autre enjeu important qui s'impose quand il s'agit d'une réhabilitation énergétique c'est celui de sa rentabilité économique. Car même s'il faut agir pour préserver les ressources et protéger l'environnement, le coût d'une opération doit toujours convenir aux décideurs. Ces derniers doivent faire des choix entre réhabiliter et construire du neuf plus particulièrement lorsqu'il s'agit d'anciens quartiers. Une étude a été effectuée au niveau du département français de Maine-et-Loire (voir tableau 4), où il était question de comparer entre une construction neuve et une rénovation de deux logements ayant une même surface. L'objectif énergétique consistait à en faire un bâtiment à basse consommation (BBC). Les résultats témoignent non seulement

---

<sup>40</sup> ROJEK Saveria (20 Avril 2017). Le programme économique de Jean-Luc Mélenchon : « Difficilement finançable dans la France de 2017 ». [en ligne]. <https://www.publicsenat.fr/article/politique/le-programme-economique-de-jean-luc-melenchon-difficilement-financable-dans-la> [Consulté le: 25 juillet 2017].

<sup>41</sup> VANDEKERKHOVE Charlie et al. (2017). Comparez les programmes des candidats à la présidentielle 2017. [en ligne]. <http://www.bfmtv.com/politique/comparez-les-programmes-des-candidats/> [Consulté le: 25 juillet 2017].

<sup>42</sup> REY-LEFEBVRE Isabelle (1 Février 2017). Le programme pour le logement des candidats questionné par la Fondation Abbé Pierre. [en ligne]. [http://www.lemonde.fr/politique/article/2017/02/01/le-programme-pour-le-logement-des-candidats-questionne-par-la-fondation-abbé-pierre\\_5072528\\_823448.html](http://www.lemonde.fr/politique/article/2017/02/01/le-programme-pour-le-logement-des-candidats-questionne-par-la-fondation-abbé-pierre_5072528_823448.html) [Consulté le: 25 juillet 2017].

<sup>43</sup> Connaissance des énergies (27 avril 2017). Qu'appelle-t-on exactement la « transition énergétique » ? . [en ligne]. <http://www.connaissancedesenergies.org/qu-appelle-t-on-exactement-la-transition-energetique-141010> [Consulté le: 26 juillet 2017].

d'une économie de 14 tonnes d'équivalent en CO<sub>2</sub>, de 108 m<sup>2</sup> de déchets, 158m<sup>3</sup> d'eau, et surtout de plus de 19 500 euros avec un prix de comparaison par m<sup>2</sup> de SHON de 2 182 euros en construction neuve contre 1 656 euros en rénovation<sup>44</sup>. Ces chiffres leur ont permis de démontrer que la réhabilitation est moins coûteuse qu'une construction neuve, sauf qu'il ne faut pas oublier de prendre en compte le paramètre de l'état et la durée de vie d'un bâtiment puisqu'un investissement cher qui durera relativement longtemps est plus rentable qu'un autre moins cher mais avec une durée de vie courte. C'est précisément à ce niveau que réside le véritable enjeu économique de la réhabilitation en comparaison avec la construction neuve.

	Rénovation	Construction neuve
Type	Maison de village	Maison de plain-pied en lotissement
Surface habitable	100m <sup>2</sup>	100m <sup>2</sup>
Situation	Centre-bourg	Périphérie du bourg
Performance thermique	BBC rénovation	BBC
Frais	Achats maison : 80 000 euros Travaux : 901 euros/m <sup>2</sup> SH Frais de notaire : 10 600 euros	Terrain : 63 460 euros Construction : 1 421 euros/m <sup>2</sup> SH Frais de notaire : 4 700 euros Taxes : 1 593 euros Branchements : 6 380 euros
Frais totaux	218 233 euros	198 720 euros

Tableau 3 : Tableau comparatif des frais d'une rénovation par rapport à une construction neuve. (source : Unité Construction Publique du Service Construction Habitat Ville. Construire ou Rénover ? Comment choisir ?. [document électronique]. Juin 2015, Direction Départementale des Territoires de Maine-et-Loire, [http://www.maine-et-loire.gouv.fr/IMG/pdf/Construire\\_ou\\_renover\\_-\\_13.pdf](http://www.maine-et-loire.gouv.fr/IMG/pdf/Construire_ou_renover_-_13.pdf) [Consulté le: 27 juillet 2017].)

A partir du niveau d'investissement, la réhabilitation peut compter des enjeux qui vont d'une influence locale à un impact mondial en termes des ressources économique d'un pays. D'un côté, il y a le bâtiment ancien à potentiel patrimonial, pour lequel il devient possible de lui prolonger sa durée de vie pour des raisons identitaires mais aussi d'autres liées à des politiques touristiques. D'un autre côté, il y a l'aspect relatif à la planification sur le long terme, où l'investissement est très important mais avec un retour qui pourrait être tout aussi rentable. Il s'agit donc d'encourager la réhabilitation, par l'état, à travers des subventions pour ceux qui souhaiteraient prendre part au projet, ou une réduction des taxes sur les matériaux, les installations ou bien l'achat d'un bâtiment ancien dans le but de réhabilitation.

### 2.3. Les enjeux sociaux :

Une intervention à l'échelle urbaine ou architecturale comporte toujours des enjeux sociaux, du fait que l'espace ou le bâti est intrinsèquement lié avec les individus qui l'occupent et l'utilisent. Il est globalement admis que la qualité des logements et le confort qu'ils confèrent varient selon

<sup>44</sup>Unité Construction Publique du Service Construction Habitat Ville. Construire ou Rénover ? Comment choisir ?. [document électronique]. Juin 2015, Direction Départementale des Territoires de Maine-et-Loire, [http://www.maine-et-loire.gouv.fr/IMG/pdf/Construire\\_ou\\_renover\\_-\\_13.pdf](http://www.maine-et-loire.gouv.fr/IMG/pdf/Construire_ou_renover_-_13.pdf) [Consulté le: 27 juillet 2017].

les capacités financières des personnes les utilisant. Une étude menée à l'Institut Universitaire Européen de Florence (IUE)<sup>45</sup> en 2011 montre que plus les ménages sont aisés, plus grands sont leurs logements et plus ils arrivent à chauffer adéquatement leurs espaces domestiques (voir figure 12). Par contre, la facture énergétique pour chaque adulte semble être relativement

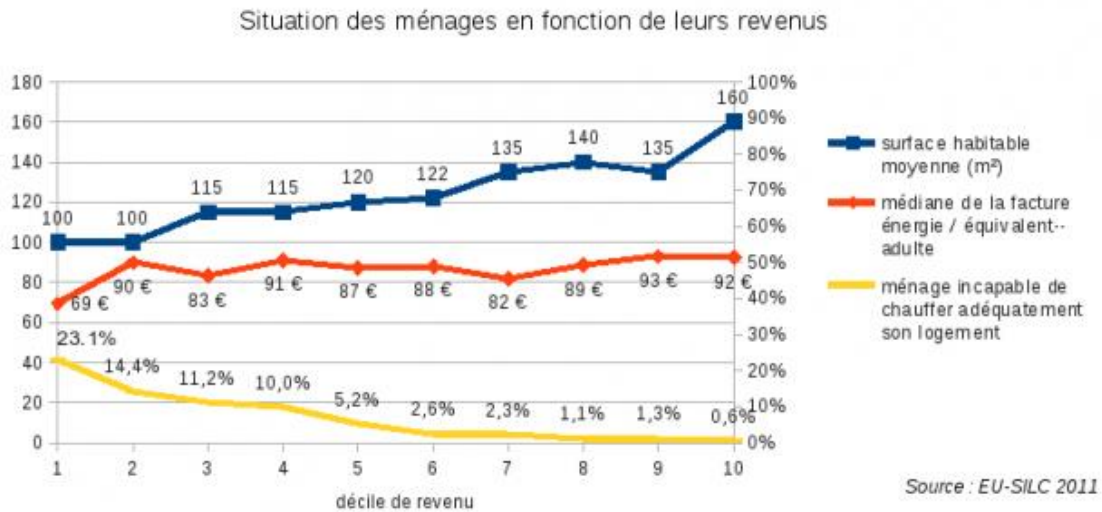


Figure 12 : Graphique représentant la situation des ménages en fonction de leurs revenus. (source : Xavier May (22 février 2015). Inégalités en matière de facture énergétique. [en ligne]. <http://inegalites.be/Inegalites-en-matiere-de-facture> [Consulté le: 29 juillet 2017].)

identique malgré les différences en termes de revenus ou de surface habitable. Il demeure tout de même plusieurs différences en termes de capacité à chauffer adéquatement le logement. Comment explique-t-on cela ? Sur le 2<sup>ème</sup> graphe (figure 13), l'évaluation de l'isolation des logements en fonction des revenus montre que plus les revenus sont importants, mieux leurs logements sont isolés (vitrage, toiture, murs et date de construction). Faut-il noter qu'après le choc pétrolier des années 70, les logements conçus sont de moins en moins énergivores.<sup>46</sup> Le fait qu'un ménage aisé possède une facture énergétique similaire à celle d'un ménage à revenus modestes s'explique par la qualité de l'isolation qui caractérise la construction. Faut-il noter aussi que les 10% des ménages les plus démunis dépensent 13,2% de leurs revenus en énergie domestique contre 3% pour ceux de revenus plus importants. Si l'on prend compte du fait que le parc logement est composé en majorité d'immeubles destinés à des ménages à revenus moyens voire faibles, la réhabilitation énergétique permettrait une nette économie des dépenses.

<sup>45</sup> European University Institute. About the Library. [en ligne]. <http://www.eui.eu/Research/Library/AboutTheLibrary/Index.aspx> [Consulté le: 29 juillet 2017].

<sup>46</sup> WAST Marc dir. Concurrence mondiale : évaluation de l'avantage technologique des États-Unis et du processus de mondialisation. [document électronique]. Faire faire, N°39 : tout pour réussir les travaux dans la maison, hiver 2005, Paris, Presse PRO, pXII, <https://books.google.dz/books?id=s70JkeujfLcC> [Consulté le: 29 juillet 2017].

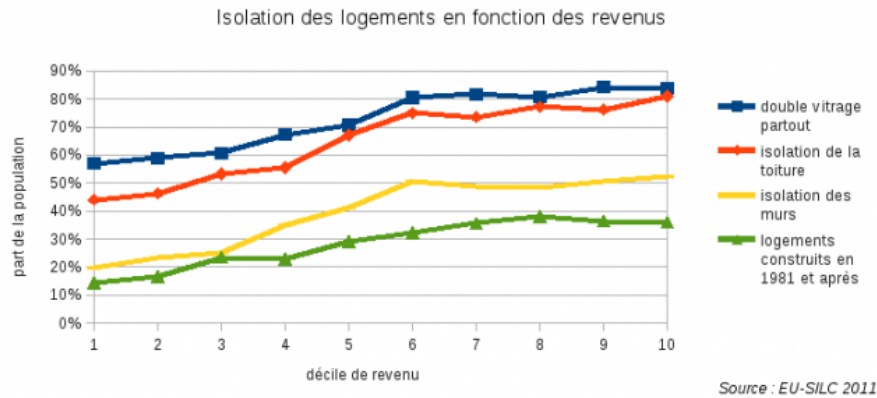


Figure 13 : Graphique représentant l'isolation des logements en fonction des revenus. (source : Xavier May (22 février 2015). Inégalités en matière de facture énergétique. [en ligne]. <http://inegalites.be/Inegalites-en-matiere-de-facture> [Consulté le: 29 juillet 2017].)

Le tableau 4 montre les techniques de réhabilitation utilisées dans différentes régions en Belgique : Bruxelles, Wallonie et Flandre. Il s'agit de l'isolation et des panneaux solaires. Les données expriment le délai lié à la rentabilité et au rendement. Il est facile de remarquer qu'elles sont complètement différentes dû aux variables citées auparavant, plus particulièrement au soutien qu'offre chaque région.<sup>47</sup> C'est pourquoi l'aide de l'état constitue une condition *sine qua non* pour la réussite de la réhabilitation, aujourd'hui.

En effet, l'apport des pouvoirs publics dans le cas algérien serait d'égale importance. Dans une interview que nous avons effectuée dans le cadre de la présente recherche avec Dr. IMESSAD Khaled, Directeur de la Division Energie Solaire Thermique et Géothermie au niveau du Centre de Développement des Energies Renouvelables (CDER) à Alger, il nous a fait part de la différence de prix et de rendement entre les panneaux solaires photovoltaïques et les panneaux thermiques. Même si les deux types fonctionnent avec la même source d'énergie, chaque technologie est différente dans son usage de la ressource solaire pour. En fait, Dr IMESSAD Khaled explique qu'en termes de rentabilité économique, l'investissement en panneaux thermiques serait meilleur et conviendrait mieux aux logements collectifs grâce à un soutien stratégique par les pouvoirs publics.<sup>48</sup>

	Isolation de la toiture		Panneaux solaires	
	Délai de rentabilisation	Rendement sur 20 ans	Délai de rentabilisation	Rendement sur 20 ans
Bruxelles	17 ans	1,11%	5 ans	6,3%
Wallonie	20 ans	0,13 %	7 ans	7,1%
Flandre	20 ans	0,15 %	16 ans	1,9%

Tableau 4 : Tableau comparatif du délai de rentabilisation et le rendement de l'isolation de la toiture et des panneaux solaires dans des régions de la Belgique. (source : PELLARD Anaïs (22 avril 2017). Les énergies renouvelables : quel retour sur investissement ? . [en ligne]. <https://www.topcompare.be/fr/blog/les-energies-renouvelables-retour-investissement> [Consulté le: 1 août 2017].)

<sup>47</sup> PELLARD Anaïs (22 avril 2017). Les énergies renouvelables : quel retour sur investissement ? . [en ligne]. <https://www.topcompare.be/fr/blog/les-energies-renouvelables-retour-investissement> [Consulté le: 1 août 2017].

<sup>48</sup> Annexe I : Entretien avec Monsieur IMESSAD Khaled

## 2.4. Les enjeux environnementaux :

Les enjeux environnementaux, bien qu'ils soient présentés ici en dernier, sont les premiers auxquelles chacun penserait lorsqu'on aborde le sujet de la réhabilitation énergétique, plus particulièrement lorsqu'il s'agit de conséquences liées au changement climatique. L'on pourrait citer des phénomènes liés à l'évolution du régime des précipitations, l'augmentation de la température des cours d'eau et des lacs, l'élévation du niveau de la mer, l'érosion et submersion permanente, la diminution de l'enneigement, le changement dans le cycle de gelées, la perturbation dans les conditions de vent, la variation de l'irradiation solaire, la sécheresse, l'inondation, la surcote marine, la vague de chaleur, le mouvement de terrain et le feu de forêt.<sup>49</sup> Nul n'ignore que ces changements prennent une courbe ascendante (voir tableau 6). Il suffit de voir le niveau de concentration de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère et ce qui l'accompagne comme hausse des températures et élévation du niveau de la mer. A ce titre, l'Organisation des Nations Unies (ONU) préconise d'opter pour les énergies renouvelables, des technologies propres, le remplacement des anciens équipements, la gestion des déchets et le contrôle du parc automobile. Ces éléments font de l'énergie le point majeur dans cette lutte, le bâtiment par conséquence est le premier secteur à être pointé du doigt<sup>50</sup>.

Estimations en 1995 (par rapport à 1990)	Estimations en 2001 (par rapport à 1990)	Estimations en 2007 (par rapport à 1980-1999)	Estimations en 2014 (par rapport à 1986-2005)
Hausse des températures moyennes en 2100			
+ 1°C à + 3,5°C	+ 1,5°C à + 5,8°C	+ 1,1°C à + 6,4°C	+ 0,3°C à + 4,8°C
Élévation du niveau de la mer jusqu'en 2100			
+ 0,15 à + 0,95 m	+ 0,08 à + 0,88 m	+ 0,18 à + 0,59 m	+ 0,26 à + 0,98 m
Niveau de la concentration de CO <sub>2</sub> dans l'atmosphère jusqu'en 2100			
500 ppm	540 à 970 ppm	600 à 1 550 ppm	500 à 1 500 ppm

Tableau 5 : Tableau comparatif des changements en températures moyennes, élévation du niveau de la mer et de la concentration de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère de 1990 à 2014. (source : MAGDELAINE Christophe (04 novembre 2014). *Changement climatique : les prévisions du GIEC*. [en ligne]. [https://www.notre-planete.info/terre/climatologie\\_meteo/changement-climatique-GIEC.php](https://www.notre-planete.info/terre/climatologie_meteo/changement-climatique-GIEC.php) [Consulté le: 2 août 2017].)

En effet, selon l'ONU, « *Il est possible de réduire d'environ 30 % les émissions de référence dans les secteurs résidentiel et commercial (le taux le plus élevé de tous les secteurs étudiés par le GIEC) d'ici 2030 tout en réalisant un bénéfice économique net* »<sup>51</sup>. Elle préconise aussi le recours aux technologies suivantes : « *architecture solaire passive, éclairage et appareils électroménagers haute performance, systèmes de ventilation et de refroidissement à haut rendement, chauffe-eau solaires, isolation, matériaux de construction hautement réfléchissants* ».

<sup>49</sup> Bruno TREGOUËT (dir.) et al. Guide d'accompagnement des territoires pour l'analyse de leur vulnérabilité socio-économique au changement climatique. [document électronique]. Études & documents, N°37, Février 2011, France, Service de l'observation et des statistiques, p5-6, [http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/fileadmin/documents/Produits\\_editoriaux/Publications/Etudes\\_et\\_documents/2011/E\\_D\\_37\\_Guide\\_de\\_vulnerabilite\\_climat.pdf](http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/fileadmin/documents/Produits_editoriaux/Publications/Etudes_et_documents/2011/E_D_37_Guide_de_vulnerabilite_climat.pdf) [Consulté le: 2 août 2017].

<sup>50</sup> Organisation des Nations Unies. Agir sur les changements climatiques : Réduction : Faits et chiffres. [en ligne]. <http://www.un.org/fr/climatechange/facts.shtml> [Consulté le: 2 août 2017].

<sup>51</sup> Organisation des Nations Unies. Agir sur les changements climatiques : Technologies : Technologie par secteur. [en ligne]. <http://www.un.org/fr/climatechange/techsectors.shtml> [Consulté le: 2 août 2017].

*et multiple vitrage.* »<sup>52</sup> Dès lors, il ne fait aucun doute que la réhabilitation énergétique est une excellente solution contre les changements climatiques.

Le tableau 7 montre le développement humain en comparaison avec les émissions de CO<sub>2</sub>. On remarque que les pays qui possèdent un indicateur de développement humain élevé se caractérisent par un produit intérieur brut (PIB), une espérance de vie et un taux de scolarisation élevé au même titre que leurs émissions de CO<sub>2</sub> par habitant. Il devient clair qu'aujourd'hui le développement des pays est relatif aux émissions de GES. Les pays tels que le Brésil, la Russie, l'Inde et la Chine dit BRIC qui (voir tableau 8) n'ont pas contribué dans le passé à ces changements climatiques mais leur décollage économique a fait d'eux des contributeurs importants voire les contributeurs principaux aux émissions de GES, et ce en l'espace de quelques années.

Indicateur de développement humain	Nombre de pays	PIB par habitant (PPA USD) 2005	Espérance de vie à la naissance (années) 2005	Taux de scolarisation combiné pour le primaire, secondaire et le supérieur (%) 2005	Emissions de CO <sub>2</sub> (Mt CO <sub>2</sub> ) 2004	Pourcentage du total mondial* (%) 2004	Emissions de CO <sub>2</sub> par habitant (t CO <sub>2</sub> ) 2004
Indicateur de développement humain élevé 1 ≥ HDI ≥ 0,8	70	23 986	76,2	88,4	16 616	57	10,1
Indicateur de développement humain élevé 0,8 > HDI ≥ 0,5	85	4 876	67,5	65,3	10 215	35	2,5
Indicateur de développement humain élevé 0,5 > HDI ≥ 0	22	1 112	48,5	45,8	162	1	0,3
Monde	177	9 543	68,1	67,8	28 983	100*	4,5

Tableau 6 : Tableau comparatif du développement humain par rapport aux émissions de CO<sub>2</sub>. (source : MARECHAL Jean-Paul. *Le changement climatique, un enjeu international majeur du XXI<sup>e</sup> siècle.* [document électronique]. *Géoeconomie*, N°50, Mars 2009, France, Editions Choiseul, p93-100, <https://www.cairn.info/revue-geoeconomie-2009-3-page-93.htm> [Consulté le: 3 août 2017].)

Par rapport aux enjeux environnementaux, le problème est souvent posé d'un point de vue éthique : « comment assurer le développement économique de ces immenses économies sans

<sup>52</sup> Organisation des Nations Unies. Agir sur les changements climatiques : Technologies : Technologie par secteur. [en ligne]. <http://www.un.org/fr/climatechange/techsectors.shtml> [Consulté le: 2 août 2017].

*ruiner les efforts lancés à l'échelle internationale de limitation des émissions de GES ? »*,<sup>53</sup> d'autant plus que l'ONU elle-même considère que *la réduction des émissions dans les pays en voie de développement ne doit pas affecter la lutte contre la pauvreté et la croissance économique en les privant de ressources financières vitales*<sup>54</sup>. Ce qui fait encore une fois de la réhabilitation énergétique une solution convenable à tous, du fait qu'elle propose d'améliorer le confort, réduire la consommation des ressources précieuses, un investissement bénéfique sur le plan économique et environnemental.

Groupe de pays	1970	2005	2050
OECD	13,7 (57,3 %)	18,7 (39,9 %)	23,5 (32,9 %)
BRIC	5,9 (27,7 %)	16,1 (34,3 %)	26,2 (36,7 %)
Reste du monde	4,3 (18,0 %)	12,1 (25,8 %)	21,7 (30,4 %)
Total (du scénario de référence)	23,9	46,9	71,4

Tableau 7 : Tableau des émissions en milliards de tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub> et en pourcentage de tous les GES d'origine humaine selon les pays et la période. (source : MARECHAL Jean-Paul. *Le changement climatique, un enjeu international majeur du XXI<sup>e</sup> siècle*. [document électronique]. *Géoéconomie*, N°50, Mars 2009, France, Editions Choiseul, p93-100, <https://www.cairn.info/revue-geo-economie-2009-3-page-93.htm> [Consulté le: 3 août 2017].)

<sup>53</sup>MARECHAL Jean-Paul. *Le changement climatique, un enjeu international majeur du XXI<sup>e</sup> siècle*. [document électronique]. *Géoéconomie*, N°50, Mars 2009, France, Editions Choiseul, p93-100, <https://www.cairn.info/revue-geo-economie-2009-3-page-93.htm> [Consulté le: 3 août 2017].

<sup>54</sup> Organisation des Nations Unies. *Agir sur les changements climatiques : Réduction : Faits et chiffres*. [en ligne]. <http://www.un.org/fr/climatechange/facts.shtml> [Consulté le: 3 août 2017].

## Chapitre III : L'Algérie et l'énergie

## 1. L'Algérie, les énergies et le développement durable :

Sans grande surprise, l'énergie fossile est la source d'énergie quasi exclusive pour répondre à pratiquement tous les besoins en Algérie. Vu de plus près, en termes de sources renouvelables, le Bilan énergétique national 2016 présente en premier lieu l'électricité avec une production nationale totale de 16 415 K Tep pour seulement 35 K Tep issue de l'hydraulique et 8 K Tep de ce qui est regroupé sous autre avec l'indication mentionnant le solaire et les éoliennes.<sup>55</sup> En d'autres termes, nous retrouvons 0,26% de production de l'électricité obtenue à partir d'une source renouvelable. Ces données sont complétées par une fiche établie par Finergreen et Afrique Energies Renouvelables (ERA) qui donne une part de 1,8% à l'énergie hydraulique et 0,2% aux énergies éolienne et solaire regroupés, du mix énergétique.<sup>56</sup> Ces chiffres témoignent de la dimension rudimentaire dans laquelle se trouve le domaine de l'énergie renouvelable en Algérie. Dès lors, une réelle stratégie d'efficacité énergétique s'impose dans le but d'amorcer le passage vers un système de production énergétique plus pérenne.

Nul n'ignore, que déjà en 1992, lors du sommet de la Terre de Rio, l'Algérie s'est engagée à adhérer à la démarche viable, vivable et équitable du développement durable.<sup>57</sup> Malheureusement, la politique de maîtrise et de rationalisation de l'énergie qui s'en est suivie n'évoluait pas à la même cadence que celles d'autres pays. L'économie du pays repose sur les énergies fossiles, et ce depuis l'indépendance malgré les quelques initiatives prises par les pouvoirs publics.<sup>58</sup> En effet, dès le milieu des années 70, le gouvernement a opté pour le passage à l'heure d'été. En 1981, le Conseil national de l'énergie voit le jour avec pour missions de définir, coordonner et contrôler l'exécution de la politique nationale en matière d'énergie.<sup>59</sup> On s'intéresse, ensuite, de près aux énergies renouvelables et au nucléaire. C'est alors qu'il a été créé le commissariat aux énergies nouvelles en 1982, suivi en 1985, par l'Agence pour la promotion et la rationalisation de l'utilisation de l'énergie.<sup>60</sup> Il faut attendre l'année 1999, pour voir la promulgation d'une loi (99-09) relative à la maîtrise de l'énergie et la réduction de l'impact du système énergétique sur l'environnement. Depuis, les pouvoirs publics ont adopté un discours clairement en faveur du développement durable. D'ailleurs, lors de la 15<sup>ème</sup> Conférence des Nations Unies sur les changements climatiques, le Président de la République avait déclaré l'engagement du pays en les termes suivants : « ...L'Algérie, pour ce qui la concerne, fait face aux impacts des changements climatiques qui aggravent le phénomène de désertification dont elle souffre. Elle a intégré la dimension du développement durable dans ses plans de développement, y compris dans un souci de réduction de ses émissions de gaz à effet de serre. De même qu'elle a adopté des mesures visant à améliorer l'efficacité énergétique

---

<sup>55</sup> Ministère de l'énergie. Bilan énergétique national année 2015. [Document électronique]. Alger, Ministère de l'énergie, juin 2016, [http://www.energy.gov.dz/francais/uploads/2016/Bilans\\_et\\_statistiques\\_du\\_secteur/Bilan\\_Energetique\\_National/Bilan\\_Energetique\\_National\\_2015.pdf](http://www.energy.gov.dz/francais/uploads/2016/Bilans_et_statistiques_du_secteur/Bilan_Energetique_National/Bilan_Energetique_National_2015.pdf), pages 2-4 [Consulté le : 18 février 2017]

<sup>56</sup> BEAUJARD Amélie (6 octobre 2016). Fiche pays - L'Algérie. [en ligne]. <https://www.energies-renouvelables-afrique.com/fiche-pays-algerie/> [Consulté le: 4 septembre 2017].

<sup>57</sup> AMOKRANE Hakima. Le Développement Durable en Algérie : Etat des lieux et perspectives. [Document électronique]. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 2015, <http://www.ummo.dz/IMG/pdf/Amokrane.pdf>, pages 2 et 3 [Consulté le : 17 février 2017]

<sup>58</sup> COLLECTIF. Pour une construction éco-énergétique en Algérie. Alger, EDDIWAN, juillet 2015, page 23

<sup>59</sup> IDEM

<sup>60</sup> IDEM

et une politique de promotion des énergies renouvelables... »<sup>61</sup> Cette adhésion discursive qui témoigne d'un engagement politique nécessite un plan d'actions pour que les objectifs idéologiques puissent être concrètement réalisés.

	Consommation (ktep)	Emissions GES (Teg CO2)
<b>AGRICULTURE et HYDRAULIQUE</b>	1 130	1 538
<b>INDUSTRIE et BTP</b>	3 226	3 881
<b>RESIDENTIEL et TERTIAIRE</b>	7 047	6 312
<b>TRANSPORT</b>	5 536	9 574
<b>INDUSTRIES ENERGETIQUES</b>	5 889	18 544

Tableau 9 : tableau représentant le bilan des émissions par secteur. (source : APRUE. Consommation énergétique finale de l'Algérie. [Document électronique]. Algérie, Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie, 2007, <http://www.aprue.org.dz/documents/consommation-energetique.pdf>[Consulté le: 19 février 2017].)

Le tableau 9 montre que la consommation d'énergie et les émissions de GES dépendent du secteur et de ses caractéristiques. C'est pourquoi la politique nationale de maîtrise de l'énergie actuelle repose principalement sur trois axes (voir figure 14). Ces derniers se basent sur l'introduction des normes et exigences d'efficacité énergétique, à travers soit une normalisation de l'isolation thermique et des équipements, en termes d'efficacité énergétique du bâtiment, ou via le contrôle grâce à l'audit énergétique des grands consommateurs d'énergie. L'Algérie, même si elle se situe à une étape rudimentaire en termes de politique d'efficacité énergétique et de protection de l'environnement, elle exprime un réel intérêt à ce sujet et y investit des moyens importants.

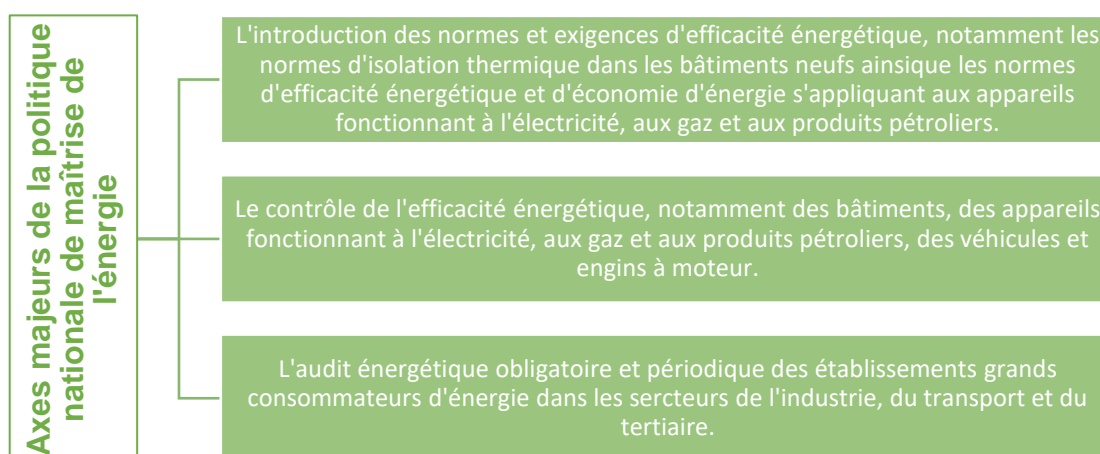


Figure 14 : Schéma représentant les trois axes majeurs de la politique nationale de maîtrise de l'énergie. (source : COLLECTIF. Pour une construction éco-énergétique en Algérie. Alger, EDDIWAN, juillet 2015, page 24)

<sup>61</sup> Extrait de la déclaration du président de la république lors de la 15ème conférence des parties de la convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques à Copenhague en décembre 2009. Source : COLLECTIF. Pour une construction éco-énergétique en Algérie. Alger, EDDIWAN, juillet 2015, page 24

## 2. La réhabilitation énergétique en Algérie :

En s'engageant dans la lutte contre le réchauffement planétaire et la préservation des ressources énergétiques, l'Algérie a initié timidement l'instauration d'une politique de maîtrise de l'énergie. De prime abord, il faut noter que la législation algérienne en matière d'énergies renouvelables ne prend en compte que le bâtiment neuf. Le bâtiment neuf englobe trois catégories : le bâtiment à usage d'habitation, le bâtiment neuf à usage autre que l'habitation et toute partie de construction réalisée comme extension d'un bâtiment existant. La réglementation couvre la maîtrise de l'énergie et l'efficacité énergétique en donnant des orientations et des références de textes de lois à respecter sans rentrer dans les détails. Les raisons sont simples à comprendre. Le ministère de l'énergie, en charge de formuler la proposition de cette loi, ne peut s'immiscer dans les textes qui dépendent des prérogatives des autres secteurs, notamment celui de l'Habitat, l'Urbanisme et la Ville. Ainsi le Ministère de l'Habitat, l'Urbanisme et la Ville qui dispose des prérogatives nécessaires à la mise en place des lois touchant le secteur du bâtiment a mis en place une réglementation thermique (les DTR) uniquement.

La réglementation thermique détermine trois points principaux : la catégorie du bâtiment et les normes de rendement énergétique, les normes techniques et tout ce qui est relatif à la construction, et les modalités relatives à la certification et le contrôle de conformité. Cette réglementation n'est pas obligatoire pour le bâtiment individuel mais l'est pour le bâtiment collectif. Elle prend en charge les déperditions calorifiques calculées pour la période d'hiver et les apports calorifiques calculés pour la période d'été. Ainsi, un maître d'ouvrage doit prendre en compte trois paramètres selon la loi : les caractéristiques thermiques du bâtiment, les systèmes de ventilation et le système de chauffage et de climatisation. Ces points ont été traités dans les DTR C3-2 et C3-4. Mais depuis peu, ils ont été regroupés dans un seul fascicule (le DTR C3-2/4), qui comporte quelques modifications dans les coefficients de calcul et les seuils.

Même avec cette réglementation, le bâtiment neuf en Algérie est loin d'être efficace énergétiquement. Peu de projets de qualité ont vu le jour, mis à part quelques bâtiments comme le siège de la banque BNP à Bab Ezzouar qui a été labélisé HQE. On peut citer aussi le projet pilote Eco-Bat avec ses 600 logements dits de Haute Performance Energétique (HPE), lancé par les pouvoirs publics, bien qu'en réalité, les projets déjà livrés n'ont toujours pas été labélisés.

Pour ce qui est du bâtiment ancien, la réglementation relative à l'efficacité énergétique ne le prend même pas en charge. Pis encore, il présente plusieurs soucis lorsqu'il s'agit des normes auxquelles répond l'audit énergétique. La loi relative à la maîtrise de l'énergie désigne les établissements industriels, qui consomment au-delà de 2000 Tep (tonnes d'équivalent pétrole) par an, comme étant des bâtiments assujettis à un audit énergétique chaque trois (3) ans. Seuls les bâtiments résidentiels consommant au-delà de 500 Tep par an sont assujettis à un audit énergétique tous les cinq (5) ans.

Le secteur résidentiel n'atteint clairement pas ces chiffres ce qui a fait de lui, un secteur que l'audit énergétique, premier pas vers la réhabilitation, ne touche pas. Ce qui complique la tâche davantage, c'est l'absence d'auditeurs agréés pour le secteur résidentiel : doit-il être architecte, électricien, électrotechnicien, ... etc. ? Devrait-il être une personne physique ou un bureau

d'étude, ... ? Il y a différents domaines qui rentrent en compte, un architecte, pour prendre un exemple, n'est pas forcément qualifié pour comprendre l'aspect électrique de l'audit. En somme, même si pour le moment, le bâtiment ancien a été délaissé du fait qu'il soit moins maîtrisable que le bâtiment neuf, l'espoir réside dans la nouvelle loi en cours de préparation, et qui devrait voir le jour l'année prochaine.

## **Conclusion :**

Dans un premier temps, nous avons vu l'importance des énergies fossiles que ce soit pour le développement actuel ou pour permettre la transition énergétique. Pourtant, le système de production énergétique, le système de distribution énergétique et le système de consommation sont quasiment énergivores et témoignent du gaspillage malgré les solutions qui peuvent facilement être appliquées. Dans la quête vers le développement durable et afin de réduire la contribution de l'Algérie au réchauffement planétaire, il devient impératif d'adopter de nouveaux mécanismes de consommation énergétique.

La réhabilitation énergétique avec ses enjeux, tels qu'ils ont été étudiés dans cette partie du mémoire, s'offre comme une solution de qualité pour réduire la consommation globale actuelle. Il est certainement intéressant de chercher à créer des projets à haute efficacité énergétique, mais il serait tout aussi judicieux, voire plus pragmatique, de chercher à réduire la consommation actuelle. Cette dernière qui est, elle-même, responsable de l'état actuel nécessite d'être gérée avant de chercher plus loin sinon nous allons continuer à faire les mêmes erreurs que nous faisons depuis toujours, à savoir, chercher le progrès en oubliant le but initial.

En Algérie, nous sommes dans la même réflexion. L'intérêt pour la maîtrise de l'énergie est présent mais sans résultats concrets. Les quelques interventions ou lois actuelles ne sont pas suffisantes pour un pays pour qui l'énergie représente une ressource de haute importance. La réhabilitation énergétique, quant à elle, est totalement absente que ce soit sur terrain ou sur papier malgré les 10 millions de logements énergivores. Néanmoins, la voie vers une maîtrise énergétique en Algérie n'a jamais été aussi prometteuse surtout avec les prochains textes de lois qui devraient prendre en compte la réhabilitation énergétique.

# **Partie II :**

**Evaluation de la performance  
énergétique des cas d'étude**

## **Introduction :**

Réhabiliter énergétiquement nécessite de faire appel à des procédés d'efficacité énergétique. Tout comme nous pouvons mettre en place un projet neuf efficace énergétiquement, nous nous demandons s'il serait tout aussi possible d'adapter un projet existant à l'efficacité. Un bon choix des techniques utilisées accompagné d'une maîtrise du contexte existant serait-il la clé ? L'étude développée dans cette partie tentera de répondre à cette question.

Dans un premier temps nous allons nous intéresser à l'audit énergétique. Il s'agit de la comprendre en tant que concept, ensuite nous verrons comment l'effectuer. Nous passons ensuite aux cas d'étude pour procéder à l'évaluation de la consommation énergétique dans une démarche comparative. Cette approche nous permettra de lancer la simulation indispensable au calcul de la performance énergétique des deux cas choisis.

Les étapes et résultats obtenus seront discutés en détail. La simulation nous permettra de proposer des mesures de réhabilitation énergétique selon les objectifs et les critères définis dans la première partie. Dans cette même partie, nous saurons si les hypothèses initialement formulées peuvent être confirmées ou réfutées.

# **Chapitre IV : Evaluation de l'efficacité énergétique - méthodes et outils**

## 1. Efficacité énergétique ou efficacité énergétique ?

Les notions d'efficacité et d'efficacité énergétique sont souvent utilisées pour désigner la même chose. En fait, « *L'efficacité énergétique consiste à réduire les consommations d'énergie, à service rendu égal, et entraîne la diminution des coûts environnementaux, économiques et sociaux liés à la production et à la consommation d'énergie tout en permettant d'augmenter la qualité de vie de tous les habitants de la planète et celle des générations futures. Est regroupé sous ce terme tout ce qu'on appelle économies d'énergie ou maîtrise de l'énergie.* »<sup>62</sup> En d'autres termes, c'est un rapport entre l'énergie produite directement par le système, dite utile, et l'énergie consommée par celui-ci,<sup>63</sup> généralement supérieure du fait des pertes<sup>64</sup>.

Néanmoins, certains experts distinguent une nuance entre les deux termes. En général, l'efficacité est la capacité à atteindre un résultat en fonction des objectifs fixés. L'efficacité, quant à elle, correspond à la capacité d'atteindre un résultat en optimisant les ressources<sup>65</sup>. Une autre interprétation de la différence entre les deux termes, en ce qui concerne l'énergie cette fois, réside dans le fait qu'on aborde l'efficacité énergétique quand la réduction de la consommation est issue d'une amélioration technique. Alors qu'on parle d'efficacité énergétique quand celle-ci tire sa réduction de la consommation de modifications du comportement.<sup>66</sup> Cette réduction de la consommation doit au moins permettre de maintenir un niveau de performance final équivalent<sup>67</sup>.

## 2. Les paramètres liés à l'efficacité énergétique :

Sur un plan moins théorique, l'efficacité énergétique dans un bâtiment relève de sa capacité à limiter les consommations d'énergie à l'intérieur d'un logement principalement impactées par son comportement thermique qui est la somme de facteurs *urbanistiques, architecturaux et socio-techniques*<sup>68</sup>. Que ça soit la forme urbaine dans laquelle s'insère le bâtiment, les matériaux et systèmes constructifs utilisés, son isolation thermique, ses équipements produisant de la chaleur directement ou indirectement ou bien l'occupation du logement elle-même, ces facteurs ont un impact direct sur le comportement thermique du bâtiment. Ils provoquent des

---

<sup>62</sup> La Coredem. Efficacité (ou efficacité) énergétique. [en ligne]. <http://lexicommon.coredem.info/article90.html> [Consulté le: 4 août 2017].

<sup>63</sup> Connaissance des énergies (15 mars 2013). Efficacité énergétique et bâtiments. [en ligne]. <https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/efficacite-energetique-et-batiments> [Consulté le: 4 août 2017].

<sup>64</sup> Les Pros de la performance énergétique. Définition de l'efficacité énergétique. [en ligne]. <http://www.performance-energetique.lebatiment.fr/dossier/qu%E2%80%99est-ce-que-l%E2%80%99efficacite-energetique> [Consulté le: 4 août 2017].

<sup>65</sup> Quelle différence ? (10 Juin 2015). Quelle est la différence entre l'efficacité et l'efficacité ? [en ligne]. <http://www.quelle-difference.fr/difference-efficacite-efficacite.html> [Consulté le: 4 août 2017].

<sup>66</sup> MELQUIOT Pierre (dir.) et al. (2003). Efficacité énergétique la définition du dico. [en ligne]. [http://www.dictionnaire-environnement.com/efficacite\\_energetique\\_ID4744.html](http://www.dictionnaire-environnement.com/efficacite_energetique_ID4744.html) [Consulté le: 4 août 2017].

<sup>67</sup> Connaissance des énergies (15 mars 2013). Efficacité énergétique et bâtiments. [en ligne]. <https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/efficacite-energetique-et-batiments> [Consulté le: 4 août 2017].

<sup>68</sup> TER MINASSIAN hovic. La réhabilitation thermique des bâtiments anciens à Paris : comment concilier protection du patrimoine et performance énergétique ? . [document électronique]. *Cybergeo : European Journal of Geography*, Aménagement, Urbanisme, document 536, 30 mai 2011, <https://cybergeo.revues.org/23737> [Consulté le: 5 août 2017].

perdes ou même des gains énergétiques rendant le bâtiment performant ou au contraire peu performant (voir figure 15).

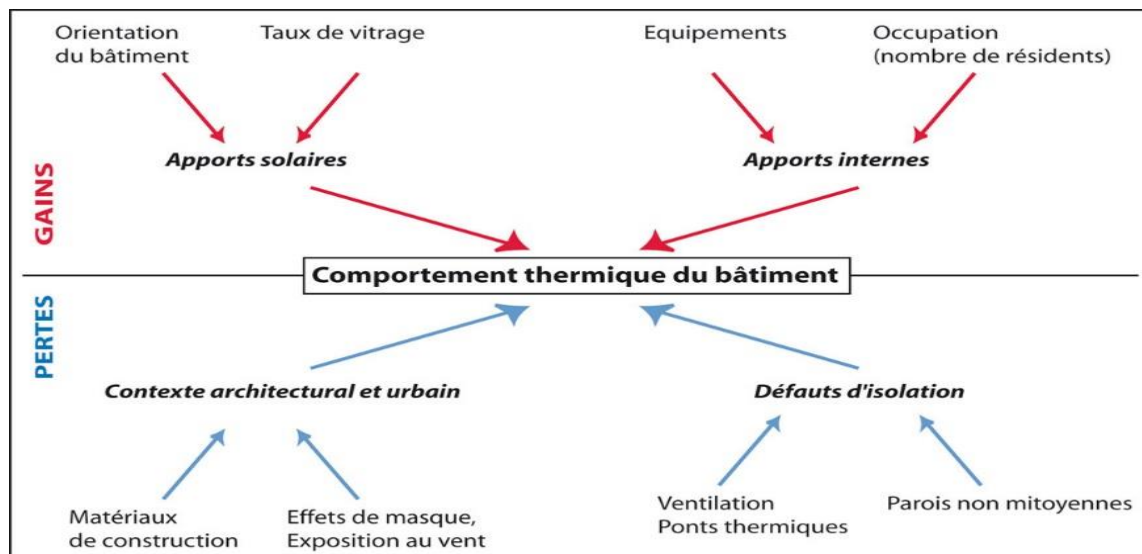


Figure 15 : Schéma représentant les paramètres impactant le comportement thermique du bâtiment . (source : TER MINASSIAN hoviğ. *La réhabilitation thermique des bâtiments anciens à Paris : comment concilier protection du patrimoine et performance énergétique ?* . [document électronique]. Cybergeog : European Journal of Geography, Aménagement, Urbanisme, document 536, 5 août 2011, <http://cybergeog.revues.org/22583> [Consulté le: 23 février 2017].)

Afin d'améliorer l'efficacité énergétique d'un logement, il existe des solutions passives et des solutions actives. A noter que l'aspect sociotechnique, évoqué précédemment, constitue, lui aussi, un point sur lequel il est possible d'intervenir. En effet, la sensibilisation du citoyen par rapport à ses dépenses énergétiques prend de plus en plus de l'ampleur surtout avec des agences comme l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) en France ou l'Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie en Algérie (APRUE) qui préconisent une consommation raisonnée, un changement des habitudes et des investissements judicieux afin de réduire sa facture énergétique pour un même confort. Ce qui revient à limiter le gaspillage de l'énergie, améliorer la gestion des équipements et appareils consommant de l'énergie et investir dans des équipements et appareils améliorant l'efficacité énergétique<sup>69</sup>.

Les solutions passives touchent aux caractéristiques intrinsèques du bâtiment en les optimisant pour réduire directement leur consommation énergétique. Pour un besoin particulier nécessitant une dépense énergétique, l'optimisation serait que cette dépense énergétique soit la plus faible possible. Il s'agit, d'une part, de la forme urbaine et de l'aspect bioclimatique : de son architecture avec tout ce qui est orientation, vents et capacité à capter et à se protéger de l'énergie solaire. D'autre part, le volet architectural qui compte en premier lieu l'isolation thermique, l'étanchéité et les systèmes de ventilation et de la climatisation et en second lieu le

<sup>69</sup> ADEME. Être écocitoyen à la maison. [document électronique]. L'habitat, mai 2016, Paris, <http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/guide-pratique-etre-ecocitoyen-a-la-maison.pdf> [Consulté le: 5 août 2017].

système de chauffage, les équipements électriques ainsi que l'intégration des énergies renouvelables<sup>70</sup>.

Les solutions actives, quant à elles, touchent aux flux et aux ressources avec une gestion active des équipements. Il y a une configuration particulière des équipements qui s'appuient sur certaines données permettant d'offrir le confort recherché pour un minimum de consommation énergétique. C'est l'optimisation des usages et des réglages. Il est question de systèmes intelligents permettant de mesurer et contrôler la régulation de la consommation afin d'éviter les pertes inutiles et les gaspillages<sup>71</sup>.

Il faut, toutefois, noter que les actions passives sont les plus répondues du fait du coût abordable et adaptable des interventions et de la maîtrise technique ; contrairement aux solutions actives, qui restent relativement chères. Même pour les pouvoirs publics, une maîtrise technique particulière est nécessaire. S'agissant des solutions visant l'aspect sociotechnique, elles nécessitent une coopération des usagers et leur mobilisation par la sensibilisation ou les incitations économiques par exemple.

### 3. Les labels énergétiques :

Un label, par définition, est « *une qualification donnée garantissant un niveau de qualité répondant à plusieurs critères définis.* »<sup>72</sup> Un label énergétique se base sur des critères énergétiques pour contrôler la performance énergétique,<sup>73</sup> tout en attestant d'une marque spéciale conçue par une organisation publique ou privée garantissant un certain niveau de performance.<sup>74</sup> Un label énergétique est garant d'une isolation performante, d'une bonne étanchéité à l'air, d'une ventilation contrôlée permanente assurant confort et qualité d'air, d'une bonne conception bioclimatique, voire même d'une utilisation des énergies renouvelables pour le chauffage, le rafraîchissement et l'eau chaude sanitaire.<sup>75</sup> Pour cela, l'attribution d'un label repose sur des études comprenant une étude thermique, un test d'étanchéité à l'air, un test des apports solaires, un test de consommation énergétique et une identification des types d'énergies utilisés.<sup>76</sup>

Il existe une multitude de labels énergétiques. Certains ciblent principalement l'énergie dans les constructions neuves. Ils varient de la simple optimisation, comme le Minergie, BBC

---

<sup>70</sup> Connaissance des énergies (15 mars 2013). Efficacité énergétique et bâtiments. [en ligne]. <https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/efficacite-energetique-et-batiments> [Consulté le: 5 août 2017].

<sup>71</sup> Connaissance des énergies (15 mars 2013). Efficacité énergétique et bâtiments. [en ligne]. <https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/efficacite-energetique-et-batiments> [Consulté le: 5 août 2017].

<sup>72</sup> Cozynergy (29 août 2017). Labels énergétiques : que signifie HQE, HPE ou BBC ?. [en ligne]. <https://www.cozynergy.com/labels-energetiques-hqe-hpe-bbc> [Consulté le: 7 septembre 2017].

<sup>73</sup> Cozynergy (29 août 2017). Labels énergétiques : que signifie HQE, HPE ou BBC ?. [en ligne]. <https://www.cozynergy.com/labels-energetiques-hqe-hpe-bbc> [Consulté le: 7 septembre 2017].

<sup>74</sup> PEYCRU Hervé (2012). Labels. [en ligne]. <http://www.projetvert.fr/labels-energetique/> [Consulté le: 7 septembre 2017].

<sup>75</sup> PEYCRU Hervé (2012). Labels. [en ligne]. <http://www.projetvert.fr/labels-energetique/> [Consulté le: 7 septembre 2017].

<sup>76</sup> Cozynergy (29 août 2017). Labels énergétiques : que signifie HQE, HPE ou BBC ?. [en ligne]. <https://www.cozynergy.com/labels-energetiques-hqe-hpe-bbc> [Consulté le: 7 septembre 2017].

(Bâtiment Basse Consommation), HPE (Haute Performance Environnementale), ses dérivés et Effinergie+ ; jusqu'à autosuffisance, comme les maisons passives ou Passivhaus, ou même l'obtention d'un surplus énergétique, comme les maisons à énergie positive avec BEPOS (Bâtiment à Energie POSitive) ; l'énergie dans les constructions à rénover : comme Effinergie Rénovation ; et l'énergie comme un paramètre dans la durabilité et/ou la protection de l'environnement : comme la HQE (Haute Qualité Environnementale), ses dérivés, le BBCA (Bâtiment Bas Carbone) et le Bâtiment Biosourcé.<sup>77</sup> Ce qu'il faut noter est que le coût d'une labélisation est assez important, selon le label, ce qui rend plusieurs investisseurs réticents. C'est la raison pour laquelle il n'y a pas une importante labélisation du cadre bâti malgré ses avantages.

#### 4. Logiciels d'évaluation de l'efficacité énergétique :

Il fût une époque où la perspective avait changé le monde de la construction faisant de l'architecte qui la maîtrise le chef de chantier car il pouvait manipuler la forme finale de la construction et ses détails avant la réalisation du projet. Aujourd'hui, il serait peut-être temps de comparer cela avec l'architecte qui maîtrise l'efficacité énergétique puisque l'avancée technologique a permis de modéliser non seulement le bâtiment sous tous ses aspects mais d'en prévoir le comportement une fois réalisé. Il est nécessaire de pouvoir prévoir les « *besoins énergétiques d'un projet (calorifiques et frigorifiques) en fonction de sa géométrie, de ses caractéristiques physiques (isolation, inertie, type de menuiserie...) et de sa localisation* »<sup>78</sup> L'objectif est de pouvoir gérer sa performance énergétique, son impact environnemental et son niveau de confort. Que ce soit dans une construction neuve, où l'on teste plusieurs hypothèses pour atteindre les objectifs fixés, ou bien dans une rénovation, où l'on compare les différentes solutions pour trouver la meilleure stratégie.<sup>79</sup> C'est ce que permet de faire la simulation thermique dont on peut distinguer trois niveaux.

Premièrement, l'on retrouve la simulation thermique statique (RT). Celle-ci permet, dans ses calculs, de prendre en compte la position géographique du site, le concept architectural, les masques intégrés du bâtiment, les masques lointains ou proches de son environnement, les caractéristiques thermiques de ses parois et de ses vitrages, et les sources de chaleur internes liées à son utilisation théorique.<sup>80</sup> Le terme statique renvoie au fait que ses calculs se font sur une base temporelle longue (mois, année) avec une gestion de l'inertie et des apports sur la base

---

<sup>77</sup> Conseil Architecture Urbanisme et Environnement de Moselle. Les Labels de performance énergétique. [Document électronique]. Moselle, France, CAUE de Moselle, septembre 2016, <https://www.caue57.com/upload/collectivite/2891Leslabelsdeperf.pdf>, page 25 [Consulté le : 7 septembre 2017]

<sup>78</sup> GAL Frédéric (10 mai 2015). Simulation thermique dynamique (STD) – Maîtrise des consommations d'énergie. [en ligne]. <http://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/construction-et-travaux-publics-th3/le-chauffage-la-climatisation-et-l-eau-chaude-sanitaire-42582210/simulation-thermique-dynamique-std-maitrise-des-consommations-d-energie-c8103/> [Consulté le: 8 septembre 2017].

<sup>79</sup> AMOES. Simulation thermique dynamique (STD). [en ligne]. <http://www.energiepositive.info/fr/prestations/simulation-thermique-dyn.html> [Consulté le: 8 septembre 2017].

<sup>80</sup> PAYET Laurent dir. La Simulation Thermique Dynamique. [document électronique]. Techniques & Logiciels, 26 février 2014, Bordeaux, France, Dauchez Payet, <http://www.dauchezpayet.fr/wp-content/uploads/La-STD-par-Dauchez-Payet.pdf>, pages 1,2 [Consulté le: 9 août 2017].

de coefficients moyens.<sup>81</sup> Un exemple de RT correspond aux logiciels algériens : l'application pour le calcul thermique des bâtiments (CTBAT) et logiciel d'application de la réglementation thermique algérienne (RETA) qui sont, en des termes simples, le même logiciel avec la présence de quelques outils ergonomiques en plus dans RETA. Conçu dans le cadre d'une coopération Algéro-Allemande de l'APRUE, le CNERIB, le CDER et la GIZ, son rôle est de permettre un calcul thermique qui se base sur la réglementation thermique des documents techniques réglementaires algériens le DTR C3-2 et C3-4 et de vérifier la conformité à celui-ci.

Secondement, on retrouve la simulation thermique dynamique (STD). Elle prend en compte tout ce qu'on peut faire avec une RT, mais permet également de prendre en charge la météorologie du site d'implantation, de l'inertie du bâtiment et des apports solaires passifs afin de permettre d'atteindre des objectifs comme l'optimisation du concept architectural, le choix de l'orientation optimale, l'évaluation des risques de surchauffes estivales, l'évaluation des besoins énergétique du bâtiment et la proposition de température de consigne de fonctionnement efficaces tout en étant confortable<sup>82</sup>. Le terme dynamique renvoie au fait que ses calculs se font sur des pas de temps courts avec une gestion de l'inertie et des apports selon le pas de temps utilisé<sup>83</sup>. Un exemple de STD serait Ecotect le logiciel que la firme Autodesk a acheté en 2008 et a développé jusqu'en 2011 pour arrêter ensuite sa vente en 2015, après qu'ils aient intégré ses fonctionnalités en Revit.<sup>84</sup> C'est un outil d'analyse environnementale permettant de simuler la performance d'un bâtiment aux niveaux thermique, acoustique, de l'ensoleillement et l'éclairage avec une interface, une prise de main simples et une visualisation des résultats en 3D. Les manques qu'il a au niveau des systèmes chauffages-ventilation-climatisation, la gestion peu détaillée des équipements et des comportements des usagers ont font un STD.

En fin, la simulation énergétique dynamique (SED) permet de distinguer les logiciels STD qui ont évolué pour effectuer la simulation thermique en tenant compte de nouveaux paramètres que sont les pertes thermiques, systèmes chauffages-ventilation-climatisation (CVC), les consommations des auxiliaires de ventilation, des pompes et de l'eau chaude sanitaire (ECS), l'éclairage et les équipements<sup>85</sup>. Il est important de noter que certains de ces paramètres se

---

<sup>81</sup> Association APOGEE. Revue pratique des logiciels de simulation énergétique dynamique (SED). [document électronique]. juin 2015, Paris, France, Institut français du management immobilier, [http://www.planbatimentdurable.fr/IMG/pdf/Revue\\_pratique\\_des\\_logiciels\\_SED-\\_2015-07-08\\_revu.pdf](http://www.planbatimentdurable.fr/IMG/pdf/Revue_pratique_des_logiciels_SED-_2015-07-08_revu.pdf), pages 4,5 [Consulté le: 9 août 2017].

<sup>82</sup> PAYET Laurent dir. La Simulation Thermique Dynamique. [document électronique]. Techniques & Logiciels , 26 février 2014, Bordeaux, France, Dauchez Payet, <http://www.dauchezpayet.fr/wp-content/uploads/La-STD-par-Dauchez-Payet.pdf>, pages 1,2 [Consulté le: 9 août 2017].

<sup>83</sup> Association APOGEE. Revue pratique des logiciels de simulation énergétique dynamique (SED). [document électronique]. juin 2015, Paris, France, Institut français du management immobilier, [http://www.planbatimentdurable.fr/IMG/pdf/Revue\\_pratique\\_des\\_logiciels\\_SED-\\_2015-07-08\\_revu.pdf](http://www.planbatimentdurable.fr/IMG/pdf/Revue_pratique_des_logiciels_SED-_2015-07-08_revu.pdf), pages 4,5 [Consulté le: 9 août 2017].

<sup>84</sup> Support Autodesk (20 avril 2016). Ecotect Analysis Discontinuation FAQ. [en ligne] <https://knowledge.autodesk.com/support/ecotect-analysis/learn-explore/caas/sfdcarticles/sfdcarticles/Ecotect-Analysis-Discontinuation-FAQ.html> [Consulté le: 8 septembre 2017].

<sup>85</sup> Association APOGEE. Revue pratique des logiciels de simulation énergétique dynamique (SED). [document électronique]. juin 2015, Paris, France, Institut français du management immobilier, [http://www.planbatimentdurable.fr/IMG/pdf/Revue\\_pratique\\_des\\_logiciels\\_SED-\\_2015-07-08\\_revu.pdf](http://www.planbatimentdurable.fr/IMG/pdf/Revue_pratique_des_logiciels_SED-_2015-07-08_revu.pdf), pages 4,5 [Consulté le: 9 août 2017].

trouvent dans des STD car les logiciels de simulation thermiques ne sont pas contraints par ces définitions et évoluent tous selon des objectifs et des capacités différentes. Pour n'en citer que les plus importants, nous avons TRNSYS et EnergyPlus. La plupart des autres SED ont pour moteur ces logiciels-là.

Transient System Simulation Tool (TRNSYS) a été créé dans les années 70 par l'université du Wisconsin aux États-Unis et est développé depuis les années 90 par un comité de développement international et une entreprise privée TESS<sup>86</sup>. Ses points forts reposent sur les aspects suivants :

- Il offre un environnement modulable, car il repose sur une bibliothèque de composants types pouvant être gérés afin de créer son propre système ;
- Il est flexible puisqu'il permet de définir les équations nécessaires à la gestion des équipements ;
- Il est extensible car il permet d'ajouter de nouveaux modules et des interfaces utilisateur ;
- Il permet la simulation de systèmes même les plus complexes
- Il est très complet car on peut couvrir tous les paramètres nécessaires pour une SED.

Cependant, son interface de base est peu conviviale. Son module 3D disponible sous SketchUp est loin d'être performant, et ne permet pas la modélisation d'éclairage et d'éclairage dans le bâtiment sauf en optant pour des méthodes assez complexes, nécessite un temps d'apprentissage long car c'est un outil qui nécessite une certaine expertise et il est cher.<sup>87</sup> Le logiciel peut être couplé avec d'autres logiciels comme Comportement dynamique des bâtiments (CoDyBa) et Town energy balance (TEB) ou servir comme moteur pour des logiciels comme System advisor model (SAM).

EnergyPlus, quant à lui, se base sur deux outils de simulation complémentaires pour fonctionner. Il s'agit du (DOE-2) du Département of Energy des États-Unis, qui sont eux même derrière EnergyPlus ; et building loads analysis and systems thermodynamics (BLAST) qui ont été développés dans les années 80 et sont mis à jour tous les 6 mois.<sup>88</sup> Les points forts d'EnergyPlus s'énumèrent comme suit :

- Il permet de simuler des systèmes énergétiques complexes ;
- Il rend possible d'effectuer une analyse avec un pas de temps inférieur à l'heure ;
- Il a un module 3D pour SketchUp qui est facile et qui permet de gérer la saisie géométrique du bâtiment dans le logiciel ;
- Il se base sur des algorithmes pertinents et efficaces pour l'optimisation énergétique ;

---

<sup>86</sup> SPITZ Clara. Analyse de la fiabilité des outils de simulation et des incertitudes de métrologie appliquée à l'efficacité énergétique des bâtiments. [document électronique]. 21 décembre 2012, Grenoble, France, HAL,, <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-00768506/document>, pages 14 [Consulté le: 9 août 2017].

<sup>87</sup> Association APOGEE. Revue pratique des logiciels de simulation énergétique dynamique (SED). [document électronique]. 19 avril 2016, Paris, France, CRC Press, Cleveland, Ohio, États-Unis, [http://www.planbatimentdurable.fr/IMG/pdf/Revue\\_pratique\\_des\\_logiciels\\_SED-\\_2015-07-08\\_revu.pdf](http://www.planbatimentdurable.fr/IMG/pdf/Revue_pratique_des_logiciels_SED-_2015-07-08_revu.pdf), pages 4-12 [Consulté le: 8 septembre 2017].

<sup>88</sup> KRARTI Moncef. Energy Audit of Building Systems: An Engineering Approach, Second Edition. [document électronique]. juin 2015, Paris, France, Institut français du management immobilier, [http://www.planbatimentdurable.fr/IMG/pdf/Revue\\_pratique\\_des\\_logiciels\\_SED-\\_2015-07-08\\_revu.pdf](http://www.planbatimentdurable.fr/IMG/pdf/Revue_pratique_des_logiciels_SED-_2015-07-08_revu.pdf), pages 7,12 [Consulté le: 9 août 2017].

- Il prend en compte tout ce qui est CVC, ECS, ventilation naturelle, éclairage et comportements des usagers ;
- C'est surtout un logiciel gratuit.

Cependant, on peut lui reprocher son interface de base qui est non conviviale, et sa grande bibliothèque de modules adaptée uniquement à des systèmes existants aux États-Unis.<sup>89</sup> Reste que ce logiciel est utilisé par un nombre très importants de logiciels tiers comme moteur de base. Par ailleurs, il peut être couplé avec plusieurs autres logiciels, ce qui offre un large éventail d'alternatives et de possibilités lorsque la version de base d'EnergyPlus ne convient pas aux utilisateurs (i.e. OpenStudio, DesignBuilder, EFEN, AECOSim energy simulator, Hevacomp simulator V8i, N++, gEnergy, Simergy, BEopt, Sefaira, FineGREEN, Archism, ArchiWIZARD).<sup>90</sup>

La simulation thermique est utilisée pour répondre à des objectifs précis de son utilisateurs qui, selon ses derniers doit opter pour le bon type de simulateur et par la suite pour le logiciel adéquat qui lui convienne selon les données qu'il voudrait y insérer, les données qu'il voudrait obtenir, l'ergonomie et le prix du logiciel.

---

<sup>89</sup> SPITZ Clara. Analyse de la fiabilité des outils de simulation et des incertitudes de métrologie appliquée à l'efficacité énergétique des bâtiments. [document électronique]. 21 décembre 2012, Grenoble, France, HAL,, <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-00768506/document>, pages 14, 69,70,71 [Consulté le: 9 août 2017].

<sup>90</sup> NREL . Third-Party Graphical User Interfaces. [en ligne]. <https://energyplus.net/interfaces> [Consulté le: 8 septembre 2017].

# **Chapitre V : L'audit énergétique des cas d'études**

L'audit énergétique représente la première étape de notre étude. Elle nous permettra d'estimer la consommation des deux bâtiments pour pouvoir comparer les deux dans un premier temps mais aussi de comparer la réhabilitation avec le bâtiment performant. Pour cela nous allons réaliser notre simulation en utilisant le logiciel BEopt.

## 1. Présentation du logiciel BEopt :

BEopt comprend trois groupes de données dont il faudra configurer les paramètres pour aboutir au résultat voulu : La géométrie, le site et les options du bâtiment. BEopt fonctionne selon des hypothèses qui servent de base aux calculs et influence ainsi les résultats. Les hypothèses sont des estimations comme, par exemple, la consommation d'un équipement selon ses caractéristiques qui, autrement, nécessiterait parfois une étude au laboratoire. En plus de cela, elles sont nécessaires pour la réalisation des simulations de scénarios fictifs. Nous aurons de ce fait différents types de données d'entrée selon ce dont le logiciel a besoin pour pouvoir réaliser ses calculs.

Au niveau de l'écran d'accueil d'un nouveau projet, nous avons à définir les données suivantes :

### - Type de projet : Standard

Le type standard regroupe les autres types de projet qui sont des cas spécifiques du type standard car ils sont personnalisés pour des constructions aux Etats-Unis contrairement au type standard qui est plus mondial.

### - Type d'opération : Rénovation

Le choix de la rénovation adapte le logiciel à une simulation pour un cas existant d'où l'ajout de données comme l'âge du bâtiment, l'âge des équipements etc.

### - Type de bâtiment : Multi-familles

Le type multi-famille concerne les bâtiments avec plusieurs logements. BEopt gère le reste des données relatives aux logements selon l'hypothèse qu'ils sont tous dotés des mêmes équipements individuels (contrairement aux équipements centralisés qui couvrent tout le bâtiment), des mêmes scénarios d'usage, des même caractéristiques architecturales (comme l'isolation, la menuiserie, la peinture etc.). Ce qui change sont des données comme la surface habitable, le nombre de lits et le nombre de sanitaires qui permettent d'estimer la consommation de chaque logement. BEopt travaille selon un modèle type de logements, dont la consommation varie proportionnellement à sa surface et aux nombres de chambres et d'usagers, qu'on peut

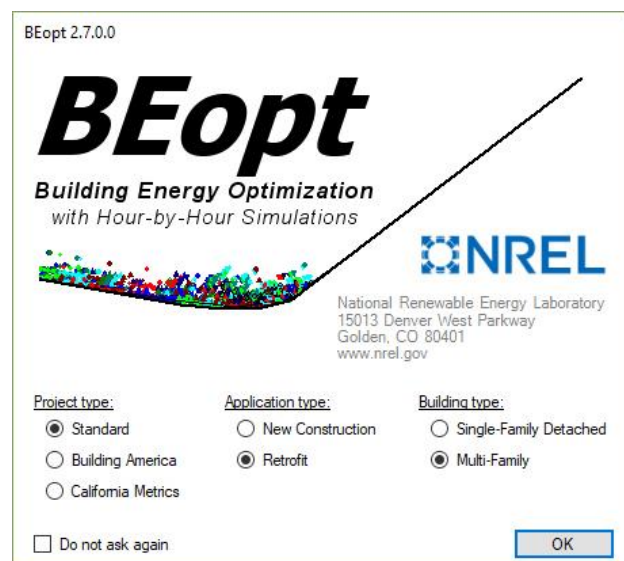


Figure 16: Ecran d'accueil d'un nouveau projet. (source :Auteur.)

disposer et arranger afin de modéliser le bâtiment voulu. Cette hypothèse de travail nous est très importante du fait qu'elle limite le nombre de variables à celui d'un seul logement, ce qui rend la gestion des données, l'interprétation des résultats et la proposition de solutions maîtrisables.

## 2. Etapes de la simulation appliquée sur Jolie Vue II et Ain Romana :

A la suite de ces choix, nous nous retrouvons devant l'écran principal, où il faudra gérer les paramètres de chacune des trois catégories principales.

### a. Gestion des données du site :

Au niveau de la catégorie site, nous introduisons les données géographiques et climatiques du, l'aspect économique propre à la zone d'étude (factures énergétique, type de paiement etc.) et les caractéristiques de chaque source d'énergie (émissions de GES et valeur des pertes énergétiques).

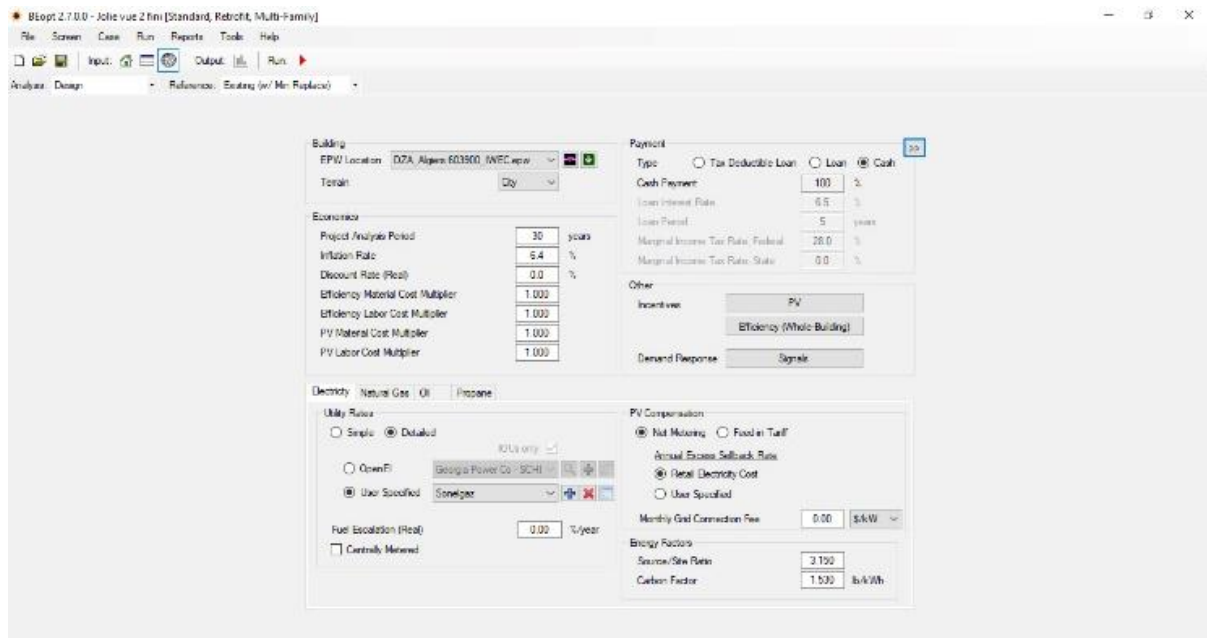


Figure 17: Ecran de gestion des données du site. (source :Auteur.)

Les données traitées se présentent comme suit :

**Bâtiment :** On introduit à ce niveau un fichier au format .epw pour le paramètre « localisation » qui contient les données géographiques et de climat du site comme : la longitude, la latitude, l'altitude, le rayonnement solaire mensuel et journalier, durée d'insolation, les températures mensuelles et journalières, les précipitations, la vitesse du vent l'humidité etc. Dans le paramètre « terrain » nous introduisons le contexte dans lequel s'inscrit le projet.

Paramètres	Données	
	Jolie Vue II	Ain Romana
Localisation	Alger <sup>91</sup>	Blida <sup>92</sup>
Terrain	Urbain	Rural

<sup>91</sup> Annexe VI : Données climatiques

<sup>92</sup> Annexe VI : Données climatiques

**Economie :** Il s'agit d'introduire les données nécessaires au calcul du coût comme « la période d'analyse » qui détermine la durée sur laquelle nous voudrions évaluer le projet. Le « taux d'inflation » qui va permettre d'estimer la variation généralisée des prix des biens et services. Le « taux de réduction » au cas où le projet est soutenu financièrement. Les paramètres « changement de prix des éléments d'efficacité énergétique » (Matériaux, services et systèmes photovoltaïque) permettent de prendre en charge les subventions de l'état dans le domaine de l'efficacité énergétique.

Paramètres	Données	
	Jolie Vue II	Ain Romana
Période d'analyse	30ans	
Taux d'inflation	6,4 <sup>93</sup>	
Taux de réduction	0%	
Changement des prix des éléments d'efficacité énergétique	1 (le 1 représente des prix qui ne changent pas. Nous avons fait ce choix parce que les subventions de l'état ne couvrent pas tous les éléments et ont des conditions spécifiques. C'est pourquoi nous avons préféré appliquer ces aides financières directement sur les produits dans la catégorie options du bâtiment)	

**Paiement :** On définit le type de paiement des interventions dans le cas d'une rénovation. Nous avons sélectionné le type « cash », les autres options étant emprunt et emprunt avec intérêt. Ce paramètre influe sur la facture.

**Autre :** Deux paramètres sont ici. Le premier étant les « démarches incitatives » qui représentent les réductions de taxes lors de l'utilisation de l'énergie solaire ou lorsque la construction est efficace énergétiquement. Quant au deuxième, c'est la « réponse à la demande », où l'on définit des scénarios relatifs aux hausses des prix d'électricité et/ou son remboursement.

Paramètres	Données	
	Jolie Vue II	Ain Romana
Démarches incitatives	Aucunes (les aides financières qu'offre l'état sont pris en compte directement au niveau de la catégorie options du bâtiment)	
Réponse à la demande	Aucun scénario (Cet aspect n'apporte rien à l'objectif de l'étude mais en plus propose la programmation d'évènements aléatoires ce qui produirait rien que pour une même simulation des résultats différents à chaque calcul.)	

<sup>93</sup> Ministère des finances (2017). Taux d'inflation. [en ligne]. <http://www.mf.gov.dz/article/48/Zoom-sur-les-Chiffres-/154/Taux-d%27inflation.html> [Consulté le: 10 septembre 2017].

**Compensations pour le système photovoltaïque :** Pour pallier aux variations de la production que peut avoir le système photovoltaïque, il est raccordé au réseau d'électricité principal qui reprend l'alimentation du bâtiment dès qu'il y a un manque ou récupère le surplus. Dans ce point il s'agit de désigner les tarifs qui s'appliquent à ce procédé.

Paramètres	Données	
	Jolie Vue II	Ain Romana
Type de facturation	Nette (le paiement ne comprend aucune subvention)	
Prix de revente	Prix normal de l'électricité (Cette configuration nous permettrait de voir le coût gagné en cas de surplus)	
Frais mensuels	0DA (les frais mensuels supplémentaires à l'usage de l'électricité du réseau principal)	

**Facteurs énergétiques :** Dans ce point il s'agit d'apporter des modifications à la base de données relative aux caractéristiques des énergies fossiles : le taux d'émission de GES spécifique à chaque énergie et les pertes que subit l'énergie primaire pour atteindre son aspect final. Nous n'avons apporté aucune modification à la base de données qui utilise déjà des valeurs standards.

**Electricité :** Contient les détails concernant la facture d'électricité.

Paramètres	Données		
	Jolie Vue II	Ain Romana	
Nom du distributeur	Sonelgaz		
Type d'abonnement	Basse tension à tarif progressif 54NM		
Redevance fixe	0DA		
Type de tarification	Par tranches		
Tranches	Tranche 1	De 0kWh à 125kWh	1,7787DA/kWh
	Tranche 2	De 125kWh à 250kWh	4,1789DA/kWh
	Tranche 3	De 250kWh à 582kWh	4,8120DA/kWh
	Tranche 4	Au-delà de 582kWh	5,4796DA/kWh <sup>94</sup>

<sup>94</sup> Sonelgaz Distribution Alger (2016). Nos tarifs de consommation. [en ligne]. <http://www.sda.dz/Fr/?page=article&id=165> [Consulté le: 10 septembre 2017].

**Gaz naturel** : Contient les détails concernant la facture du gaz naturel.

Paramètres	Données	
	Jolie Vue II	Ain Romana
Nom du distributeur	Sonelgaz	
Type d'abonnement	Basse pression à tarif progressif 23NM	
Redevance fixe	28,50DA	
Tarif	0,2463DA/thermie (Le logiciel ne permet pas une tarification en tranches pour le gaz naturel. En regardant les différentes factures du cas d'étude « Jolie Vue II », la consommation des dernières années ne dépasse pas la 2 <sup>ème</sup> tranche. C'est pourquoi nous avons pris une moyenne de tarification des deux tranches seulement : $(0,1682+0,3245)/2= 0,2463$ ) <sup>95</sup>	

**Fioul** : On introduit dans cette case, le prix du fioul par gallon : 20,23 DA/L ⇔ 76,57 DA/gal<sup>96</sup>

**Propane** : On introduit ici, le prix du propane par gallon : (nous avons 400 DA pour une bouteille de 35 kg<sup>97</sup>) 11,42 DA/L ⇔ 43,22 DA/gal

### b. Modélisation de la géométrie des bâtiments :

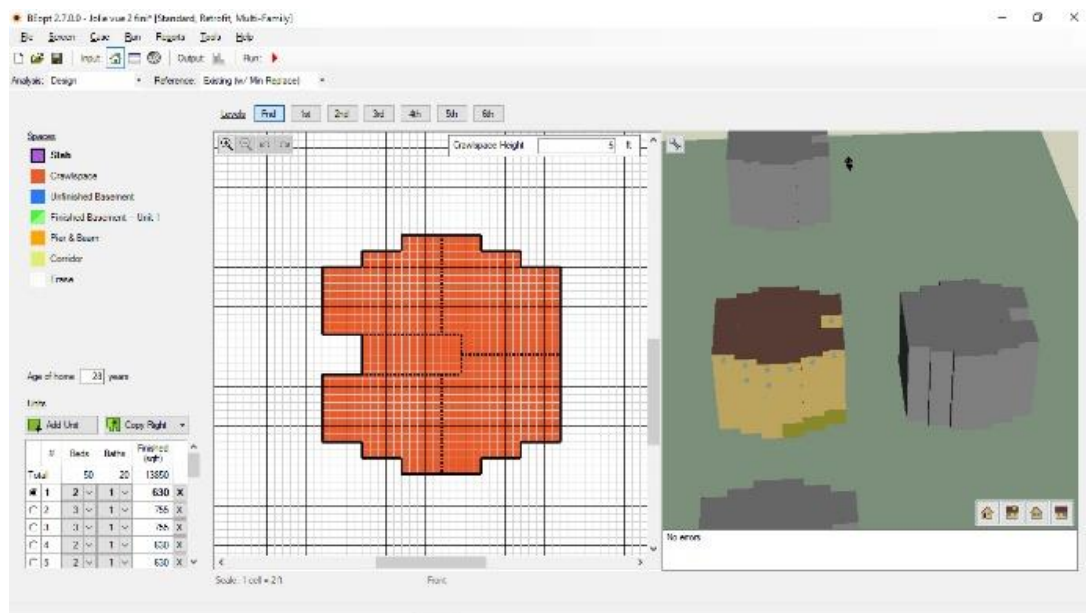


Figure 18: Ecran de modélisation de la géométrie des bâtiments. (source :Auteur.)

<sup>95</sup> Sonelgaz Distribution Alger (2016). Nos tarifs de consommation. [en ligne].

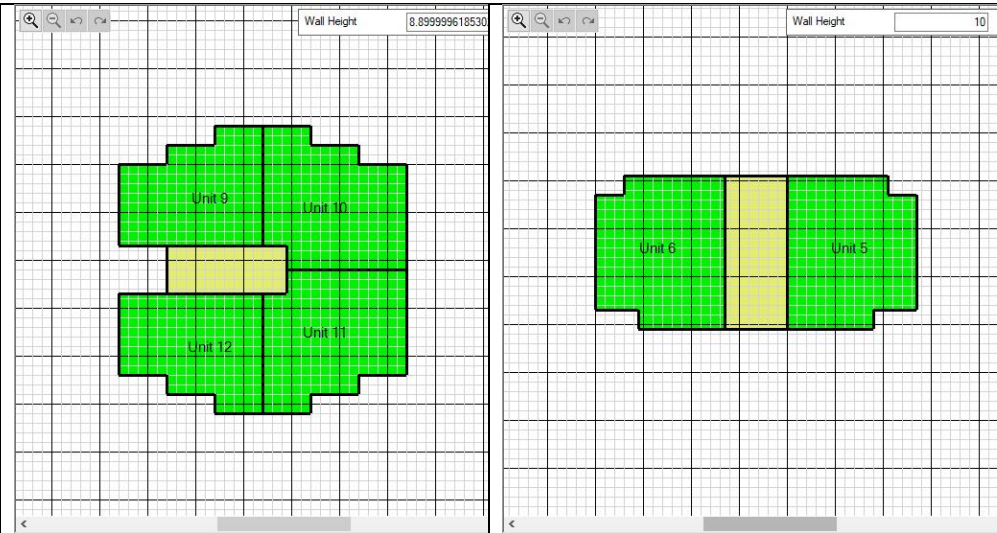
<http://www.sda.dz/Fr/?page=article&id=165> [Consulté le: 10 septembre 2017].

<sup>96</sup>ABBOU Lynda (1 décembre 2016). Algérie- Loi de finances 2017 : Le gasoil à 20,63 DA après la hausse de 2 points de la TVA. [en ligne]. <http://www.maghrebemergent.com/energie/hydrocarbures/66388-algerie-loi-de-finances-2017-le-gasoil-a-20-63-da-apres-la-hausse-de-2-points-de-la-tva.html> [Consulté le: 10 septembre 2017].

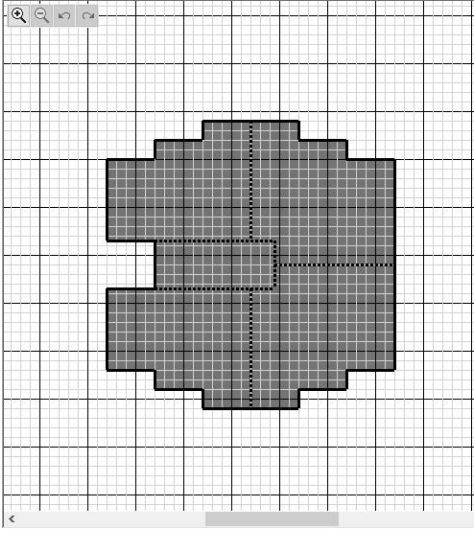
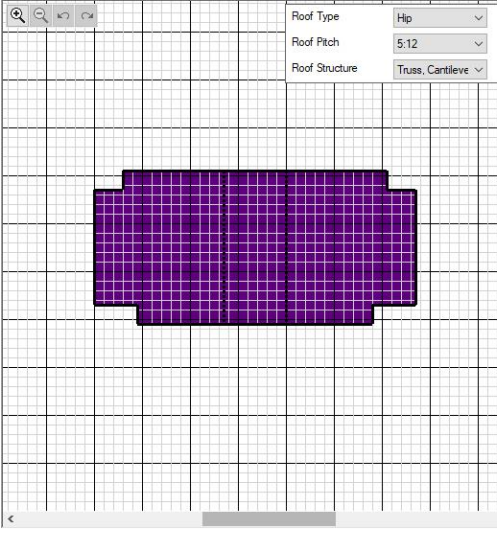
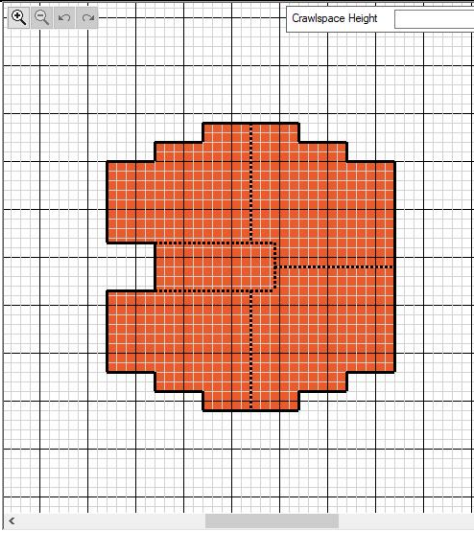
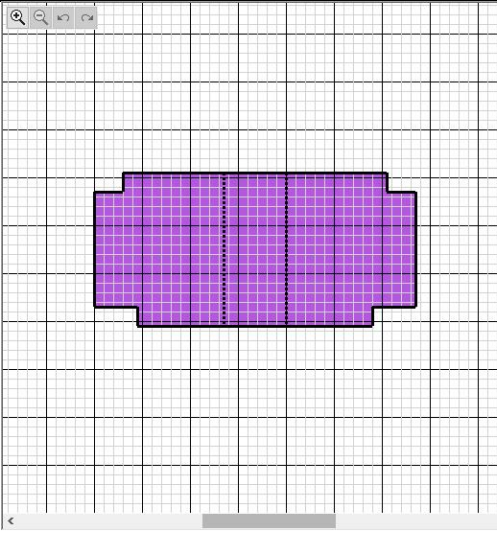
<sup>97</sup> Ministère de l'énergie. Tarification des produits pétroliers. [en ligne].

<http://www.energy.gov.dz/francais/index.php?page=tarification-des-produits-petroliers-reglementes> [Consulté le: 10 septembre 2017].

Au niveau de la catégorie géométrie, on modélise le bâtiment et on introduit les données nécessaires à l'interprétation du model géométrique comme : le type d'espaces, le nombre de lits, le nombre de sanitaires, l'âge du bâtiment etc. Les données traitées se présentent comme suit :

Paramètres	Données		
	Jolie Vue II		Ain Romana
Age du bâtiment	28 ans (1989-2017)		4 ans (2013-2017)
Surfaces	70,22m <sup>2</sup> ⇔ 755,84ft <sup>2</sup> (Surfaces des F3)	58,6m <sup>2</sup> ⇔ 630ft <sup>2</sup> (Surfaces des F2)	74m <sup>2</sup> ⇔ 796,52ft <sup>2</sup>
Unités	2, 3, 6, 7, 10, 11, 14, 15, 18, 19	1, 4, 5, 8, 9, 12, 13, 16, 17, 20	1 à 10
Nombre de lits	Permet au logiciel d'estimer le nombre d'usagers		
	3 (correspond à un F3)	2 (correspond à un F2)	3 (correspond à un F3)
Nombre de sanitaires	0-Pas de salle de bain, 0,5- une toilette ou une baignoire/douche, 1- une toilette avec baignoire/douche, 1,5- une toilette et une salle de bain avec toilette et une baignoire/douche <sup>98</sup> .		
	1	1	1
Etage type			
Modélisation			

<sup>98</sup> STEPANOVA Alexandra. What does a fractional number of bathrooms in an apartment mean?. [en ligne]. <https://support.dobovo.com/hc/en-us/articles/225557108-What-does-a-fractional-number-of-bathrooms-in-an-apartment-mean-> [Consulté le: 10 septembre 2017].

Hauteur niveau	2,55m ↔ 8,9ft	3,06m ↔ 10ft
Légende	<p>■ Espace habitable</p> <p>■ Corridor</p>	<p>■ Espace habitable</p> <p>■ Corridor</p>
Niveau sous-sol		
Modélisation		
Hauteur niveau	5ft car le logiciel n'accepte pas plus que cette valeur (valeur réelle : 2,55m ↔ 8,9ft)	/
Légende	■ Vide sanitaire	■ Dalle
Niveau toiture		
Modélisation		
Légende	■ Terrasse inaccessible	■ Toiture en pente (à croupe)
Inclinaison	/	22° ↔ 5:12

### c. Configuration des options des bâtiments :

Au niveau de la catégorie options du bâtiment, nous introduisons les données relatives aux caractéristiques du bâtiment (murs, toiture, sous-sol, isolation etc.) ainsi que les équipements de chauffage, de climatisation et de ventilation, l'eau chaude sanitaire et l'éclairage d'un côté et d'un autre les usagers, leurs scénarios d'usage de ces équipements et des autres appareils. Les données traitées se présentent comme suit :

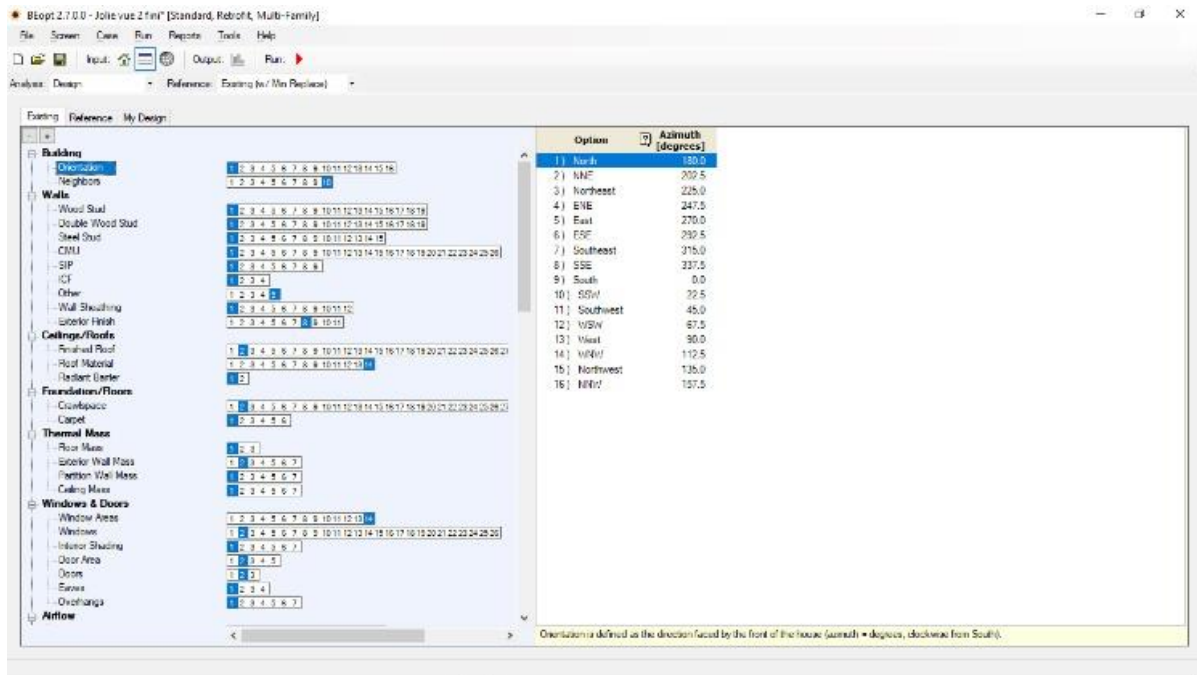


Figure 19: Ecran de configuration des options des bâtiments. (source :Auteur.)

**Bâtiment :** Il s'agit d'introduire les données relatives à l'orientation du bâtiment et la mitoyenneté. Elles sont nécessaires dans la mesure où elles seront combinées avec d'autres données du site ajoutées précédemment pour calculer l'impact de l'urbanisme dans lequel s'inscrit le bâtiment sur ce dernier.

Paramètres	Données	
	Jolie Vue II	Ain Romana
Orientation	BEOpt considère le Nord géographique comme étant vers le bas dans l'écran géométrie. Il faut dans ce cas soit prendre ça en compte depuis le début ou bien introduire un autre sens. Dans notre cas, nous avons pris le bas comme nord depuis le début.	
	Nord	Nord
Voisinage	Nord : à 22m ⇔ 73ft	Nord : à 16,2m ⇔ 53,15ft
	Sud : à 37,5m ⇔ 123ft	Sud : à 17,2m ⇔ 56,43ft
	Est : dégagée	Est : mitoyen
	Ouest : à 8,8m ⇔ 29ft	Ouest : dégagée

**Murs :** comprend les détails des murs comme leurs matériaux de construction, le revêtement qu'ils ont et la finition extérieure qu'on leur a appliquée. Les détails les plus importants sur les caractéristiques thermiques des murs se font à ce niveau y compris l'isolation sauf pour l'isolation appliquée sur la façade intérieure des murs extérieurs et l'isolation extérieure des murs de séparation qui sont traité dans un point à part plus en bas.

Paramètres	Données	
	Jolie Vue II	Ain Romana
Matériau	Les matériaux des deux bâtiments n'étant pas disponibles dans la bibliothèque nous les avons créés en introduisant des données disponibles majoritairement dans le DTR C3-2 (comme pour beaucoup des données de la catégorie options du bâtiment qui ont été pris des DTR). Les couches sont considérées être de l'extérieure vers l'intérieur par ordre croissant de classement.	
	Panneaux en béton préfabriqué	Double cloison en brique avec isolation en polystyrène
	Couche 1 : Béton	Couche 1 : Brique creuse
	Epaisseur : 0,22m ⇔ 0,72ft	Epaisseur : 0,15m ⇔ 0,492ft
	Conductivité : 1,75W/m/K ⇔ 1,011Btu.ft/h/ft/°F	Conductivité : 0,48W/m/K ⇔ 0,277Btu.ft/h/ft/°F
	Densité : 2200kg/m <sup>3</sup> ⇔ 137,3lb/ft <sup>3</sup>	Densité : 900kg/m <sup>3</sup> ⇔ 56,18lb/ft <sup>3</sup>
	Chaleur spécifique : 753,62J/kg.K ⇔ 0,18Btu/lb.°R	Chaleur spécifique : 921J/kg.K ⇔ 0,22Btu/lb.°R
		Couche 2 : Polystyrène expansé
		Epaisseur : 0,06m ⇔ 0,196ft
		Conductivité : 0,032W/m/K ⇔ 0,005Btu.ft/h/ft/°F
		Densité : 10kg/m <sup>3</sup> ⇔ 0,624lb/ft <sup>3</sup>
	/	Couche 3 : Brique creuse
		Epaisseur : 0,10m ⇔ 0,328ft
		Conductivité : 0,48W/m/K ⇔ 0,277Btu.ft/h/ft/°F
Densité : 900kg/m <sup>3</sup> ⇔ 56,18lb/ft <sup>3</sup>		
	Chaleur spécifique : 921J/kg.K ⇔ 0,22Btu/lb.°R	
	Prix : 704DA/m <sup>2</sup> ⇔ 65,4DA/ft <sup>2</sup>	Prix : 700DA/m <sup>2</sup> +1000DA/m <sup>2</sup> =1700DA/m <sup>2</sup> ⇔ 158DA/ft <sup>2</sup>
	Dans ce point BEopt propose des solutions utilisées principalement dans les Etats-Unis et qui ne sont pas complètement modifiables. Ce point ne	

Revêtement mural spécifique	nous intéresse pas surtout que les données qui nous concernent sont à être introduites dans d'autres paramètres.	
	Aucun	
Finition extérieure	Ce paramètre cherche à définir les coefficients d'absorptivité et d'émissivité des parois extérieures pour évaluer leur comportement vis-à-vis du rayonnement solaire.	
	Peinture vinylique claire	
	Age : 10ans (2007-2017)	Age : 4ans (2013-2017)
	Durée de vie : 30ans	
	Prix : 650DA/m <sup>2</sup> ⇔ 60,4DA/ft <sup>2</sup>	

**Toiture :** Selon le type de toiture BEopt propose des données différentes à choisir pour introduire les caractéristiques des toitures dont il a besoin pour réaliser ses calculs. Le logiciel ne propose aucune option pour détailler le matériau, l'étanchéité, le pare-vapeur ou d'autres détails du même type car il fonctionne selon des hypothèses qui lui font qu'il suppose ces détails à partir du type de toiture sélectionné et de certains détails sur les murs et l'isolation.

Paramètres	Données	
	Jolie Vue II	Ain Romana
Isolation	Concerne uniquement le matériau utilisé pour l'isolation thermique de la face intérieure pour les toitures en pente et la face extérieure pour les toitures terrasses.	
	Aucune	Laine de verre d'épaisseur 7cm ⇔ 2.75in
		Prix : 1150DA/m <sup>2</sup> ⇔ 106,87DA/ft <sup>2</sup>
		Age : 4ans (2013-2017)
	Durée de vie : 30 ans	
Matériau	Concerne la dernière couche extérieure de la toiture pour définir les coefficients d'absorptivité et d'émissivité des toitures afin d'évaluer leur comportement vis-à-vis du rayonnement solaire	
	Gravier	Tuile en terre cuite
	Prix : 900DA/m <sup>2</sup> ⇔ 93,64DA/ft <sup>2</sup>	Prix : 4160DA/m <sup>2</sup> ⇔ 386,61DA/ft <sup>2</sup>
	Age : 10ans (2007-2017)	Age : 4ans (2013-2017)
	Durée de vie : 30 ans	Durée de vie : 30 ans

**Planchers et niveau sous-sol :** Comme pour le point précédent les détails structuraux de ces éléments sont définis par les hypothèses sur lesquelles se base BEopt. Nous détaillons seulement des paramètres supplémentaires concernant l'isolation.

Paramètres	Données	
	Jolie Vue II	Ain Romana
Type du niveau sous-sol	Vide sanitaire	Dalle
	Isolation : Ventilé mais non isolé	Isolation : Isolation intérieure du mur extérieur en polystyrène
	Prix : /	Prix : 1000DA/m <sup>2</sup> ⇔ 92,93DA/ft <sup>2</sup>
Parquet	Il s'agit de spécifier le pourcentage du parquet par rapport à la surface du plancher.	
	0%	0%

**Détails thermiques :** Les détails relatifs à l'isolation ou qui impactent les caractéristiques thermiques qui n'ont pas été pris en charge précédemment sont détaillées ici.

Paramètres	Données	
	Jolie Vue II	Ain Romana
Sol	Permet de spécifier les caractéristiques d'une possible couche supérieure (autre que le parquet) au-dessus des planchers.	
	Rien	Rien
Murs extérieurs	Permet de spécifier les caractéristiques d'une possible présence de plaques de plâtre sur de sur la face intérieure des murs extérieurs.	
	Plaques de plâtre de 12,5mm ⇔ 1/2in	Rien
	Prix : 2800DA/m <sup>2</sup> ⇔ 260,22DA/ft <sup>2</sup>	
Murs intérieurs	Permet de spécifier les caractéristiques d'une possible présence de plaques de plâtre sur de sur n'importe quelle face des murs intérieurs.	
	Rien	Rien
Plafond	Permet de spécifier les caractéristiques de la couche d'isolation inférieure des planchers.	
	Rien	Hourdis en béton
		Epaisseur : 0,16m ⇔ 0,524ft
		Conductivité : 1,04W/m.K ⇔ 0,600Btu.ft/h/ft.°F
		Densité : 1000kg/m <sup>3</sup> ⇔ 62,42lb/ft <sup>3</sup>
		Chaleur spécifique : 1000J/kg.K ⇔ 0,23Btu/lb.°R
Prix : 350DA/m <sup>2</sup> ⇔ 32,52DA/ft <sup>2</sup>		

**Fenêtres et portes :** Il s'agit des détails sur les baies, le type de fenêtres, le type de portes et les protections solaires.

Paramètres	Données	
	Jolie Vue II	Ain Romana
Fenêtres	Dans ce paramètre on introduit les données sur les surfaces vitrées pour le logement type. Pour ce qui est de la donnée « Périmètre/Surface » BEopt n'accepte que certaines valeurs bien précises qui définisse le type de fenêtres ; nous avons utilisé 1,41 qui représente une fenêtre ordinaire. Cette dernière valeur combinée à celle des surfaces vitrées permettent de déduire le nombre de fenêtres sur chaque façade.	
	Surface au Nord : Aucune fenêtre Surface au Sud : 7,85m <sup>2</sup> ⇔ 84,49ft <sup>2</sup> Surface à l'Est : Aucune fenêtre Surface à l'Ouest : 2,73m <sup>2</sup> ⇔ 29,38ft <sup>2</sup>	Surface au Nord : 6,72m <sup>2</sup> ⇔ 72,33ft <sup>2</sup> Surface au Sud : 6,72m <sup>2</sup> ⇔ 72,33ft <sup>2</sup> Surface à l'Est : Aucune fenêtre Surface à l'Ouest : Aucune fenêtre
	Périmètre/Surface Nord : / Périmètre/Surface Sud : 1,41 Périmètre/Surface l'Est : / Périmètre/Surface l'Ouest : 1,41	Périmètre/Surface Nord : 1,41 Périmètre/Surface Sud : 1,41 Périmètre/Surface l'Est : / Périmètre/Surface l'Ouest : /
Type de fenêtres	Concerne le matériau du châssis et le type de vitrage utilisé.	
	Transparent, simple vitrage, châssis en bois	Transparent, double vitrage, châssis en PVC
	Prix : 17850DA/m <sup>2</sup> ⇔ 1659DA/ft <sup>2</sup>	Prix : 37500DA/m <sup>2</sup> ⇔ 3316DA/ft <sup>2</sup>
	Age : 5ans (2012-2017)	Age : 4ans (2013-2017)
	Durée de vie : 30 ans	Durée de vie : 30 ans
Traitement spécifique du verre	On détaille l'impact d'un traitement spécifique du verre s'il y en a eu.	
	Aucun	Aucun
Surface opaque de la porte	On donne les dimensions de la partie opaque de la surface de la porte. La surface vitrée de la porte doit être comprise dans les surfaces des fenêtres.	
	0,95*2,1=21,47m <sup>2</sup> ⇔ 21,47ft <sup>2</sup>	0,95*2,1=21,47m <sup>2</sup> ⇔ 21,47ft <sup>2</sup>
Type de porte	Concerne le matériau de la partie opaque de la porte.	
	Métal	Bois
	Prix : 13500DA/m <sup>2</sup> ⇔ 1255DA/ft <sup>2</sup>	Prix : 45000DA/m <sup>2</sup> ⇔ 4180DA/ft <sup>2</sup>
	Age : 5ans (2012-2017)	Age : 4ans (2013-2017)
	Durée de vie : 30 ans	Durée de vie : 30 ans
Avant-toit	On précise les caractéristiques géométriques des avant-toits	
	Aucun	Aucun
Porte-à-faux	On introduit les détails concernant les étages en porte-à-faux qui dépassent le volume initial.	
	Aucun	Aucun

**Flux d'air :** Permet au logiciel gérer le débit d'air entrant, sortant ainsi que tout ce qui concerne le renouvellement d'air à l'intérieur du bâtiment.

Paramètres	Données	
	Jolie Vue II	Ain Romana
Infiltrations d'air	Calculé dans le logiciel en ACH (Air changes per hour) soit changement d'air par heure qui se calcule en divisant le changement du volume d'air par le volume d'espace et permet de savoir combien de fois par heure le volume d'air d'un espace a été remplacé. Le logiciel utilise le ACH50 qui est le ACH calculé à 50pascals ; plus cette valeur est petite plus les infiltrations d'air sont minimales. Ne pouvant pas réaliser ces mesures, BEopt ayant pris en compte ce soucis, il propose une valeur par défaut selon l'âge du bâtiment, sa géométrie, son climat et les données introduites précédemment.	
	15ACH50	10ACH50
Ventilation mécanique	Détails techniques sur la ventilation mécanique	
	Aucune	
Ventilation naturelle	On introduit le nombre de fois que les usagers ouvrent leurs fenêtres en supposant qu'ils ouvrent les fenêtres seulement quand la qualité d'air intérieur nécessite son ouverture.	
	7j/semaine toute l'année	

A partir de ce point, nous avons commencé à introduire les mêmes paramètres d'usage des habitants du cas d'étude de Jolie Vue II aux habitants du cas d'étude d'Ain Romana comme nous l'avons précisé précédemment. Hormis les caractéristiques intrinsèques de chaque bâtiment, les usages et les équipements s'appliquent donc pour les deux cas d'étude car ils font partie des usages et investissements des habitants. S'il y avait par exemple un système de ventilation mécanique pour le Cas d'Ain Romana, les habitants n'auraient pas investi dans des équipements de ventilation naturelle et ça aurait donc constitué une spécificité du bâtiment qu'il faudrait prendre en compte.

**Conditionnement d'air :** Traite des équipements qui influent sur le conditionnement d'air. Ils sont spécifiés pour entrer dans les calculs.

Paramètres	Données	
	Jolie Vue II	Ain Romana
Climatisation centralisée	Aucune	
Climatisation individuelle	EER 10 (la valeur équivalente à un climatiseur de 12000btu/h pour 1200Wh)	
	1 seul climatiseur pour tout l'appartement	
	Prix : 65000DA/Unité	
	Age : 5ans (2012-2017)	
	Durée de vie : 15 ans	
Convecteur	Aucun	

Radiateur	Chaudière avec : gaz, eau chaude, standard, 80% AFUE (la valeur d'un radiateur standard)
	Prix : 50000DA/Unité
	Age : 23ans (1994-2017)
	Durée de vie : 24 ans
Plinthe électrique	Aucune
Pompe à chaleur	Aucune
Pompe à chaleur mini-split	Aucune
Pompe géothermique	Aucune
Conduites et gaines d'aération	On positionne les conduites et les gaines d'aération dans le bâtiment.
	Dans la surface habitable
Ventilateur de plafond	Unique de 20W
	Utilisation : limitée
	Prix : 14000DA/Unité
	Age : 17ans (2000-2017)
	Durée de vie : 20 ans
Déshumidificateur	Aucun

A partir de ce point nous aurons un choix de certains équipements par rapport à des systèmes d'évaluation de l'efficacité. Le EER (Energy efficiency rating) représente le coefficient d'efficacité énergétique. Le AFUE (Annual Fuel Utilization Efficiency) représente l'efficacité de la consommation annuelle des combustibles. Ils permettent d'évaluer la capacité d'un équipement à rentabiliser l'énergie qu'il consomme. Plus le EER est élevé plus l'équipement est efficace. Plus le pourcentage de l'AFUE est élevé plus l'équipement est efficace.

Pour ce qui est de l'âge des équipements nous garderons le même âge que pour le cas Jolie Vue II pour garder les mêmes variables surtout que l'âge impacte le changement d'équipements et donc les dépenses.

**Réglages du conditionnement de l'air :** On introduit les données relatives aux réglages qu'ont les usagers des équipements de conditionnement d'air.

Paramètres	Données	
	Jolie Vue II	Ain Romana
Réglage d'été	24°C ⇔ 75,2°F	
Réglage d'hiver	21°C ⇔ 69,8°F	
Réglage déshumidificateur	/	

**Eau chaude sanitaire :** On introduit les données relatives aux équipements permettant de chauffer l'eau chaude sanitaire.

Paramètres	Données	
	Jolie Vue II	Ain Romana
Chauffe-eau	Gaz, standard	
	Prix : 45000DA/Unité	
	Age : 9ans (2008-2017)	
	Durée de vie : 13 ans	
Canalisation du chauffe-eau	Non-isolée, cuivre, système arborescent	
Eau chaude centralisée	Aucune	
Canalisation de l'eau chaude centralisée	/	
Chauffe-eau solaire	Aucun	

**Eclairage :** On introduit les données relatives aux lampes utilisées : leur type et le pourcentage de chaque type. La puissance des lampes et leur nombre sont calculées automatiquement avec les hypothèses de calcul de BEopt pour donner un bon éclairage.

Paramètres	Données	
	Jolie Vue II	Ain Romana
Lampe	A incandescence	
	Pourcentage par rapport aux autre types utilisés : 100%	
	Prix : 75DA/Unité	
	Durée de vie : 2,6 ans	

**Appareils et accessoires :** On introduit les données relatives aux équipements électroménagers qui n'ont pas été pris en compte précédemment.

Paramètres	Données	
	Jolie Vue II	Ain Romana
Réfrigérateur	Type : Congélateur haut	
	Consommation : 558kWh/an pour un EF=14,1	
	Prix : 70000DA/Unité	
	Age : 2ans (2015-2017)	
	Durée de vie : 17,4 ans	

Cuisinière	Gaz, standard, allumage électronique
	Facteur d'usage : 1 (standard)
	Prix : 60000DA/Unité
	Age : 3ans (2014-2017)
	Durée de vie : 15 ans
Lave-vaisselle	Aucun
Lave-linge	Standard
	Facteur d'usage : 1 (standard), 7j/7
	Prix : 50000DA/Unité
	Age : 6ans (2011-2017)
	Durée de vie : 14 ans
Sèche-linge	Aucun
Consommation d'eau chaude	Facteur d'usage : 1 (standard)

Le EF (Energy Factor) représente le coefficient d'énergie qui permet d'évaluer l'énergie utile par rapport à l'énergie consommée. Il permet, tout comme les valeurs citées précédemment, d'évaluer la capacité d'un équipement à rentabiliser l'énergie qu'il consomme. Plus le EF est élevé plus l'équipement est efficace.

Le paramètre d'usage : standard, est calculé par rapport à un usage moyen de la population.

**Scénarios d'usage :** Ce paramètre représente des scénarios d'usage de certains équipements par jour, par semaine et par mois. Les scénarios dans BEopt n'impactent pas directement la consommation journalière, mensuelle ou même annuelle. Les données de consommation sont calculées selon les données précisées précédemment pour certains ou selon des hypothèses de calculs pour d'autres. Les scénarios n'impactent que la répartition de la consommation par jour, par semaine et par mois ce qui touche indirectement à la consommation (exemple : la préparation d'un repas pour 4 personnes à une heure précise augmente la chaleur et la consommation à cette heure-là ; si ces 4 personnes préparent leur repas chacun seul durant la journée, la consommation et l'augmentation de chaleur sera  $\frac{1}{4}$  de l'exemple précédent sur chaque période où le repas est préparé).

Paramètres	Données	
	Jolie Vue II	Ain Romana
Scénario réfrigérateur	Consommation équilibrée sur la journée avec une légère baisse de consommation durant les heures de sommeil, la nuit, et une légère hausse de consommation durant les périodes de préparation des repas. La consommation diffère selon les saisons donc : haute durant les périodes chaudes et moins importante durant les périodes froides.	
Scénario cuisinière	BEopt en déduit le scénario du lave-vaisselle, s'il y en a un.	
	Consommation importante durant le jour contrairement à la nuit avec un pique important le soir dû à la présence de tous les membres de la famille pour les repas. Variation minimale entre les mois avec une	

	légère hausse de la consommation due aux plats préparés (très chauds, chauds, froids) selon la saison.
Scénario sèche-linge	BEopt en déduit le scénario du lave-linge, s'il y en a un.
	Non-utilisé la nuit. Utilisé le jour, principalement la journée plutôt que le soir.

**Autres éléments :** On introduit les données relatives aux équipements et appareils qui n'ont pas été listés précédemment.

Paramètres	Données	
	Jolie Vue II	Ain Romana
Appareils électriques supplémentaires	Facteur d'usage : 1,5 (consommation légèrement plus importante que la moyenne : plusieurs ordinateurs et/ou consoles de jeu, plusieurs TV avec leurs récepteurs etc. allumés de jour comme de nuit).	
Réfrigérateur supplémentaire	Aucun	
Congélateur	Type : Coffre	
	Consommation : 351,5 kWh/an pour un EF=29	
	Prix : 40000DA/Unité	
	Age : 0ans (2017-2017)	
	Durée de vie : 22 ans	
Chauffe-piscine	Aucun	
Pompe de piscine	Aucune	
Chauffe-eau du spa	Aucun	
Pompe du spa	Aucune	
Pompe à eau	Aucune	
Foyer à gaz	Aucun	
Grille à gaz	Aucune	
Eclairage au gaz	Aucun	

**Scénarios d'usage des autres éléments :** On introduit les scénarios d'usage relatifs aux équipements et appareils listés dans le point précédent. Les scénarios de ce point se base sur la même hypothèse de calcul qu'utilise BEopt, expliquée précédemment.

Paramètres	Données	
	Jolie Vue II	Ain Romana
Scénario appareils électriques supplémentaires	Consommation moins importante durant la nuit mais moins que celle durant le jour qui est importante en dehors des heures de travail donnant ainsi un pique le soir. La consommation est similaire durant l'année sauf les périodes	

	de vacances qui dépend de la présence des personnes au sein du logement.
Scénario réfrigérateur supplémentaire	Aucun réfrigérateur supplémentaire
Scénario congélateur	Consommation constante de jour comme de nuit et qui diffère selon la saison donc : haute durant les périodes chaudes et moins importante durant les périodes froides.
Scénario chauffe-piscine	Aucun chauffe-piscine
Scénario pompe de piscine	Aucune pompe de piscine
Scénario chauffe-eau du spa	Aucun chauffe-eau
Scénario pompe du spa	Aucune pompe du spa
Scénario pompe à eau	Aucune pompe à eau
Scénario foyer à gaz	Aucun foyer à gaz
Scénario grille à gaz	Aucune grille à gaz
Scénario éclairage au gaz	Aucun éclairage au gaz

**Production photovoltaïque :** On introduit les caractéristiques des panneaux photovoltaïque utilisés.

Paramètres	Données	
	Jolie Vue II	Ain Romana
Système photovoltaïque	Aucun	

Après avoir introduit toutes les données d'entrée de BEopt, le logiciel peut maintenant nous donner l'audit énergétique des deux cas d'étude afin qu'on réalise la comparaison.

# **Chapitre VI : Discussion, analyse et présentation des résultats de la simulation**

## 1. Les consommations énergétiques dans les cas d'étude :

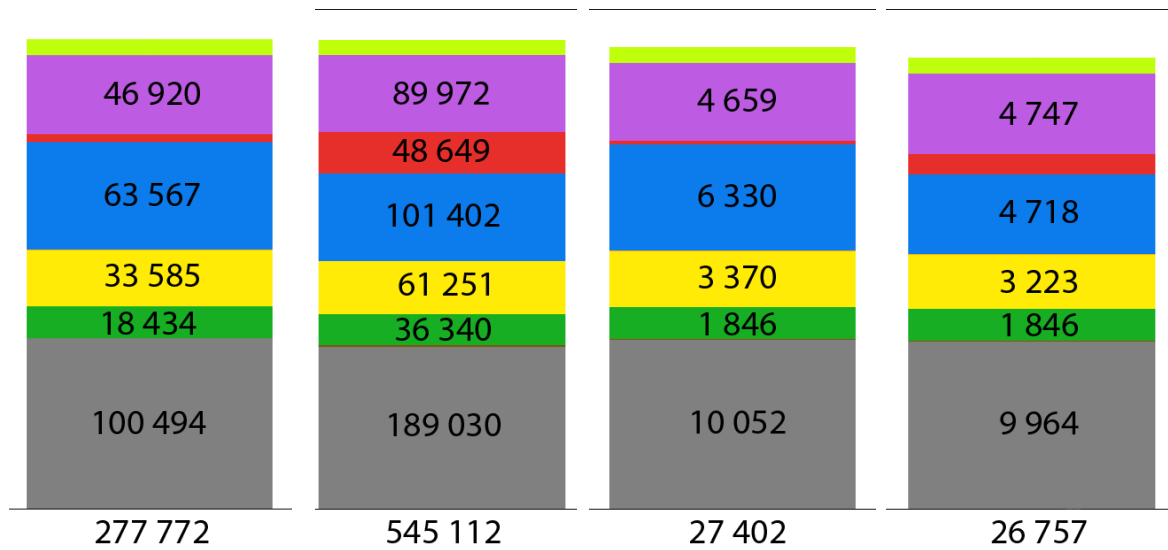


Figure 20 : Consommation en énergie primaire en kWh du bâtiment étudié de Ain Romana. (source :Auteur.)

Figure 21 : Consommation en énergie primaire en kWh du bâtiment étudié de Jolie Vue II. (source :Auteur.)

Figure 22 : Consommation en énergie primaire en kWh du logement étudié de Ain Romana. (source :Auteur.)

Figure 23 : Consommation en énergie primaire en kWh du logement étudié de Jolie Vue II. (source :Auteur.)

<b>Légende :</b>	
<b>Gaz :</b>	<b>Electricité :</b>
■ Gros électroménager	■ Gros électroménager
■ Eau chaude	■ Eau chaude
■ Chauffage	■ Climatisation
	■ Eclairage
	■ Ventilateur
	■ Appareils et accessoires

L'audit des deux cas d'étude nous a donné les consommations énergétiques suivantes : **277772kWh** pour le bâtiment étudié de Ain Romana (voir figure 20) et **545112kWh** de Jolie Vue II (voir figure 21). La consommation totale nous informe peu sur la performance de chaque bâtiment car nous n'avons pas le même nombre de logements c'est pourquoi nous divisons ces valeurs *par la surface habitable* totale de chaque bâtiment ce qui donne **375,36kWh/m<sup>2</sup>** pour Ain Romana et **423,157kWh/m<sup>2</sup>** pour Jolie Vue II. Mais ces données regroupent aussi les valeurs des logements F2 du bâtiment de Jolie Vue II. En prenant les *deux logements* types qui se trouvent au 2<sup>ème</sup> étage et qui sont orientés Ouest nous avons eu les valeurs suivantes : **27402kwh** soit **370,29kwh/m<sup>2</sup>** pour Ain Romana (voir figure 22) et **26757kwh** soit **381,04kwh/m<sup>2</sup>** pour Jolie Vue II (voir figure 23). Ce qui est à noter dans ces dernières valeurs c'est le fait qu'elles se rapprochent bien plus que celles que nous avons obtenues pour tout le bâtiment. A jolie Vue II, nous avons des logements F2, certes, mais ce n'est pas là la véritable différence. Les valeurs par m<sup>2</sup> pour Ain Romana sont similaires contrairement à Jolie Vue II parce qu'à Ain Romana les parois et les planchers sont isolés. Cela signifie que les échanges thermiques entre les logements et l'extérieur ou bien les logements entre eux sont minimes. Ainsi, tous les logements, peu importe leur position, ont une consommation similaire. A jolie Vue II, la seule isolation qui existe et à l'intérieur des parois extérieures pour limiter les

échanges thermiques. Cela a engendré la création d'une concentration d'énergie dans le bâtiment et des échanges thermiques entre les logements, favorisant ainsi la position des logements qui se trouvent au milieu comme notre cas d'étude au niveau R+2, c'est-à-dire au milieu de l'immeuble.

Afin d'avoir une meilleure comparaison nous avons pris les *deux logements* similaires des deux cas d'étude et nous les avons isolés et mis *en dehors du contexte réel* afin d'évaluer leurs réelles performances. Nous avons obtenu les résultats suivants : **36487kwh** soit **493,06kwh/m<sup>2</sup>** pour Ain Romana (voir figure 24) et **41264kwh** soit **587,63kwh/m<sup>2</sup>** pour Jolie Vue II (voir figure 25).

La première remarque que nous pouvons faire est que la consommation énergétique des deux logements a significativement augmenté car même pour Ain Romana qui a été isolé, la concentration des logements permettait une concentration de la chaleur et de l'énergie ce qui était bénéfique aux deux bâtiments surtout à celui de Jolie vue II qui a une densité de logements plus importante.

La deuxième remarque correspond à l'écart qui était, initialement, de **10,75kWh/m<sup>2</sup>**, mais qui est devenu **94,57kWh/m<sup>2</sup>**, dépassant même l'écart par m<sup>2</sup> entre les bâtiments qui était de **47,97kWh/m<sup>2</sup>**. Ces chiffres démontrent clairement une meilleure performance énergétique pour les logements d'Ain Romana en théorie mais qui devient de plus en plus minime quand on prend en compte la disposition des logements dans le contexte réel.

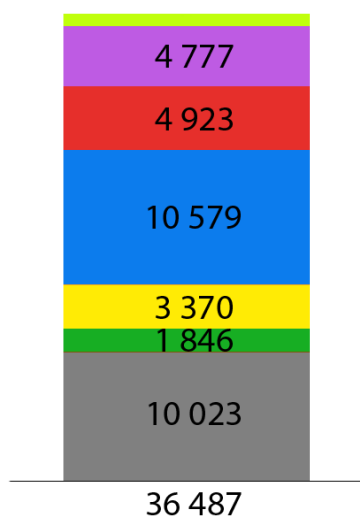


Figure 24 : Consommation en énergie primaire en kWh du logement étudié de Ain Romana en dehors du contexte réel. (source :Auteur.)

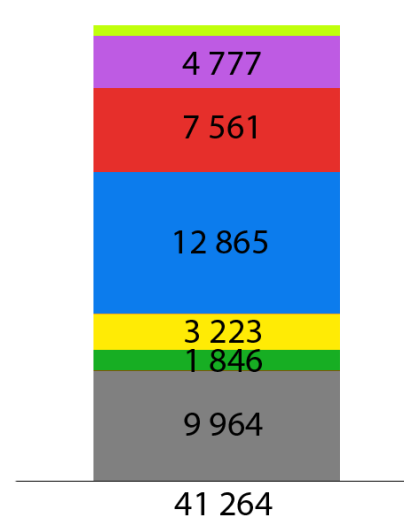


Figure 25 : Consommation en énergie primaire en kWh du logement étudié de Jolie Vue II en dehors du contexte réel. (source :Auteur.)

<b>Légende :</b>	
<b>Gaz :</b>	<b>Electricité :</b>
■ Gros électroménager	■ Gros électroménager
■ Eau chaude	■ Eau chaude
■ Chauffage	■ Climatisation
	■ Eclairage
	■ Ventilateur
	■ Appareils et accessoires

## **2. Proposition de réhabilitation énergétique :**

Maintenant que nous avons comparé les deux cas d'étude, nous allons procéder à la proposition de réhabilitation qui nous permettrait de dépasser les performances énergétiques du Cas de Ain Romana.

Une réhabilitation pourrait être faite de plusieurs façons différentes. Nous avons alors décidé d'opter pour les solutions qui nous permettent de réaliser nos objectifs tout en étant simples et faisables en Algérie que ce soit au niveau de la main d'œuvre qualifiée ou de la technique utilisée. C'est pourquoi après plusieurs discussions avec des spécialistes en énergie, des entrepreneurs du bâtiment, des architectes et des maçons nous avons proposé la liste des interventions ci-dessous. Pour ce qui est des niveaux d'interventions, nous voulions intervenir sur les niveaux : urbain, architectural et socio-technique, comme suit :

### **a. Le niveau urbain :**

Pour ce qui est du niveau urbain, nous voulions opter pour des techniques introduisant les énergies renouvelables. Les problèmes avec ces énergies pour le moment peuvent être listés comme suit :

- L'énergie éolienne : son application au niveau urbain représente plusieurs inconvénients, très peu d'avantages dû aux risques, bruits, les vents au niveau urbain etc. ;
- La géothermie : si ce n'est pas dans un site dont on connaît la présence des sources nécessaires, des études et des recherches sont nécessaires ce qui pourrait se révéler coûteux, sans parler du risque de ne pas aboutir à un résultat favorable ;
- La biomasse : c'est un type d'énergie assez intéressant surtout dans un pays où nous avons d'importantes quantités de déchets mais nous ne pouvons pas évaluer les résultats de cette technique dans cette recherche car c'est en soi un grand sujet qui nécessite une étude à part ;
- L'énergie solaire : nous avons les panneaux photovoltaïques et les chauffe-eaux solaires qui sont faisables et évaluables néanmoins les panneaux photovoltaïques ne sont pas très rentables pour les particuliers surtout par rapport au coût de l'électricité en Algérie d'un côté. D'un autre côté, ils nécessitent plus de surface que ce qui est disponible dans les toitures des bâtiments comptant plusieurs logements. Pour ce qui est des chauffe-eau solaires, ils sont assez rentables mais par rapport aux besoins des ménages et aux risques d'instabilité dans la production ils nécessitent un support ce qui reviendrait plus cher que d'investir dans un chauffe-eau efficace énergétiquement. C'est pourquoi nous nous intéresserons qu'aux niveaux architectural et sociotechnique pour tenter d'affirmer notre hypothèse.

### **b. Le niveau architectural :**

Pour le niveau architectural nous allons nous concentrer sur l'isolation des parois et planchers ainsi que les portes et les fenêtres. Les paramètres à modifier sont :

**Murs :** Nous allons introduire les données relatives à l'isolation thermique des murs. Nous avons opté pour une isolation thermique extérieure, surtout que nous ne sommes pas sur un cas d'étude où la façade présente une valeur particulière. On peut opter pour la rénovation des façades, la réalisation de l'étanchéité du bâtiment, la suppression des ponts thermiques puisque l'enveloppe continue autour de l'ouvrage. On peut retenir aussi la variété dans le choix des finitions, la préservation de l'aspect actuel des murs intérieurs, l'amélioration du confort de vie pour les occupants ainsi que de pouvoir habiter son logement pendant les travaux, le tout sans perdre de la surface habitable.<sup>99</sup>

Nous avons opté pour quatre isolants qui sont : le polystyrène expansé blanc, le polystyrène expansé gris, la laine de roche et la laine de verre. Les trois premiers isolants sont mis en place avec une technique dite sous enduit soit par pose collée de l'isolant (voir figure 26) soit par pose calée-chevillée de l'isolant (voir figure 27) et pour ce qui est de la laine de verre sa mise en place est avec une technique dite sous bardage (voir figure 28)<sup>100</sup>.

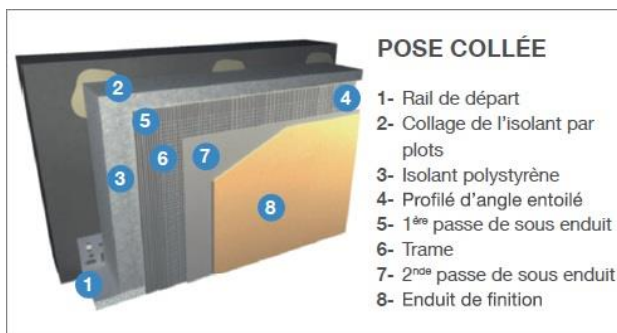


Figure 26 : Illustration représentant la pose collée d'une isolation thermique extérieure sous enduit. (source : Point.P (4 février 2014). L'isolation thermique des murs par l'extérieur (ITE). [en ligne]. <http://www.pointp.fr/l-isolation-thermique-des-murs-par-l-exterieur-ite-XA163> [Consulté le: 10 septembre 2017].)

Figure 27 : Illustration représentant la pose calée-chevillée d'une isolation thermique extérieure sous enduit. (source : Point.P (4 février 2014). L'isolation thermique des murs par l'extérieur (ITE). [en ligne]. <http://www.pointp.fr/l-isolation-thermique-des-murs-par-l-exterieur-ite-XA163> [Consulté le: 10 septembre 2017].)

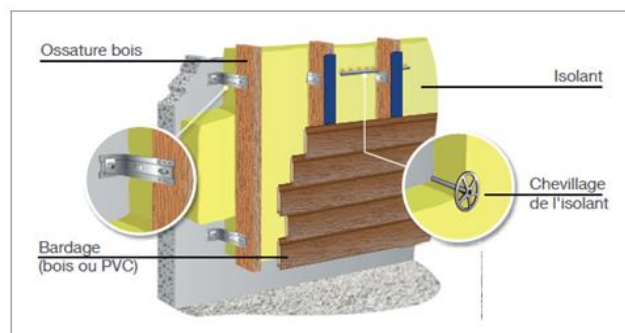


Figure 28 : Illustration représentant la pose d'une isolation thermique extérieure sous bardage. (source : Point.P (4 février 2014). L'isolation thermique des murs par l'extérieur (ITE). [en ligne]. <http://www.pointp.fr/l-isolation-thermique-des-murs-par-l-exterieur-ite-XA163> [Consulté le: 10 septembre 2017].)

<sup>99</sup> Point.P (4 février 2014). L'isolation thermique des murs par l'extérieur (ITE). [en ligne]. <http://www.pointp.fr/l-isolation-thermique-des-murs-par-l-exterieur-ite-XA163> [Consulté le: 10 septembre 2017].

<sup>100</sup> Point.P (4 février 2014). L'isolation thermique des murs par l'extérieur (ITE). [en ligne]. <http://www.pointp.fr/l-isolation-thermique-des-murs-par-l-exterieur-ite-XA163> [Consulté le: 10 septembre 2017].

Paramètres	Données	
	Jolie Vue II	
Matériau	Béton avec une isolation thermique extérieure en polystyrène expansé blanc	Couche 1 : Polystyrène expansé blanc
		Epaisseur : 0,06m ⇔ 0,196ft
		Conductivité : 0,032W/m/K ⇔ 0,005Btu.ft/h/ft/°F
		Densité : 10kg/m <sup>3</sup> ⇔ 0,624lb/ft <sup>3</sup>
		Chaleur spécifique : 1200J/kg.K ⇔ 0,286Btu/lb.°R
		Couche 1 : Béton
		Epaisseur : 0,22m ⇔ 0,72ft
		Conductivité : 1,75W/m/K ⇔ 1,011Btu.ft/h/ft/°F
		Densité : 2200kg/m <sup>3</sup> ⇔ 137,3lb/ft <sup>3</sup>
		Chaleur spécifique : 753,62J/kg.K ⇔ 0,18Btu/lb.°R
		Prix : 704DA/m <sup>2</sup> +1000DA/m <sup>2</sup> =1704DA/m <sup>2</sup> ⇔ 65,4DA/ft <sup>2</sup> +92,93DA/ft <sup>2</sup> =158,33DA/ft <sup>2</sup>
	Béton avec une isolation thermique extérieure en polystyrène expansé gris	Couche 1 : Polystyrène expansé gris
		Epaisseur : 0,06m ⇔ 0,196ft
		Conductivité : 0,038W/m/K ⇔ 0,006Btu.ft/h/ft/°F
		Densité : 30kg/m <sup>3</sup> ⇔ 187,2lb/ft <sup>3</sup>
		Chaleur spécifique : 1400J/kg.K ⇔ 0,334Btu/lb.°R
		Couche 1 : Béton
		Epaisseur : 0,22m ⇔ 0,72ft
		Conductivité : 1,75W/m/K ⇔ 1,011Btu.ft/h/ft/°F
		Densité : 2200kg/m <sup>3</sup> ⇔ 137,3lb/ft <sup>3</sup>
		Chaleur spécifique : 753,62J/kg.K ⇔ 0,18Btu/lb.°R
		Prix : 704DA/m <sup>2</sup> +1050DA/m <sup>2</sup> =1704DA/m <sup>2</sup> ⇔ 65,4DA/ft <sup>2</sup> +97,58DA/ft <sup>2</sup> =162,92DA/ft <sup>2</sup>
	Béton avec une isolation thermique extérieure en laine de roche	Couche 1 : Laine de roche
		Epaisseur : 0,06m ⇔ 0,196ft
		Conductivité : 0,04W/m/K ⇔ 0,007Btu.ft/h/ft/°F
		Densité : 140kg/m <sup>3</sup> ⇔ 87,3lb/ft <sup>3</sup>
		Chaleur spécifique : 840J/kg.K ⇔ 0,20Btu/lb.°R
		Couche 1 : Béton
		Epaisseur : 0,22m ⇔ 0,72ft
		Conductivité : 1,75W/m/K ⇔ 1,011Btu.ft/h/ft/°F
		Densité : 2200kg/m <sup>3</sup> ⇔ 137,3lb/ft <sup>3</sup>
		Chaleur spécifique : 753,62J/kg.K ⇔ 0,18Btu/lb.°R
		Prix : 704DA/m <sup>2</sup> +1050DA/m <sup>2</sup> =1704DA/m <sup>2</sup> ⇔ 65,4DA/ft <sup>2</sup> +97,58DA/ft <sup>2</sup> =162,92DA/ft <sup>2</sup>
	Béton avec une isolation thermique extérieure en laine de verre	Couche 1 : Laine de verre
		Epaisseur : 0,08m ⇔ 0,262ft
		Conductivité : 0,03W/m/K ⇔ 0,005Btu.ft/h/ft/°F
Densité : 10kg/m <sup>3</sup> ⇔ 0,624lb/ft <sup>3</sup>		

		Chaleur spécifique : 1000J/kg.K $\Leftrightarrow$ 0,238Btu/lb.°R
		Couche 1 : Béton
		Epaisseur : 0,22m $\Leftrightarrow$ 0,72ft
		Conductivité : 1,75W/m/K $\Leftrightarrow$ 1,011Btu.ft/h/ft/°F
		Densité : 2200kg/m <sup>3</sup> $\Leftrightarrow$ 137,3lb/ft <sup>3</sup>
		Chaleur spécifique : 753,62J/kg.K $\Leftrightarrow$ 0,18Btu/lb.°R
		Prix : 704DA/m <sup>2</sup> +1150DA/m <sup>2</sup> =1704DA/m <sup>2</sup> $\Leftrightarrow$ 65,4DA/ft <sup>2</sup> +106,87DA/ft <sup>2</sup> =172,27DA/ft <sup>2</sup>

**Détails thermiques :** Nous introduisons ici les détails sur l'isolation thermique pour les plancher. Nous avons opté pour une isolation sous plancher car c'est facile à réaliser tout en étant performant. Les isolants que nous avons pris sont : le polystyrène expansé blanc, le polystyrène expansé gris, la laine de roche et la laine de verre. Pour la mise en place de ces



Figure 29 : Illustration représentant la pose d'une isolation thermique sous plancher par fixation mécanique. (source : CYPE Ingenieros. FIF Planchers. [en ligne]. [http://www.algerie.prix-construction.info/renovation/Amenagements\\_et\\_finitions/Isolations\\_interieures/Planchers/FIF010\\_Isolation\\_thermique\\_sous\\_plancher\\_\\_0\\_0\\_0\\_0\\_0\\_1.html](http://www.algerie.prix-construction.info/renovation/Amenagements_et_finitions/Isolations_interieures/Planchers/FIF010_Isolation_thermique_sous_plancher__0_0_0_0_0_1.html) [Consulté le: 10 septembre 2017].)



Figure 30 : Illustration représentant la pose d'une isolation thermique sous plancher par collage avec un mortier colle. (source : CYPE Ingenieros. FIF Planchers. [en ligne]. [http://www.algerie.prix-construction.info/renovation/Amenagements\\_et\\_finitions/Isolations\\_interieures/Planchers/FIF010\\_Isolation\\_thermique\\_sous\\_plancher\\_\\_0\\_0\\_0\\_0\\_0\\_1.html](http://www.algerie.prix-construction.info/renovation/Amenagements_et_finitions/Isolations_interieures/Planchers/FIF010_Isolation_thermique_sous_plancher__0_0_0_0_0_1.html) [Consulté le: 10 septembre 2017].)

isolants nous pouvons opter pour une fixation mécanique (voir figure 29) ou bien à un collage par un mortier-colle (voir figure 30) par exemple.

Paramètres	Données	
	Jolie Vue II	
Plafond	Isolation thermique sous plancher en polystyrène expansé blanc	Couche 1 : Polystyrène expansé blanc
		Epaisseur : 0,06m $\Leftrightarrow$ 0,196ft
		Conductivité : 0,032W/m/K $\Leftrightarrow$ 0,005Btu.ft/h/ft/°F
		Densité : 10kg/m <sup>3</sup> $\Leftrightarrow$ 0,624lb/ft <sup>3</sup>
		Chaleur spécifique : 1200J/kg.K $\Leftrightarrow$ 0,286Btu/lb.°R
		Prix : 1000DA/m <sup>2</sup> $\Leftrightarrow$ 92,93DA/ft

	Isolation thermique sous plancher en polystyrène expansé gris	Couche 1 : Polystyrène expansé gris
		Epaisseur : 0,06m ⇔ 0,196ft
		Conductivité : 0,038W/m.K ⇔ 0,006Btu.ft/h/ft.°F
		Densité : 30kg/m <sup>3</sup> ⇔ 187,2lb/ft <sup>3</sup>
		Chaleur spécifique : 1400J/kg.K ⇔ 0,334Btu/lb.°R
	Prix : 1050DA/m <sup>2</sup> ⇔ 97,58DA/ft <sup>2</sup>	
	Isolation thermique sous plancher en laine de roche	Couche 1 : Laine de roche
		Epaisseur : 0,06m ⇔ 0,196ft
		Conductivité : 0,04W/m.K ⇔ 0,007Btu.ft/h/ft.°F
		Densité : 140kg/m <sup>3</sup> ⇔ 87,3lb/ft <sup>3</sup>
		Chaleur spécifique : 840J/kg.K ⇔ 0,20Btu/lb.°R
	Prix : 1050DA/m <sup>2</sup> ⇔ 97,58DA/ft <sup>2</sup>	
	Isolation thermique sous plancher en laine de verre	Couche 1 : Laine de verre
		Epaisseur : 0,08m ⇔ 0,262ft
		Conductivité : 0,03W/m.K ⇔ 0,005Btu.ft/h/ft.°F
Densité : 10kg/m <sup>3</sup> ⇔ 0,624lb/ft <sup>3</sup>		
Chaleur spécifique : 1000J/kg.K ⇔ 0,238Btu/lb.°R		
Prix : 1150DA/m <sup>2</sup> ⇔ 106,87DA/ft <sup>2</sup>		

**Fenêtres et portes :** Nous avons proposé d'opter pour du double vitrage et des portes en bois.

Paramètres	Données	
	Jolie Vue II	
	Fenêtres	Transparent, double vitrage, châssis en PVC
		Prix : 37500DA/m <sup>2</sup> ⇔ 3316DA/ft <sup>2</sup>
		Durée de vie : 30 ans
	Porte	Bois
		Prix : 45000DA/m <sup>2</sup> ⇔ 4180DA/ft <sup>2</sup>
Durée de vie : 30 ans		

**Flux d'air :** En réalisant les nouvelles interventions, avec une mise en place correcte de l'isolation, des portes et des fenêtres (ce qui devrait être le cas vu que nous avons opté pour des solutions dont nous avons la maîtrise) les infiltrations d'air devraient diminuer et donc nous devons modifier la valeur de 15ACH50 à 10ACH50.

Paramètres	Données
	Jolie Vue II
	10ACH50

### c. Le niveau sociotechnique :

Pour le niveau sociotechnique nous avons décidé de distinguer deux aspects : les usages, où l'on propose une réduction de la consommation par une modération de l'usage des équipements et un changement du comportement ; les investissements, où l'on propose un investissement dans les équipements et les appareils les plus performants ce qui, théoriquement, est supposé être rentable financièrement tout en économisant l'énergie consommée.

#### • Les usages :

Les paramètres à modifier pour réduire les usages sont :

**Conditionnement d'air :** Avec une bonne isolation et un climatiseur efficace l'usage d'un ventilateur devrait être inutile c'est pourquoi nous proposons de le désactiver et on verra après l'analyse si c'est le cas ou non.

Paramètres	Données
	Jolie Vue II
Ventilateur de plafond	Arrêter son utilisation

**Réglages du conditionnement de l'air :** Les températures 24/21 pour l'été/l'hiver nécessitent une consommation importante. Il arrive même qu'en ressentie le froid pendant l'été ou même une certaine chaleur pendant l'hiver. Ce n'est pas toujours le cas mais avec une bonne isolation nous pouvons ressentir de plus en plus les effets de ces réglages c'est pourquoi nous optons pour des températures moins gourmandes qui apporte un bon niveau de confort même sans isolation et qui devraient être parfaites avec de l'isolation.

Paramètres	Données
	Jolie Vue II
Réglage d'été	27°C ⇔ 80,6°F
Réglage d'hiver	19°C ⇔ 66,2°F

**Appareils et accessoires :** Nous proposons d'optimiser l'usage de certains équipements afin d'avoir un meilleur rendement, nous estimons cela à 80% qui est une valeur atteignable sans privation ou importants changements. Pour la cuisinière, ayant des repas en famille en même temps, nous pouvons éviter le gaspillage énergétique car la cuisinière sera utilisée pendant les heures des repas principalement au lieu d'être utilisée plusieurs fois pour préparer plusieurs repas ou les réchauffer plusieurs fois. C'est pourquoi si nous arrivons à réduire le nombre d'utilisations dans la journée nous pourrions facilement atteindre la réduction souhaitée.

Pour ce qui est du lave-linge, notre utilisation actuelle consiste à remplir son tambour à 50%, alors que si nous réduisons le nombre d'usages pour que nous atteignant un remplissage à 100% nous pourrions même dépasser notre estimation de 20% d'optimisation. En ce qui concerne la consommation d'eau chaude, il est important de signaler que mettre le chauffe-eau sur une

température très élevée qu'on réduit ensuite en utilisant de l'eau froide constitue un important gaspillage d'énergie, ce qui est le cas pour le ménage étudié. Nous proposons de réduire la température de base du chauffe-eau ainsi nous atteindrons la valeur de consommation optimisée estimée.

Paramètres	Données
	Jolie Vue II
Cuisinière	Facteur d'usage : 0,8 (optimisé)
Lave-linge	Facteur d'usage : 0,8 (optimisé)
Consommation d'eau chaude	Facteur d'usage : 0,8 (optimisé)

**Autres éléments :** Pour ce qui est des appareils électriques supplémentaires (qui sont les appareils précisés précédemment), nous avons une consommation actuelle très énergivore surtout la nuit avec les appareils comme les ordinateurs, TV, récepteurs, consoles, etc. allumés toute la nuit, ce qui représente au moins la moitié de équipements concernés par ce point et qui sont utilisés toute une période supplémentaire de la journée. Nous proposons d'éviter leur utilisation la nuit ce qui ferait passer l'usage de 150% à 100%.

Paramètres	Données
	Jolie Vue II
Appareils électriques supplémentaires	Facteur d'usage : 1 (optimisé).

#### • Les investissements :

Les paramètres à modifier pour proposer des équipements efficaces énergétiquement sont :

**Conditionnement d'air :** Nous introduisons les données des équipements de conditionnement d'air qui sont efficaces énergétiquement.

Paramètres	Données
	Jolie Vue II
Climatisation individuelle	EER 12,1
	1 seul climatiseur pour tout l'appartement
	Prix : 80000DA/Unité
	Durée de vie : 15 ans
Radiateur	Chaudière avec : gaz, eau chaude, standard, 97% AFUE
	Prix : 90000DA/Unité
	Durée de vie : 24 ans

**Eau chaude sanitaire :** Nous introduisons les données des chauffe-eaux efficaces énergétiquement. Nous optons chauffe-eaux à condensation sont ceux qui proposent les meilleures valeurs d'efficacité mais ils sont très chers. En réalisant l'analyse nous saurons s'ils sont rentables.

Paramètres	Données
	Jolie Vue II
Chauffe-eau	Gaz, efficace, condensation
	Prix : 180000DA/Unité
	Durée de vie : 13 ans

**Eclairage :** Nous avons opté pour des lampes en LED qui sont ce qu'il y a de plus efficace en matière d'éclairage actuellement et avec les subventions de l'état ils devraient être très rentables.

Paramètres	Données
	Jolie Vue II
Lampe	LED
	Pourcentage par rapport aux autre types utilisés : 100%
	Prix : 800DA/Unité (1600DA avec une subvention de l'état de 50% <sup>101</sup> )
	Durée de vie : 2,6 ans

**Appareils et accessoires :** Nous introduisons les données des équipements non-listés dans les précédents points. Nous proposons un réfrigérateur et un lave-linge efficaces énergétiquement.

Paramètres	Données
	Jolie Vue II
Réfrigérateur	Type : Congélateur haut
	Consommation : 348kWh/an pour un EF=21,9
	Prix : 110000DA/Unité
	Durée de vie : 17,4 ans
Lave-linge	Efficace
	Prix : 65000DA/Unité
	Durée de vie : 14 ans

**Autres éléments :** Nous introduisons les données du dernier équipement que nous voudrions remplacer.

<sup>101</sup> Annexe II : Entretien avec Monsieur MOUSSAOUI Tahar

Paramètres	Données
	Jolie Vue II
Congélateur	Type : Coffre
	Consommation : 137 kWh/an
	Prix : 100000DA/Unité
	Durée de vie : 22 ans

Après avoir introduit ces données dans BEopt nous pouvons procéder à une analyse qui nous permettra d'évaluer notre proposition de réhabilitation.

### 3. Résultats des simulations

Les données introduites dans BEopt dans le but de simuler des possibilités d'amélioration du logement nous ont permis d'avoir plusieurs scénarios et d'en retenir le meilleur par rapport à l'investissement et à l'économie d'énergie. Après environ **600 simulations** pour tout le bâtiment effectuées durant **41 heures et 24 minutes**, nous avons réussi à obtenir le graphe que nous présentons dans la figure 31. Ce graphe exprime les coûts relatifs à l'énergie en fonction de l'énergie primaire économisée par an. Les coûts relatifs à l'énergie, dans BEopt, sont la somme des factures électrique et des investissements (en équipements seulement ; les interventions architecturales ne sont pas comprises).

Nous remarquons que le graphe possède son point de référence au niveau de **0%/an** d'économie pour **490000DA/an**. Les points représentent toutes les simulations et la ligne qui relie les points les plus bas correspond à la ligne optimale puisqu'elle signifie que pour **X%/an** le meilleur scénario et celui sur la ligne, soit celui qui revient le moins cher pour une même économie d'énergie. Plus le graphe se rapproche des **30-34%/an** plus le coût diminue ; les points à ce niveau-là sont ceux où il y a la meilleure isolation avec les comportements optimaux. Le point tout à droite est celui avec la meilleure économie d'énergie, dépassant les **46%/an** mais qui

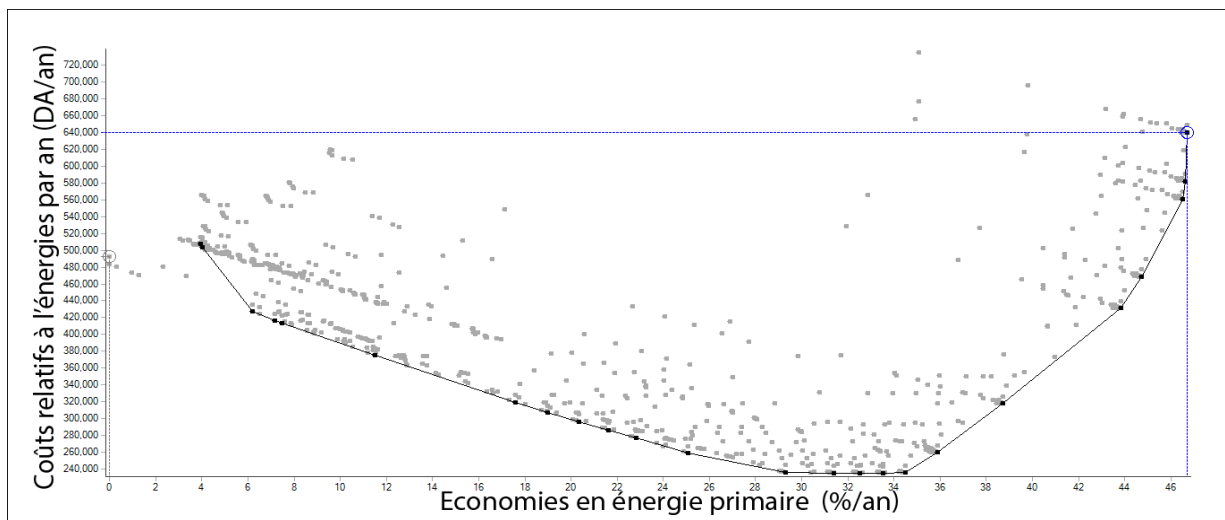


Figure 31 : Graphe des coûts relatifs aux énergies par an en fonction des économies en énergie primaire pour les différents scénarios de réhabilitation du bâtiment de Jolie Vue II. (source :Auteur.)

revient à être plus cher de **150000DA/an** soit **7500DA/an** par logement, sans compter l'investissement dans les travaux d'isolation. Ce scénario comprend toute les améliorations apportées avec, pour les éléments où nous avons introduit des choix multiples, des murs en isolation extérieure en laine de roche et des planchers isolé avec de la laine de verre et pour ce qui est du ventilateur le scénario propose l'arrêt de son utilisation<sup>102</sup>.

Afin de voir l'impact sur la consommation, nous allons comparer les consommations avant et après la réhabilitation avec le cas d'Ain Romana. Nous avons donc : **277772kWh** et **375,36kWh/m<sup>2</sup>** pour le bâtiment d'Ain Romana (voir figures 35 et 36) et **545112kWh** et **423,157kWh/m<sup>2</sup>** à Jolie Vue II à l'état actuel, et **283516kWh** et **220,08kWh/m<sup>2</sup>** à Jolie Vue II une fois réhabilité (voir figure 32). Pour ces valeurs par logements dans le *contexte réel* nous avons : **27402kWh** et **370,29kWh/m<sup>2</sup>** pour Ain Romana et **26757kWh** et **381,04kWh/m<sup>2</sup>** pour Jolie Vue II à l'état actuel et **15181kWh** et **216,19kWh/m<sup>2</sup>** pour Jolie Vue II réhabilité (voir figure 33). Pour ces valeurs par logements en *les isolants du contexte réel* nous avons (voir figure 37 et 38) : **36487kwh** et **493,06kwh/m<sup>2</sup>** pour Ain Romana et **41264kwh** soit **587,63kwh/m<sup>2</sup>** pour Jolie Vue II à l'état actuel et **16499kWh** et **234,96kWh/m<sup>2</sup>** pour Jolie Vue II réhabilité (voir figure 34).

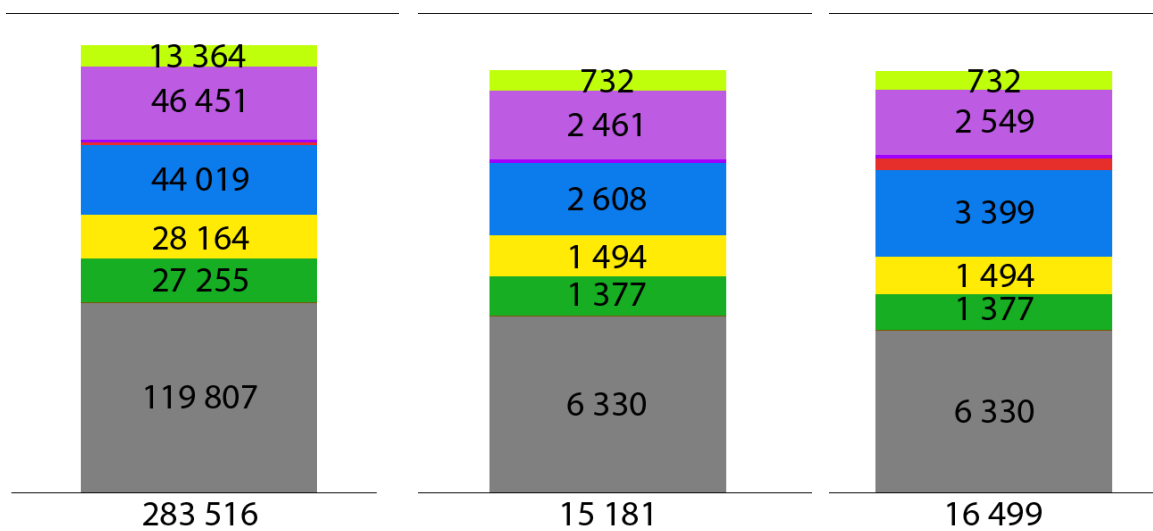
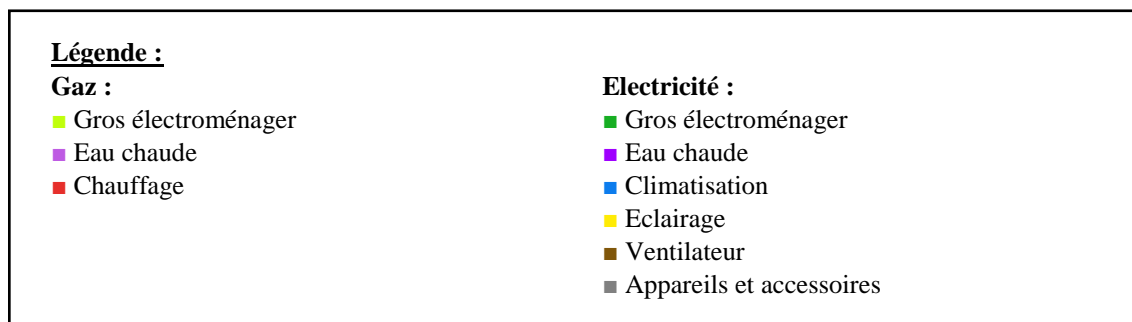


Figure 32 : Consommation en énergie primaire en kWh du bâtiment réhabilité de Jolie Vue II. (source :Auteur.)

Figure 33 : Consommation en énergie primaire en kWh du logement réhabilité de Jolie Vue II. (source :Auteur.)

Figure 34 : Consommation en énergie primaire en kWh du logement réhabilité de Jolie Vue II en dehors du contexte réel. (source :Auteur.)



<sup>102</sup> Annexe IV : Proposition de réhabilitation retenue

Nous constatons que les trois valeurs par m<sup>2</sup> pour le cas de Jolie Vue II réhabilité sont très similaires ce qui est indicateur, comme nous l'avons souligné dans la précédente comparaison, d'une bonne isolation et qui dans le cas présent est supérieure à celle de Ain Romana du fait que la consommation énergétique a baissé de presque la moitié après la réhabilitation et surtout du fait que les 3 valeurs sont beaucoup plus proches entre elles que les 3 valeurs de Ain Romana. Notre hypothèse de dépasser les performances des logements dits HPE est validée.

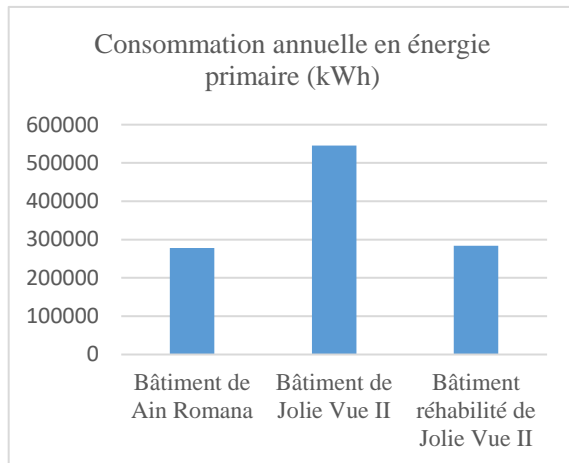


Figure 35 : Consommation annuelle en énergie primaire en kWh des bâtiments (kWh). (source :Auteur).

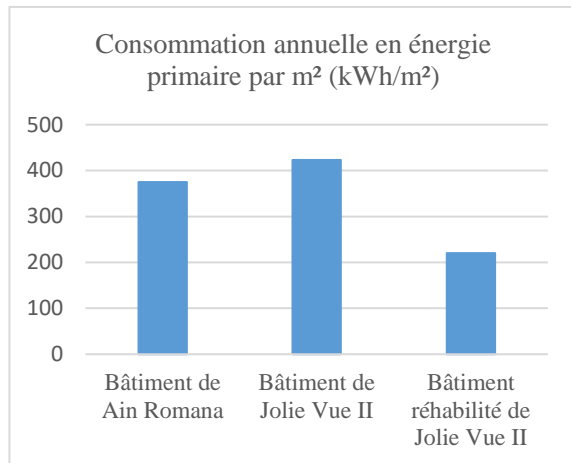


Figure 36 : Consommation annuelle en énergie primaire des bâtiments par m<sup>2</sup> (kWh/m<sup>2</sup>). (source :Auteur)

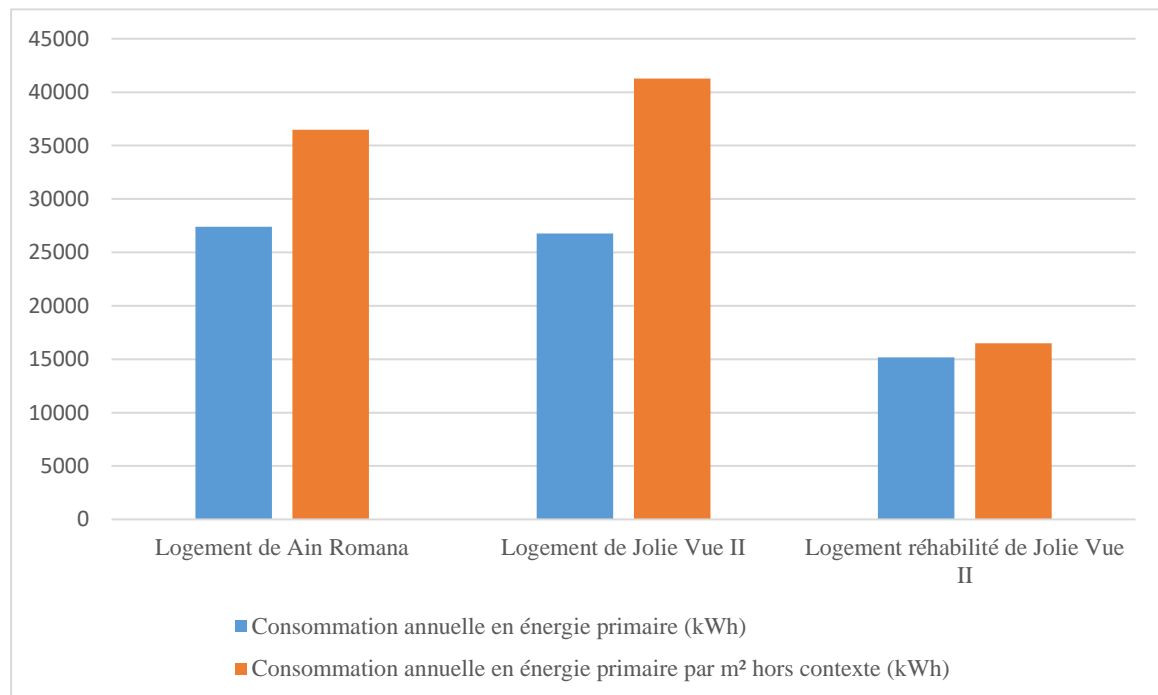


Figure 37 : Consommation annuelle en énergie primaire des logements (kWh). (source :Auteur).

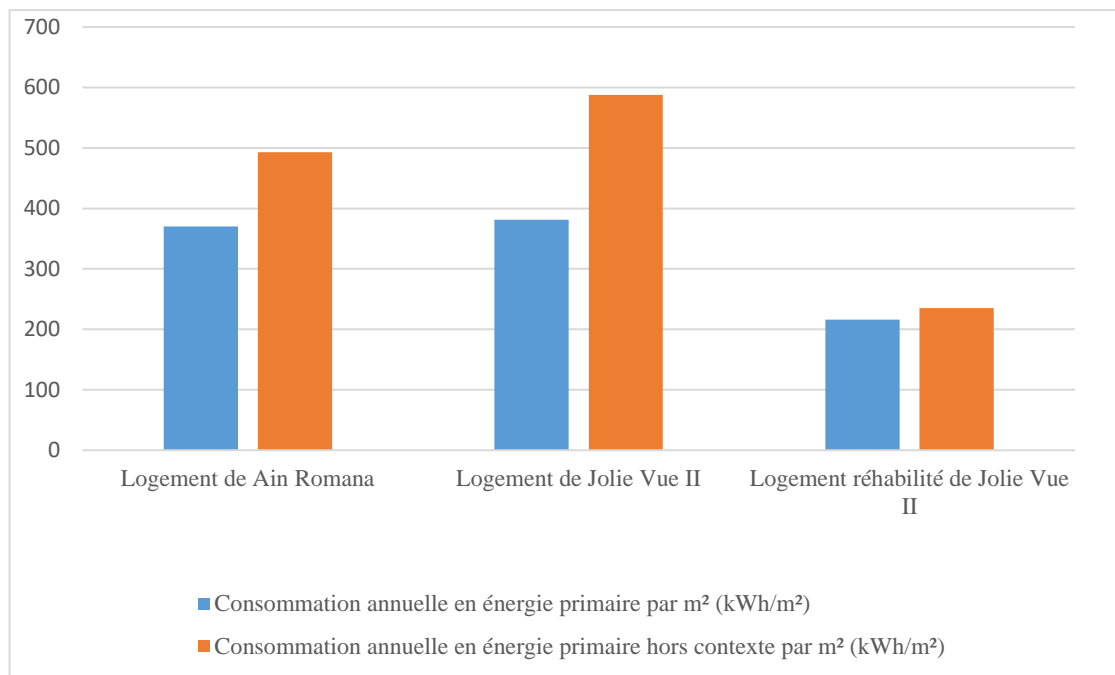


Figure 38 : Consommation annuelle en énergie primaire par m² des logements (kWh/m²). source :Auteur).

Pour voir l'apport de chacun de nos 3 points d'intervention dans les résultats précédents nous allons comparer la consommation énergétique et le cout global de chacun d'entre eux. Nous avons fait 3 autres simulations, chacune comporte une seule des 3 points d'intervention. Nous avons eu les résultats suivants (voir figures : 39, 40 et 41) : **26024kWh** en intervenant sur l'architecture, **20251kWh** en apportant des changements comportementaux, **20837kWh** en intervenant sur les équipements. Ces valeurs montrent un impact important pour les usages et les investissements contrairement à l'architecture.

Nous avons ensuite établi l'apport de chaque élément en pourcentage (voir figure 42) ce qui nous a donné les valeurs suivantes : **6%** grâce à l'intervention sur l'architecture, **49%** grâce aux changements comportementaux et **45%** grâce aux investissements. Ces valeurs montrent le fort impact des usages et investissements contrairement à l'architecture. Néanmoins, comme nous l'avons précisé précédemment, le logement pris pour exemple, étant situé au milieu du bâtiment profite bien du manque d'isolation des planchers pour atteindre ses besoins.

Nous avons alors réalisé un autre essai, cette fois en comparant avec le logement en *dehors de son contexte* et nous avons obtenu les résultats suivants (voir figure 43) : **30%** grâce à l'intervention sur l'architecture, **31%** grâce aux changements comportementaux et **39%** grâce aux investissements. Ces nouvelles valeurs démontrent que pour un cas général, sans facteurs extérieurs influant positivement ou négativement sur sa consommation énergétique, les trois paramètres sont primordiaux à l'atteinte des **46,3%** d'amélioration de consommation que nous avons obtenu sur notre cas d'étude. Ces interventions ayant un coût, nous avons comparé les coûts globaux d'interventions comportant chacun un des paramètres avec le cas actuel et le cas rénové (voir figure 44). Les résultats montrent tout comme pour le graphe des coûts relatifs aux énergies par an en fonction des économies en énergie primaire (figure 31), le changement de

comportement seul a un coût global inférieur au cas actuel tout en ayant un apport de 31% sur les économies d'énergie calculées. L'investissement en architecture est plus rentable chaque année de plus que vit le logement car c'est un investissement sur une seule intervention. Les équipements quant à eux représentent l'investissement le plus important mais ce qu'il faut prendre en compte est que toute nouvelle technologie coûte cher à sa sortie et qu'avec les années, pour le même investissement, on peut avoir des équipements plus performants ou acheter la même performance pour moins cher ; nous n'avons pas de moyen d'estimer ces variations dans les prix et puisque le coût global est calculé sur **30 ans**, plusieurs équipements sont remplacés entre 1 à 3 fois selon leur durée de vie ce qui a beaucoup impacté le coût calculé.

A travers cette étude nous avons pu voir l'importance de trois paramètres qui sont : l'architecture, les équipements et les comportements, sur la consommation énergétique d'un logement. En sachant que l'état vit une crise économique importante, a une économie qui se base quasi-exclusivement sur les énergies fossiles, subventionne une grande partie des factures énergétiques et tente d'investir dans des l'efficacité énergétique, il serait judicieux, en vue des résultats obtenus d'opter pour des opérations de réhabilitations, de subventionner tous les équipements efficaces énergétiquement et investir dans des campagnes de sensibilisation. Le budget utilisé dans la création de projets efficaces énergétiquement et dans la subvention des factures énergétiques pourrait être redirigé vers ces points-là et ainsi faire un investissement qui sera bénéfique sur le long terme.

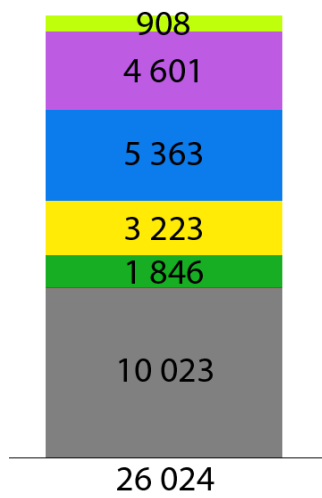


Figure 39 : Consommation en énergie primaire en intervenant sur l'architecture en kWh du bâtiment réhabilité de Jolie Vue II. (source :Auteur.)

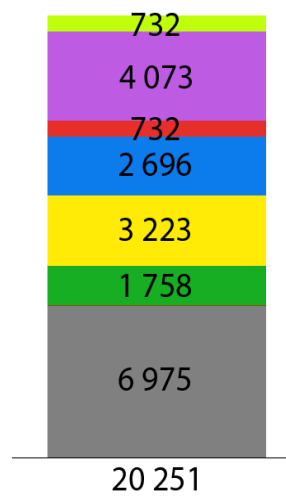


Figure 40 : Consommation en énergie primaire en intervenant sur les comportements en kWh du bâtiment réhabilité de Jolie Vue II. (source :Auteur.)

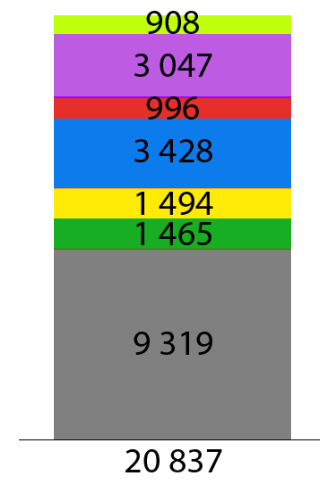


Figure 41 : Consommation en énergie primaire en intervenant sur les équipements en kWh du bâtiment réhabilité de Jolie Vue II. (source :Auteur.)

<b>Légende :</b>	
<b>Gaz :</b>	<b>Electricité :</b>
■ Gros électroménager	■ Gros électroménager
■ Eau chaude	■ Eau chaude
■ Chauffage	■ Climatisation
	■ Eclairage
	■ Ventilateur
	■ Appareils et accessoires

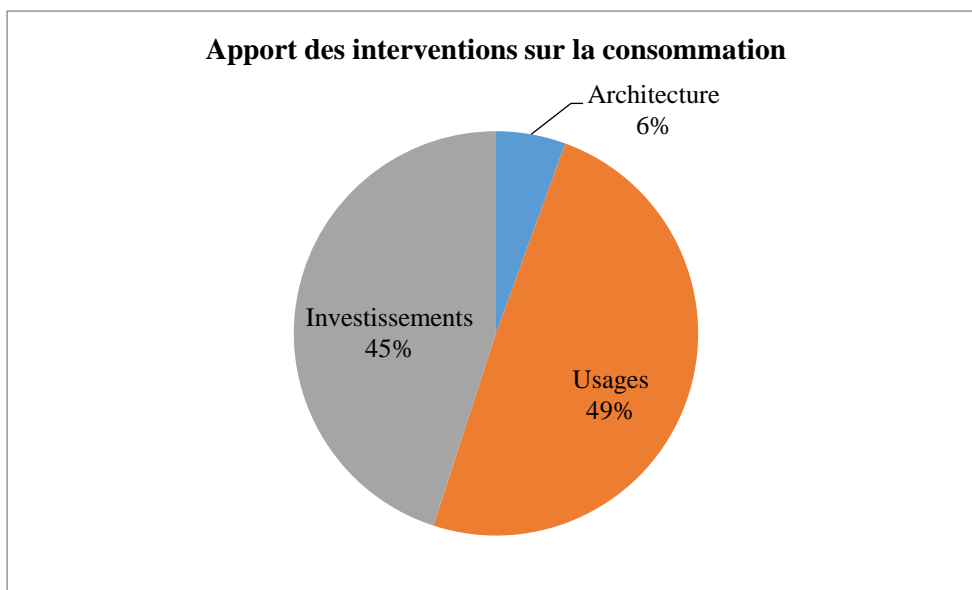


Figure 42 : Apport des interventions sur la consommation. (source :Auteur.)

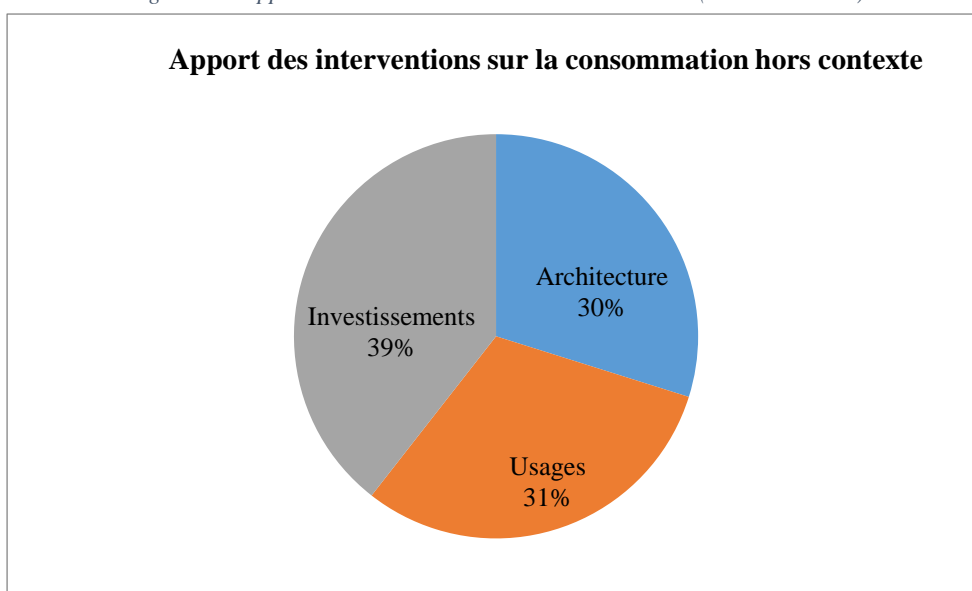


Figure 43 : Apport des interventions sur la consommation hors contexte. (source :Auteur.)

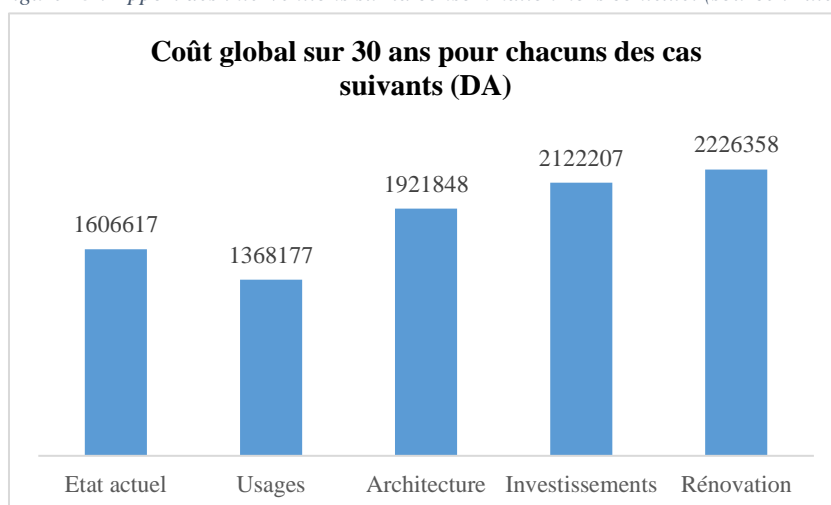


Figure 44 : Coût global sur 30 ans de chaque intervention. (source :Auteur.)

## **Conclusion :**

Apporter de l'efficacité énergétique à un projet existant est une tâche qui semble difficile en vue de la complexité du sujet traité. Il est plus facile de créer que d'adopter d'où la difficulté de toute réhabilitation. Néanmoins, la réhabilitation énergétique s'intéresse principalement à l'aspect énergétique, celui-ci est devenu maîtrisable avec les nouveaux logiciels apportant des résultats de plus en plus réalistes. C'est pourquoi la réhabilitation énergétique ne devrait pas poser de problèmes, pas plus que ceux d'une réhabilitation ordinaire, car au-delà des réflexions sur la forme, le contenu et toutes les questions architecturales auxquelles l'on est confronté, le côté énergétique est mesurable et quantifiable. Le plus qu'elle apporte est négligeable par rapport au peu que ça nécessite de faire.

C'est ce que nous pouvons dire de cette deuxième partie dans laquelle nous avons vu que la réhabilitation énergétique n'est qu'un simple projet avec ses contraintes et paramètres à prendre en compte. En optant pour la simulation nous pouvons avoir un résultat réaliste tout comme une simulation d'un projet neuf.

Nous avons par la suite passé à la démonstration en évaluant en premier lieu le projet de Jolie Vue II en le comparant au projet Eco-Bat de Ain Romana. Nous avons pu nous apercevoir de la différence d'isolation qui est d'un grand apport pour le projet de référence. Néanmoins, comme nous pensons qu'il y avait plusieurs éléments sur lesquels intervenir dans une réhabilitation et beaucoup à y gagner nous avons mis au point notre proposition.

Nous avons pris tous les points qui impactent la consommation énergétique et nous avons mis en place les possibilités d'amélioration selon nos objectifs. En utilisant le logiciel BEopt pour nous donner le résultat le plus optimal nous avons obtenu le meilleur scénario selon ce que nous avons proposé. Nous avons pu atteindre une réduction de la moitié de la consommation en intervenant sur l'isolation de l'enveloppe architecturale, en investissant dans des équipements de qualité et en améliorant les comportements des usagers. Nous avons démontré par la même occasion qu'on peut dépasser les résultats du projet censé être efficace avec une réhabilitation.

# **CONCLUSION GENERALE**

## **Conclusion générale :**

A travers cette recherche, nous voulions démontrer l'efficacité de la réhabilitation énergétique par rapport à la construction neuve efficace énergétiquement telle qu'elle a été réalisée en Algérie. Pour cela nous nous sommes intéressés aux facteurs urbanistiques, architecturaux et socio-techniques qui représentent l'ensemble des éléments influençant la consommation énergétique d'un bâtiment.

Le travail comprend une partie théorique et une partie pratique. La première, représentant l'état de l'art, nous a permis d'aborder le sujet de la réhabilitation énergétique en comprenant la réalité énergétique, ses impacts et le rôle important du secteur du résidentiel et du tertiaire dans cela, d'un côté et d'un autre côté où l'on étudie ses enjeux économiques, politiques, sociaux et environnementaux. Nous avons de ce fait conclu que la réhabilitation énergétique était une solution optimale permettant de tirer tout ce qu'il y a de meilleur de ses enjeux tout en évitant toute sorte de répercussion si cette opération est bien étudiée.

Nous nous sommes intéressé par la suite à ce qui constitue le socle de la réhabilitation énergétique, l'efficacité énergétique. Cette dernière repose sur une optimisation de l'usage des ressources par différents procédés permettant ainsi de réduire la consommation pour un même, voire meilleur, service. La profusion des labels sensés garantir un certain niveau d'efficacité, à travers le monde n'est, selon nous, que la preuve de l'importance de l'efficacité énergétique actuellement et de ce secteur au point où toute une économie sur sa garantie s'est établie. Tout cela a démontré la nécessité d'une démarche d'étude et d'évaluation en amont d'où l'intérêt de la simulation énergétique. Celle-ci ne cesse d'évoluer et de prendre en compte de plus en plus de paramètres afin de donner les résultats les plus optimaux dans la réalité contrairement aux calculs classiques.

En Algérie, nous avons pu constater l'intérêt que porte le pays au développement de l'efficacité énergétique. Cet intérêt comporte un problème important du fait que l'état ne s'intéresse qu'à la construction neuve et délaisse la réhabilitation. En nous intéressant aux énergies dans le monde nous avons pu constater l'impact du parc logement existant sur la consommation surtout qu'il est le moins performant énergétiquement. Avec une dizaine de millions de logements, l'Algérie passe à côté d'une quantité importante de ressources surtout dans une époque où le gaspillage des énergies fossiles est très nocif à l'économie du pays.

Notre partie pratique se veut de donner un comparatif réaliste de ce que nous sommes en train de perdre en laissant le parc logement existant tel quel. Nous avons pris deux cas d'étude, le premier celui d'Eco-Bat, censé être un projet pilote d'efficacité énergétique et l'autre faisant partie du parc logement existant que nous réhabiliterions. En cherchant à toucher aux trois principaux paramètres, cités précédemment, autour desquels repose la consommation énergétique, nous avons opté pour l'utilisation d'un logiciel de simulation énergétique dynamique (SED) afin que nous puissions profiter d'un maximum de variable sur lesquels intervenir mais en plus pour se rapprocher le plus de la réalité surtout dans le domaine du

bâtiment où ses caractéristiques propres donnent des résultats différents une fois construits, selon l'environnement et les usagers.

Le logiciel BEopt a été le meilleur logiciel que nous pouvions utiliser et qui répondrait à nos objectifs. Il nous fallait alors un logement type avec les détails de son environnement urbain, ses équipements et les comportements de ses usagers. Dans une mesure d'apporter des données fiables et du fait de l'aspect privé de certaines d'entre elles nous avons opté pour le logement de ma propre famille qui se trouve à Jolie Vue II. Nous avons essayé d'avoir le logement Eco-Bat le plus similaire à ce dernier afin que nous puissions procéder à la comparaison la plus fiable possible.

Nous avons procédé dans un premier temps à une comparaison de l'état actuel. Afin que cette comparaison soit juste nous avons décidé de simuler le cas d'étude Eco-Bat en supposant que la même famille occupe ce logement. Ce qui implique des usages identiques dans les deux exemples et des équipements identiques sauf ceux intégrés au préalable et que les individus n'auraient pas achetés par eux même. Ainsi, nous pouvons évaluer les caractéristiques intrinsèques de chaque construction. Le résultat nous a confirmé la supériorité des logements Eco-Bat.

Dans un deuxième temps nous avons proposés d'intervenir sur les paramètres influant sur la consommation énergétique. Pour l'urbain, nous étions limités par le fait que nous opérons une réhabilitation mais aussi par le fait que nous ne voulions pas recourir à des solutions coûteuses et compliquées techniquement. Nous avons considéré l'usage des énergies renouvelables mais celles-ci n'étant pas ce qu'il y a de plus optimal pour le moment nous avons décidé de s'en passer. Pour l'architecture, nous avons proposés des solutions d'isolation des murs par l'extérieur, étant meilleure que l'isolation par l'intérieur dans ce cas, l'isolation des plancher et le changement des portes et fenêtres. Pour le paramètre socio-technique, nous l'avons divisé en deux : les comportements (les usages qu'ont les habitants dans leur logement) et les investissements (les équipements et appareils avec lesquels les habitants ont munis leur logement). Nous avons proposé des comportement plus responsables en optant pour une amélioration de 80% de ce point ce qui n'est pas sensé altérer le confort mais réduire les gaspillages. Nous avons proposé les équipements les plus efficaces même s'ils coûtent cher car nous pensons que l'investissement est rentable.

Les résultats obtenus ont montré une amélioration dépassant de loin celle des logements Eco-Bat avec une réduction de la consommation des énergies avoisinant la moitié de la consommation actuelle. Les éléments : architecture, comportements et investissements ont eu des parts égales de réduction d'où l'importance de chacun d'entre eux. En supposant que l'état s'occupe de la facture des interventions architecturales, l'investissement et la facture énergétique sur 30 ans ne varie presque pas entre le cas actuel et le cas réhabilité. Par contre, ce qu'il faut prendre en compte est que le prix et la performance des équipements utilisés vont considérablement changer dans 30 ans, ce que nous n'avons pas pu prendre en compte, ainsi la somme de l'investissement et des facture énergétiques sur cette période devrait être moins importante que ce qu'elle est actuellement. Un autre point à prendre en compte, est le fait que l'état subventionne les énergies et qu'une préservation de 46% des énergies représenterait un

gain économique considérable à l'Algérie surtout que les énergies fossiles ne cessent de prendre de la valeur et nous sommes un pays dont l'économie repose quasi-exclusivement sur celles-ci.

Les résultats obtenus nous permettent de proposer qu'en investissant dans la réhabilitation du parc logement existant et qu'en subventionnant les équipements efficaces énergétiquement au lieu de subventionner les énergies l'état préserverait chaque année la moitié de l'énergie qui aurait pu être consommés sans que ça n'impacte les factures énergétiques des ménages négativement. D'un autre côté, tout comme l'état joue un rôle important dans la gestion des ressources énergétique du pays, les citoyens sont tout autant responsables et que l'application de notre proposition tout en établissant une stratégie de sensibilisation l'incitera à avoir des usages et des investissements plus responsables.

Nous avons toutefois conscience que notre étude n'a couvert qu'une seule comparaison alors que l'Algérie est un grand pays avec des caractéristiques qui varient considérablement d'une zone à une autre. Nous aurions aimé réaliser l'étude avec plus de détails et de variables ce que nous n'avons pas pu faire en vue de la complexité de chaque élément, touchant parfois à des domaines pour lesquels l'architecte n'est pas formé, pouvant être le sujet d'une étude à part entière. Nous aurions tout autant aimé réalisé l'étude avec plusieurs autres logiciels que nous avons envisagé et testé durant notre travail mais qui ont présentait des contraintes de maîtrise, de temps, etc. Le logiciel BEopt a été le choix qui répondait le plus à nos objectifs tout en étant maîtrisable et dont la simulation était faisable dans le temps qui nous a été alloué, mais en étant un logiciel développé par le laboratoire national des énergies renouvelable des États-Unis (National Renewable Energy Laboratory) sous le financement du département de l'énergie des États-Unis (U.S. Department of Energy) fait qu'il soit optimisé (comme le disent ses développeurs) pour les États-Unis ce qui nous a causé pas mal de soucis pour introduire certaines données présentées auparavant. Néanmoins, les résultats obtenus et tous ces paramètres que nous venons de citer nous ouvre les portes sur d'éventuelles recherches au futur.

## **Bibliographie :**

### **Ouvrages :**

1. CHARLOT-VALDIEU Catherine et OUTREQUIN Philippe. La réhabilitation énergétique des logements. France, Le moniteur, 2011.
2. HARLOT-VALDIEU Catherine et OUTREQUIN Philippe. Concevoir et évaluer un projet d'écoquartier. France, Le moniteur, 2012.
3. CHARLOT-VALDIEU Catherine et OUTREQUIN Philippe. Coût global des bâtiments et des projets d'aménagement. France, Le moniteur, 2013.
4. HARLOT-VALDIEU Catherine et OUTREQUIN Philippe. Conception, réalisation et évaluation d'un quartier à très basse énergie. France, Le moniteur, 2014.
5. COLLECTIF. Pour une construction éco-énergétique en Algérie. Alger, EDDIWAN, juillet 2015.
6. LEVY Jacques, LUSSAULT Michel - dir. Dictionnaire de la géographie. Paris, Belin, septembre 2013.
7. LIEBARD Alain et DE HERDE ndr. Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques. France, Le moniteur, 2006.
8. MERLIN pierre, CHOAY Françoise. Dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement. Paris, P.U.F., 2005.

### **Revus, Articles et Rapports :**

9. ADEME. Être écocitoyen à la maison. [document électronique]. L'habitat, mai 2016, Paris, <http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/guide-pratique-etre-ecocitoyen-a-la-maison.pdf> [Consulté le: 5 août 2017].
10. AMOKRANE Hakima. Le Développement Durable en Algérie : Etat des lieux et perspectives. [Document électronique]. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 2015, <http://www.ummo.dz/IMG/pdf/Amokrane.pdf> [Consulté le : 17 février 2017].
11. APRUE. Consommation énergétique finale de l'Algérie. [Document électronique]. Algérie, Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie, 2007, <http://www.aprue.org.dz/documents/consommation-energetique.pdf> [Consulté le : 18 mai 2016].
12. Association APOGEE. Revue pratique des logiciels de simulation énergétique dynamique (SED). [document électronique]. juin 2015, Paris, France, Institut français du management immobilier, [http://www.planbatimentdurable.fr/IMG/pdf/Revue\\_pratique\\_des\\_logiciels\\_SED-\\_2015-07-08\\_revu.pdf](http://www.planbatimentdurable.fr/IMG/pdf/Revue_pratique_des_logiciels_SED-_2015-07-08_revu.pdf) [Consulté le: 9 août 2017].
13. Banque mondiale. Rapport sur le développement durable dans le monde 2010. [Document électronique]. Washington, Banque mondiale, 2010, <http://siteresources.worldbank.org/INTWDR2010/Resources/5287678-1226014527953/Overview-French.pdf> [Consulté le : 11 mai 2017].
14. BERRUYER, Olivier. 1345 Climat (8) : Historique long et analyse du réchauffement climatique. [Document électronique]. France, les-crisis.fr, 19 avril 2013, <https://www.les-crisis.fr/climat-8-analyse-rechauffement/> [Consulté le : 18 février 2017].

15. Bruno TREGOUËT (dir.) et al. Guide d'accompagnement des territoires pour l'analyse de leur vulnérabilité socio-économique au changement climatique. [document électronique]. Études & documents, N°37, Février 2011, France, Service de l'observation et des statistiques, [http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/fileadmin/documents/Produits\\_editoriaux/Publications/Etudes\\_et\\_documents/2011/E\\_D\\_37\\_Guide\\_vulnerabilite\\_climat.pdf](http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/fileadmin/documents/Produits_editoriaux/Publications/Etudes_et_documents/2011/E_D_37_Guide_vulnerabilite_climat.pdf) [Consulté le: 2 août 2017].
16. Collectif. La réhabilitation énergétique des bâtiments Enjeux et méthodes. [Document électronique]. France, Agence Française de développement, Novembre 2011, <http://www.afd.fr/jahia/webdav/site/afd/shared/PUBLICATIONS/RECHERCHE/Scientifiques/Focales/08-Focales.pdf> [Consulté le : 18 mai 2016].
17. Conseil Architecture Urbanisme et Environnement de Moselle. Les Labels de performance énergétique. [Document électronique]. Moselle, France, CAUE de Moselle, septembre 2016, <https://www.caue57.com/upload/collectivite/2891Leslabelsdeperf.pdf> [Consulté le : 7 septembre 2017].
18. ENS de Lyon/DGESCO de géographie. Réhabilitation / Restauration / Rénovation urbaine. [document électronique]. Geoconfluences, juillet 2005, <http://geoconfluences.ens-lyon.fr/glossaire/rehabilitation-restauration-renovation-urbaine> [Consulté le: 23 juillet 2017].
19. Gro Harlem Brundtland. Rapport Brundtland - Avant-propos. [Document électronique]. Commission mondiale sur l'environnement et le développement de l'Organisation des Nations unies, 1987, [http://www.diplomatie.gouv.fr/sites/odyssee-developpement-durable/files/5/rapport\\_brundtland.pdf](http://www.diplomatie.gouv.fr/sites/odyssee-developpement-durable/files/5/rapport_brundtland.pdf) [Consulté le : 16 février 2017].
20. IMESSAD Khaled. L'habitat, un gisement d'économie d'énergie. [Document électronique]. Algérie, Recherche et Développement, 2012, [http://www.cder.dz/vlib/bulletin/pdf/bulletin\\_022\\_04.pdf](http://www.cder.dz/vlib/bulletin/pdf/bulletin_022_04.pdf) [Consulté le : 18 mai 2016].
21. John Aubrey Douglass. Concurrence mondiale : évaluation de l'avantage technologique des États-Unis et du processus de mondialisation. [document électronique]. Politiques et gestion de l'enseignement supérieur, volume 20-2, 2008, OCDE , <https://www.cairn.info/revue-politiques-et-gestion-de-l-enseignement-superieur-2008-2-page-65.htm> [Consulté le: 24 juillet 2017].
22. KRARTI Moncef. Energy Audit of Building Systems: An Engineering Approach, Second Edition. [document électronique]. juin 2015, Paris, France, Institut français du management immobilier, [http://www.planbatimentdurable.fr/IMG/pdf/Revue\\_pratique\\_des\\_logiciels\\_SED-\\_2015-07-08\\_revu.pdf](http://www.planbatimentdurable.fr/IMG/pdf/Revue_pratique_des_logiciels_SED-_2015-07-08_revu.pdf) [Consulté le: 9 août 2017].
23. MARECHAL Jean-Paul. Le changement climatique, un enjeu international majeur du XXIe siècle. [document électronique]. Géoéconomie, N°50, Mars 2009, France, Editions Choiseul, p93-100, <https://www.cairn.info/revue-geoéconomie-2009-3-page-93.htm> [Consulté le: 3 août 2017].
24. Ministère de l'énergie. Bilan énergétique national année 2015. [Document électronique]. Alger, Ministère de l'énergie, juin 2016, [http://www.energy.gov.dz/francais/uploads/2016/Bilans\\_et\\_statistiques\\_du\\_secteur/Bilan\\_Energetique\\_National/Bilan\\_Energetique\\_National\\_2015.pdf](http://www.energy.gov.dz/francais/uploads/2016/Bilans_et_statistiques_du_secteur/Bilan_Energetique_National/Bilan_Energetique_National_2015.pdf) [Consulté le : 18 février 2017].

25. PAYET Laurent dir. La Simulation Thermique Dynamique. [document électronique]. Techniques & Logiciels , 26 février 2014, Bordeaux, France, Dauchez Payet, <http://www.dauchezpayet.fr/wp-content/uploads/La-STD-par-Dauchez-Payet.pdf> [Consulté le: 9 août 2017].
26. Sami-Mécheri, D. Semmar et A. Hamid. Efficacité énergétique des logements à haute performance énergétique, 'HPE': Application au site de Béchar. [Document électronique]. Algérie, Revue des Energies Renouvelables Vol. 15 N°2, 2012, [http://www.cder.dz/download/Art15-2\\_15.pdf](http://www.cder.dz/download/Art15-2_15.pdf) [Consulté le : 18 mai 2016].
27. SPITZ Clara. Analyse de la fiabilité des outils de simulation et des incertitudes de métrologie appliquée à l'efficacité énergétique des bâtiments. [document électronique]. 21 décembre 2012, Grenoble, France, HAL,, <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-00768506/document>, pages 14 [Consulté le: 9 août 2017].
28. TER MINASSIAN hovic. La réhabilitation thermique des bâtiments anciens à Paris : comment concilier protection du patrimoine et performance énergétique ? . [document électronique]. Cybergeo : European Journal of Geography, Aménagement, Urbanisme, document 536, 30 mai 2011, <https://cybergeo.revues.org/23737> [Consulté le: 5 août 2017].
29. U.S.Energy Information Administration. International Energy Outlook 2016. [Document électronique]. Washington DC, Office of Energy Analysis, May 2016, [http://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/0484\(2016\).pdf](http://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/0484(2016).pdf) [Consulté le : 15 Janvier 2017].
30. Unité Construction Publique du Service Construction Habitat Ville. Construire ou Rénover ? Comment choisir ?. [document électronique]. Juin 2015, Direction Départementale des Territoires de Maine-et-Loire, [http://www.maine-et-loire.gouv.fr/IMG/pdf/Construire\\_ou\\_renover\\_-\\_13.pdf](http://www.maine-et-loire.gouv.fr/IMG/pdf/Construire_ou_renover_-_13.pdf) [Consulté le: 27 juillet 2017].
31. WAST Marc dir. Concurrence mondiale : évaluation de l'avantage technologique des États-Unis et du processus de mondialisation. [document électronique]. Faire faire, N°39 : tout pour réussir les travaux dans la maison, hiver 2005,Paris, Presse PRO, pXII, <https://books.google.dz/books?id=s70JkeujfLcC> [Consulté le: 29 juillet 2017].

### **Thèses et mémoires :**

32. AMOURA Manel. La densité énergétique comme outil d'orientation de planification pour la maîtrise d'énergie en milieu urbain. Exemple de la commune de Bab-Ezzouar à Alger. Algérie, EPAU, 2014.
33. BABA SLIMANE Nour El Houda. Rentabilité économique des actions de maîtrise d'énergie dans le secteur résidentiel en Algérie : 80 logements HPE (Ain Romana) et 300 logements LPL (Chiffa), Blida. Alger, VUDD, EPAU, 2016.
34. BOUARABA Messiva. Amélioration de la consommation énergétique dans le secteur résidentiel par les opérations de réhabilitation énergétique : Cas d'essai 1200 logements EPLF à Bâb Ezzouar. Alger, VUDD, EPAU, 2013.
35. FENANE Ahlem. Evaluation des impacts énergétiques dans le secteur résidentiel : Cas du Projet Pilote d'Eco-Quartier " Diar el-Djenane" Programmé à Bordj el-Kiffan, Alger. Alger, VUDD, EPAU, 2015.
36. MAZARI Mohammed. Etude et évaluation du confort thermique des bâtiments à caractère public : cas du département d'architecture de tamada (Tizi-Ouzou). Algérie, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, 2012.

37. NAIT Nadia. La réhabilitation énergétique dans les logements collectifs existants : cas du climat semi aride de Constantine. Constantine, Département d'architecture et d'urbanisme, Université MENTOURI, 2011.
38. SAKKI Hania. Vérification de l'impact de l'isolation dans les performances énergétiques d'un logement HPE: Cas des 80 logements de Ain Romana à Blida. Alger, Institut d'architecture et d'urbanisme Blida I, 2016.
39. SEOUD Souhila. Audit énergétique de bâtiments tertiaires -cas de trois bâtiments existants à Alger-. Alger, LAE, EPAU, 2015.

### Sites internet :

40. ABBOU Lynda (1 décembre 2016). Algérie- Loi de finances 2017 : Le gasoil à 20,63 DA après la hausse de 2 points de la TVA. [en ligne]. <http://www.maghrebemergent.com/energie/hydrocarbures/66388-algerie-loi-de-finances-2017-le-gasoil-a-20-63-da-apres-la-hausse-de-2-points-de-la-tva.html> [Consulté le: 10 septembre 2017].
41. ADEME. Chiffres clés énergie climat. [en ligne]. <http://www.ademe.fr/expertises/changement-climatique-energie/chiffres-cles-energie-climat> [Consulté le: 19 février 2017].
42. Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie (2015). Programme Eco-Bat. [en ligne]. <http://www.aprue.org.dz/prg-eco-bat.html> [Consulté le: 9 septembre 2017].
43. Alain Ruellan (Août 1988). La recherche scientifique, facteur de développement : UNE PRIORITÉ POUR LES PAYS DU TIERS-MONDE. [en ligne]. <https://www.monde-diplomatique.fr/1988/08/RUELLAN/41095> [Consulté le: 24 juillet 2017].
44. AMOES. Simulation thermique dynamique (STD). [en ligne]. <http://www.energiepositive.info/fr/prestations/simulation-thermique-dyn.html> [Consulté le: 8 septembre 2017].
45. BEAUJARD Amélie (6 octobre 2016). Fiche pays - L'Algérie. [en ligne]. <https://www.energies-renouvelables-afrique.com/fiche-pays-algerie/> [Consulté le: 4 septembre 2017].
46. Connaissance des énergies (15 mars 2013). Efficacité énergétique et bâtiments. [en ligne]. <https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/efficacite-energetique-et-batiments> [Consulté le: 4 août 2017].
47. Connaissance des énergies (15 mars 2013). Efficacité énergétique et bâtiments. [en ligne]. <https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/efficacite-energetique-et-batiments> [Consulté le: 4 août 2017].
48. Connaissance des énergies (27 avril 2017). Qu'appelle-t-on exactement la « transition énergétique » ?. [en ligne]. <http://www.connaissancedesenergies.org/qu-appelle-t-on-exactement-la-transition-energetique-141010> [Consulté le: 26 juillet 2017].
49. Connaissance des énergies (27 mars 2015). Production d'énergie dans le monde. [En ligne]. <http://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/chiffres-cles-production-d-energie> [Consulté le : 15 Janvier 2017].
50. Cozynergy (29 août 2017). Labels énergétiques : que signifie HQE, HPE ou BBC ?. [en ligne]. <https://www.cozynergy.com/labels-energetiques-hqe-hpe-bbc> [Consulté le: 7 septembre 2017].
51. CYPE Ingenieros. FIF Planchers. [en ligne]. [http://www.algerie.prix-construction.info/renovation/Amenagements\\_et\\_finitions/Isolations\\_interieures/Pl](http://www.algerie.prix-construction.info/renovation/Amenagements_et_finitions/Isolations_interieures/Pl)

- anchers/FIF010\_Isolation\_thermique\_sous\_plancher\_\_0\_0\_0\_0\_0\_0\_1.html  
[Consulté le: 10 septembre 2017].
52. European University Institute. About the Library. [en ligne]. <http://www.eui.eu/Research/Library/AboutTheLibrary/Index.aspx> [Consulté le: 29 juillet 2017].
  53. Florian Colas (29 juillet 2015). Quels sont les pays qui polluent le plus ?. [en ligne]. <http://vivredemain.fr/pays-polluant-plus-pollution/> [Consulté le: 25 juillet 2017].
  54. GAL Frédéric (10 mai 2015). Simulation thermique dynamique (STD) – Maîtrise des consommations d'énergie. [en ligne]. <http://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/construction-et-travaux-publics-th3/le-chauffage-la-climatisation-et-l-eau-chaude-sanitaire-42582210/simulation-thermique-dynamique-std-maitrise-des-consommations-d-energie-c8103/> [Consulté le: 8 septembre 2017].
  55. Jean-Marc Jancovici (1 juillet 2003). Energie et développement durable. [en ligne]. <https://jancovici.com/publications-et-co/articles-de-presse/energie-et-developpement-durable/> [Consulté le: 16 février 2017].
  56. L'énergie nucléaire (15 octobre 2014). Les avantages et inconvénients de l'énergie nucléaire. [en ligne]. <https://energie-nucleaire.net/avantages-et-inconvenients-de-l-energie-nucleaire.html> [Consulté le: 4 avril 2017].
  57. La Coredem. Efficacité (ou efficience) énergétique. [en ligne]. <http://lexicommon.coredem.info/article90.html> [Consulté le: 4 août 2017].
  58. Laetitia Van Eeckhout. Economies d'énergie : beaucoup d'efforts restent à faire. [En ligne]. [http://www.lemonde.fr/planete/article/2013/10/08/economies-d-energie-beaucoup-d-efforts-restent-a-faire\\_3492096\\_3244.html](http://www.lemonde.fr/planete/article/2013/10/08/economies-d-energie-beaucoup-d-efforts-restent-a-faire_3492096_3244.html) [Consulté le : 18 mai 2016].
  59. Larousse. Enjeu. [en ligne]. <http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/enjeu/29621> [Consulté le: 24 juillet 2017].
  60. Les Pros de la performance énergétique. Définition de l'efficacité énergétique. [en ligne]. <http://www.performance-energetique.lebatiment.fr/dossier/qu%E2%80%99est-ce-que-l%E2%80%99efficacite-energetique> [Consulté le: 4 août 2017].
  61. Lotfi Ramdani. Algérie : des chiffres et des logements. [En ligne]. <http://tribune.lkeria.com/algerie-des-chiffres-et-des-logements/> [Consulté le : 18 mai 2016].
  62. MAGDELAINÉ Christophe (04 novembre 2014). Changement climatique : les prévisions du GIEC. [en ligne]. [https://www.notre-planete.info/terre/climatologie\\_meteo/changement-climatique-GIEC.php](https://www.notre-planete.info/terre/climatologie_meteo/changement-climatique-GIEC.php) [Consulté le: 2 août 2017].
  63. MELQUIOT Pierre (dir.) et al. (2003). Efficience énergétique la définition du dico. [en ligne]. [http://www.dictionnaire-environnement.com/efficience\\_energetique\\_ID4744.html](http://www.dictionnaire-environnement.com/efficience_energetique_ID4744.html) [Consulté le: 4 août 2017].
  64. Mieux-vivre-autrement. Les besoins fondamentaux de l'être humain. [en ligne]. <http://www.mieux-vivre-autrement.com/les-besoins-fondamentaux-etre-humain.html> [Consulté le: 11 mai 2017].
  65. Ministère de l'énergie. Tarification des produits pétroliers. [en ligne]. <http://www.energy.gov.dz/francais/index.php?page=tarification-des-produits-petroliers-reglementes> [Consulté le: 10 septembre 2017].
  66. Ministère des finances (2017). Taux d'inflation. [en ligne]. <http://www.mf.gov.dz/article/48/Zoom-sur-les-Chiffres-/154/Taux-d%27inflation.html> [Consulté le: 10 septembre 2017].

67. Nations Unies. Objectif 13 : Prendre d'urgence des mesures pour lutter contre les changements climatiques et leurs répercussions. [en ligne]. <http://www.un.org/sustainabledevelopment/fr/climate-change-2/> [Consulté le: 11 mai 2017].
68. Notre-planete.info. L'énergie, les énergies fossiles et renouvelables. [En ligne]. <http://www.notre-planete.info/ecologie/energie/> [Consulté le : 18 mai 2016].
69. NREL . Third-Party Graphical User Interfaces. [en ligne]. <https://energyplus.net/interfaces> [Consulté le: 8 septembre 2017].
70. NREL. Publications. [En ligne]. <http://beopt.nrel.gov/publications> [Consulté le : 20 août 2017].
71. Organisation des Nations Unies. Agir sur les changements climatiques : Réduction : Faits et chiffres. [en ligne]. <http://www.un.org/fr/climatechange/facts.shtml> [Consulté le: 2 août 2017].
72. Organisation des Nations Unies. Agir sur les changements climatiques : Technologies : Technologie par secteur. [en ligne]. <http://www.un.org/fr/climatechange/techsectors.shtml> [Consulté le: 2 août 2017].
73. Pactes-energie (2011). Réserves énergétiques. [En ligne]. [http://www.pactes-energie.org/wp-content/uploads/2011/09/reserves\\_energetiques.png](http://www.pactes-energie.org/wp-content/uploads/2011/09/reserves_energetiques.png) [Consulté le : 15 Janvier 2017].
74. PELLARD Anaïs (22 avril 2017). Les énergies renouvelables : quel retour sur investissement ? . [en ligne]. <https://www.topcompare.be/fr/blog/les-energies-renouvelables-retour-investissement> [Consulté le: 1 août 2017].
75. PEYCRU Hervé (2012). Labels. [en ligne]. <http://www.projetvert.fr/labels-energetique/> [Consulté le: 7 septembre 2017].
76. Planète énergies (25 juillet 2016). Consommation d'énergie finale dans le monde. [en ligne]. <http://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/consommation-d-energie-finale-dans-le-monde-0> [Consulté le: 15 Janvier 2017].
77. Planète énergies (25 juillet 2016). Les énergies fossiles. [en ligne]. <http://www.planete-energies.com/fr/medias/decryptages/les-energies-fossiles> [Consulté le: 15 Janvier 2017].
78. Planète énergies (25 juillet 2016). Les énergies renouvelables. [en ligne]. <http://www.planete-energies.com/fr/medias/decryptages/les-energies-renouvelables> [Consulté le: 15 Janvier 2017].
79. Point.P (4 février 2014). L'isolation thermique des murs par l'extérieur (ITE). [en ligne]. <http://www.pointp.fr/l-isolation-thermique-des-murs-par-l-exterieur-ite-XA163> [Consulté le: 10 septembre 2017].
80. Quelle différence ? (10 Juin 2015). Quelle est la différence entre l'efficience et l'efficacité ? . [en ligne]. <http://www.quelle-difference.fr/difference-efficacite-efficience.html> [Consulté le: 4 août 2017].
81. Quelle Energie.fr. Energies renouvelables : avantages et inconvénients. [en ligne]. <https://www.quelleenergie.fr/magazine/energies-renouvelables/energies-renouvelables-avantages-inconvenients-46047/> [Consulté le: 4 avril 2017].
82. REY-LEFEBVRE Isabelle (1 Février 2017). Le programme pour le logement des candidats questionné par la Fondation Abbé Pierre. [en ligne]. [http://www.lemonde.fr/politique/article/2017/02/01/le-programme-pour-le-logement-des-candidats-questionne-par-la-fondation-abbe-pierre\\_5072528\\_823448.html](http://www.lemonde.fr/politique/article/2017/02/01/le-programme-pour-le-logement-des-candidats-questionne-par-la-fondation-abbe-pierre_5072528_823448.html) [Consulté le: 25 juillet 2017].
83. ROJEK Saveria (20 Avril 2017). Le programme économique de Jean-Luc Mélenchon : « Difficilement finançable dans la France de 2017 ». [en ligne].

- <https://www.publicsenat.fr/article/politique/le-programme-economique-de-jean-luc-melenchon-difficilement-financable-dans-la> [Consulté le: 25 juillet 2017].
84. Sciences et Avenir (09 Décembre 2015). Climat: pays développés ou en développement, qui fait quoi?. [en ligne]. [https://www.sciencesetavenir.fr/nature-environnement/climat-pays-developpes-ou-en-developpement-qui-fait-quoi\\_17376](https://www.sciencesetavenir.fr/nature-environnement/climat-pays-developpes-ou-en-developpement-qui-fait-quoi_17376) [Consulté le: 24 juillet 2017].
  85. Sonelgaz Distribution Alger (2016). Nos tarifs de consommation. [en ligne]. <http://www.sda.dz/Fr/?page=article&id=165> [Consulté le: 10 septembre 2017].
  86. SPF Economie (2013). Développement durable de l'énergie. [en ligne]. [http://economie.fgov.be/fr/consommateurs/Energie/Developpement\\_energie/](http://economie.fgov.be/fr/consommateurs/Energie/Developpement_energie/) [Consulté le: 16 février 2017].
  87. STEPANOVA Alexandra. What does a fractional number of bathrooms in an apartment mean?. [en ligne]. <https://support.dobovo.com/hc/en-us/articles/225557108-What-does-a-fractional-number-of-bathrooms-in-an-apartment-mean-> [Consulté le: 10 septembre 2017].
  88. Support Autodesk (20 avril 2016). Ecotect Analysis Discontinuation FAQ. [en ligne] <https://knowledge.autodesk.com/support/ecotect-analysis/learn-explore/caas/sfdcarticles/sfdcarticles/Ecotect-Analysis-Discontinuation-FAQ.html> [Consulté le: 8 septembre 2017].
  89. VANDEKERKHOVE Charlie et al. (2017). Comparez les programmes des candidats à la présidentielle 2017. [en ligne]. <http://www.bfmtv.com/politique/comparez-les-programmes-des-candidats/> [Consulté le: 25 juillet 2017].
  90. Xavier May (22 février 2015). Inégalités en matière de facture énergétique. [en ligne]. <http://inegalites.be/Inegalites-en-matiere-de-facture> [Consulté le: 29 juillet 2017].

### **Les références juridiques :**

91. APRUE. Recueil de textes législatifs et réglementaires sur la maîtrise de l'énergie. Alger, Ministère de l'énergie et des mines, 2010.
92. CNERIB. Document technique réglementaire D.T.R C 3-2. Alger, Ministère de l'habitat, 1998.
93. CNERIB. Document technique réglementaire D.T.R C 3-4. Alger, Ministère de l'habitat, 1998.

## **Table des annexes :**

Annexe I : Entretien avec Monsieur IMESSAD Khaled.....	<b>85</b>
Annexe II : Entretien avec Monsieur MOUSSAOUI Tahar .....	<b>88</b>
Annexe III : Dossier graphique du projet Eco-Bat de Ain Romana.....	<b>91</b>
Annexe IV : Modélisation du relevé d'un logement à Jolie Vue II .....	<b>107</b>
Annexe V : Proposition de réhabilitation retenue .....	<b>109</b>
Annexe VI : Données climatiques.....	<b>115</b>

## **Annexe I : Entretien avec Monsieur IMESSAD Khaled**

Monsieur IMESSAD Khaled est directeur de la division « énergie solaire thermique et géothermie » au sein du Centre de développement des énergies renouvelables CDER. Nous avons réalisé cet entretien dans son aspect semi-directif car nous voulions avoir l'avis d'un spécialiste en énergies renouvelables dont les informations nous permettraient de juger de la pertinence de nos choix en termes d'intégration des énergies renouvelables dans la réhabilitation. Les questions et réponses ont été les suivantes :

- Les énergies renouvelables sont un élément important dans la réhabilitation. Est-ce qu'il y a, que ce soit au niveau de la réglementation ou bien au niveau de projets, une quelconque intention de faire profiter le secteur du bâtiment de ce type énergie ?

Actuellement, au niveau du bâtiment, il n'y a pas de grands projets. Pour le moment, nous avons les capteurs solaires. Ils sont de deux types : thermiques pour l'eau chaude et le photovoltaïque pour l'électricité. Financièrement, les capteurs thermiques sont intéressants et amortissables en peu de temps. Les panneaux photovoltaïques, quant à eux, sont chers surtout en comparaison avec le prix des énergies qui sont subventionnées par l'état. Ils ne sont donc pas très intéressants pour le particulier mais dans le cadre d'une politique nationale sur une vision sur le long terme où l'on voudrait développer et répandre l'usage des énergies renouvelables, réduire les émissions de CO<sub>2</sub> et servir le développement durable. Nous pourrions même utiliser cette énergie pour l'exporter et faire rentrer de l'argent étranger au pays. Mais pour ce qui est du bâtiment en soi, nous n'avons que de petites installations pour un usage restreint mais rien d'important.

- Vous avez mentionné le panneau photovoltaïque comme étant cher. Est-ce qu'il est cher uniquement quand on compare son coût global par rapport au coût de l'énergie subventionnée par l'état ou bien c'est l'investissement qui difficilement rentabilisable ?

L'investissement, d'un côté, est cher et donc le temps de retour est important, dépassant les 30 ans dans certains cas. En plus de ça le prix de l'électricité est faible en Algérie grâce au subventionnement de l'état. On parle de 4 dinars pour le kilowatt alors que le

prix réel dépasse les 10 dinars. Donc pour le particulier ce n'est pas très intéressant. C'est pourquoi il y a eu des suggestions pour augmenter un peu le prix de l'électricité afin de réduire le gaspillage d'un côté parce qu'on gaspille énormément et ça permettrait par la même occasion de rendre ces énergies renouvelables intéressantes. Pour l'eau chaude sanitaire l'investissement est intéressant, le capteur n'est pas cher et c'est amortissable au bout de 5-6 ans.

- Ces options sont intéressantes à intégrer au niveau du bâtiment. Qu'en est-il alors de leur production et disponibilité sur le marché ?

Il y a de la production grâce à des fournisseurs comme Condor par exemple qui fabrique les panneaux solaires photovoltaïque ou ENIE et il y a aussi des installateurs. Du coup pour alimenter un F3 par exemple en photovoltaïque ça va coûter dans les 800000 dinars et ça permettra d'être complètement indépendant de Sonelgaz pour l'électricité.

- Quand on travaille sur un bâtiment dans le cadre d'une réhabilitation, nous sommes confrontés à un existant sur lequel on ne voudrait pas, parfois, réaliser des interventions lourdes. Que pensez-vous de la mise en place et de l'intégration de ces énergies dans l'existant ?

Il y a des dispositifs simples qui se résument à installer les panneaux au niveau de la toiture et positionner le reste du système selon ce qui s'offre comme possibilités. Pour ce qui est du logement individuel, il n'y a pas de problème car on aura assez de surface pour accueillir la surface de panneaux nécessaires à son alimentation mais pour un bâtiment, il y a la limite de la surface de la toiture qui plus il y a d'étages et de logements, plus elle sera insuffisante pour alimenter tous les logements pour la totalité de leurs besoins.

- La géothermie a été un sujet important pendant quelques temps. Que devient-elle aujourd'hui ?

Il y a quelques projets qui ont intégré la géothermie comme au niveau de Hammam Righa, au niveau de Zelfana à Ghardia où ils ont lancé un projet de chauffage d'un complexe touristique, et au niveau de l'agriculture et le chauffage des serres.

- Que pensez-vous de la géothermie pour la réhabilitation ?

La géothermie en soi c'est seulement de l'eau chaude souterraine qu'on utilise comme pour Hammam Righa où on reprend carrément cette eau qui remonte à la surface telle quelle sans même faire des puits. En tout cas, on opte pour la géothermie là où les sources sont prouvées mais pas dans un site quelconque où il faudra creuser et chercher l'existence d'une source.

- La réhabilitation énergétique touche de près le citoyen. Est-ce que vous pensez que le citoyen ordinaire est sensibilisé à l'importance des énergies renouvelable et est-il prêt à recevoir une technologie reposant sur les énergies renouvelables ?

Il suffit de regarder son entourage pour comprendre qu'il y a un manque de sensibilisation. C'est à chacun qu'il revient d'apporter sa pierre à l'édifice et de sensibiliser un maximum de personnes. Pour ce qui est de la maîtrise, il n'y a rien de particulier que le citoyen devrait maîtriser pour utiliser ce type d'énergie mais il toujours une maintenance à faire. Il n'est pas obligé de s'y connaître car il y a des professionnels dont le métier et de s'en charger.

## **Annexe II : Entretien avec Monsieur MOUSSAOUI Tahar**

Monsieur MOUSSAOUI Tahar est chef du département bâtiment au niveau de l'Agence nationale pour la promotion et la rationalisation de l'utilisation de l'énergie (APRUE). Nous avons réalisé cet entretien dans son aspect semi-directif car nous voulions un avis d'une personne connaissant le milieu professionnel lié à l'énergie en Algérie afin de répondre à plusieurs questionnements relatifs à la maîtrise de l'énergie tout en ayant la réalité du terrain sur tous ses aspects théoriques. Les questions et réponses ont été les suivants :

- Quelle est la différence existe-t-il entre le bâtiment neuf (conception) et le bâtiment ancien (réhabilitation) dans la législation algérienne concernant l'efficacité énergétique ?

Ce n'est pas une question de différence. On parle tout simplement pas du bâtiment ancien. La réglementation ne concerne que le bâtiment neuf.

- Pour ce qui est du bâtiment neuf quel niveau de détail couvre la réglementation algérienne ?

La réglementation ne rentre pas dans les détails, elle donne des orientations et des références de textes de lois à respecter. Pour quoi des références ? parce que la loi de la maîtrise de l'énergie a été faite par le ministère de l'énergie sauf qu'elle touche plusieurs de secteurs (de l'industrie, du bâtiment, du tertiaire, du résidentiel et de tous ce qui est relatif à l'habitat) et elle ne peut pas s'immiscer dans des textes de loi d'autres ministères. Elle couvre alors la maîtrise d'énergie et l'efficacité énergétique en général mais ensuite elle renvoie aux textes établis par chaque ministère. Si l'on prend le bâtiment pour exemple, elle fixe des directives en tenant compte des DTR établis par le ministère de l'habitat via le CNERIB.

- Qu'est-ce qui est considéré comme étant un bâtiment neuf et comment s'appliquent les normes d'efficacité énergétique sur celui-ci ?

Le bâtiment neuf dans la réglementation englobe trois catégories : le bâtiment neuf à usage d'habitation, le bâtiment neuf à usage autre que l'habitation et toute partie de construction réalisée comme extension d'un bâtiment existant.

Pour ce qui est des normes de l'efficacité énergétique des bâtiments neufs, la loi renvoie au ministère de l'habitat qui lui dispose des prérogatives nécessaires pour l'élaboration de la réglementation thermique. Cette dernière détermine trois points principaux : d'abord, la catégorie du bâtiment et les normes de rendement énergétique, le deuxième concerne les normes techniques et tout ce qui est relatif à la construction et enfin le troisième pour les modalités relatives à la certification et le contrôle de conformité. Pour ce qui des normes, à titre transitoire, le caractère obligatoire de l'isolation thermique ne

s'applique pas au bâtiment individuel mais seulement au collectif. En plus de ça, un maître d'ouvrage selon la loi de la maîtrise de l'énergie doit prendre en charge trois points : les caractéristiques thermiques du bâtiment, les systèmes de ventilation, et le système de chauffage et de climatisation. Cela s'explique du fait que la réglementation thermique dans le bâtiment neuf prend en charge les déperditions calorifiques calculées pour la période d'hiver et les apports calorifiques calculés pour la période d'été.

Pour information, les DTR C3-2 et C3-4 viennent d'être regroupés en un seul fascicule DTRC3-2/4 où les seuils et les coefficients de calcul ont été un peu modifiés.

- Lors de nos recherches d'établissements réalisant des audits énergétiques, nous n'avons trouvé aucun qui ne le fasse pour un autre secteur que celui de l'industrie, comment expliquer-vous cela ?

Actuellement nous n'avons pas d'agrément pour des auditeurs du bâtiment, les seuls auditeurs agréés qui existent sont pour l'industrie. Par contre, on peut faire des audits du bâtiment mais pas par des auditeurs agréés. La loi de la maîtrise de l'énergie désigne les établissements industriels qui consomment au-delà de 2000 Tep (tonnes d'équivalent pétrole) par an comme assujettis à un audit énergétique tous les 3 ans. Pour ce qui est du résidentiel, c'est à partir de 500 Tep que l'on devient assujetti à un audit énergétique celui-ci tous les 5 ans et donc il n'y a pas beaucoup d'équipements qui atteignent ces chiffres-là ; même là, ce n'est pas réellement obligatoire dans la pratique. En tout cas un projet de lois est en cours pour les auditeurs dans le secteur du bâtiment car il y a un problème important dans la sélection de l'auditeur, devrait-il être architecte, électricien, électrotechnicien, ..., devrait-il être une personne physique ou un bureau d'étude, ... Ce qui s'explique du fait que l'audit énergétique du bâtiment ne touche pas seulement à la partie enveloppe mais aux équipements aussi surtout que pour donner un exemple, l'architecte ne maîtrise pas forcément le côté électrique nécessaire à ce propos.

- Que pensez-vous des projets dits « HPE » faits par l'état ou par des privés comme Ecobat ?

Il faut être prudent avec le terme HPE (Haute performance énergétique) car c'est en réalité un label, le terme le plus approprié serait bâtiment efficace énergétiquement. Le projet 600 logements Eco-Bat est un programme pilote, lancé par le ministère de l'énergie et le ministère de l'habitat. Est-ce que c'est un échec ou une réussite, chacun a son propre avis là-dessus. Les autres projets sont des initiatives de particuliers qui ne peuvent être considérés comme logement HPE que s'ils sont labélisés en tant que tel. Même s'ils ont appuyé leur projet avec des études ça n'en fait pas pour autant des projets pilotes. Les seuls projets pilotes actuellement sont les 600 Logements et deux ou trois édifices de la banque d'Algérie qu'ils ont construits en respectant les concepts d'efficacité énergétique et quelques particuliers comme la banque BNP qui a construit son siège à Bab Ezzouar labélisé HQE.

- Pour ce qui est du bâtiment ancien pourquoi nous n'avons pas de réglementation le concernant et que compte faire l'état vis-à-vis de ce dernier ?

La raison est que le bâtiment neuf est plus maîtrisable que l'ancien. Néanmoins dans la nouvelle loi de la maîtrise de l'énergie qui est en cours d'élaboration, une partie lui sera réservée et qui est confiée au ministère de l'habitat.

- Quelle date pourriez-vous donner à la sortie de cette loi ?

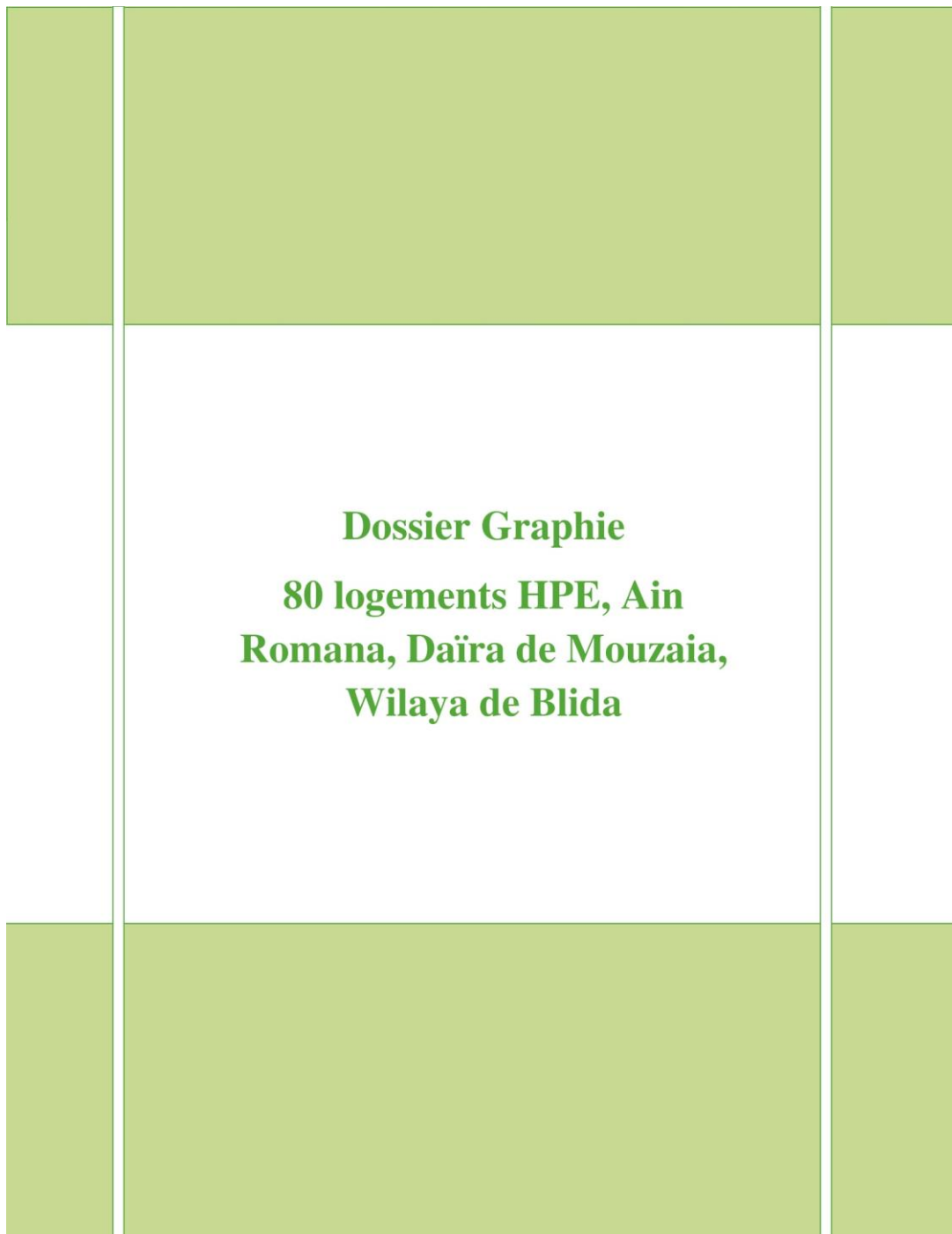
On espère voir cette loi à la fin de l'année mais avec le changement de gouvernement et le retard que ça a pris nous n'avons pas de date.

- Pour ce qui est des équipements, y a-t-il des subventions que propose l'état pour encourager l'investissement dans les équipements et appareils efficaces énergétiquement ?

Effectivement, il y a certaines subventions qui sont pour le moment la réduction du coût global d'un chauffe-eau solaire de 45% pour un maximum de 110000DA de coût et une prise en charge de 50% du coût lampes LED. En plus de ça, il y a aura des subventions pour l'isolation thermique qui sont prévues pour 2018.

### **Annexe III : Dossier graphique du projet Eco-Bat de Ain Romana**

Les documents suivants sont le dossier graphique présentés par le bureau d'étude BET DAR pour la réalisation des 80 logements de Ain Romana dans la wilaya de Blida dans le cadre du projet pilote Eco-Bat. Certaines des données ne correspondant pas au résultat final, nous avons pris cela en compte lors de la réalisation de notre travail et nous avons mentionné les détails qui diffèrent entre ce dossier graphique et la réalité dans le mémoire.





**République Algérienne Démocratique et Populaire**

Ministère de l'Habitat et de l'Urbanisme

Office de promotion et de gestion

Immobilière de Blida

**Daira : MOUZAIA**

**Commune: AIN ROMANA**

**FICHE TECHNIQUE**

**Projet 80 logts HPE**

**Programme : 2770 logts R-H-P 2007**

**Notification : 11/02/2010**

**Inscription : 14/12/2010**

**Localisation : AIN ROMANA**

**Bureau d'Etude chargé des études : BET DAR**

**Bureau d'Etude chargé du suivi : BET DAR**

**Consistance du programme : 80 N<sup>br</sup> de Bâtiment : 08**

Typologie : 80/F3

Surface Habitable : F3=67.53 m<sup>2</sup>

Total : 5402.40 m<sup>2</sup>

**Situation du foncier :**

Nature juridique du terrain : communale

Superficie du terrain : 8000.00 M<sup>2</sup>

PV de choix de terrain : N 661 du 13/02/2009

**Autorisation du programme :**

**AP Initiale: 209 943 426.06 DA**

**AP VRD: 9 600 000.00 DA**

**AP Globale: 219 543 426.06 DA**

**Coût du m<sup>2</sup>/hab(Y VRD) : 40 638.13 DA**

**Apport fond national de maîtrise d'énergie: 31 491 513.90 DA**

**Situation des travaux :**

Nbr d'Entreprises engagées : 01

Nbr de logements : 80

**Détail par Entreprise : ERTBPH DJEMIL**

Mt du marché : **198 419 779.22 DA**

Début des travaux : **25/04/2011**

Délai de réalisation : 18 mois

Fins des travaux : **24/10/2012**

Avancement des travaux :

Infrastructure : 12 % CES : 00 %

**Estimation du projet :**

a- Etude, suivi et contrôle : 11 508 493.96 DA

b- Réalisation (construction) : 198 419 779.22 DA

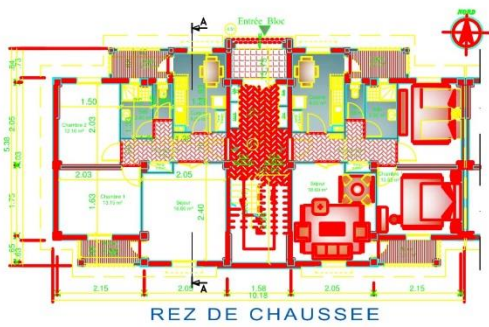
C-V R D : 9 600 000.00 DA

Total Général : 219 528 273.18 DA

Coût du m<sup>2</sup>/hab (S/VRD) : 38 861.14 DA

Cout du m<sup>2</sup>/hab (y/VRD) : 40 638.13 DA

Cout du logement (F3) : **2 744 292.92 DA**



**FICHE TECHNIQUE**

Designations	Surfaces (m <sup>2</sup> )	
F3a	F3b	F3c
Séjour	18,60	18,60
Ch 01	13,15	13,65
Ch 02	12,10	12,50
Cuisine	9,00	9,00
SB	3,30	3,30
WC	1,55	1,55
Rangement 1	0,50	0,50
Rangement 2	0,50	0,50
Déplacement	7,45	7,45
Surf. Totale hab.	66,75 m <sup>2</sup>	67,65 m <sup>2</sup>
Balcon	3,30	3,30
Loggia	3,70	3,70
Surf. Totale Utilis.	73,75 m <sup>2</sup>	74,65 m <sup>2</sup>

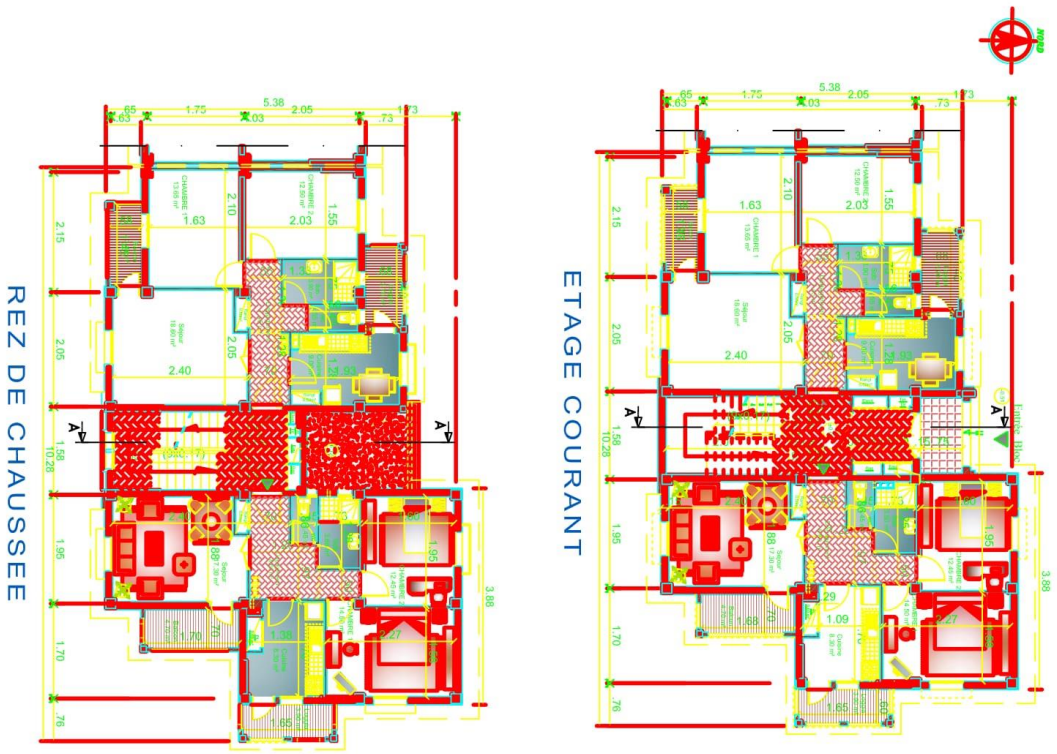


**FICHE TECHNIQUE**

Designations	Surfaces (m <sup>2</sup> )	
F3a	F3b	F3c
Séjour	18,60	18,60
Ch 01	13,15	13,65
Ch 02	12,10	12,50
Cuisine	9,00	9,00
SB	3,30	3,30
WC	1,55	1,55
Rangement 1	0,50	0,50
Rangement 2	0,50	0,50
Déplacement	7,45	7,45
Surf. Totale hab.	66,75 m <sup>2</sup>	67,65 m <sup>2</sup>
Balcon	3,30	3,30
Loggia	3,70	3,70
Surf. Totale Utilis.	73,75 m <sup>2</sup>	74,65 m <sup>2</sup>



**Bloc A**  
Echelle 1/200

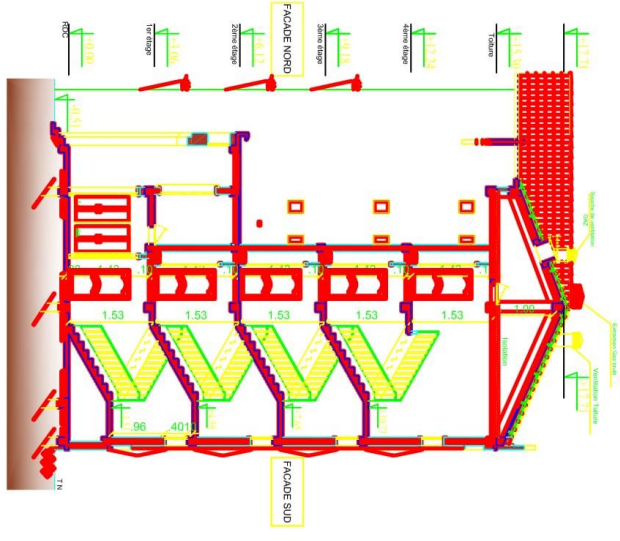


**TABLEAU TECHNIQUE**

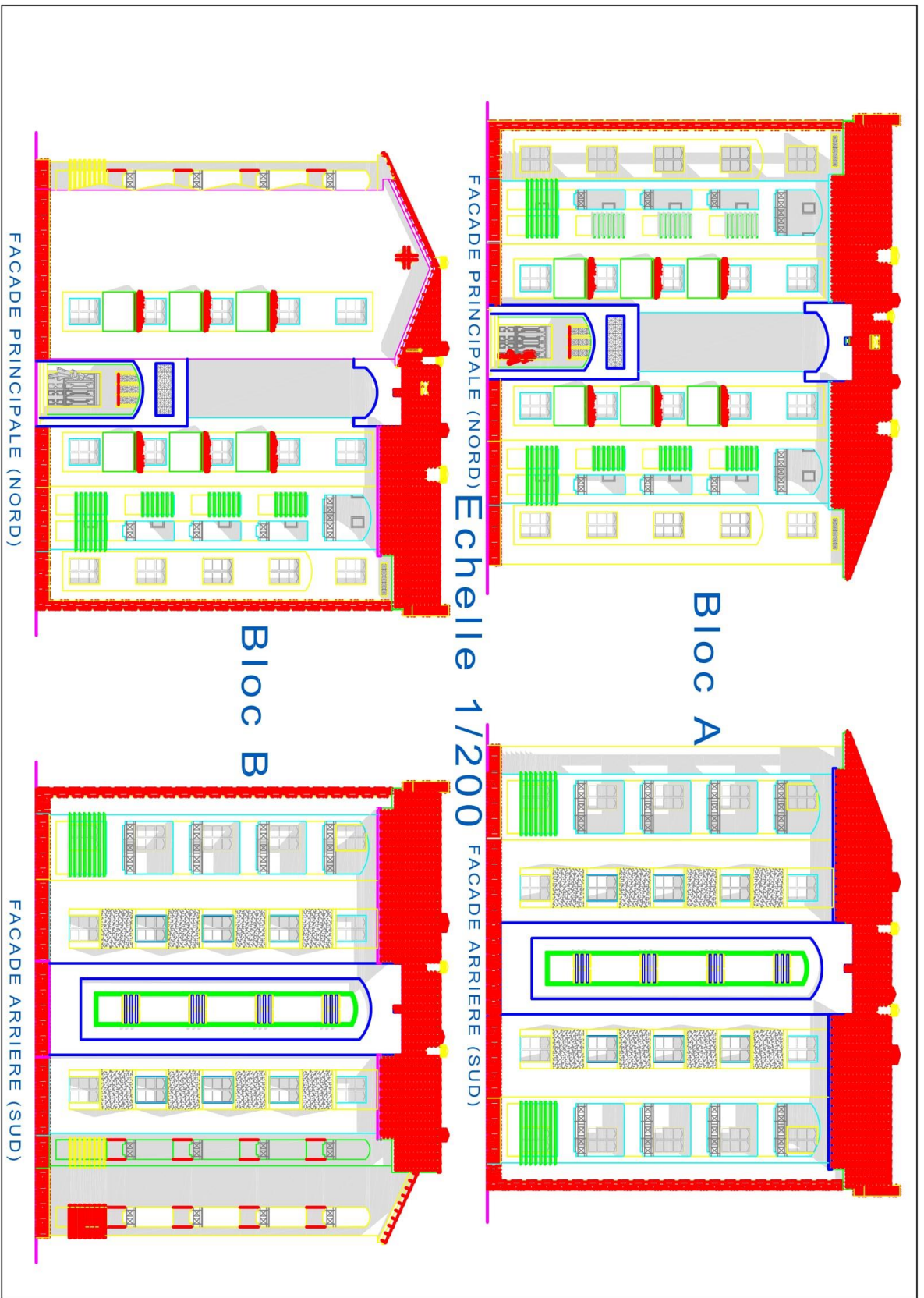
Designations	Surfaces (m <sup>2</sup> )
Solair	17,30
CH 01	13,65
CH 02	12,45
Cuisine	9,00
SCB	3,30
WC	1,55
Rangement 1	0,50
Rangement 2	0,50
Surf Totale hab.	67,65
Balcon	3,30
Loggia	3,70
Surf Totale Utilis.	74,65

**ICEL TECHNIQUE**

Designations	Surfaces (m <sup>2</sup> )
F3A	7,30
Solair	18,60
CH 01	13,65
CH 02	12,45
Cuisine	9,00
SCB	3,90
WC	1,55
Rangement 1	0,50
Rangement 2	0,50
Surf Totale hab.	67,65
Balcon	3,30
Loggia	3,70
Surf Totale Utilis.	74,65



**Bloc B**  
Echelle 1/200



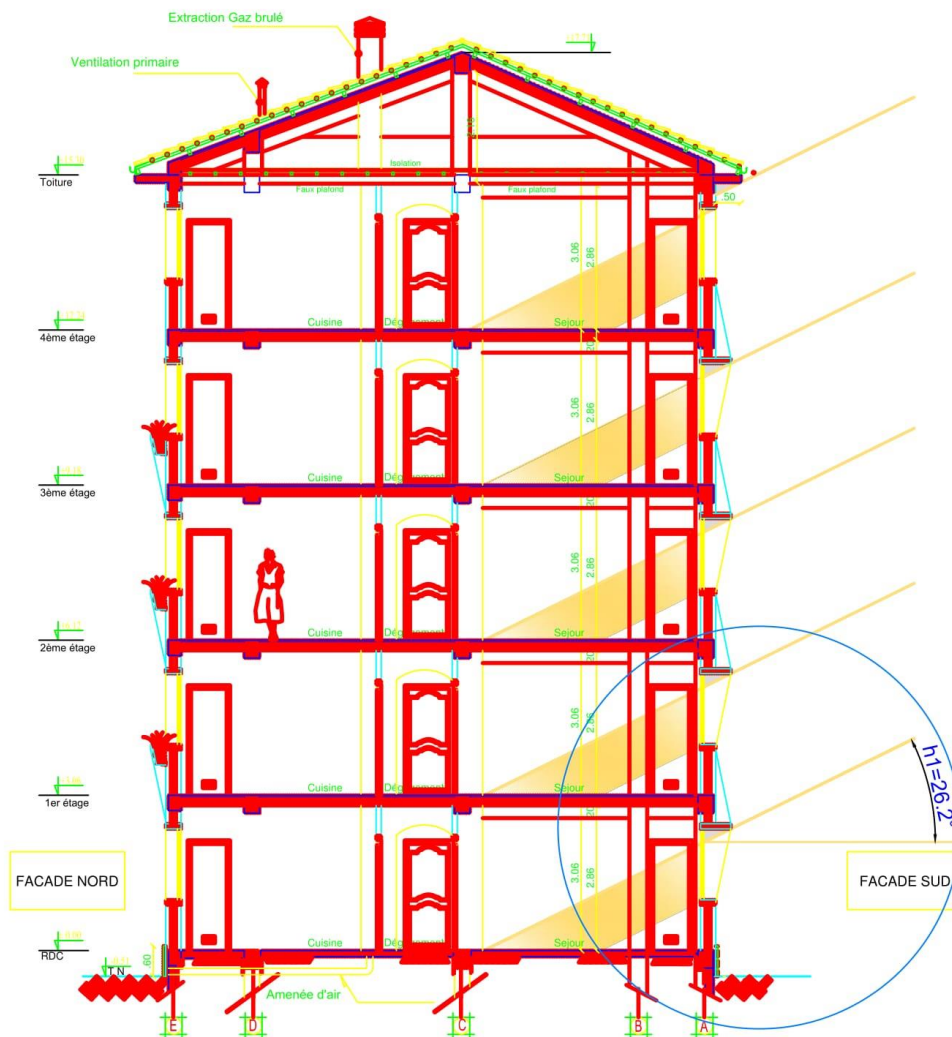


**VUE DE SYNTHÈSE**

# Etude de l'Ensoleillement

## HIVER

ETUDE DE L'ENSOLEILLEMENT : 21 Decembre à 15:00h



# Etude de l'Ensoleillement

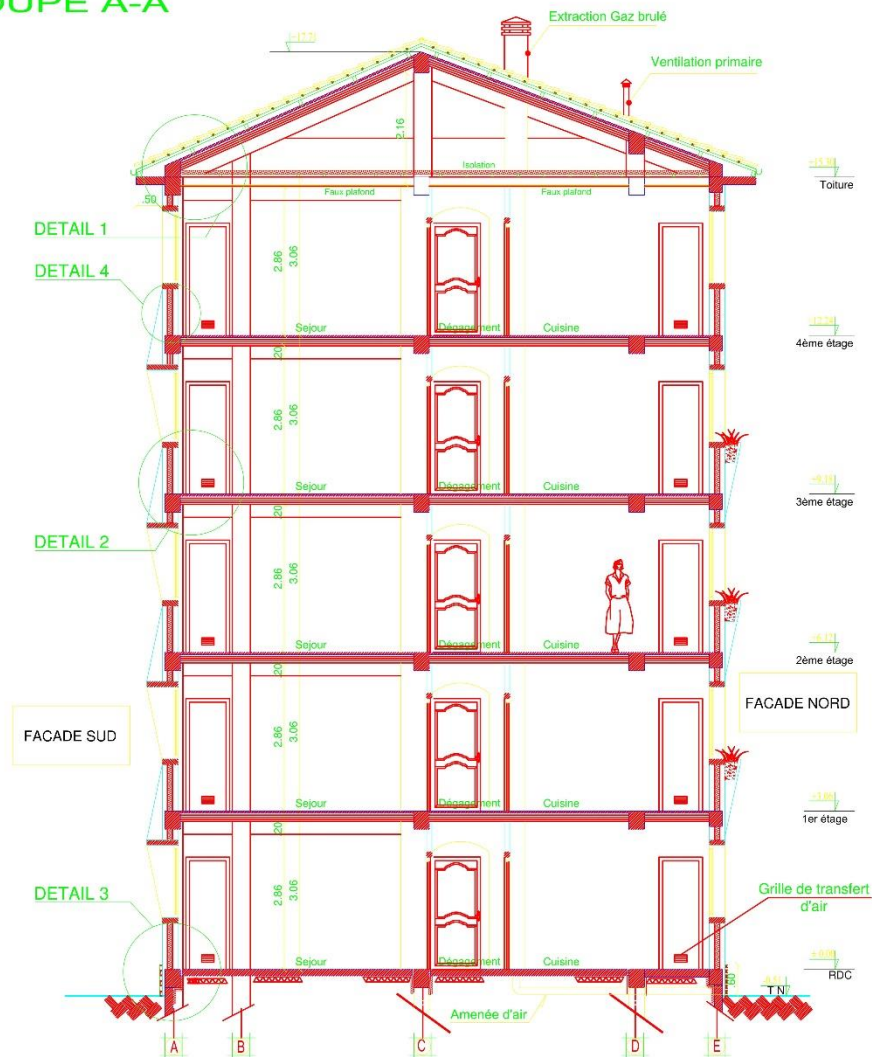
## ETE

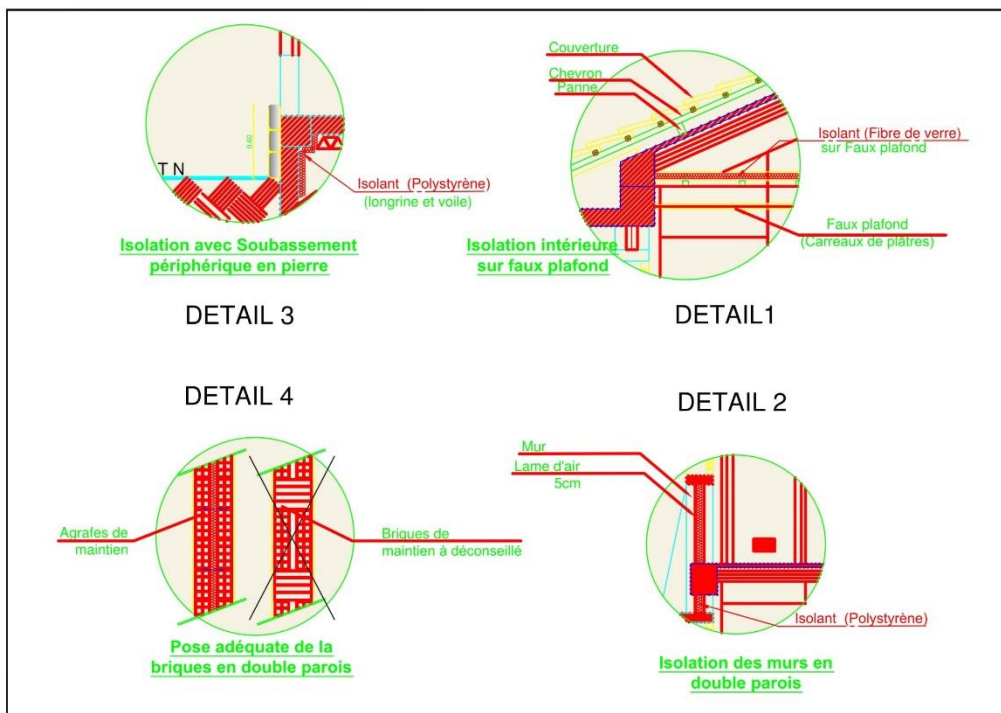
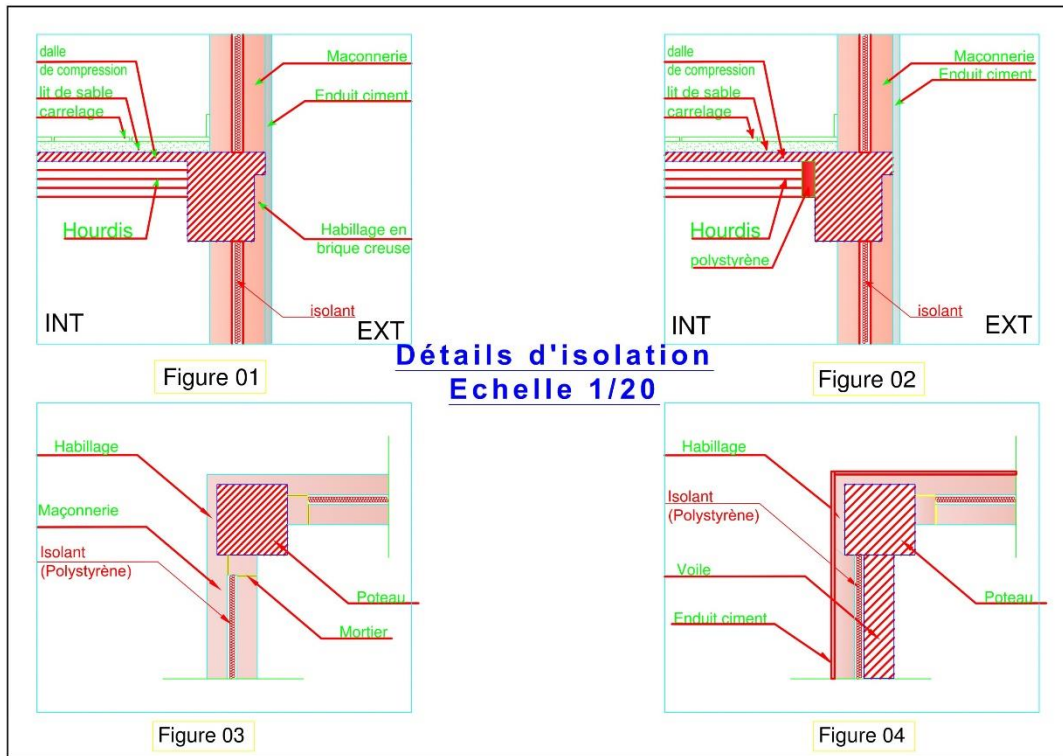
ETUDE DE L'ENSOLEILLEMENT : 15 juillet à 15:00h



# Choix des techniques de réalisation et appoint

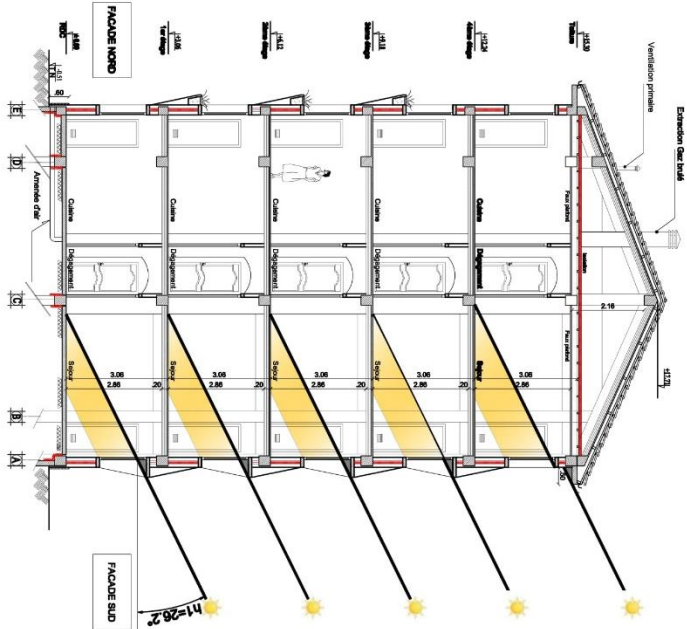
COUPE A-A





# HIVER

ETUDE DE L'ENSOLEILLEMENT : 21 Décembre à 15:00h



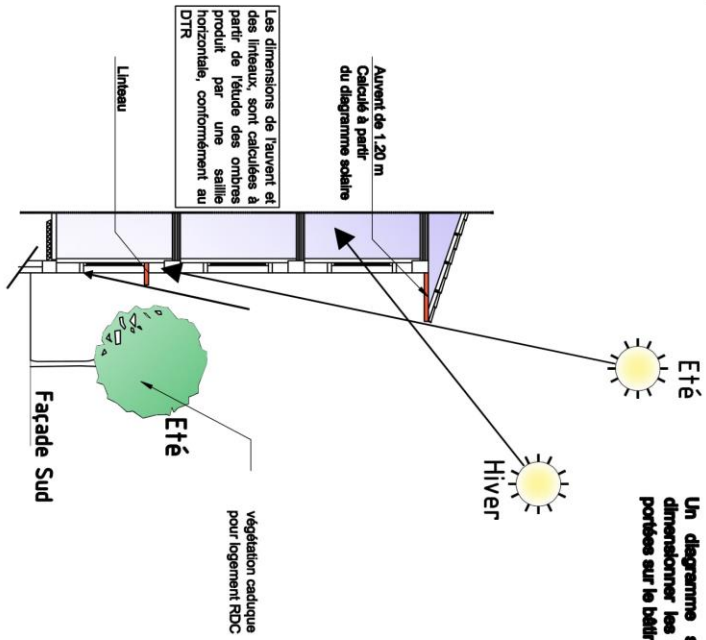
- Latitude = 36,4°
- Hauteur du Soleil  $\beta = 22,5^\circ$
- Azimut Soleil  $\phi = 32,7^\circ$



- les calculs de la hauteur et de l'azimut du soleil, sont calculés suivant l'annexe 01 du DTR C3.4
- les calculs d'ombres ETE et HIVER d'une saillie Horizontale, sont calculés suivant l'annexe 04 du DTR C3.4

### ETUDE DE L'ENSOLEILLEMENT :

Un diagramme solaire du site à été calculé afin de permettre de dimensionner les auvents de la toiture et de vérifier toutes les ombres portées sur le bâtiment ( voir illustrations d-jointes.)

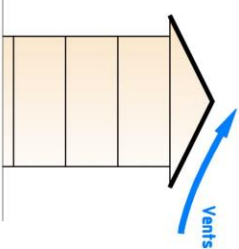


• 15 Juillet à différentes heures de la journée, (façades sud et nord )

• utilisation d'un auvent de 1,20 m sur façade sud qui permet de protéger les vitres du soleil en été, tout en profitant de lumière en hiver

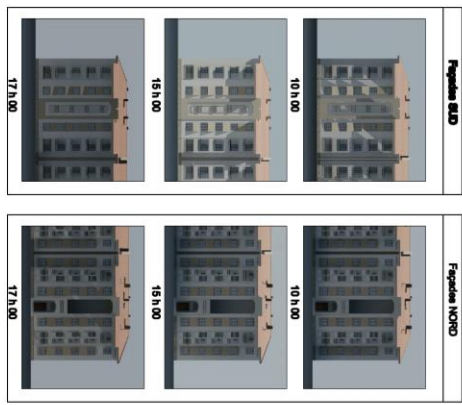
• prévoir une végétation caduque devant les fenêtres du rez de chaussée, pour se protéger de la chaleur d'été et laisser passer le soleil en hiver.

• 21 Décembre à différentes heures de la journée, (façades sud et nord ).



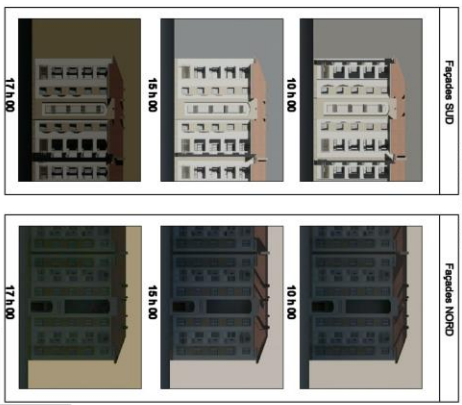
### L'ensoleillement : ETE

15 Juillet



### L'ensoleillement : HIVER

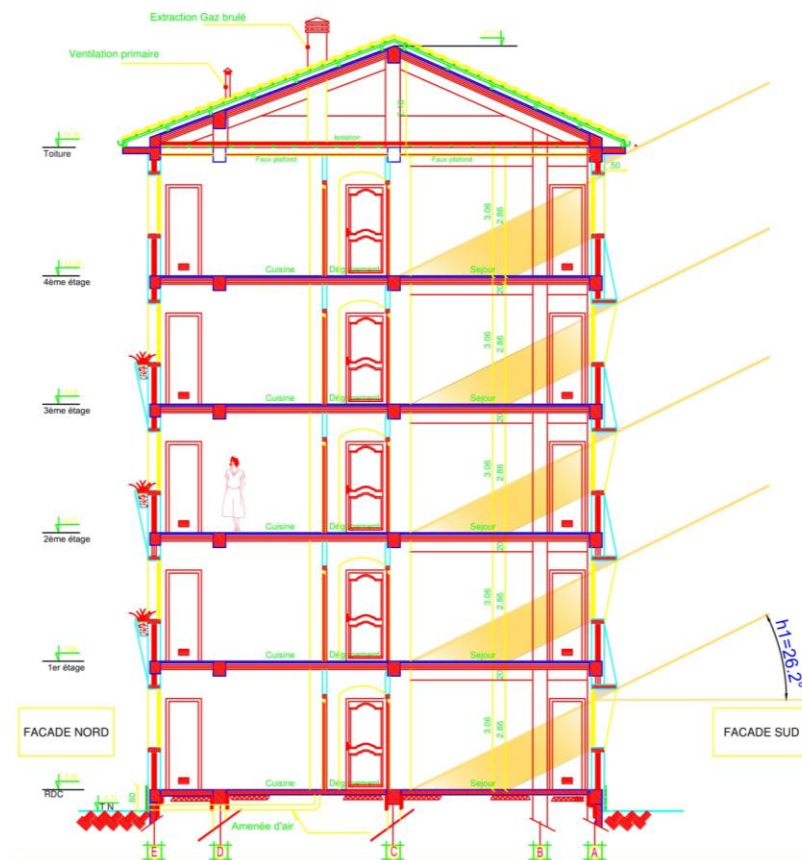
21 Décembre

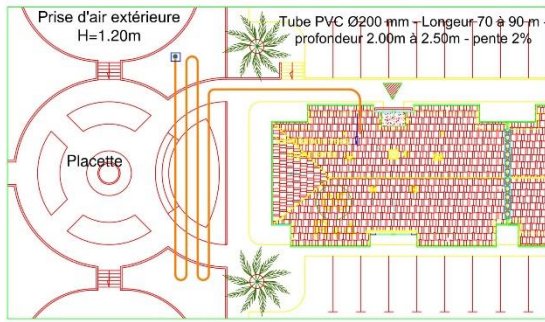


• Couverture en toiture au lieu de terrasse, ceci pour l'intégration au site d'une part et d'autre part pour le confort thermique que procure la toiture au logement du dernier niveau. Aussi la forme inclinée permet de dévier le vent émanant des autres orientations or celle du sud-Ouest.

# HIVER

ETUDE DE L'ENSOLEILLEMENT : 21 Decembre à 15:00h





### Choix des solutions d'appoints

#### Ventilation par puits canadien :

Le puits canadien est un système géothermique qui sert de climatisation naturelle, c'est-à-dire la température du sol à 2.00m est plus élevée que la température ambiante en hiver et plus basse en été.

Le puits canadien consiste à faire passer l'air neuf de renouvellement avant qu'il ne pénètre dans le logement par des tuyaux enterrés dans le sol à une profondeur moyenne de 2.00m à 2.50m.

En hiver le sol à cette profondeur est plus chaud que la température extérieure, l'air froid est donc préchauffé lors de son passage dans les tuyaux. En été le sol à l'inverse plus froid que la température extérieure.

Ce système va donc utiliser la fraîcheur relative du sol pour tempérer l'air entrant dans le logement, ceci va systématiquement engendrer une économie d'énergie pour le chauffage et climatisation.

Les tuyaux utilisés sont de type : PVC, Polyéthylène, tuyau annelé.

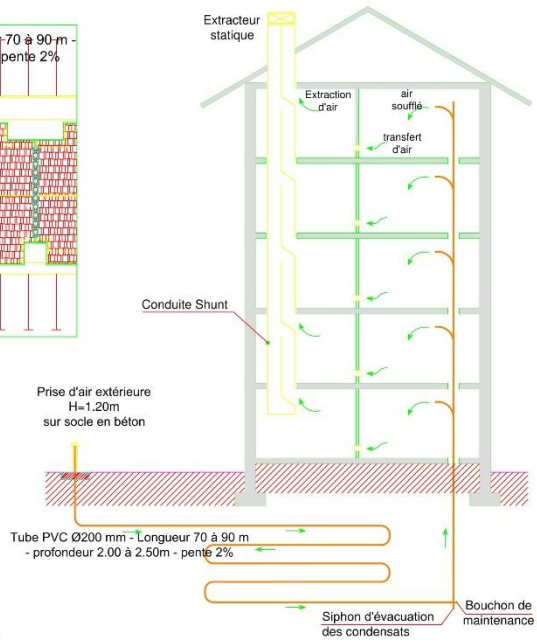


schéma des principes de ventilation par le système géothermique (puits canadien)

COUPE C - C

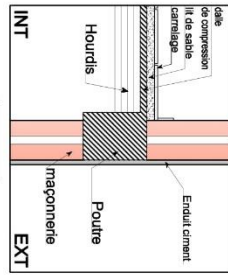


Figure 01

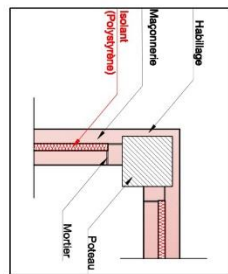


Figure 04

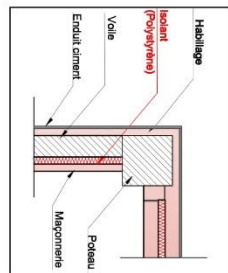


Figure 05

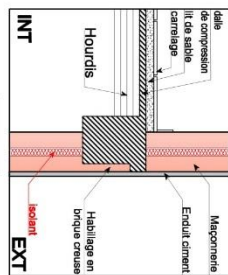


Figure 02

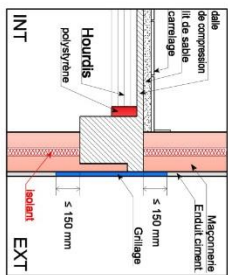


Figure 03

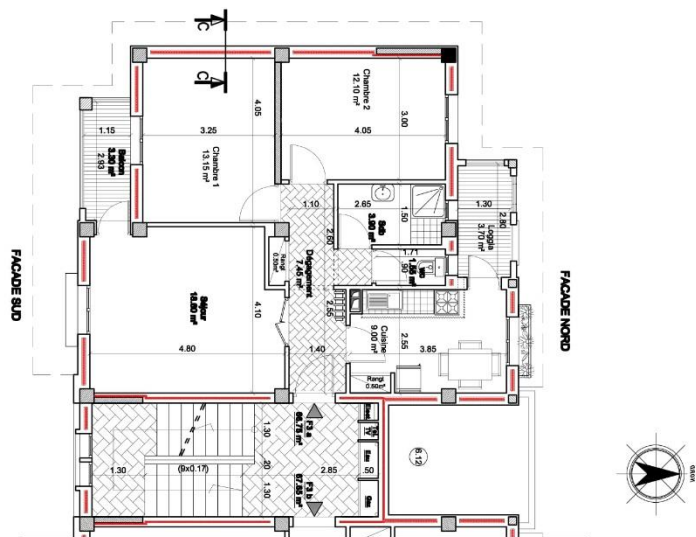
• Remplacement de la lame d'air par un isolant (polystyrène), afin d'augmenter la SR.

• Habillage des ponts thermiques (poteaux / poutres) par des isolants : deux cas : habillage en briques creuses et habillage en polystyrène, qui ont fait l'objet des bilans thermique respectivement 02 et 03.

• A noter aussi qu'au niveau des ponts thermique dalle (planchers), une nouvelle technique d'isolation avec polystyrène, dont sa mise en œuvre est très pratique et facile (cette solution présente un réduction supplémentaire des déperditions qui n'as pas été compter dans la note de calcul des bilans thermique).



DÉTAILS D'ISOLATION



Cellule objet d'étude thermique se situe au dernier niveau avec trois façades orientée Sud, Ouest, et Nord

ISOLATION POUR ÉLIMINATION DES PONTS THERMIQUES

## Choix des solutions d'appoints

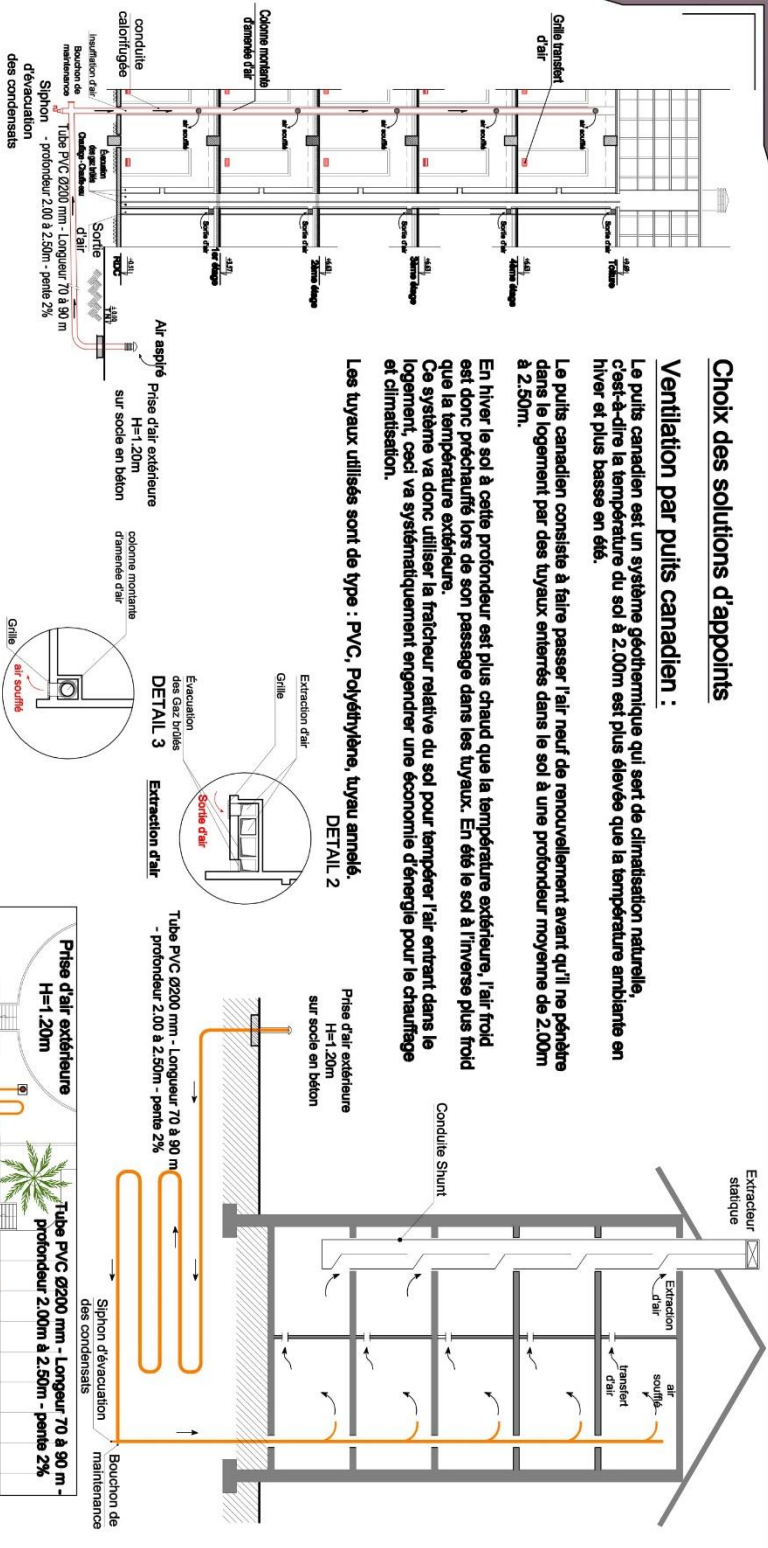
### Ventilation par puits canadien :

Le puits canadien est un système géothermique qui sert de climatisation naturelle, c'est-à-dire la température du sol à 2,00m est plus élevée que la température ambiante en hiver et plus basse en été.

Le puits canadien consiste à faire passer l'air neuf de renouvellement avant qu'il ne pénètre dans le logement par des tuyaux enterrés dans le sol à une profondeur moyenne de 2,00m à 2,50m.

En hiver le sol à cette profondeur est plus chaud que la température extérieure, l'air froid est donc préchauffé lors de son passage dans les tuyaux. En été le sol à l'inverse plus froid que la température extérieure. Ce système va donc utiliser la fraîcheur relative du sol pour tempérer l'air entrant dans le logement, ceci va systématiquement engendrer une économie d'énergie pour le chauffage et climatisation.

Les tuyaux utilisés sont de type : PVC, Polyéthylène, tuyau annelé.



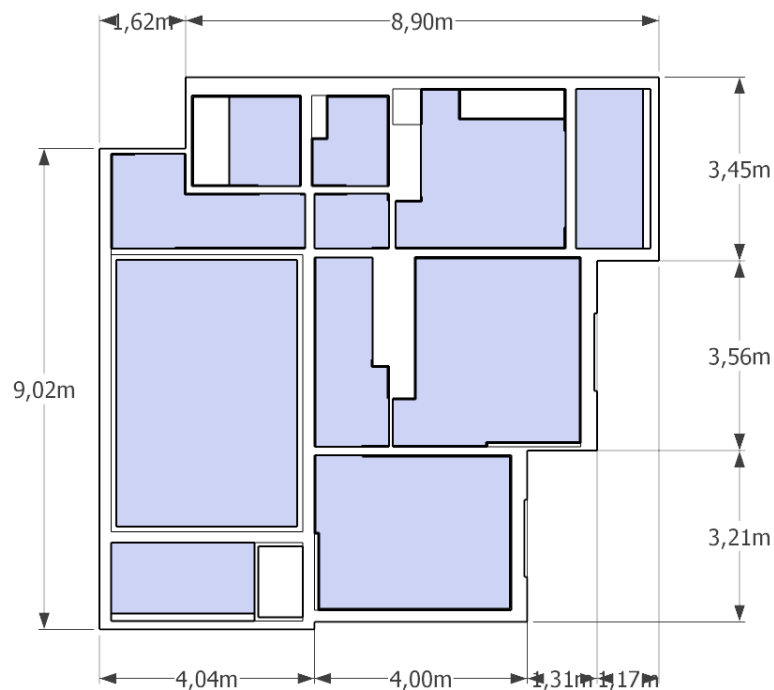
### Mode de Fonctionnement :

- A. En hiver : l'objectif est de réchauffer l'air avant qu'il n'entre dans le logement, pour obtenir le maximum d'échange thermique l'air devra circuler à une vitesse de 1m/s.
- B. En été : l'objectif est de rafraîchir au maximum le logement en cas de forte chaleur, et c'est en utilisant l'air refroidi par la température constante du sol (15°C environ), ce qui permet d'utiliser moins d'énergie pour la climatisation.
- C. Intersaison : la température de confort est comprise entre 18°C et 22°C et le système sera déconnecté par une dérivation pour ne pas rafraîchir le logement alors que la température extérieure est proche de la température de confort.

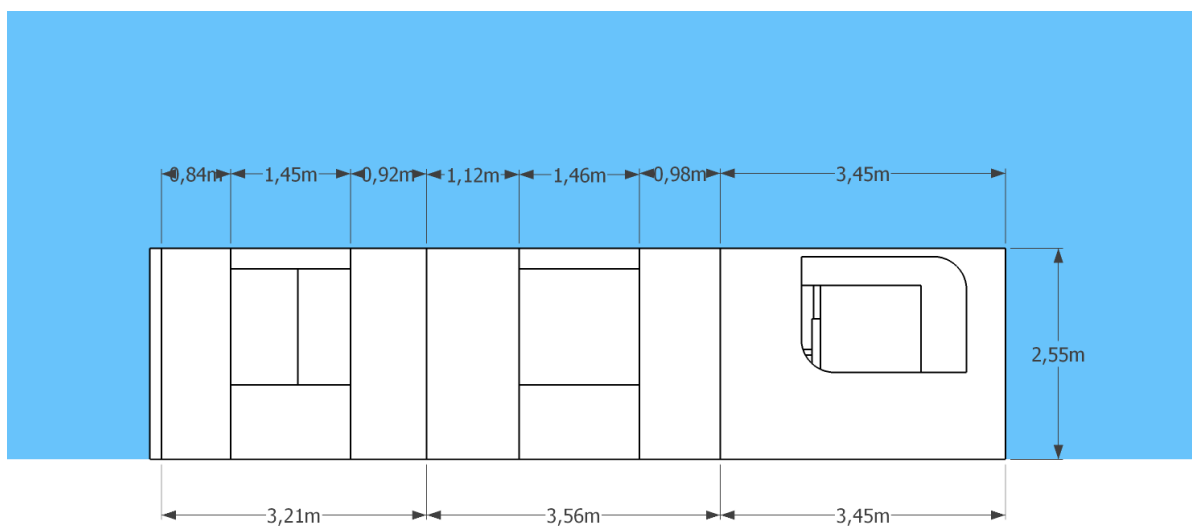
## Schéma de principe de ventilation par système géothermique (puits canadien)

## Annexe IV : Modélisation du relevé d'un logement à Jolie Vue II

Les images suivantes représentent la modélisation réalisée du relevé du logement N°10 au 2<sup>ème</sup> étage du bâtiment 22b à Jolie Vue II. Les données concernant les matériaux, comme expliqué dans le mémoire, ont été mises en place en se référant à des personnes qui connaissent le projet avant sa réalisation et qui ont vu les différentes techniques utilisées dans le chantier.



Plan du logement (auteur)



Elévation (auteur)



## Annexe V : Proposition de réhabilitation retenue

Pour établir notre réhabilitation nous avons proposé différentes solutions sur certains points. Le logiciel a simulé plusieurs scénarios en essayant toute les combinaisons possibles. Au final nous avons obtenu un résultat dont il a retenu certains paramètres plutôt que d'autres. Nous mettons ci-dessus les données concernant la proposition retenue :

### Bâtiment :

Paramètres	Données
	Jolie Vue II
Orientation	Nord
Voisinage	Nord : à 22m ⇔ 73ft
	Sud : à 37,5m ⇔ 123ft
	Est : dégagée
	Ouest : à 8,8m ⇔ 29ft

### Murs :

Paramètres	Données
	Jolie Vue II
Matériau	Béton avec une isolation thermique extérieure en laine de roche
	Couche 1 : Laine de roche
	Epaisseur : 0,06m ⇔ 0,196ft
	Conductivité : 0,04W/m.K ⇔ 0,007Btu.ft/h/ft/°F
	Densité : 140kg/m <sup>3</sup> ⇔ 87,3lb/ft <sup>3</sup>
	Chaleur spécifique : 840J/kg.K ⇔ 0,20Btu/lb.°R
	Couche 1 : Béton
	Epaisseur : 0,22m ⇔ 0,72ft
	Conductivité : 1,75W/m.K ⇔ 1,011Btu.ft/h/ft/°F
	Densité : 2200kg/m <sup>3</sup> ⇔ 137,3lb/ft <sup>3</sup>
	Chaleur spécifique : 753,62J/kg.K ⇔ 0,18Btu/lb.°R
	Prix : 704DA/m <sup>2</sup> +1050DA/m <sup>2</sup> =1704DA/m <sup>2</sup> ⇔ 65,4DA/ft <sup>2</sup> +97,58DA/ft <sup>2</sup> =162,92DA/ft <sup>2</sup>
Revêtement mural spécifique	Aucun
Finition extérieure	Peinture vinylique claire
	Durée de vie : 30ans
	Prix : 650DA/m <sup>2</sup> ⇔ 60,4DA/ft <sup>2</sup>

### Toiture :

Paramètres	Données
	Jolie Vue II
Isolation	Aucune

Matériau	Gravier
	Prix : 900DA/m <sup>2</sup> ⇔ 93,64DA/ft <sup>2</sup>
	Durée de vie : 30 ans

### Planchers et niveau sous-sol :

Paramètres	Données
	Jolie Vue II
Type du niveau sous-sol	Vide sanitaire
	Isolation : Ventilé mais non isolé
	Prix : /
Parquet	0%

### Détails thermiques :

Paramètres	Données
	Jolie Vue II
Sol	Rien
Murs extérieurs	Plaques de plâtre de 12,5mm ⇔ 1/2in
	Prix : 2800DA/m <sup>2</sup> ⇔ 260,22DA/ft <sup>2</sup>
Murs intérieurs	Rien
Plafond	Couche 1 : Laine de verre
	Epaisseur : 0,08m ⇔ 0,262ft
	Conductivité : 0,03W/m.K ⇔ 0,005Btu.ft/h/ft/°F
	Densité : 10kg/m <sup>3</sup> ⇔ 0,624lb/ft <sup>3</sup>
	Chaleur spécifique : 1000J/kg.K ⇔ 0,238Btu/lb.°R
	Prix : 1150DA/m <sup>2</sup> ⇔ 106,87DA/ft <sup>2</sup>

### Fenêtres et portes :

Paramètres	Données
	Jolie Vue II
Fenêtres	Surface au Nord : Aucune fenêtre Surface au Sud : 7,85m <sup>2</sup> ⇔ 84,49ft <sup>2</sup> Surface à l'Est : Aucune fenêtre Surface à l'Ouest : 2,73m <sup>2</sup> ⇔ 29,38ft <sup>2</sup>
	Périmètre/Surface Nord : / Périmètre/Surface Sud : 1,41 Périmètre/Surface l'Est : / Périmètre/Surface l'Ouest : 1,41
	Transparent, double vitrage, châssis en PVC
Type de fenêtres	Prix : 37500DA/m <sup>2</sup> ⇔ 3316DA/ft <sup>2</sup>
	Durée de vie : 30 ans
Traitement spécifique du verre	Aucun
Surface opaque de la porte	0,95*2,1=21,47m <sup>2</sup> ⇔ 21,47ft <sup>2</sup>
Type de porte	Bois

	Prix : 45000DA/m <sup>2</sup> ⇔ 4180DA/ft <sup>2</sup>
	Durée de vie : 30 ans
Avant-toit	Aucun
Porte-à-faux	Aucun

### Flux d'air :

Paramètres	Données
	Jolie Vue II
Infiltrations d'air	10ACH50
Ventilation mécanique	Aucune
Ventilation naturelle	7j/semaine toute l'année

### Conditionnement d'air :

Paramètres	Données
	Jolie Vue II
Climatisation centralisée	Aucune
Climatisation individuelle	EER 12,1
	1 seul climatiseur pour tout l'appartement
	Prix : 80000DA/Unité
	Durée de vie : 15 ans
Convecteur	Aucun
Radiateur	Chaudière avec : gaz, eau chaude, standard, 97% AFUE
	Prix : 90000DA/Unité
	Durée de vie : 24 ans
Plinthe électrique	Aucune
Pompe à chaleur	Aucune
Pompe à chaleur mini-split	Aucune
Pompe géothermique	Aucune
Conduites et gaines d'aération	Dans la surface habitable
Ventilateur de plafond	Arrêter son utilisation
Déshumidificateur	Aucun

### Réglages du conditionnement de l'air :

Paramètres	Données
	Jolie Vue II
Réglage d'été	27°C ⇔ 80,6°F

Réglage d'hiver	19°C ⇔ 66,2°F
Réglage déshumidificateur	/

### Eau chaude sanitaire :

Paramètres	Données
	Jolie Vue II
Chauffe-eau	Gaz, efficace, condensation
	Prix : 180000DA/Unité
	Durée de vie : 13 ans
Canalisation du chauffe-eau	Non-isolée, cuivre, système arborescent
Eau chaude centralisée	Aucune
Canalisation de l'eau chaude centralisée	/
Chauffe-eau solaire	Aucun

### Eclairage :

Paramètres	Données
	Jolie Vue II
Lampe	LED
	Pourcentage par rapport aux autres types utilisés : 100%
	Prix : 800DA/Unité
	Durée de vie : 2,6 ans

### Appareils et accessoires :

Paramètres	Données
	Jolie Vue II
Réfrigérateur	Type : Congélateur haut
	Consommation : 348kWh/an pour un EF=21,9
	Prix : 110000DA/Unité
	Durée de vie : 17,4 ans
Cuisinière	Gaz, standard, allumage électronique
	Facteur d'usage : 0,8 (optimisé)
	Prix : 60000DA/Unité
	Durée de vie : 15 ans
Lave-vaisselle	Aucun
Lave-linge	Efficace
	Facteur d'usage : 0,8 (optimisé)
	Prix : 65000DA/Unité
	Durée de vie : 14 ans

Sèche-linge	Aucun
Consommation d'eau chaude	Facteur d'usage : 0,8 (optimisé)

### Scénarios d'usage :

Paramètres	Données
	Jolie Vue II
Scénario réfrigérateur	Consommation équilibrée sur la journée avec une légère baisse de consommation durant les heures de sommeil, la nuit, et une légère hausse de consommation durant les périodes de préparation des repas. La consommation diffère selon les saisons donc : haute durant les périodes chaudes et moins importante durant les périodes froides.
Scénario cuisinière	Consommation importante durant le jour contrairement à la nuit avec un pique important le soir dû à la présence de tous les membres de la famille pour les repas. Variation minimale entre les mois avec une légère hausse de la consommation due aux plats préparés (très chauds, chauds, froids) selon la saison.
Scénario sèche-linge	Non-utilisé la nuit. Utilisé le jour, principalement la journée plutôt que le soir.

### Autres éléments :

Paramètres	Données
	Jolie Vue II
Appareils électriques supplémentaires	Facteur d'usage : 1 (optimisé).
Réfrigérateur supplémentaire	Aucun
Congélateur	Type : Coffre
	Consommation : 137 kWh/an
	Prix : 100000DA/Unité
	Durée de vie : 22 ans
Chauffe-piscine	Aucun
Pompe de piscine	Aucune
Chauffe-eau du spa	Aucun
Pompe du spa	Aucune
Pompe à eau	Aucune
Foyer à gaz	Aucun
Grille à gaz	Aucune
Eclairage au gaz	Aucun

### Scénarios d'usage des autres éléments :

Paramètres	Données
	Jolie Vue II

Scénario appareils électriques supplémentaires	Consommation moins importante durant la nuit mais moins que celle durant le jour qui est importante en dehors des heures de travail donnant ainsi un pique le soir. La consommation est similaire durant l'année sauf les périodes de vacances qui dépend de la présence des personnes au sein du logement.
Scénario réfrigérateur supplémentaire	Aucun réfrigérateur supplémentaire
Scénario congélateur	Consommation constante de jour comme de nuit et qui diffère selon la saison donc : haute durant les périodes chaudes et moins importante durant les périodes froides.
Scénario chauffe-piscine	Aucun chauffe-piscine
Scénario pompe de piscine	Aucune pompe de piscine
Scénario chauffe-eau du spa	Aucun chauffe-eau
Scénario pompe du spa	Aucune pompe du spa
Scénario pompe à eau	Aucune pompe à eau
Scénario foyer à gaz	Aucun foyer à gaz
Scénario grille à gaz	Aucune grille à gaz
Scénario éclairage au gaz	Aucun éclairage au gaz

**Production photovoltaïque :**

Paramètres	Données
	Jolie Vue II
Système photovoltaïque	Aucun

## Annexe VI : Données climatiques

Afin de réaliser la simulation, il nous fallait créer des fichiers de format .epw (Energy plus weather file). Le logiciel Meteonorme est un logiciel fiable du fait qu'il est reconnu mondialement et qu'il reprend les données calculées par les différentes stations météorologique. La version utilisée est la 7.1.3.19872 et nous l'avons utilisé pour Alger et pour Blida. Les données introduites dans les fichiers .epw sont comme suit :

### Alger :

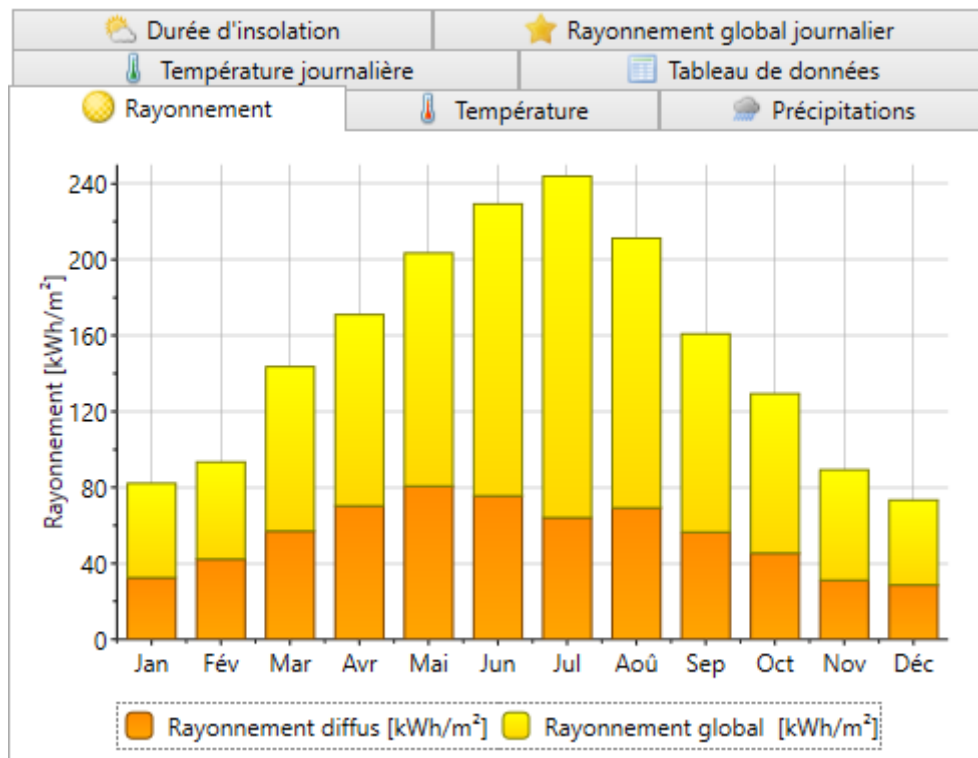
Incertitude des valeurs annuelles : GH = 4%, Bn = 8%, Ta = 0,8°C

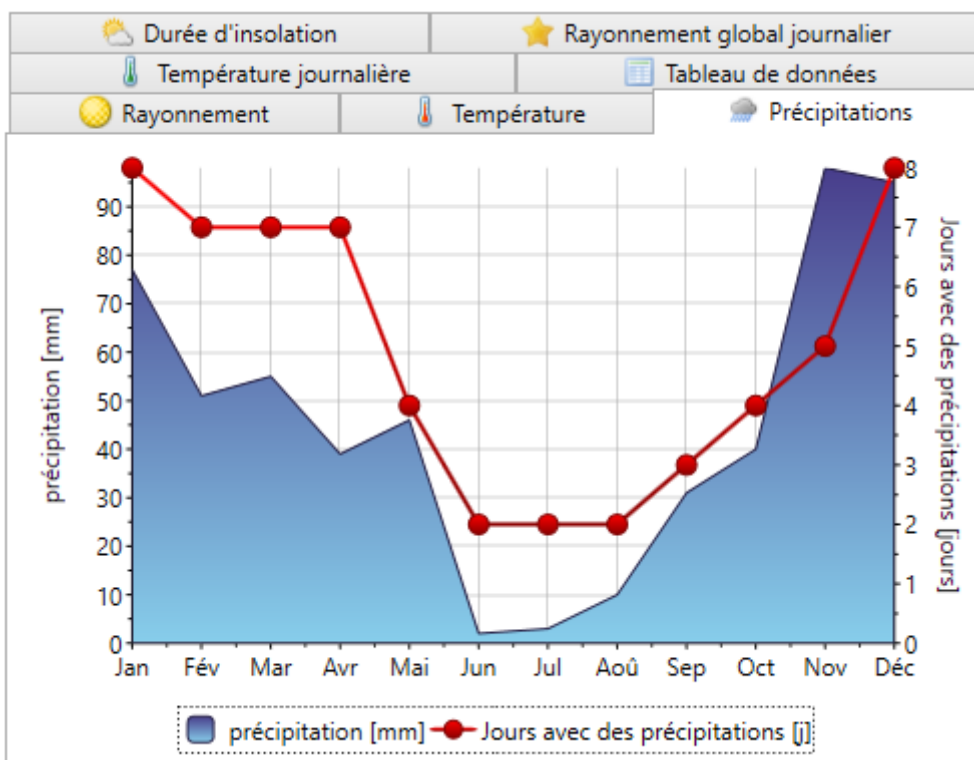
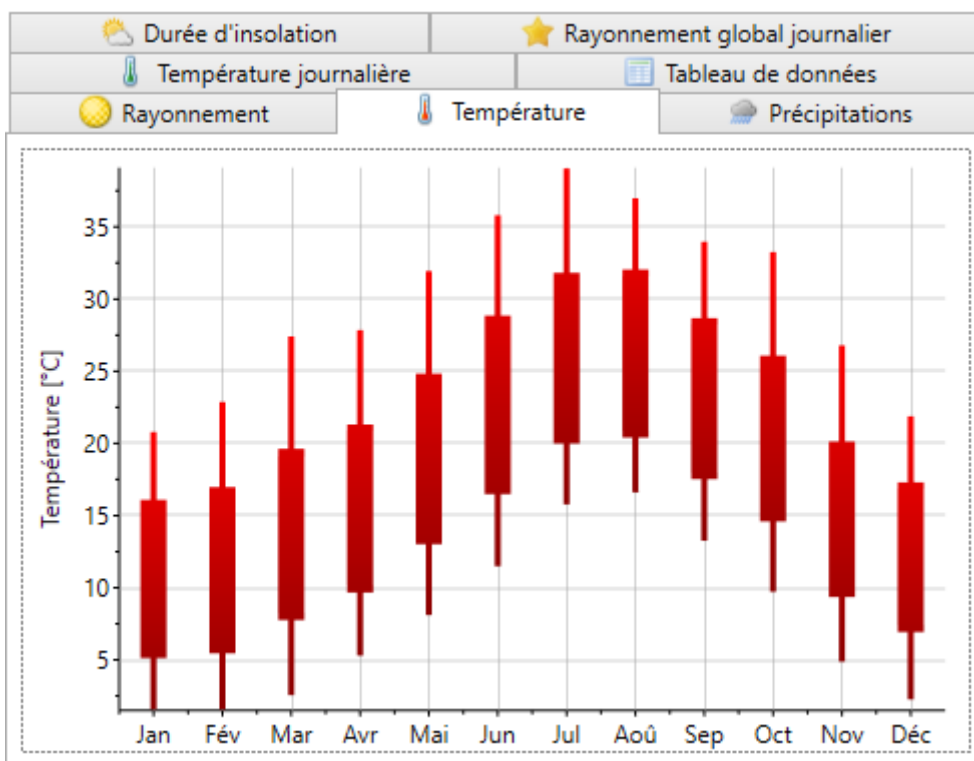
Tendance de Gh/décennie : 1,6%

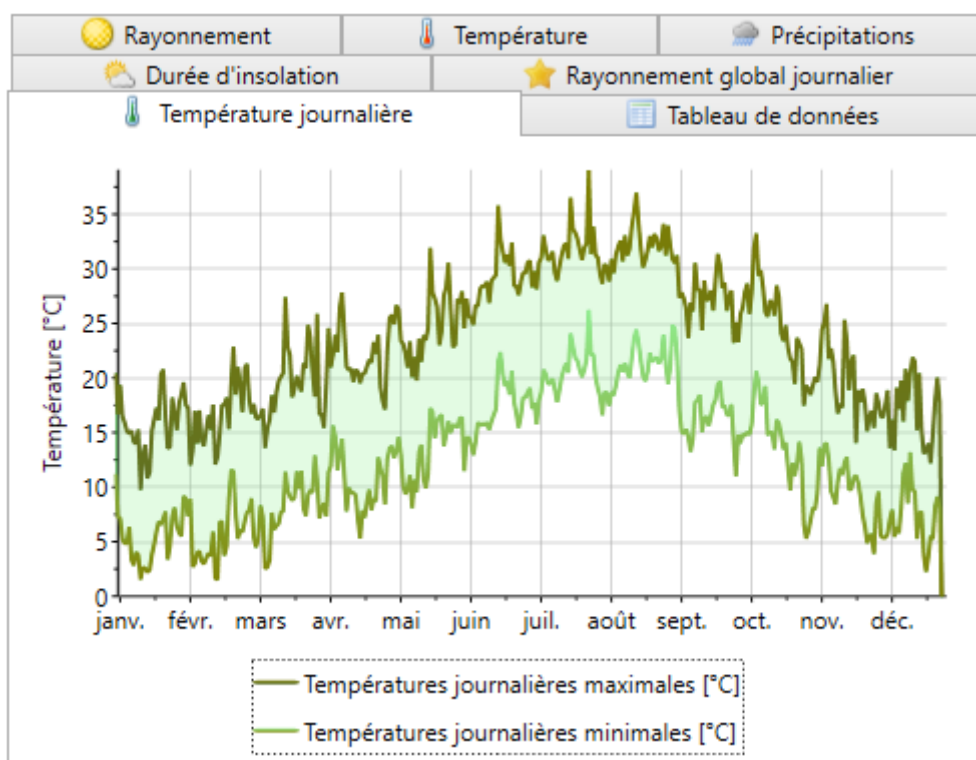
Variabilité de Gh/an : 4,2%

Sites d'interpolation du rayonnement : Satellite data

Stations de l'interpolation de température : Darel Beida (23 km), Bejaia/Soummam (184 km), Jijel/Taher (248 km)

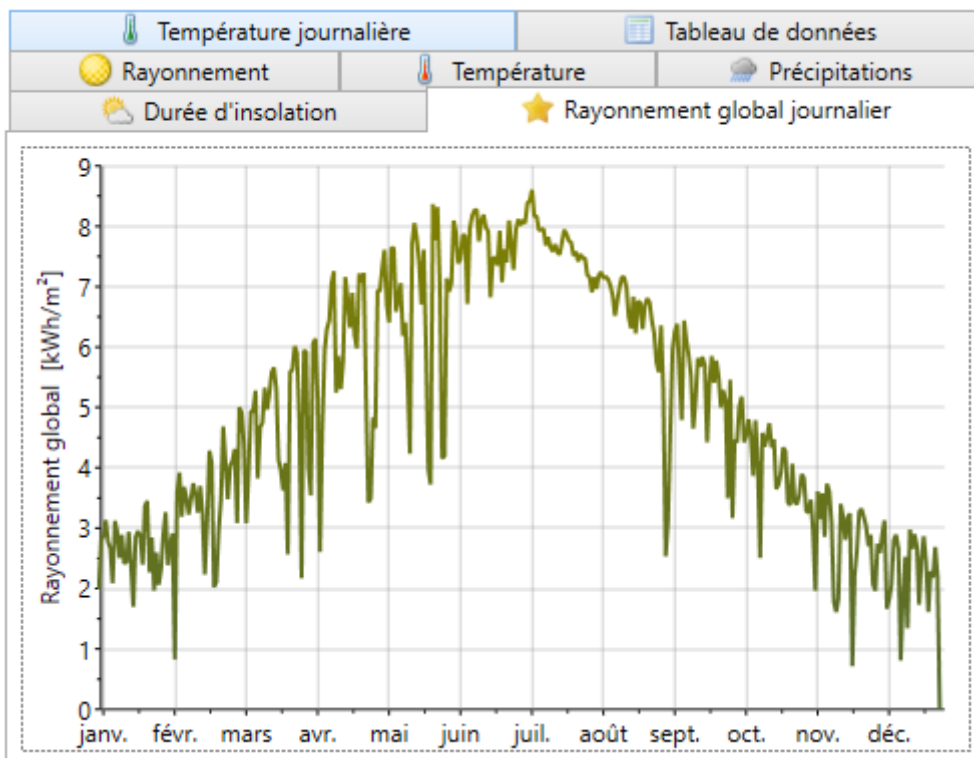
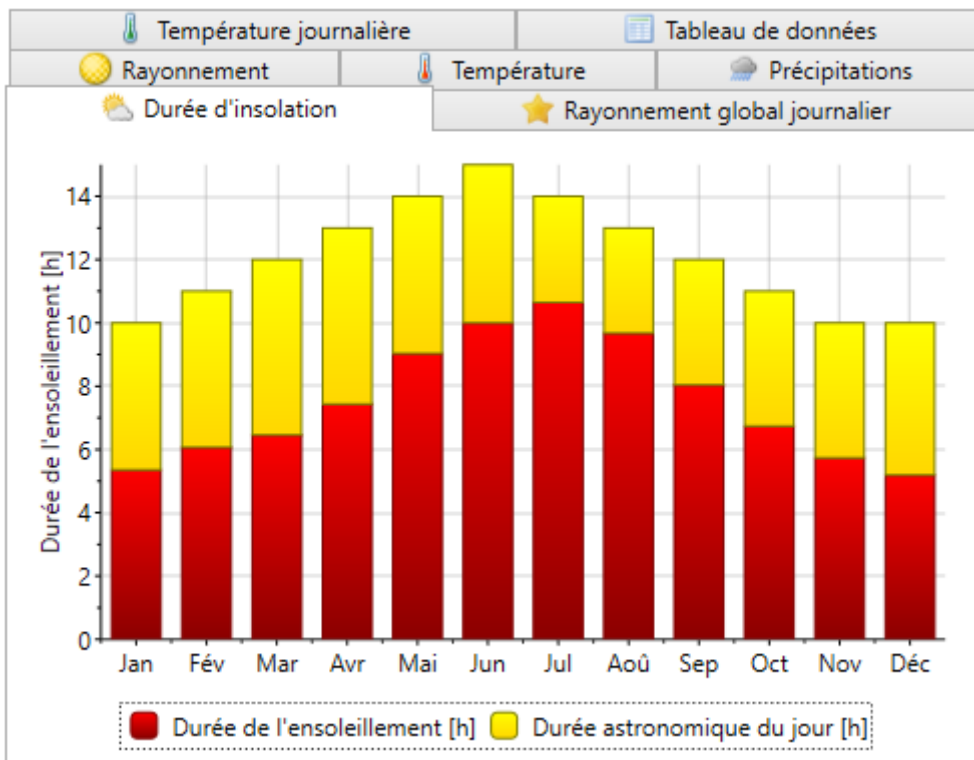






☀️ Rayonnement    🌡️ Température    ☁️ Précipitations  
☀️ Durée d'insolation    ★ Rayonnement global journalier  
🌡️ Température journalière    📄 Tableau de données

	Gh kWh/m <sup>2</sup>	Dh kWh/m <sup>2</sup>	Bn kWh/m <sup>2</sup>	Ta °C	Td °C	FF m/s	
Janvier	82	32	119	10,1	6,4	2,4	
Février	93	42	107	10,9	6,6	2,5	
Mars	144	57	147	13,4	8,7	2,7	
Avril	171	70	154	15,5	10,5	3	
Mai	203	81	179	19	13,5	3	
Juin	229	76	220	23,1	16	3,1	
Juillet	244	64	251	25,8	18,9	3,1	
Août	211	69	206	26,2	19,2	2,9	
Septembre	161	56	169	23,2	17,3	2,8	
Octobre	129	45	160	20,1	14,8	2,3	
Novembre	89	31	132	14,6	9,9	2,5	
Décembre	73	29	114	11,7	7,5	2,6	
Année	1827	653	1957	17,8	12,4	2,7	



## Blida :

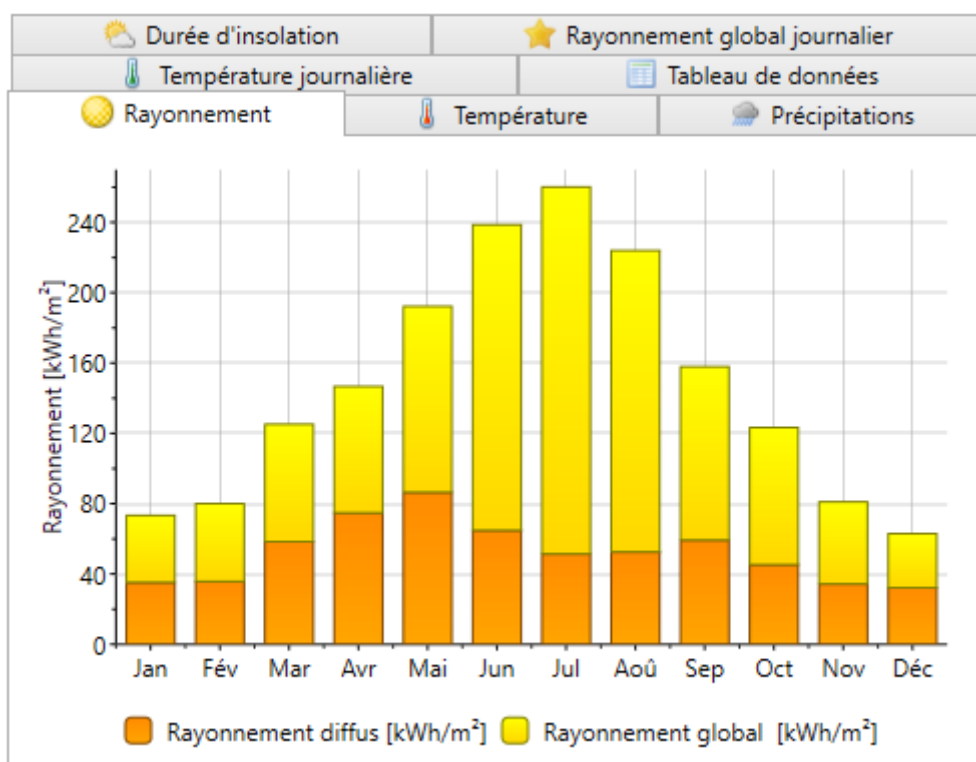
Incertitude des valeurs annuelles : GH = 4%, Bn = 8%, Ta = 0,8°C

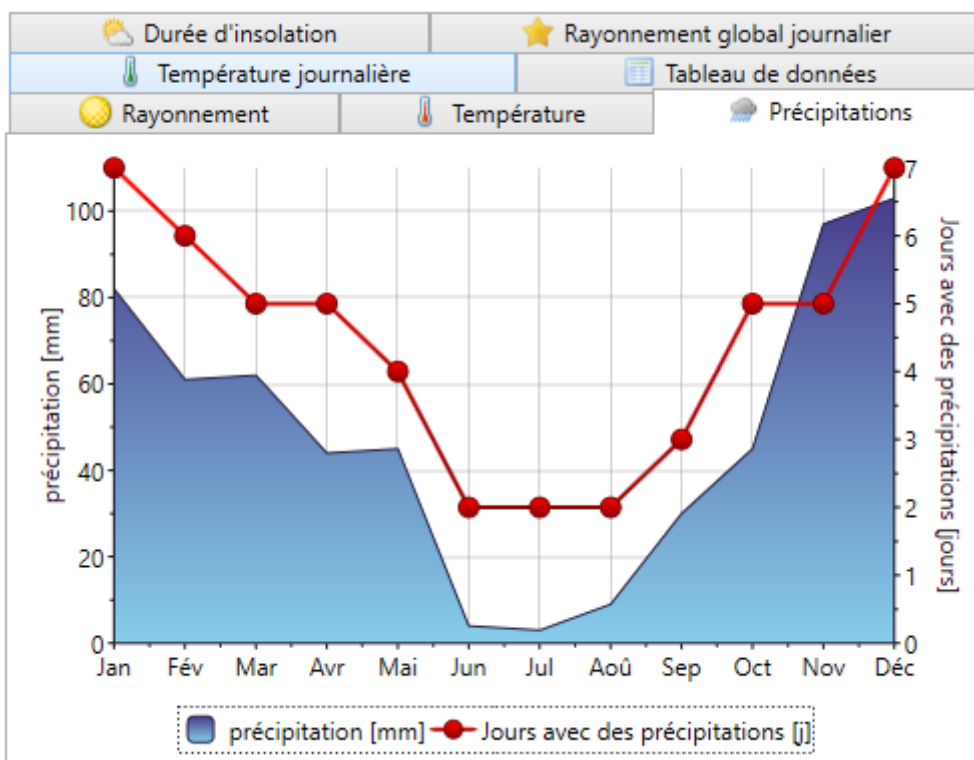
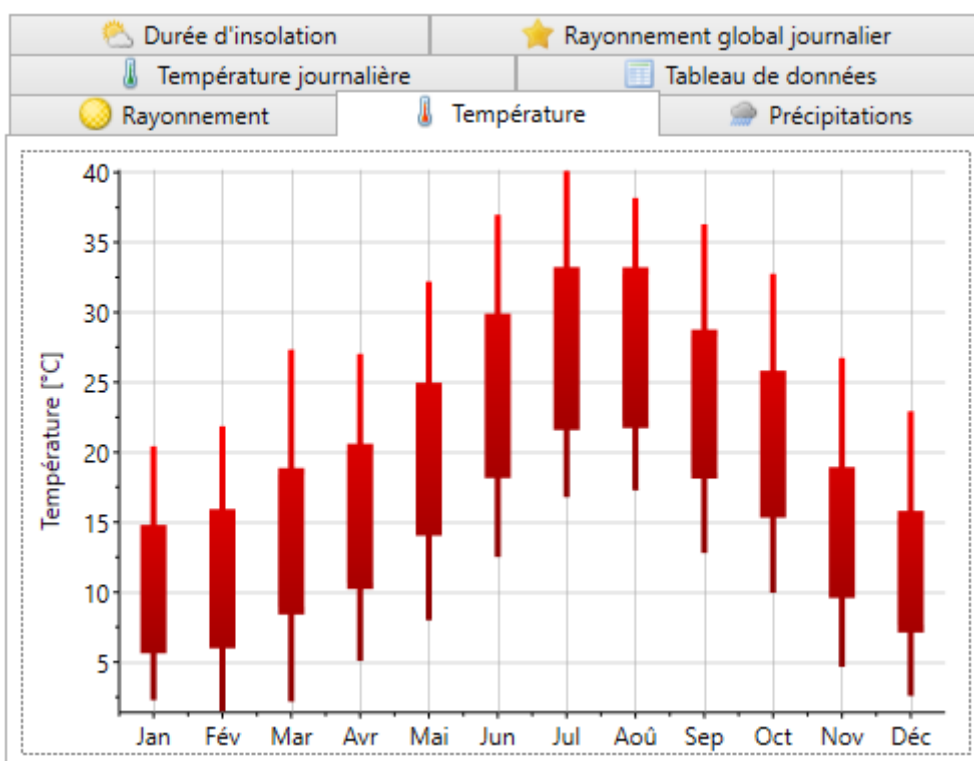
Tendance de Gh/décennie : 1,7%

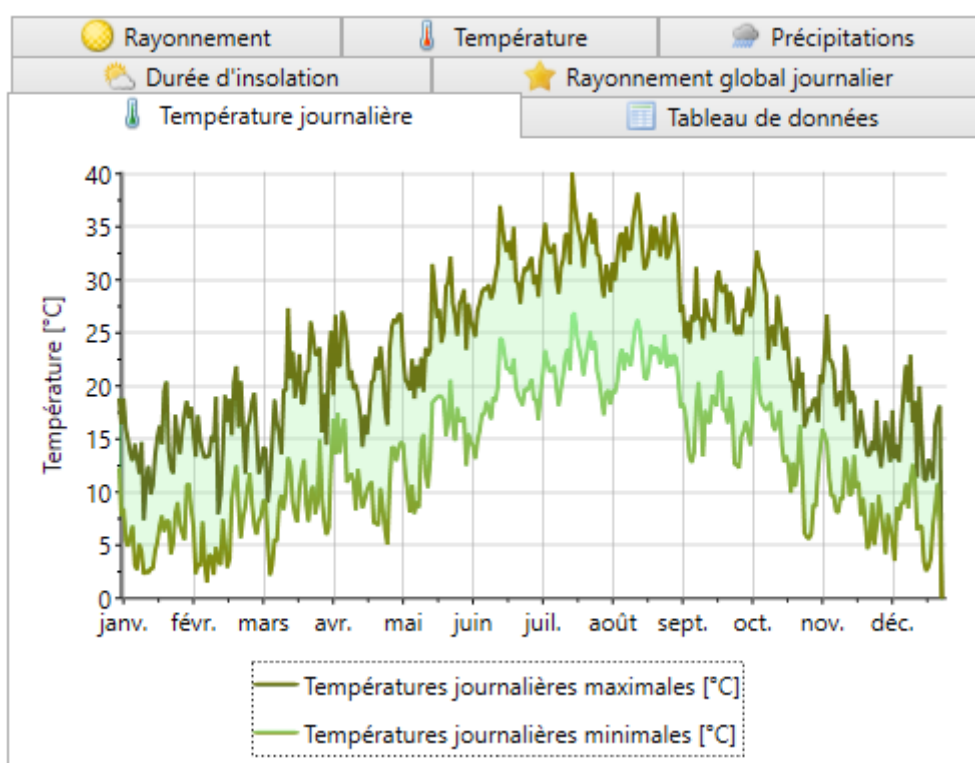
Variabilité de Gh/an : 4,2%

Sites d'interpolation du rayonnement : Satellite data

Stations de l'interpolation de température : Darel Beida (50 km), Miliana (55 km), Bou-Saada (173 km), Bejaia/Soummam (202 km)







☀️ Rayonnement    🌡️ Température    ☁️ Précipitations  
☀️ Durée d'insolation    ★ Rayonnement global journalier  
🌡️ Température journalière    📄 Tableau de données

	Gh kWh/m <sup>2</sup>	Dh kWh/m <sup>2</sup>	Bn kWh/m <sup>2</sup>	Ta °C	Td °C	FF m/s	
Janvier	73	35	93	9,8	5,6	2,2	
Février	80	36	95	10,7	5,9	2,5	
Mars	125	58	113	13,5	7,7	2,8	
Avril	147	75	110	15,5	9,4	3,1	
Mai	192	86	155	19,6	12,4	3,2	
Juin	239	65	251	24,5	14,8	3,3	
Juillet	260	51	286	27,4	17	3,1	
Août	224	53	248	27,4	17,3	3	
Septembre	158	59	160	23,6	15,8	2,9	
Octobre	123	45	147	20,3	13,5	2,4	
Novembre	81	34	105	14,2	9	2,4	
Décembre	63	32	80	11,2	6,8	2,4	
Année	1761	630	1843	18,1	11,3	2,8	

