



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE SAAD DAHLAB BLIDA -01-  
INSTITUT D'ARCHITECTURE ET D'URBANISME

Département d'Architecture

**Mémoire de Master en Architecture.**

Thème de l'atelier : *Architecture, environnement et technologies*

**La rénovation énergétique**

**P.F.E : la rénovation énergétique d'un bâtiment scolaire à Oued Djer**

**Présenté par :**

**TENNCI Djaouida, 21082007364.**

**Groupe : classique**

**Encadrée par :**

**Dr.HDR Dalel Kaoula**

**PhD à architecture et environnement**

**Membres du jury :**

**Dr. AOUISSI Khalil Bachir (MCA).**

**Dr. MAHMOUDI Abdelhafid (MCB-V).**

**Année universitaire : 2021/2022.**

## Dédicace

*Je dédie ce modeste travail :*

*A mes chères parents FATIHA et YOUCEF, les plus doux et les plus tendres des parents pour leur attachement et leur encouragement.*

*A mon cher mari MUSTAPHA pour son soutenu moral et matériel.*

*A mes deux adorables petits enfants MOUNA et ACHERAF.*

*A mon meilleur frère SIDALI et mes adorables sœurs MAZORI et IKRAM qui m'ont soutenu le long de mon travail.*

*A ma belle-famille BOUDJEMIL.*

TENNCI DJAOUIDA

## Remerciements

*Je remercie ALLAH seigneur des mondes de m'avoir donné l'inspiration, le courage et la patience pour mener à bien ce travail.*

*Je suis redevable à mon professeur Mme KAOUA DALEL, qui a suivi ce travail avec grand intérêt. Son regard critique et constructif, sa rigueur et sa souplesse en même temps, son esprit ouvert mais précis. Merci au prof. KAOUA DALEL qui m'a fait découvrir cette option ARCHITECTURE –ENVIRONNEMENT ET TECHNOLOGIE et m'a offert plusieurs opportunités pour développer mes connaissances.*

*Mes remerciements vont également à mon mari Mr BOUDJEMIL MUSTAPHA, ingénieur en travaux publics, auprès duquel j'ai trouvé conseil et disponibilité.*

*Pour finir, c'est à ma famille que je pense, mes pensées vont particulièrement à mes parents qui m'ont montré la voie de la réussite, de toujours vouloir m'encourager et sans cesse me pousser au sérieux et à l'amour du travail bien soigné, de me comprendre et m'encourager tout au long de mon travail, je leur exprime donc toute mes gratitude et mes reconnaissances.*

*Ainsi qu'à tout personne ayant contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.*

TENNCI DJAOUIDA

## Table des matières

Dédicace	
Remerciement	
Résumé.....	01
<b>CHAPITRE1: introductif</b>	
1.1. Introduction.....	05
1.2. Raisons du choix de la Thématique.....	06
1.3. Problématique.....	07
1.4. Objectifs.....	08
1.5. Méthodologie.....	09
1.6. Structure du mémoire.....	12
<b>CHAPITRE2: état de l'art</b>	
<b>2.1 Définition des concepts.....</b>	<b>14</b>
2.1.1. L'efficacité énergétique.....	14
2.1.2. La performance environnementale.....	16
2.1.3. L'empreinte écologique.....	16
2.1.4. L'empreinte énergétique.....	16
2.1.5. La transition énergétique.....	16
<b>2.2. Les leviers de l'efficacité énergétique pour les bâtiments.....</b>	<b>16</b>
<b>2.3. Les énergies renouvelables.....</b>	<b>18</b>
2.3.1. L'énergie solaire.....	18
2.3.2. L'énergie de l'eau.....	19
2.3.3. L'énergie du vent.....	19
2.3.4. L'énergie des végétaux.....	19
2.3.5. L'énergie de la terre.....	20
2.3.6. Les avantages des énergies renouvelables.....	20
2.3.7. Les inconvénients des énergies renouvelables.....	20
<b>2.4. Potentiel des énergies renouvelables en Algérie.....</b>	<b>20</b>
2.4.1. L'énergie solaire.....	21
2.4.2. L'énergie éolienne.....	22
2.4.3. L'énergie géothermique.....	23
2.4.4. La Bioénergie.....	23
<b>2.5. La rénovation énergétique.....</b>	<b>23</b>
2.5.1. Définition.....	23
2.5.2. Confort thermique.....	24
2.5.3. Les objectifs de la rénovation énergétique.....	24
<b>2.6. La rénovation thermique de l'enveloppe.....</b>	<b>25</b>
2.6.1. Défauts de l'enveloppe.....	25
2.6.2. L'isolation thermique.....	26
2.6.3. L'isolation thermique par l'extérieure de l'enveloppe ITE.....	26
2.6.4. L'isolation thermique par l'intérieur de l'enveloppe ITI.....	26
2.6.5. Tableau Comparatif entre ITI et ITE.....	26
2.6.6. Avantages et inconvénients de l'ITI et de l'ITE.....	27
2.6.7. Choix de l'isolant.....	28
2.6.8. Avantages et inconvénients des isolants.....	29
2.6.9. Les ouvertures.....	30
2.6.10. la ventilation hygiénique.....	32
<b>2.7. L'intégration des énergies renouvelables dans le bâtiment.....</b>	<b>33</b>
2.7.1. Des installations individuelles.....	34
2.7.2. L'approvisionnement électrique.....	35

2.7.3. Les réseaux de chaleur .....	35
<b>2.8. Les Systèmes intelligents de Régulation et Gestion.....</b>	<b>37</b>
2.8.1. La régulation et la gestion.....	37
2.8.2. Supervision de la gestion technique de bâtiment .....	37
<b>2.9. Conclusion .....</b>	<b>38</b>
<b>CHAPITRE3: cas d'étude</b>	
<b>3.1. Cas d'étude justification du choix.....</b>	<b>40</b>
<b>3.2. Etat des lieux du projet.....</b>	<b>41</b>
3.2.1. Situation géographique .....	41
3.2.2. étude climatique de la ville de Blida.....	42
<b>3.3. La fiche technique du collège .....</b>	<b>43</b>
3.3.1. Surfaces .....	43
3.3.2. L 'accessibilité au collège.....	44
3.3.3. Le programme spatiale et fonctionnel du Rez de chaussée .....	44
3.3.4. Le programme spatiale et fonctionnel du 1 <sup>er</sup> étage .....	46
3.3.5. Le programme spatiale et fonctionnel du 2 <sup>er</sup> étage .....	48
3.3.6. Les façades et les coupes .....	49
<b>3.4. La Simulation du projet.....</b>	<b>51</b>
3.4.1. Le protocole .....	52
3.4.2. Le logiciel de simulation .....	52
3.4.3. Les scénarios.....	54
3.4.4. La mise en place des données du bâtiment.....	54
3.4.5. étude d'ensoleillement et projection des ombres du projet.....	59
<b>3.5. Simulation et interprétation des résultats .....</b>	<b>64</b>
<b>3.6. La rénovation thermique du bâtiment .....</b>	<b>67</b>
3.6.1. Les scénarios de la rénovation thermique du bâtiment .....	67
3.6.2. l'isolation thermique du batiment .....	68
3.6.3. Prévention de la ventilation mécanique .....	71
<b>3.7. Comparaison et interpétation des resultats de simulaion avant et après la rénovation thermique du batiment. ....</b>	<b>72</b>
3.7.1. Comparaison des températures de confort avant et après la rénovation du batiment .....	72
3.7.2. Comparaison des apports internes et solaires avant et après la rénovation du batiment .....	72
3.7.3. Comparaison de l'enveloppe et ventilation avant et après la rénovation du bâtiment.....	73
3.7.4. scénarios pour diminuer les températures en été .....	74
3.7.5. les résultats de la simulation après l'intégration de la ventilation hybride .....	74
3.7.6. les résultats de la simulation après l'intégration du système de climatisation... ..	75
3.7.7. Sénarios pour diminuer la consommation énergétique .....	76
3.7.8. l'intégration des énergies renouvelables dans le batiment .....	76
3.7.9. les rérultats de l'intégration des énergies renouvelables.....	77
<b>3.8. Conclusion.....</b>	<b>77</b>
<b>4.CONCLUSION GENERALE.....</b>	<b>79</b>
<b>Références bibliographiques</b>	
<b>Liste des figures</b>	
<b>Liste des tableaux</b>	
<b>Liste des abréviations</b>	

## Résumé

Le climat de la planète Terre est en train de se transformer d'agréable au mauvais, cela revient à la pollution et à l'effet de serre qui est causé par la combustion des combustibles fossiles, et la combustion du gaz et du charbon, Cette situation est instable car la demande mondiale d'énergie continue de croître rapidement ces dernières années.

Le secteur du bâtiment est un secteur énergivore, il consomme beaucoup d'énergie pour garantir le confort thermique des occupants, dans le cas des bâtiments non isolés thermiquement la demande en énergie est plus importante même la facture, et pour les réduire le bâtiment lui-même doit subir des modifications.

C'est la rénovation énergétique globale du bâtiment qui va réduire la consommation d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre, elle permet aussi d'améliorer l'efficacité énergétique du bâtiment, elle englobe l'isolation thermique de l'enveloppe et ses ouvertures, les systèmes de gestion énergétique, les équipements énergétiques utilisées, le fonctionnement et le comportement du bâtiment.

Ce dernier est étudié par la simulation thermique dynamique, qui permet d'observer le bâtiment durant une période donnée, la simulation des performances énergétiques du bâtiment devient de plus en plus incontournable dans le processus de conception et d'analyse des bâtiments à travers le monde, c'est pourquoi le logiciel de simulation DESIGNBUILDER a été choisi en raison de ses divers avantages. Il permet de modéliser le bâtiment en 3D, donner son ensoleillement, il permet aussi d'afficher ses besoins en chauffage et en refroidissement, donner la consommation des énergies, et les émissions du CO<sub>2</sub>.

La simulation du bâtiment avant et après la rénovation énergétique a montré l'importance de cette dernière dans l'évolution du confort thermique à l'intérieur du bâtiment, l'isolation thermique de l'enveloppe et l'intégration d'énergie renouvelable et l'emploi des systèmes énergétiques intelligents ont réduit les besoins en chauffage et en climatisation, la consommation d'énergie et les émissions du CO<sub>2</sub>.

Mots clés:

Effet de serre, l'efficacité énergétique, la rénovation énergétique, la simulation thermique dynamique, l'énergie renouvelable.

## **Résumé (Anglais)**

The climate of planet earth is changing from good to bad, it comes down to pollution and the greenhouse effect which is caused by the burning of fossil fuels, and the burning of gas and coal, this situation is unstable as global energy demand continues to grow rapidly in recent years.

The building sector is an energy-intensive sector, it consumes a lot of energy to guarantee the thermal comfort of the occupants, in the case of non-thermally insulated buildings the energy demand is greater even the bill, and to reduce them the building itself even must undergo modifications.

It is the overall energy renovation of the building that will reduce energy consumption and greenhouse gas emissions, it also improves the energy efficiency of the building, and it includes the thermal insulation of the envelope and its openings, the energy management systems, the energy equipment used, the operation and behavior of the building.

The latter is studied by dynamic thermal simulation, which makes it possible to observe the building during a given period, the simulation of the energy performance of the building is becoming more and more essential in the process of design and analysis of buildings around the world. , therefore, DESIGNBUILDER simulation software was chosen because of its various advantages. It allows you to model the building in 3D, give its sunshine, it also allows you to display its heating and cooling needs, give the consumption of gas and electricity fuels, and CO2 emissions.

The simulation of the building before and after the energy renovation showed the importance of the latter in the evolution of the thermal comfort inside the building, the thermal insulation of the envelope and the integration of renewable energy and the the use of smart energy systems has reduced heating and cooling needs, energy consumption and CO2 emissions.

Keywords: Greenhouse effect, energy efficiency, energy renovation, dynamic thermal simulation, renewable energy

## Résumé (Arabe)

يتغير مناخ كوكب الأرض من جيد إلى سيئ، ويتحول إلى التلوث وظاهرة الاحتباس الحراري الناتج عن حرق الوقود الأحفوري، وحرق الغاز والفحم، وهذا الوضع غير مستقر مع استمرار الطلب العالمي على الطاقة في السنوات الأخيرة.

قطاع البناء هو قطاع كثيف الطاقة، فهو يستهلك الكثير من الطاقة لضمان الراحة الحرارية للسكان، في حالة المباني غير المعزولة حرارياً، يكون الطلب على الطاقة أكبر حتى الفاتورة، ولتقليل المبنى نفسه حتى يجب أن تخضع للتعديلات.

إن التجديد الشامل للمبنى هو الذي سيقبل من استهلاك الطاقة وانبعثات غازات الاحتباس الحراري، كما أنه يحسن كفاءة الطاقة في المبنى، ويشمل العزل الحراري للمغلف وفتحاته، وأنظمة إدارة الطاقة، ومعدات الطاقة المستخدمة، تشغيل وسلوك المبنى.

تمت دراسة الأخير عن طريق المحاكاة الحرارية الديناميكية، مما يجعل من الممكن مراقبة المبنى خلال فترة معينة، أصبحت محاكاة أداء الطاقة للمبنى أكثر وأكثر أهمية في عملية تصميم وتحليل المباني في جميع أنحاء العالم. لذلك تم بسبب مزاياها المختلفة. يسمح لك بنمذجة المبنى بشكل ثلاثي الأبعاد، DESIGNBUILDER اختيار برنامج محاكاة وإعطاء أشعة الشمس، كما يسمح لك بعرض احتياجات التدفئة والتبريد، وإعطاء استهلاك الغاز ووقود الكهرباء، وانبعثات ثاني أكسيد الكربون.

أظهرت محاكاة المبنى قبل وبعد تجديد الطاقة أهمية هذا الأخير في تطور الراحة الحرارية داخل المبنى، والعزل الحراري للغلاف وتكامل الطاقة المتجددة واستخدام أنظمة الطاقة الذكية. احتياجات التدفئة والتبريد واستهلاك الطاقة وانبعثات ثاني أكسيد الكربون.

الكلمات الدالة:

تأثير الاحتباس الحراري، كفاءة الطاقة، تجديد الطاقة، المحاكاة الحرارية الديناميكية، الطاقة المتجددة.



La terre est polluée

## **Chapitre 01 : introductif**

### **1.1. Introduction :**

Auparavant, la principale source d'énergie disponible pour l'être humain était sa force musculaire, en suite il y avait la création du moulin à eau et le moulin à vent pour écraser le grain, scier le bois, mouler les épices..., le besoin en chauffage à mener à utiliser le bois, et le charbon pour faire marcher les trains, par la suite la terre a connu un développement démographique et économique mondial dont le besoin en énergie à augmenter ce qui a permet d'aller vers l'utilisation des combustibles fossiles, le gaz et le charbon.

Aujourd'hui, l'énergie est essentiellement consommé par les pays industrialisés ,ces pays consomment 70% de l'énergie produite sur la planète alors qu'il ne représente qu'un quart de la population mondiale, à l'inverse les pays au cours du développement couvrir les trois quarts de la population consomment que les 30% de l'énergie, cette situation n'est pas figée car beaucoup de pays au cours du développement espèrent atteindre le niveau de vie des pays développés , et pour cela ils vont consommer d'avantage d'énergie du pétrole, du charbon et du gaz, toute cette consommation a force de rejeter beaucoup de CO<sub>2</sub> et d'autre gaz polluants qui permettent d'augmenter l'effet de serre responsable du réchauffement climatique, résultat: d'ici d'un siècle la température peut augmenter de 1.5°C à 4°C à l'an 2100 (Source : GIEC) entraînant le dérèglement des saisons , la montée des niveaux des océans, des répercussions importantes : inondations, ouragans, sécheresse, canicules....

Face à cette menace, les pays riches se sont engagés à réduire leurs émissions de gaz à effet de serre, en revanche les pays au cours du développement continuent de se développer même avec du pétrole.

En Algérie, le rythme de la consommation énergétique ne cesse d'augmenter, les prix des barils sur les marchés pétroliers sont instables, les ressources naturelles s'épuisent, et l'activité humaine provoque des émissions de gaz à effet de serre, autant d'arguments qui plaident pour la mise en œuvre d'une véritable stratégie ou de politique de promotion de ce secteur désormais stratégique, l'Algérie doit s'affranchir progressivement à la maîtrise de la consommation et à l'efficacité énergétique.

La stratégie énergétique du pays à mener d'ici 2030 s'appuiera sur un état des lieux de nos réserves énergétiques, il faudra alors choisir entre exporter et consommer d'où l'importance de mettre en place un nouveau modèle de transition énergétique flexible et ambitieux.

Le secteur du bâtiment que nous sommes responsables fait partie de la problématique énergétique mondiale, qu'il doit subir des transformations pour s'adapter à la transition énergétique et pour participer à la réduction des émissions de gaz à effet de serre et à la protection de la planète.

## **1.2. Raisons du choix de la Thématique**

En matière d'énergie, depuis trop longtemps, nous avons reproduit de mauvais gestes percé par l'illusion de l'énergie épuisable et bon marché, nous avons pollué notre planète et créer le réchauffement climatique, il faut réinventer nos gestes, redessiner notre futur dès aujourd'hui.

Le monde est entrain de connaitre une forte croissance démographique et économique, dont il va y avoir un doublement de la consommation d'énergie finale et un triplement des consommations d'électricité, sous l'effet notamment du développement accru de la climatisation et des nouveaux équipements électriques (électroménager, informatique, etc.). Au même temps, les émissions de dioxyde de carbone seraient aussi appelées à augmenter.

Face à ce constat, il est impératif de changer de trajectoire énergétique, en facilitant la mise en œuvre de mesures d'efficacité énergétique et de développement des énergies renouvelables. Au-delà du bénéfice environnemental, les besoins d'infrastructures et la facture énergétique se verront ainsi réduits, tout en renforçant la sécurité d'approvisionnement énergétique.

La rénovation énergétique des bâtiments est l'une des solutions pour minimiser la consommation d'énergie, le plan est d'augmenter l'utilisation des énergies renouvelables, et de réduire nos émissions de gaz à effet de serre ainsi notre consommation d'énergie, l'objectif est de consommer moins et consommer mieux, nous devons intégrer l'efficacité énergétique dans notre quotidien, dans nos rues, dans nos lieux de travail, dans nos écoles, et dans nos maisons...

### **1.3. Problématique :**

Le secteur du bâtiment est le premier consommateur d'énergie en Algérie, il absorbe 41% de la consommation totale d'énergie finale selon l'Agence nationale pour la promotion et la rationalisation de l'utilisation de l'énergie l'année 2020. (Source : Aprue)

L'analyse de la répartition de la consommation énergétique du secteur tertiaire par branche permet d'identifier des cibles prioritaires, qui regroupent la majorité des besoins. Ce sont : les bâtiments de l'éducation, de l'administration, de santé, de commerce et aussi l'éclairage public, dont la consommation d'électricité dans ces secteurs progresse plus rapidement.

Par conséquent, la performance énergétique des bâtiments semble se dégrader. Cette dégradation, qui se traduit par une hausse de la consommation, est due notamment à la mauvaise réalisation de l'enveloppe des bâtiments et aux matériaux de construction utilisées, à l'apparition de nouveaux usages et à la prédominance d'équipements très peu performants d'un point de vue énergétique sur le marché algérien. Cette situation représente une importante niche pour la maîtrise des consommations. Il semble donc important de promouvoir des actions d'utilisation rationnelle de l'énergie concernant les usages électriques, l'éclairage, le chauffage, la climatisation, et divers autres usages par l'intégration systématique et pratique des mesures de performance énergétique lors de la conception, la construction ou la rénovation du bâti pour réduire la consommation énergétique de ce secteur énergivore.

Dans le cas des bâtiments existants, la rénovation énergétique de ces derniers semble importante pour réduire la consommation et les émissions de gaz à effet de serre.

Donc comment peut-on assurer la rénovation énergétique d'un bâtiment afin qu'il soit plus efficient tout en améliorant son confort thermique?

#### **1.4. Objectifs**

Selon *Algérie Rapport D'étude Politiques nationales et propositions d'actions en faveur du développement des énergies durables dans la planification et la gestion locale* sorti en 2015, le secteur du bâtiment a absorbé 31 % de la consommation globale d'énergie en 2010. Avec 34 % de la consommation des écoles, dont ils demeurent le type de bâtiment le plus consommateur devant les équipements sportifs et les bâtiments socioculturels.

La politique de lutte contre les changements climatiques nécessite une large mobilisation de la société, dont celle des collectivités territoriales (propriétaires de la plupart des établissements scolaires et celle de la communauté éducative), pour la réduction de la consommation énergétique et puis la réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES).

L'objectif majeur de cette mobilisation est de poursuivre le travail de sensibilisation des gens et écoliers aux principaux facteurs ayant un impact sur la consommation d'énergie, de leur inculquer les bons gestes et les solutions possibles pour économiser l'énergie dans leur vie quotidienne à la maison et/ou à l'école, et de donner aux écoliers l'envie d'agir concrètement au niveau énergétique au sein de l'établissement scolaire.

Une étude énergétique d'un établissement scolaire est primordiale pour créer un exemple concret aux écoliers, en présentant un nouveau mode d'utilisation d'équipements énergétiques et une bonne sensation de confort à base d'une consommation énergétique rationnelle.

L'objectif de cette étude est de passer d'un indice de consommation initial important à un indice de consommation plus bas, avec une réduction importante de la consommation globale du bâtiment et donc la réduction des émissions de gaz à effet de serre, et la protection de l'environnement.

Pour cela on a prévu une rénovation énergétique d'un établissement éducatif, elle concerne la rénovation de l'enveloppe extérieure qui touche particulièrement le traitement des façades, la performance des composants de l'enveloppe du bâtiment, l'amélioration de l'isolation thermique par l'extérieur de l'ensemble de l'établissement, la modernisation et la gestion des équipements techniques de chauffage, de climatisation, de ventilation et d'éclairage.

Le dérèglement climatique s'accélère et ses impacts seront importants, la problématique du confort d'été dans le collège devient un enjeu plus prégnant. Les vagues de fortes chaleurs vont ainsi impacter beaucoup plus le fonctionnement de l'école, dont le bâti n'est pas conçu pour faire face à de telles situations.

Un éventail de bonnes pratiques permet d'améliorer le confort thermique dans le collège. Elles concernent : le bâti, leurs installations, et les comportements humains.

La réduction de la consommation d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre du collège va être réalisé à travers une série d'actions d'éducation et de sensibilisation aux enjeux environnementaux et de réduction des consommations d'énergie auprès de l'ensemble des occupants de l'établissement scolaire, afin de leur donner les outils théoriques et pratiques pour établir un programme d'actions et un suivi objectif des consommations. Le collège intègre ainsi concrètement dans son projet pédagogique l'évolution des comportements vers plus de sobriété.

### **1.5. Méthodologie :**

Pour réussir la rénovation énergétique d'un établissement scolaire et garantir le confort thermique à l'intérieur de ce dernier, je passerai par :

- 1-Etudier l'efficacité énergétique et ses leviers.
- 2-Etudier les énergies nouvelles et renouvelables non polluantes et leurs systèmes d'intégration dans les bâtiments.
- 3-Étudier la rénovation énergétique des bâtiments et les types d'intervention sur ces derniers.
- 4-Traiter l'établissement scolaire par un programme de simulation en prenant en compte:
  - ✓ Sa localisation, la météo locale, l'orientation, la répartition des locaux et des vitrages, les matériaux constituant le bâtiment, son inertie thermique, ses ponts thermiques, ses protections solaires...
  - ✓ Le planning d'occupation des locaux et le comportement des usagers
  - ✓ Définir les types d'énergie utilisée dans le bâtiment et les équipement énergétiques existants (électroménagers, appareils informatiques ...), l'éclairage intérieur et extérieur, le système de chauffage et de climatisation, la production d'eau chaude sanitaire ECS.
- 5- Simulation n°1 : après avoir modéliser l'enveloppe du collège dans le programme de simulation, ce dernier permet de :
  - ✓ Définir l'ensoleillement et les ombres portées sur le bâtiment durant l'année.

- ✓ Définir les températures mensuelles et journalières du confort à l'intérieur du bâtiment.
- ✓ D'observer le comportement du bâtiment, ses réactions dans le temps en fonction de son fonctionnement et de la météo.
- ✓ D'estimer les consommations réelles de chauffage, climatisation et éclairage à partir des informations sur la météo, l'enveloppe du bâtiment, les systèmes énergétiques utilisés, et le comportement des occupants.
- ✓ D'estimer les émissions mensuelles et annuelles du CO<sub>2</sub>

6- interprétation des résultats : interpréter les consommations et les émissions mensuelles et annuelles du bâtiment.

Après cette première simulation, on peut maintenant intégrer les principes de la rénovation énergétique dans le projet pour :

- ✓ Evaluer le confort d'hiver comme d'été, et résoudre les problèmes d'isolation thermique.
- ✓ Rationnaliser la consommation énergétique du bâtiment par l'intégration des systèmes énergétiques intelligents et économiques (prise en compte de différentes sources d'énergie, du bilan carbone...)
- ✓ Protéger la planète par diminuer les émissions de gaz à effet de serre.

7- Simulation n°2 : une nouvelle modélisation de l'enveloppe du bâtiment dans laquelle on ajoute :

- ✓ Les matériaux isolants au niveau des parois externes, au niveau des planchers intermédiaires, et au niveau du plancher externe, le double vitrage, et les protections solaires au niveau des fenêtres.
- ✓ L'intégration de nouveau type d'énergie renouvelable pour le chauffage et la climatisation.

8- Comparaison et interprétation des résultats avant et après la rénovation énergétique

Ci-après un schéma simplifié de la méthodologie d'étude du bâtiment proposé ci-dessus :

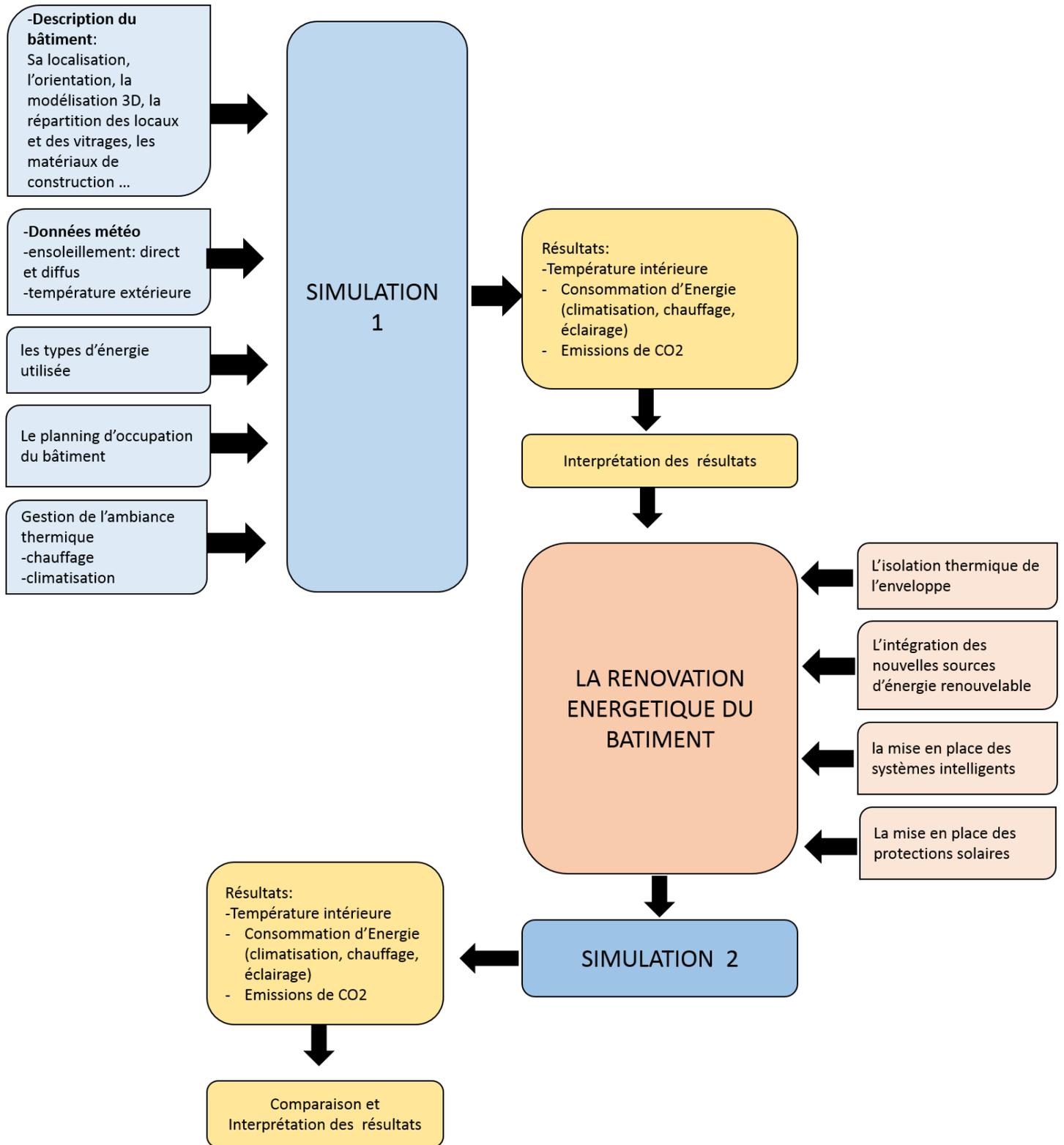


Figure n°01: organigramme de la méthodologie d'étude du bâtiment,

## **1.6. Structure du mémoire**

Dans le but de protéger la planète et diminuer les émissions des gaz à effet de serre, ce travail a pour objectif d'exposer un projet de rénovation énergétique d'un bâtiment passant par développer trois chapitres importants :

**Chapitre (01) introductif** : Ce chapitre a pour objet d'introduire le thème de recherche, citer les raisons du choix du thème, la problématique, les objectifs et l'aspect méthodologique, et décrire le protocole de recherche du travail il comprend :

- Introduction générale dont la quelle on a parlé des modes de la consommation énergétique dans le monde et en Algérie.

-les raisons de choix du thème : ce sont les données d'actualité et des problèmes qui visent à trouver solutions.

- Problématique de la recherche est le point essentiel traité dans ce travail.

-Les objectifs qu'on doit atteindre.

- Méthodologie : les étapes à suivre pour aboutir ce travail et étudier le projet d'une manière chronologique.

- Structure du mémoire incluant le protocole de la recherche.

### **Chapitre (02) de l'état de l'art :**

Cette partie du travail vise à introduire le thème de recherche, le présent chapitre a pour objet de faire une recherche bibliographique sur les concepts et les outils qui traitent la même thématique et de les présenter d'une manière très cernée et concrète et en rapport direct avec le cas d'étude.

### **Chapitre (03) pour le cas d'étude :**

Le dernier chapitre est dédié au cas d'étude. L'objet principal de cette partie est de montrer le rapport entre la thématique développée et le cas d'étude et ses particularités, ce dernier sera scindé en deux parties ; une partie théorique, et une partie pratique descriptive du projet et l'intervention réalisée, cette dernière doit être impérativement en rapport direct avec la thématique et comme réponse à la problématique.



Nous devons sauver notre planète

## **Chapitre 02 : l'état de l'art**

La rénovation énergétique d'un bâtiment réunit plusieurs concepts comme l'efficacité énergétique, et englobe des traitements et modifications qui vont être apportés sur le bâtiment comme l'isolation thermique, les énergies renouvelables..., c'est ce qu'on va détailler dans ce chapitre.

### **2.1 Définition des concepts :**

*2.1.1. L'efficacité énergétique* : désigne l'état de fonctionnement d'un système pour lequel la consommation d'énergie est minimisée pour un service rendu identique. Elle concerne notamment les transports motorisés, les métiers du bâtiment et l'industrie, elle s'appuie sur l'optimisation des consommations, une utilisation rationnelle de l'énergie, des processus et outils plus efficaces.

L'efficacité énergétique vise aussi à réduire les coûts directs et indirects écologiques, économiques et sociaux induits par la production, le transport et la consommation d'énergie. Elle contribue à réduire l'empreinte écologique (en diminuant l'empreinte énergétique et parfois l'empreinte carbone). Elle améliore la sécurité énergétique, l'adaptation au changement climatique et plus encore la lutte contre les émissions de gaz à effet de serre.  
(Source : idelecplus.com)

La figure n°1 montre la transition énergétique entre l'ancien mode de production et de consommation d'énergie et le mode désiré au futur par développement de nouvelles sources d'énergie renouvelables non polluantes, les multiplier et les décentraliser, le citoyen lui aussi peut participer à la production d'énergie et à rationaliser la consommation.

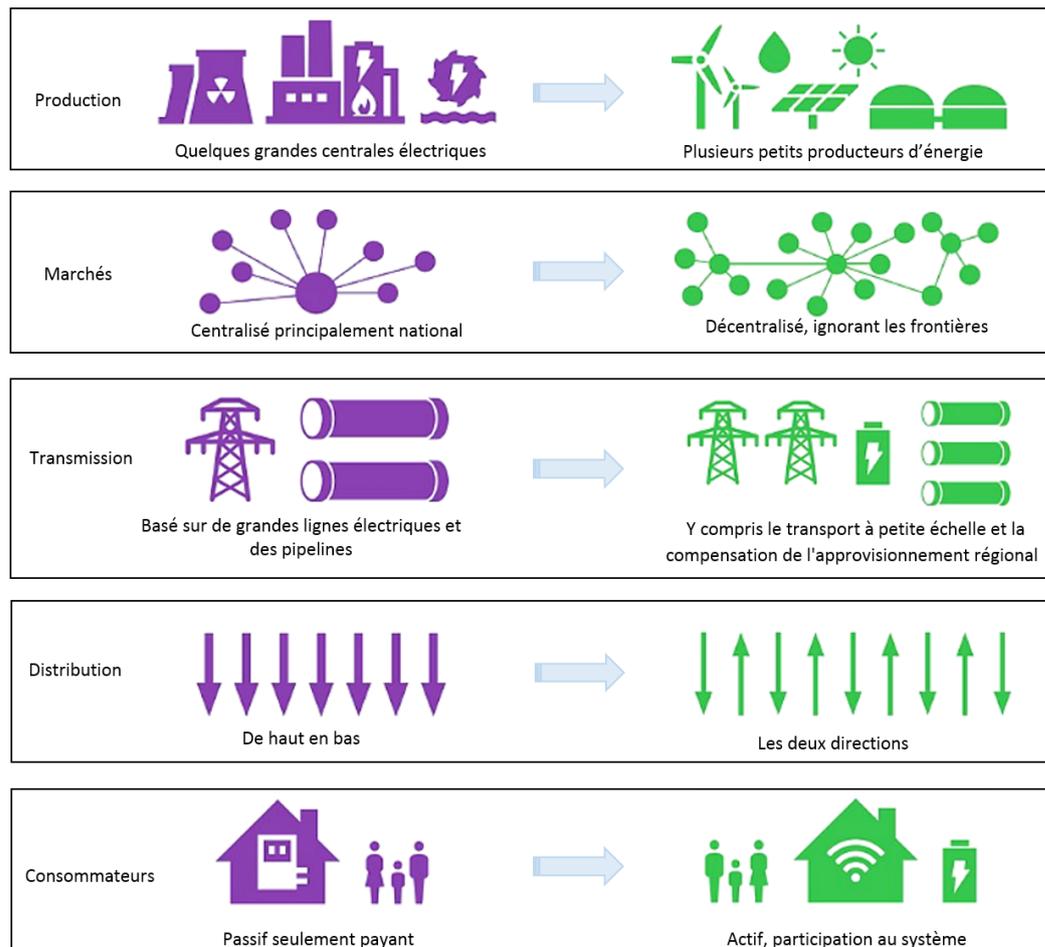


Figure n°1 : La production et la consommation d'énergie hier et demain.  
(Source : theconversation.com)

Efficacité énergétique dans le domaine du bâtiment : est l'un des concepts clés de l'écoconception et de la mise en œuvre progressive de certificats énergétiques pour les bâtiments ou certains produits, du bilan énergétique ou des écobilans.

Les mesures d'efficacité énergétique passives concernant l'enveloppe du bâtiment, permettent d'éviter les déperditions en renforçant la performance technique du bâtiment (isolation, parois vitrées...), mais également l'usage du bâtiment dans son quartier et sa ville.

L'efficacité énergétique des bâtiments est un enjeu économique, social et environnemental majeur de la transition énergétique

(Source : greenunivers.com)

Figure n°2 montre le rôle important de l'efficacité énergétique dans le bâtiment pour réduire les consommations et améliorer le service.

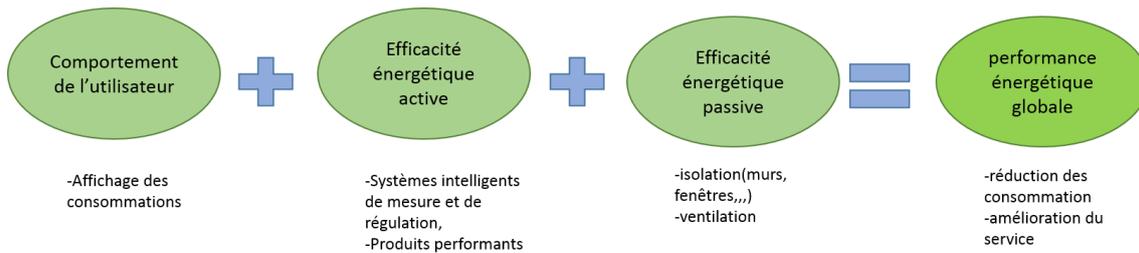


Figure n°2 : système d'amélioration de l'efficacité énergétique. (Source : LATERCHI. R, LATTRAG. F,2021)

2.1.2. *La performance environnementale* : désigne les résultats mesurables d'un organisme en relation avec la maîtrise de ses aspects environnementaux sur la base de sa politique environnementale, de ses objectifs et cibles environnementaux, ou plus largement l'état de fonctionnement d'un système pour lequel la consommation d'énergie et de ressources renouvelables est minimisée ; pour un service rendu identique ou amélioré

La performance environnementale doit inclure la lutte contre le changement climatique et vise à la protection de l'atmosphère ; la préservation de la biodiversité, des milieux et des ressources ainsi que la promotion de modes de production et de consommation responsables. (Source : projetecolo.com)

2.1.3. *L'empreinte écologique* : est un indicateur et un mode d'évaluation environnementale qui comptabilise la pression exercée par les hommes sur les ressources naturelles et les services écologiques fournis par la nature. (Source : environnement-ressources-et-énergie.com)

2.1.4. *L'empreinte énergétique* : est l'impact laissé sur l'ensemble des ressources énergétiques par une personne ou un groupement quelconque de personnes ou par un type de construction ou une forme d'urbanisme. C'est l'une des dimensions de l'empreinte écologique et elle est partiellement reliée à l'empreinte eau et à l'empreinte carbone. (Source : projetpangolin.com)

2.1.5. *La transition énergétique* ; désigne une modification structurelle profonde des modes de production et de consommation de l'énergie. Elle résulte des évolutions techniques, des prix et de la disponibilité des ressources énergétiques, mais aussi d'une volonté des populations, des gouvernements, des entreprises, etc. qui souhaitent réduire les effets négatifs de ce secteur sur l'environnement. (Source : gazprom-energy.fr)

**2.2. Les leviers de l'efficacité énergétique pour les bâtiments** : Sur quels points travailler pour améliorer l'efficacité énergétique d'une construction?

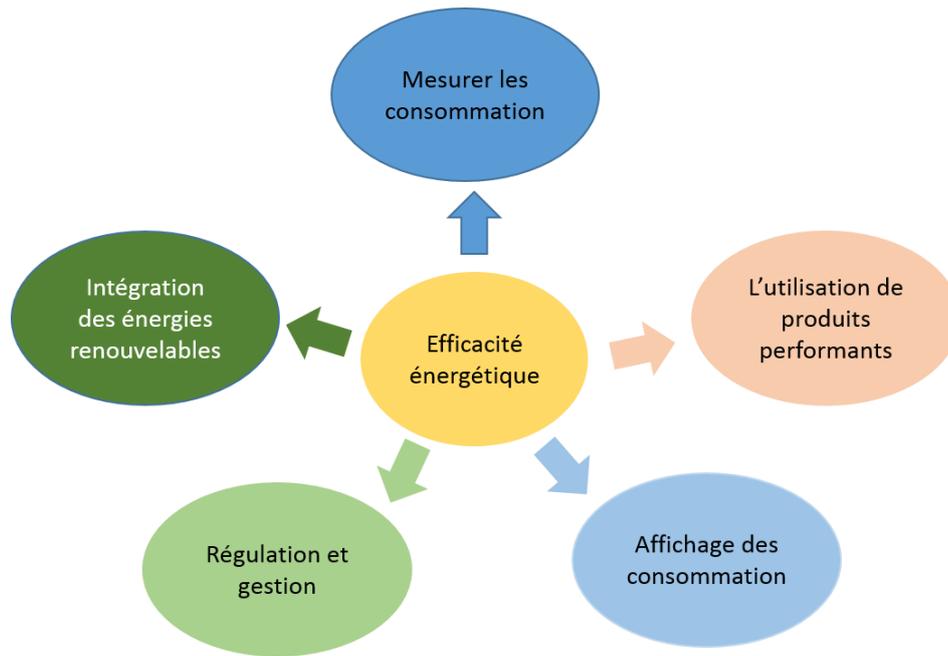


Figure n°3 : Les leviers de l'efficacité énergétique. (Source : LATERCHI. R, LATTRAG. F,2021)

-L'utilisation de produits performants pour réduire les consommations d'énergie, il est indispensable de choisir des équipements possédant le meilleur rendement énergétique possible, c'est-à-dire le meilleur rapport entre l'énergie consommée et le service rendu.

-Intégration des énergies renouvelables: Le recours aux énergies renouvelables dans une démarche d'amélioration énergétique permet d'obtenir une partie de l'énergie nécessaire au bâtiment (électricité, chauffage, eau chaude sanitaire) de façon renouvelable et donc de diminuer voire supprimer l'apport d'énergie extérieur.

- Mesure des consommations: La gestion de l'énergie d'un bâtiment consiste en premier lieu à compter les consommations. Pour contrôler et optimiser le fonctionnement des systèmes des indicateurs permettront de savoir si les objectifs d'amélioration de la performance énergétique ont été atteints ou non.

- Affichage des consommations Après avoir collecté et traité les informations mesurées par les différents systèmes de mesure, il est important de les afficher en temps réel dans les lieux de vie (visualisation de différents usages de la consommation ou des coûts instantanés, horaires, journaliers, ou mensuels, l'historique des consommations voire les économies réalisées). Cela permet de sensibiliser les usagers sur leur empreinte écologique et d'un suivi dans le temps de la performance énergétique.

-Systèmes intelligents de régulation et gestion : la régulation énergétique est un excellent moyen d'améliorer la performance, ils dépendent du type de bâtiment : habitat individuel, collectif ou tertiaire, ils permettent de centraliser les informations des équipements électriques, de climatisation, de chauffages afin de les optimiser, les sécuriser et contrôler l'énergie consommée. Ces systèmes s'installent sur des sites neufs, mais également sur des sites existants. Ils permettent d'économiser l'énergie. Fournir un outil de pilotage de l'installation à l'utilisateur. Aider à modifier le comportement humain afin d'adopter de bon réflexe. (Source : LATERCHI. R, LATTRAG. F,2021)

**2.3. Les énergies renouvelables :** Ce qu'on appelle énergie renouvelable est une énergie que la nature peut renouveler en permanence. Ne pas s'épuiser ni polluer, ne pas engendrer de déchets ni d'émissions directes.

Cinq grandes sources d'énergies renouvelables



Figure n°4 : les cinq types majeurs d'énergie renouvelable. (Source : ekwateur.fr)

- Le soleil (énergie solaire)
- L'eau (énergie hydraulique)
- Le vent (énergie éolienne)
- La terre (énergie géo thermique)
- Les végétaux (énergie biomasse)

**2.3.1. L'énergie solaire :** générée par la lumière et la chaleur

-Energie solaire thermique : la production de chaleur comme l'échangeur de l'eau froide.

-Energie photovoltaïque : la production d'électricité à partir de la lumière, à l'aide de panneaux solaires.

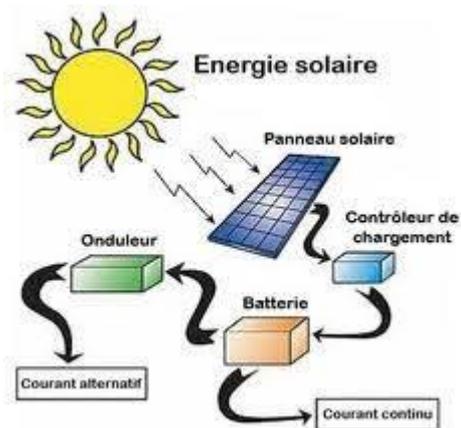


Figure n°5 : Schéma explicatif de l'énergie solaire (Source : energies-renouvelables.com)

-Energie solaire passive : l'utilisation directe de la lumière pour le chauffage.

### 2.3.2. L'énergie de l'eau :

-Energie des vagues : utilise la puissance du mouvement des vagues.

-Energie marémotrice : des portes du mouvement de l'eau créé par les marées (variations du niveau de la mer courante de marée).

-Energie hydrolienne : les hydroliennes utilisent les courants sous-marins.

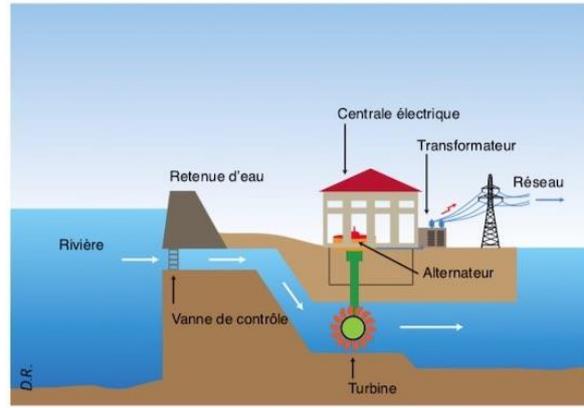


Figure n°6 : principe de fonctionnement de l'énergie hydraulique. (Source : missionénergie.goodplanet.org)

-Energie mare- thermique : produite en exploitant la différence de température entre les eaux superficielles et les eaux profondes des océans.

### 2.3.3. L'énergie du vent : la transformation de l'énergie mécanique en énergie électrique

-L'énergie éolienne produisant de l'électricité

-Tirée du vent par un dispositif aérogénérateur

-Un moulin à vent

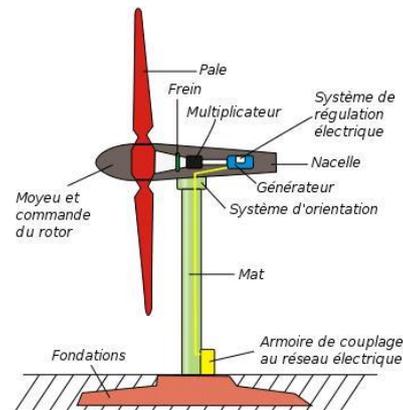


Figure n°7 : le principe de fonctionnement d'une éolienne. (Source : les-energies-renouvelables.eu)

### 2.3.4. L'énergie des végétaux : désigne toute matière organique, transformer par trois façons différentes

-En brûlant : la combustion, le recyclage, la production de vapeur, d'électricité, de chauffage.

-En faisant pourrir : la fermentation de matière organique, la production du biogaz

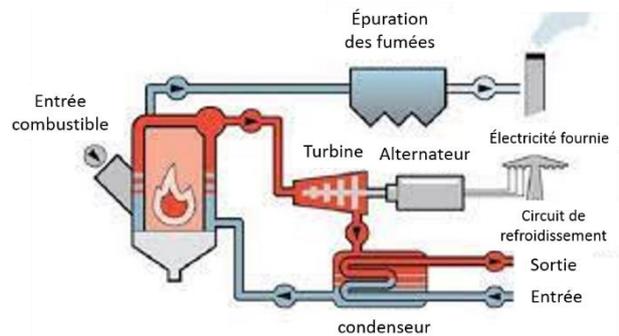


Figure n°8 : le fonctionnement d'une centrale à biomasse. (Source : developpement-durable.fr)

-En transformant chimiquement : le blé et certaines céréales, la transformation en biocarburant, la réduction des émissions polluantes.

### 2.3.5. L'énergie de la terre :

Circuler dans la terre sous la forme de vapeur et d'eaux chaudes permet de produire du chauffage et de la transformer en électricité

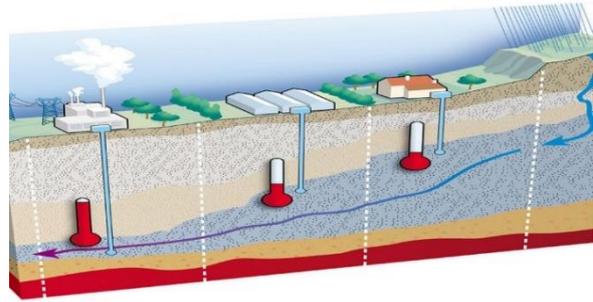


Figure n°9 : l'énergie de la terre.  
(Source : pinterest.com)

### 2.3.6. Les avantages des énergies renouvelables

- Les énergies renouvelables sont des énergies propres qui ne se produisent ni pollution ni déchets toxiques, elles utilisent des flux d'énergie d'origine naturelle.
- Elles réduisent les coûts globaux de la consommation d'énergie.
- La consommation des énergies renouvelables coûte moins chère que des énergies fossiles.
- Le démantèlement des systèmes de production d'énergie est facile et rapide.
- La majorité des ressources est locale
- La progression est plus facile que celle de l'industrie pétrolière
- Motiver pour développer une expertise dans le domaine des énergies

### 2.3.7. Les inconvénients des énergies renouvelables

- Les investissements restent assez coûteux
- Manques de professionnelles locales formées pour l'installation et les réparations du matériel.

**2.4. Potentiel des énergies renouvelables en Algérie :** L'Algérie recèle un potentiel en énergie renouvelables parmi les plus grands au monde.

Les potentialités importantes sont :

- ✓ L'énergie solaire
- ✓ L'énergie éolienne
- ✓ L'énergie géothermique
- ✓ La bioénergie

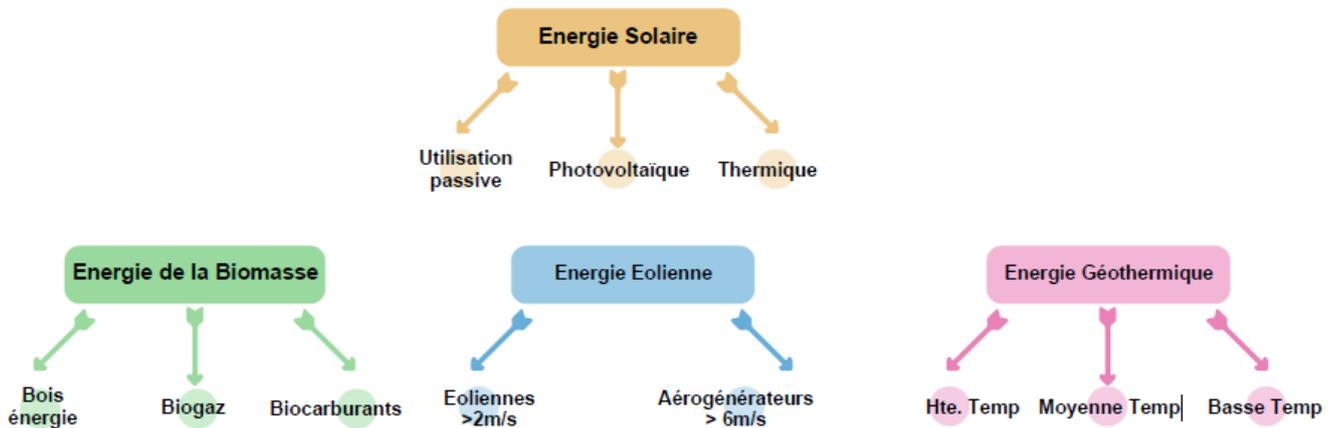


Figure n°10 : Potentiel des énergies renouvelables en Algérie (Source : CDER)

2.4.1. *L'énergie solaire* : En raison de sa situation géographique, l'Algérie est classée comme étant l'un des pays les mieux dotés en ressources solaires au monde et au bassin méditerranéen ; soit 169.000 TWh/an pour le solaire thermique, et 13,9 TWh/an pour le solaire photovoltaïque (Source :Mefti, Bouroubi et Mimouni, 2002)

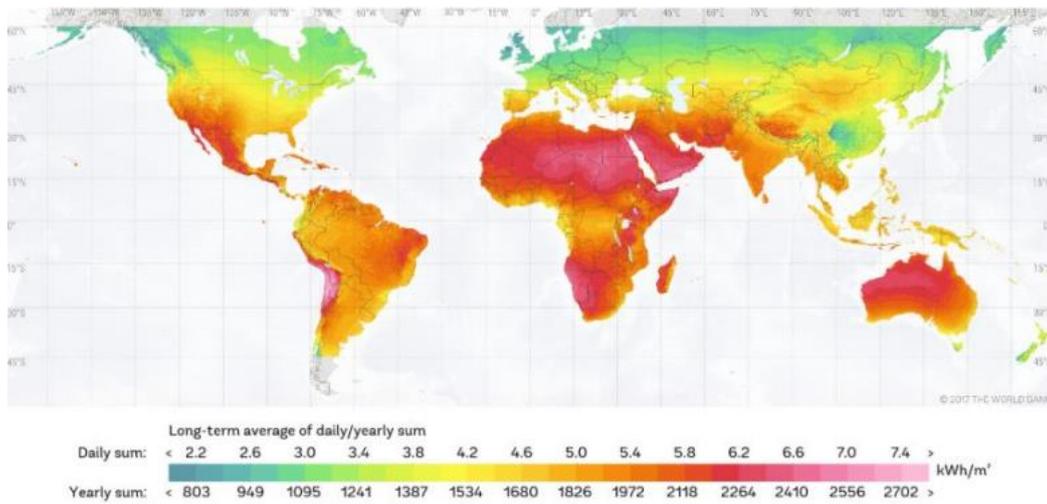


Figure n°11 : Nouvel Atlas solaire du monde (Source : banque mondiale.org)

Ce gisement solaire dépasse les 5 milliards GW/h par an avec une durée d'insolation sur la quasi-totalité du territoire national dépassant les 2000 heures annuellement et peut atteindre les 3000 heures dans les hauts plateaux et 3500 au Sahara (Source : energy.gov.dz)

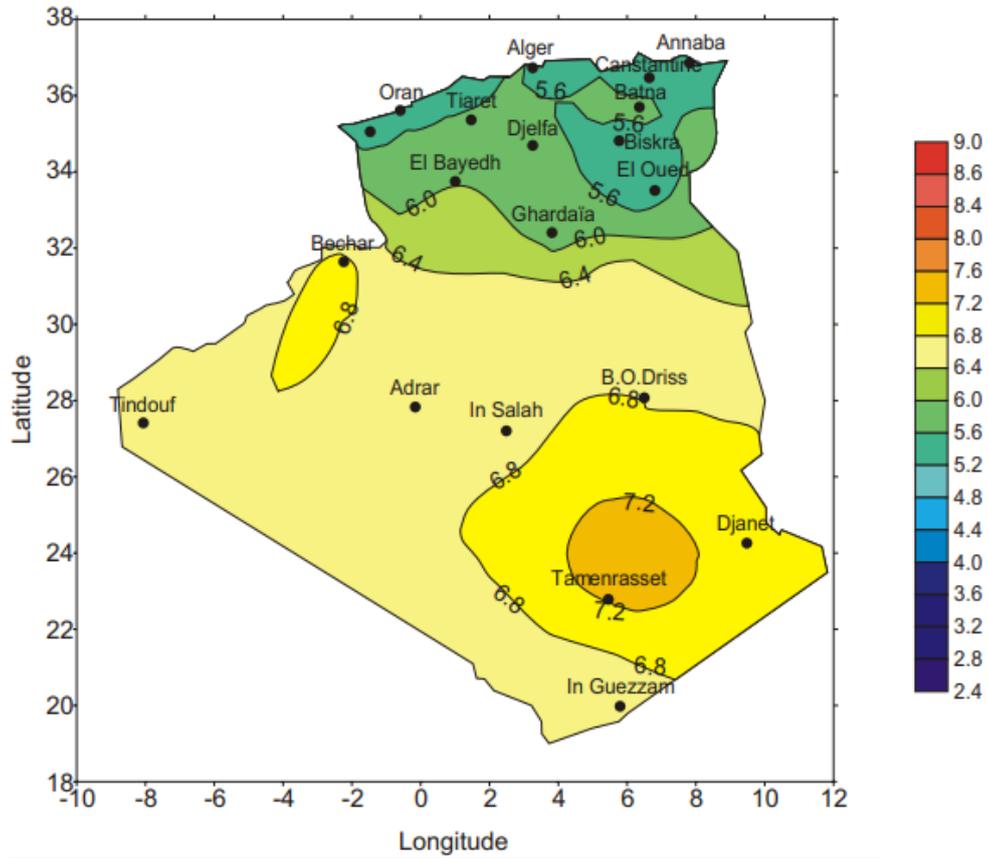


Figure n°12 : irradiation solaire globale reçue sur plan incliné à la latitude du lieu : moyenne annuelle (Source : CDER)

2.4.2. L'énergie éolienne : 37 TWh/an dont 1TWh sur la cote algérienne, 4,5 TWh sur les zones montagneuses,31,5 TWh dans le désert algérien. (Source : CDER)

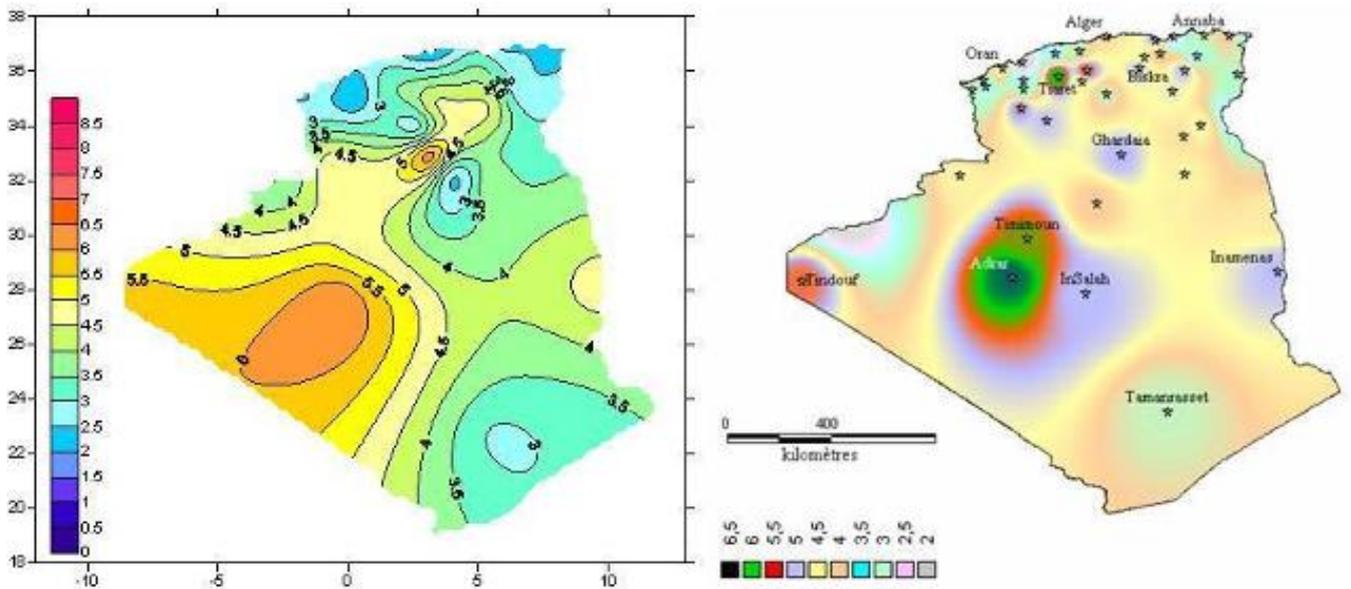


Figure n°13 : Cartes annuelles des vents (m/s) à 10m du sol (Source : CDER)

### 2.4.3. L'énergie géothermique :

240 sources thermales

65°C dans la région de l'Ouest.

80°C dans la région Centre.

94°C pour la région de l'Est.

50°C en moyenne dans le Sud.



Figure n°14 : Ressources géothermales en Algérie  
(Source : CDER)

### 2.4.4. La Bioénergie : Déchets ménagers et assimilés :

- ✓ 10,3 millions de tonnes en 2013
- ✓ 12 millions de tonnes en 2020
- ✓ 17 millions de tonnes en 2030
- ✓ Environ 62% de ces déchets sont putrescibles (valorisation en Biogaz) (Source : CDER)

La transition vers les énergies renouvelables en Algérie devrait être une nécessité et un choix stratégique, elle permet : d'amorcer un développement durable apte à sécuriser l'accès à l'énergie aux populations même celles qui vivent dans les zones rurales et les plus enclavées, et de créer des industries, des activités économiques et des emplois verts.

## 2.5. La rénovation énergétique :

2.5.1. *Définition* : La rénovation énergétique désigne l'ensemble des travaux visant à diminuer la consommation énergétique du bâtiment et de ses habitants ou utilisateurs. C'est aussi l'amélioration des performances énergétiques du bâtiment qui passe par la réduction des besoins en énergie, le recours à des systèmes efficaces pour limiter la consommation d'énergie et enfin le déploiement des énergies renouvelables.

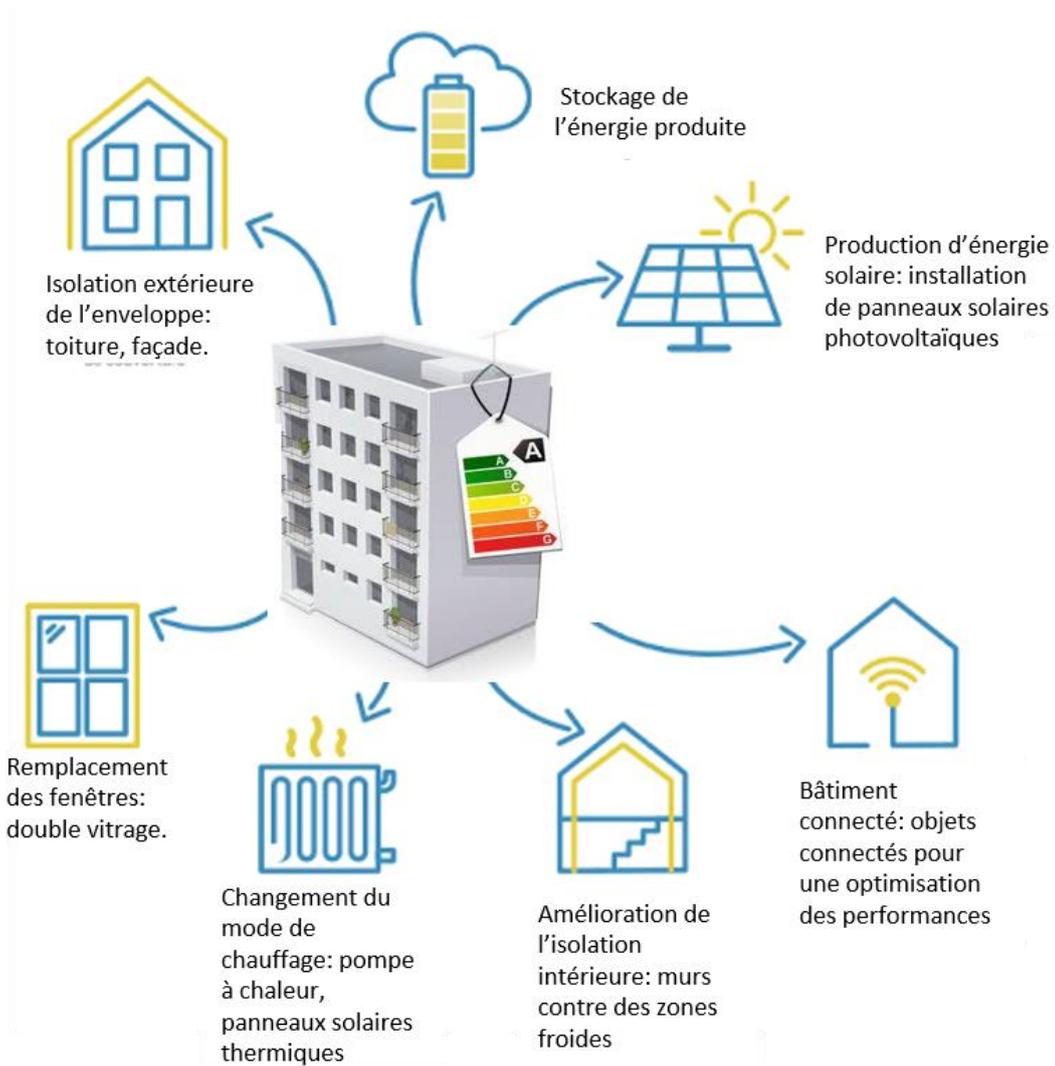


Figure n°15 : la rénovation énergétique d'un bâtiment. (Source : voenergies.ch)

### 2.5.2. Confort thermique :

Le confort thermique est une sensation liée à la chaleur qui est propre à chacun. En hiver, un bon confort thermique doit garantir une sensation suffisante de chaleur. En été, il doit limiter cette chaleur pour éviter les surchauffes, il est influencé par différents critères : la température ambiante (ou de consigne), la température des parois, le mode chauffage, les mouvements d'air, l'occupant, l'humidité d'air...

### 2.5.3. Les objectifs de la rénovation énergétique :

- Réduire les consommations d'énergie pour lutter contre le réchauffement climatique,
- Maîtriser la demande en électricité du territoire et réduire la fragilité d'approvisionnement

- Lutter contre l'instabilité énergétique et réduire les charges
- Suggérer la réhabilitation thermique des bâtiments qui permet de les préserver
- Maîtriser la hausse de la facture énergétique
- Permet la création d'emplois verts
- Réduire les émissions de CO2

**2.6. La rénovation thermique de l'enveloppe :** La réussite de la réduction énergétique d'un bâtiment passe par une enveloppe bien isolée et une ventilation maîtrisée qui permettent d'obtenir un ouvrage sain et économe en énergie, la rénovation thermique de l'enveloppe consiste à étudier tous les éléments composants l'enveloppe du bâtiment (portes, fenêtres, matériaux de construction des murs extérieurs, planchers et toiture...

*2.6.1. Défauts de l'enveloppe :* les différents matériaux et assemblages séparant l'intérieur de l'extérieur, risquent d'avoir des défauts de réalisation qui peuvent provoquer des pertes thermiques comme les déperditions thermiques qui passent par la toiture en contact avec l'extérieur, à travers les murs, par le plancher bas, par les portes et les fenêtres, Par le renouvellement d'air et les fuites. Il y a aussi les Ponts thermiques qui sont disposés au niveau des points où l'isolation est absente ou présente des faiblesses, et qui se situent aux jonctions des façades et planchers, façades et refends, façades et toitures, façades et planchers bas.

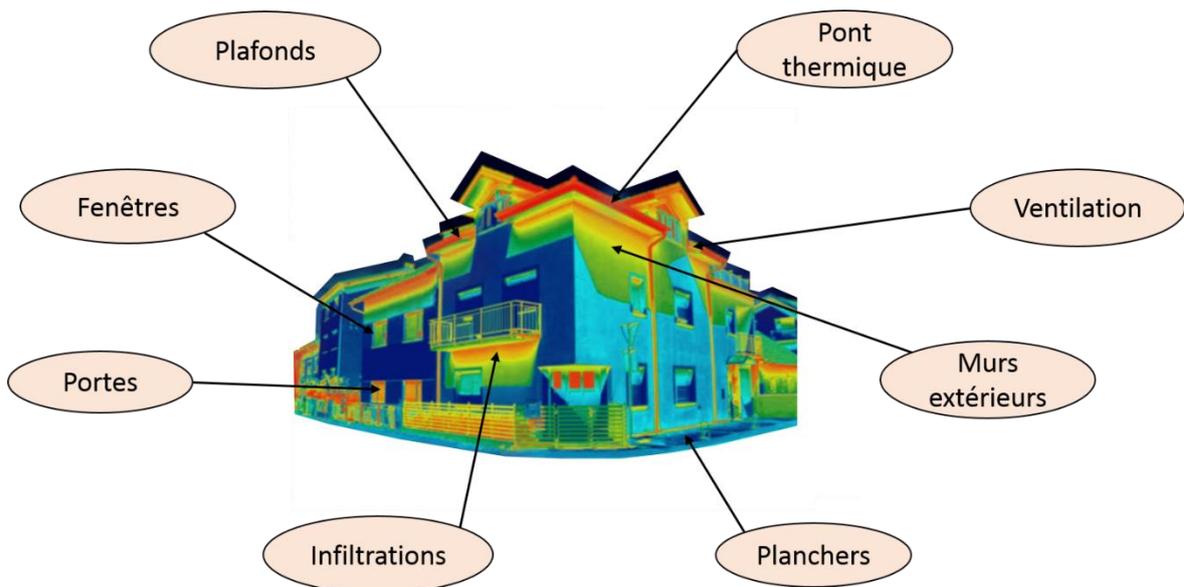


Figure n°16 : les déperditions thermiques dans une enveloppe de bâtiment. (Source : auteur)

2.6.2. *L'isolation thermique* : désigne l'ensemble des techniques mises en œuvre pour limiter les transferts de chaleur entre l'intérieur d'un espace et l'extérieur. Elle permet de

- Augmenter le confort thermique en hiver comme en été.
- Minimiser la consommation énergétique pour le chauffage et / ou la climatisation.
- Diminuant les pollutions liées au rejet des gaz à effet de serre dans l'atmosphère

2.6.3. *Isolation thermique par extérieure de l'enveloppe ITE* : ou isolation de façade, consiste à poser la couche d'isolation et un nouveau revêtement de façade sur les murs extérieurs afin de créer une enveloppe thermique qui protégera le bâtiment, cette technique est intéressante pour isoler les murs en rénovation, ou quand l'isolation des murs par le creux est impossible ou insuffisante.



Figure n°17 : Une isolation des murs par l'extérieur.  
(Source conseils-thermiques.org)

2.6.4. *Isolation thermique par l'intérieur de l'enveloppe ITI* : consiste à placer l'isolant du côté intérieur du bâti. soit pour le neuf ou la rénovation. Elle reste assez facile à mettre en œuvre, Le mur doit être complètement sec de toute trace d'humidité lorsqu'on pose l'isolation par l'intérieur.



Figure n°18 : Isolation thermique intérieure.  
(Source conseils-thermiques.org)

2.6.5. *Tableau Comparatif entre ITI et ITE*

Critères	Isolation intérieure - ITI	Isolation extérieure - ITE
Performances en hiver	Ponts thermiques inévitables	Limitation des ponts thermiques
Performance en été	Faible	Forte (inertie des murs)

Protection des murs	Mur côté froid = plus de risques	Mur côté chaud = meilleure protection
Impact pour les occupants	Nuisance pendant travaux Perte de surface habitable	Occupation possible des lieux Perte de luminosité
Impact architectural	Façade extérieure préservée Sans autorisation	Façade modifiée Autorisation d'urbanisme requise

Tableau n° 1: Tableau Comparatif entre ITI et ITE (Source : econologie.com)

### 2.6.6. Avantages et inconvénients de l'ITI et de l'ITE

Avantages	Inconvénients
Isolation par l'intérieur des murs	
Aspect extérieur du mur conservé	Diminution de la surface habitable
Mise en œuvre sans échafaudage	Travaux intérieurs requis (peinture...)
Chantier à l'abri de la pluie	Ponts thermiques inévitables
Possibilité de procéder pièce par pièce	Nécessité pour les occupants de quitter la pièce
Sans permis d'urbanisme	Confort d'été faible
Coût moindre	Risques de condensation dans le mur plus élevés
Isolation par l'extérieur des murs	
Pas ou peu de ponts thermiques	Recours à une entreprise spécialisée avec échafaudage
Étanchéité du mur renforcé	Dépose des gouttières, volets...
Risques de condensation limités Diminution de la surface vitrée (retours de baies isolés)	Nouvelle façade Modification de la façade = permis d'urbanisme

Bon confort d'été	Coût plus élevé
Sans perte de surface habitable	-

Tableau n° 2: Avantages et inconvénients de l'ITI et de l'ITE (Source : ideesmaison.com)

L'isolation thermique des murs par l'extérieur présente plus d'avantages que l'isolation par l'intérieur. Elle est donc à privilégier car elle limite grandement les ponts thermiques, contribue significativement au confort d'été et protège mieux le bâti des risques hygrothermiques.

A l'inverse, l'isolation intérieure sera pertinente si l'aspect extérieur des façades ne peut pas être modifié, si les parements intérieurs nécessitent d'être rénovés ou si le volume doit être restructuré.

2.6.7. *Choix de l'isolant* : un isolant permet de conserver la chaleur du bâtiment en hiver et de l'empêcher d'y pénétrer en été. Il est généralement situé entre la surface extérieure et intérieure d'un bâtiment. Plus ses performances sont hautes, meilleurs seront le confort et les économies d'énergie obtenues, il est caractérisé par son épaisseur, Conductivité thermique du matériau, Facteur de résistance à la diffusion de la vapeur d'eau. Le choix d'un isolant peut se baser sur plusieurs critères comme le prix, les performances ou encore l'écologie.

Son ingrédient de base est généralement extrait de matériaux naturels, minéraux ou synthétiques. Il est ensuite transformé et traité pour l'utiliser, on trouve trois types d'isolants :

-Les isolants naturels, d'origine animale ou végétale, ils sont les premiers isolants utilisés par l'homme, on cite : la laine de chanvre, la ouate de cellulose, la laine de bois, la plume de canard, la laine de mouton, la paille, le lin, la laine de coton .



(Source : izi-by-edf-renov.fr)

Figure n°19 : isolant naturel, la laine de chanvre. (Source : izi-by-edf-renov.fr)

-Les isolants minéraux : sont les matériaux les plus utilisés dans les bâtiments. Leur origine est naturelle mais ils sont ensuite transformés par la main de l'homme pour améliorer leur efficacité, on cite : la laine de verre, la laine de roche, la vermiculite, la perlite, le verre cellulaire, l'argile expansé.  
(Source : izi-by-edf-renov.fr)



Figure n°20 : isolant minéral, la laine de verre.  
(Source : izi-by-edf-renov.fr)

-Les isolants synthétiques : sont produits à partir de la pétrochimie, ils offrent de très grandes performances en isolation thermique et sont assez peu coûteux, on cite : le polyuréthane, le polystyrène, la mousse phénolique, le polystyrène expansé (PSE)  
(Source : izi-by-edf-renov.fr)



Figure n°21 : isolant synthétique, le polyuréthane. (Source : izi-by-edf-renov.fr)

#### 2.6.8. Avantages et inconvénients des isolants

Types d'isolants	avantages	inconvénients
isolants naturels	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Ne pas avoir d'impact négatif sur l'environnement</li> <li>-Grandes performances tant en isolation thermique que phonique</li> <li>-pas de conséquences nocives sur la santé</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Ils reçoivent un traitement chimique pour les protéger contre le feu ou l'humidité</li> <li>-Ils peuvent craindre l'humidité et nécessitent un suivi de près pour éviter qu'ils ne pourrissent</li> <li>-leur coût est plus élevé</li> </ul>
isolants minéraux	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Excellente efficacité tant pour l'isolation thermique que phonique</li> <li>-Peu coûteux</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Certains d'entre eux craignent l'eau et doivent être traités pour assurer leur durée de vie.</li> <li>-pendant la pose de la laine de verre ou de roche, des poussières irritantes peuvent être diffusées</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Ne pas craindre le feu et ont une durée de vie importante.</li> <li>-Ne pas composer de produits chimiques que les isolants naturels,</li> <li>-Leur pouvoir isolant ainsi que leur robustesse sont importants</li> <li>-Ils sont proposés à la vente sous différents formats pour s'adapter à tous types de travaux</li> </ul>	<p>dans l'air, le port de protections est recommandé</p>
isolants synthétiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Les meilleurs isolants thermiques</li> <li>-Une très grande durée de vie.</li> <li>-Utilisés pour l'isolation extérieure.</li> <li>-ils jouissent d'une faible épaisseur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Ils ont un impact écologique très négatif et contiennent des ingrédients polluants</li> <li>-Sensibles au feu. En cas d'incendie, ils libèrent des fumées toxiques nocives pour l'environnement et la santé</li> <li>-une efficacité assez faible au niveau de l'isolation phonique</li> </ul>

Tableau n° 3: Avantages et inconvénients des différents types d'isolants (Source : izi-by-edf-renov.fr)

2.6.9. *Les ouvertures* : dans un bâtiment, les portes et fenêtres sont des composants importants. Les portes facilitent les accès à l'intérieur, tandis que les fenêtres assurent l'apport d'air et de lumière.

Depuis plus de trente ans, la fenêtre ne cesse d'évoluer pour répondre aux besoins en matière de confort et de sécurité. Matériau, vitrage, forme, dimension, ouverture...

Une fenêtre est composée d'un châssis et d'un vitrage. Le châssis comporte généralement une partie fixe (le dormant) et une partie mobile (l'ouvrant).

Matériaux du châssis : PVC, aluminium, bois ou mixte

Bois : Les menuiseries bois bénéficient de bonnes performances, on s'orientera vers des bois naturellement durables afin d'éviter les traitements polluants, il est facilement réparable (pâte à bois) et très bien recyclé.

PVC : Les fenêtres en PVC sont à la fois performantes, peu coûteuses et sans entretien ce qui explique leur succès. En contrepartie, le bilan environnemental est très défavorable.

Aluminium : L'aluminium est coûteux mais offre la meilleure durée de vie : plus de 60 ans contre 40 à 50 ans pour le bois ou le PVC. Il permet aussi un aspect très moderne avec un large choix de finitions, il est moins performant, Les fenêtres en aluminium autorisent de très grandes surfaces vitrées.

Les vitrages sont désignés selon l'épaisseur des éléments qui les constituent de l'extérieur vers l'intérieur. Le plus souvent, un vitrage comprend plusieurs verres séparés par un gaz isolant (argon). Un vitrage se caractérise également par ses apports solaires potentiels et sa transmission lumineuse.

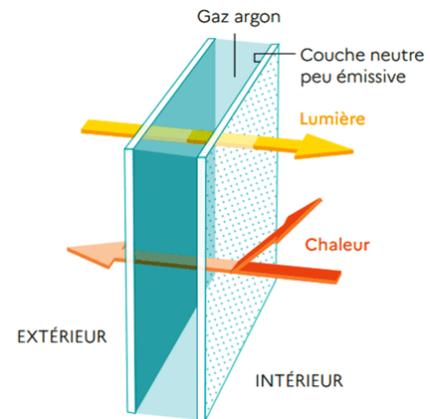


Figure n°22 : Principe du double vitrage à isolation renforcée. (Source : conseils-thermiques.org)

Trop peu performant, le simple vitrage n'existe plus sur le marché des menuiseries. Le triple vitrage est quant à lui réservé à des utilisations bien spécifiques comme des maisons à haute performance énergétique. Incontestablement, le double vitrage reste le meilleur choix car il représente le compromis idéal entre les performances thermiques, les apports solaires et le prix.

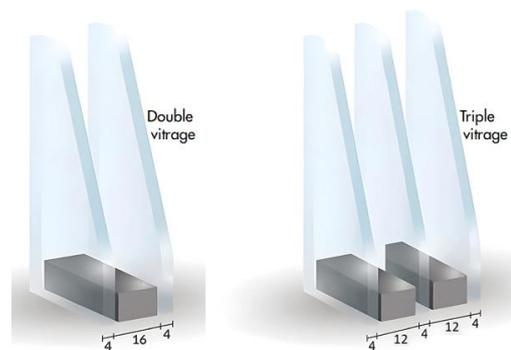


Figure n°23 : types de vitrage performant. (Source : conseils-thermiques.org)

Protections solaires : les fenêtres doivent être protégées du soleil. Pour les ouvertures à l'est et à l'ouest où le soleil est bas, une protection verticale type volet roulant ou brise-soleil orientable s'impose. Pour une orientation sud, une protection horizontale est requise type casquette solaire ou pergola. (Source : conseils-thermiques.org)

2.6.10. *La ventilation hygiénique* : L'être humain passe entre 80% de son temps dans un espace intérieur clos et y respire de l'air intérieur bien souvent plus pollué que l'air extérieur. lorsqu'on augmente l'isolation, le bâtiment sera suffisamment étanche à l'air, il devient impératif de ventiler pour assurer une bonne qualité de l'air intérieur afin de garantir des ambiances intérieures confortables, évacuer le surplus d'humidité afin d'éviter tous dégâts dus à la condensation et garantir la bonne santé du bâtiment autant que celle des occupants, dont il existe plusieurs types de ventilation :

-La ventilation naturelle se fait par les infiltrations et par les ouvertures du bâtiment. L'air circule sous l'effet du vent, des différences de températures et des jeux de pressions. L'ouverture des grilles, bouches ou fenêtres peut se faire manuellement ou mécaniquement.



Figure n°24: grille de transfert d'air.  
(Source : vim.fr)

-La ventilation mécanique utilise des composants motorisés, ventilateurs, pour forcer la circulation l'air à l'intérieur du bâtiment. On parle de simple flux par extraction si le ventilateur sert à faire sortir l'air du bâtiment, de simple-flux par insufflation s'il sert à faire entrer l'air ou de double flux si le système combine les deux.

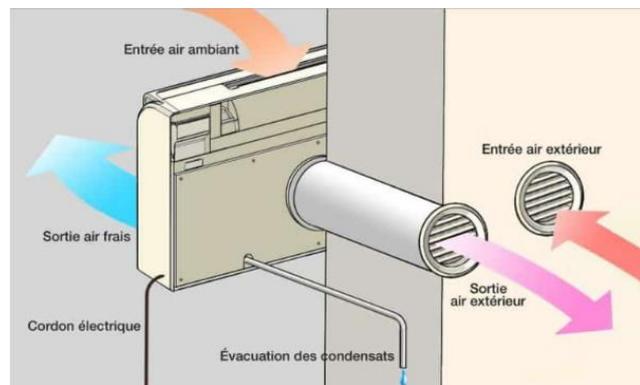


Figure n°25 : principe de la ventilation mécanique.  
(Source : guide-climatisation.com)

-La ventilation hybride correspond à une ventilation naturelle assistée ou remplacée mécaniquement sur certaines périodes de fonctionnement.

-La ventilation de base consiste à alimenter le bâtiment en air frais en permanence durant les activités normales.

-La ventilation intensive est nécessaire en cas d'occupation et de besoins particuliers comme une surchauffe exceptionnelle, un ensoleillement intensif, des activités exceptionnellement polluantes, ... afin que le climat reste dans des limites acceptables.



Figure n°26 : principe de la ventilation intensive.  
(Source : guide-climatisation.com)

(Source : energieplus-lesite.be)

Une enveloppe de qualité a beaucoup d'avantage

- Diminution des besoins en énergie, économies sur la facture.
- Amélioration de la qualité de l'air.
- Réduction des coûts liés au dimensionnement des systèmes de production d'énergie.
- Réduction des émissions des gaz à effet de serre du bâti.

**2.7. L'intégration des énergies renouvelables dans le bâtiment** : est une des outils de la transition et la rénovation énergétique, elle permet de réduire les émissions de gaz à effet de serre, rendre le bâtiment plus économe, et non polluant afin de participer à la protection de la planète.

L'empreinte carbone d'un bâtiment dépend de ses émissions :

- Liées au chauffage et à la production d'eau chaude sanitaire.
- liées à la consommation d'électricité produite.
- Liées à la vie du bâtiment de sa construction jusqu'à la fin de sa vie et celles liées aux déperditions, aux matériaux, et aux travaux ...

L'optimisation des besoins énergétiques des bâtiments nécessite de prendre en compte

- L'isolation thermique et la ventilation
- les équipements thermiques et électriques soient efficaces

-L'architecture du bâtiment (exposition au soleil, matériaux à forte inertie thermique ...)

On peut intégrer les énergies renouvelables dans les bâtiments par :

### 2.7.1. Les installations individuelles :

Les équipements à partir d'énergies renouvelables peuvent nécessiter un investissement plus important au départ, mais sont plus économiques en fonctionnement et représentent des économies sur le long terme.

-Le chauffage au bois, la pompe à chaleur, le chauffe-eau thermodynamique.



Figure n°27 : Chauffage au bois.  
(Source : maisonapart.com)

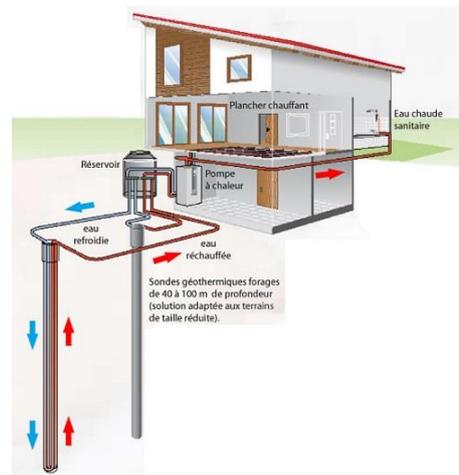


Figure n°28 : la pompe à chaleur.  
(Source : pompeachaleur-energie.ch)

-Le chauffe- eau solaire individuel, le système solaire combiné, chaudière à micro cogénération gaz, l'installation photovoltaïque ou une éolienne domestique pour produire de l'électricité.

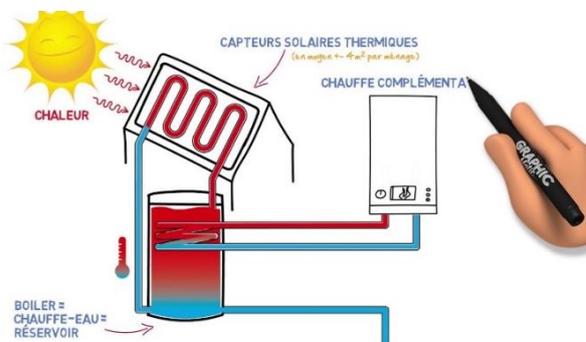


Figure n°29 : Le chauffe- eau solaire individuel. (Source : cotentin-energies.fr)



Figure n°30 : le système solaire combiné.  
(Source leguidedu chauffage.com)

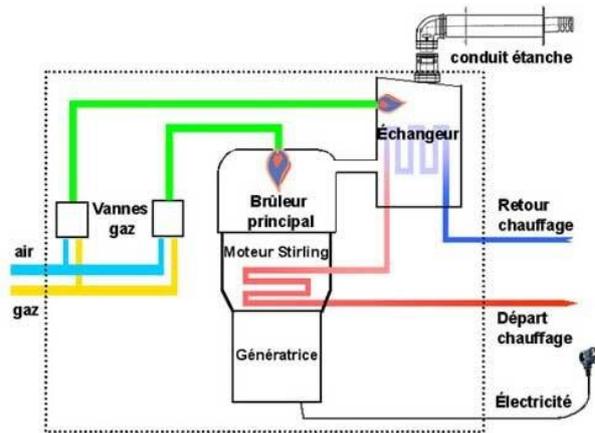


Figure n°31 : chaudière à micro cogénération.  
(Source : chauffagedurable.canalblog.com)



Figure n°32 : L'installation photovoltaïque ou une éolienne domestique. (Source : maisonentravaux.fr)

### 2.7.2. L'approvisionnement électrique :

l'intégration des énergies renouvelables permet de couvrir une partie des besoins en énergies des bâtiments, voire de produire un surplus rentable.

-Les toitures solaires : des systèmes photovoltaïques posés en toiture, valorisant des surfaces ensoleillées.



Figure n°33 : L'installation d'une toiture solaire. (Source : guide-toiture.com)

-Les panneaux photovoltaïques au-dessus d'un toit qui sont intégrés au bâti et considérés comme matériaux de construction produisant de l'électricité, telles les tuiles solaires.

-les bâtiment à énergie positive : produit plus d'énergie qu'il n'en consomme, cela signifie que le bâtiment doit réduire au maximum ses consommations énergétiques grâce à une enveloppe et des systèmes énergétiques performants et intégrer des énergies renouvelables pour couvrir les besoins restants, voire générer un surplus lorsque la production excède les besoins.



Figure n°34 : les tuiles solaires.  
(Source : totalenergies.fr)

### 2.7.3. Les réseaux de chaleur : est un système de distribution de chaleur produite de façon centralisée, qui dessert plusieurs usagers, il comporte :

-Une ou plusieurs unités de production de chaleur

-Les canalisations dans lesquelles la chaleur est transportée par un fluide caloporteur vapeur ou eau chaude.

-Une ou plusieurs sous-stations d'échange : situées au pied d'immeuble, elles permettent le transfert de chaleur par le biais d'un échangeur entre le réseau de distribution primaire et le réseau secondaire.



Figure n°35 : schéma de principe d'un réseau de chaleur. (Source : ecologie.gouv.fr)

Les réseaux de chaleur permettent de mobiliser des ressources de chaleur renouvelables telles que :

- la géothermie profonde,
- La géothermie intermédiaire de grande puissance, assistée de pompes à chaleur.
- la biomasse de grande puissance.
- La chaleur de récupération issue d'usines d'incinération des ordures ménagères.
- la récupération de chaleur sur eau de mer, eau de lacs...
- La chaleur fatale issue de l'industrie, et des systèmes de cogénération.
- La chaleur solaire thermique issue de champs de capteurs.

## 2.8. Les Systèmes intelligents de Régulation et Gestion :

2.8.1. *La régulation et la gestion* : est gérée par des automates qui sont plus au moins complexes selon les exigences du cahier des charges initiales et selon le type de bâtiment :

habitat individuel, collectif ou tertiaire, la mise en place de systèmes intelligents de régulation et de gestion, est un excellent moyen d'améliorer la performance énergétique. Par exemple, les systèmes de gestion technique du bâtiment (GTB) permettent de centraliser les informations des équipements électriques, de climatisation, de chauffages afin de les optimiser, les sécuriser et contrôler l'énergie consommée. Ces systèmes s'installent sur des sites neufs, mais également sur des sites existants. Ils permettent ainsi de Consommer ce qui est nécessaire pour maintenir ou améliorer la qualité de vie dans le bâtiment

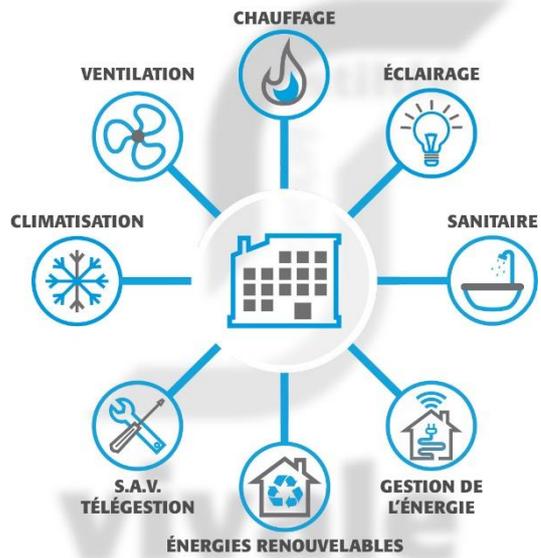


Figure n°36 : gestion technique du bâtiment (Source : ecologie.gouv.fr)

(notion de confort) tout en contribuant à économiser l'énergie, Fournir un outil de pilotage de l'installation à l'utilisateur, aider à modifier le comportement humain afin d'adopter de bon réflexe.

### 2.8.2. *Supervision de la gestion technique de bâtiment* :

-Pilotage de tout équipement et moyen d'éclairage

-Pilotage des équipements de ventilation et climatisation.

-gestion des alertes pour les onduleurs de secours

-Gestion des alertes des groupes électrogènes

-Gestion du planning des astreintes, de la programmation horaire

-Supervision du fonctionnement des machines et des automates,

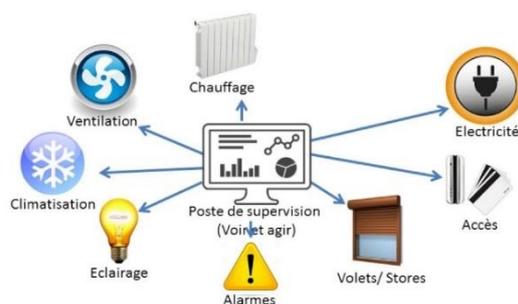


Figure n°37 : La supervision du bâtiment (Source : ecs malo.fr)

-Pilotage de four.

-Pilotage et surveillance et contrôle d'équipement de production.

-Surveillance & contrôle pour le suivi de la régulation des températures.

-Contrôle de test de bon fonctionnement de machines, des automates.

-Monitoring et suivi des systèmes de sécurité.

-surveillance et vidéosurveillance.

### **2.9. Conclusion :**

Dans un espace intérieur, le confort thermique est devenu un élément indispensable dans la conception des bâtiment en prenant en compte la restitution d'énergies.

Pour obtenir un confort thermique satisfaisant, il faut accéder à la rénovation énergétique du bâtiment, qui englobe l'isolation thermique de l'enveloppe et des fenêtres performantes pour éviter le phénomène de parois froides et diminuer les mouvements d'air, la ventilation du bâti selon les besoins, l'intégration des énergies renouvelables, des systèmes intelligents de régulation et de gestion et des équipements énergétiques performants pour gérer les températures et la ventilation ,tout en limitant les consommations d'énergie.



## CHAPITRE3: cas d'étude

Ce chapitre a pour but d'étudier le comportement du bâtiment par un logiciel de simulation thermique dynamique.

La simulation thermique dynamique (STD) désigne le calcul de l'évolution temporelle de l'état thermique d'un système utilisant un modèle numérique approché de l'objet réel. Dans le cas présent on va utiliser le programme DESIGNBUILDER pour lancer cette étude.

Plus spécifiquement dans le bâtiment, la simulation thermique dynamique permet d'estimer les besoins thermiques (énergie utile en chaud et froid) du bâtiment en exploitation en tenant compte de l'enveloppe du bâtiment et de son inertie, des divers apports thermiques, du comportement des occupants et du climat local. Dans le cas où la simulation vise à estimer les consommations réelles d'énergie (énergie finale), le calcul tient alors compte aussi des systèmes énergétiques (y compris les appareils électriques non thermiques) .

Avec l'accroissement des exigences de performance énergétique et environnementale sur les nouveaux bâtiments, la STD est de plus en plus intégrée au processus de conception des bâtiments. Elle peut aussi être mise en œuvre dans le cas de rénovation.

### 3.1. Cas d'étude ; justification du choix :

D'après les données présentées, le secteur du bâtiment est le secteur qui demande beaucoup d'énergie après le secteur du transport.

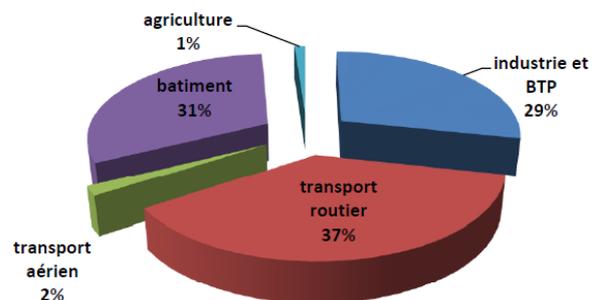


Figure n°1: Répartition de la consommation finale hors hydrocarbures par secteur d'activité en 2010, (source Menouer Boughedaoui, 2015, p39)

Les infrastructures scolaires sont les bâtiments les plus énergivores par 34,10% de la consommation d'électricité.

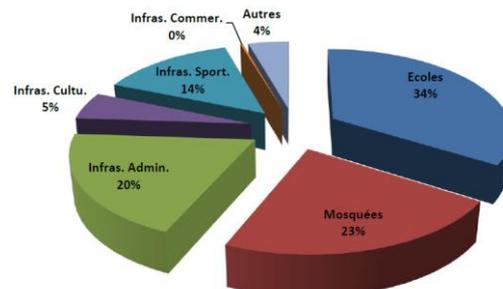


Figure n°2: Consommation d'énergie, hors éclairage public, par poste, (source : Menouer Boughedaoui, 2015, p48)

Infrastructures	Part (%)
Écoles et crèches	34,10
Mosquées et autres bâtiments de culte	22,30
Infrastructures administratives	19,70
Infrastructures culturelles	5,30
Infrastructures sportives	14,10
Infrastructures commerciales	0,30
Autres	4,30

Tableau n°1: Répartition des consommations d'électricité par type d'infrastructure (source Dr Menouer Boughedaoui, 2015, p48)

Le Choix de cas d'étude sera focalisé sur un bâtiment scolaire : un collège d'enseignement moyen type B7/300R à OUED DJAR WILLAYA DE BLIDA, réaliser par SARL ICARA.

### 3.2. Etat des lieux du projet

3.2.1. *Situation géographique* : le collège se situe à la cité El Hachim, Oued Djer Willaya de Blida, bordé au nord par l'autoroute Est-Ouest, au sud par des logements publics locatifs, à l'est par des terrains vides.



Figure n°3 : situation géographique du collège. (source Google Maps).

### 3.2.2. étude climatique de la ville de Blida

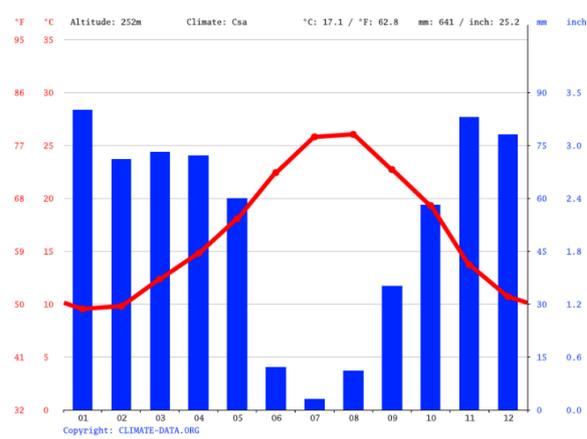


Figure n°4 : diagramme ombrothermique Blida, (source climate data.com)

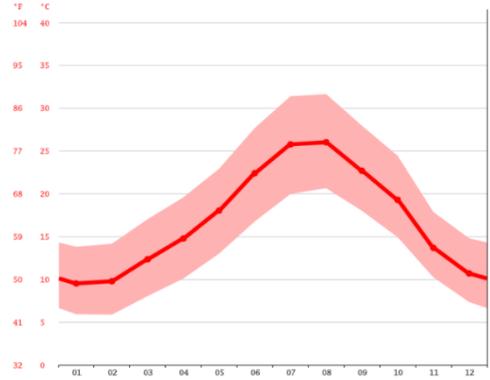


Figure n°5 : courbe de température Blida (source climate data.com)

26.0 °C font du mois d'aout le plus chaud de l'année. 9.5 °C font du mois de Janvier le plus froid de l'année.

A Blida, le mois avec le plus d'ensoleillement quotidien est Juillet avec une moyenne de 12.54 heures d'ensoleillement. Au total, il y a 388.76 heures d'ensoleillement en Juillet.

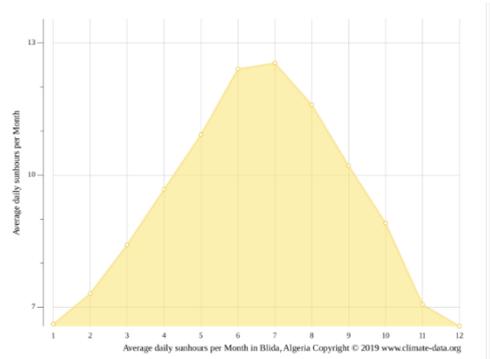


Figure n°6 : heures d'ensoleillement à Blida (Source climate data.com)

Le mois avec le moins d'heures d'ensoleillement quotidien à Blida est Janvier avec une moyenne de 6.57 heures d'ensoleillement par jour. Au total, il y a 203.53 heures d'ensoleillement en Janvier.

Environ 3417.49 heures d'ensoleillement sont comptées à Blida tout au long de l'année. Il y a en moyenne 112.22 heures d'ensoleillement par mois.

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Température moyenne (°C)	9.5	9.8	12.4	14.8	18.1	22.4	25.8	26	22.7	19.3	13.7	10.7
Température minimale moyenne (°C)	5.9	5.9	8.1	10.1	13	16.8	20	20.7	18	14.9	10.2	7.4
Température maximale (°C)	13.8	14.2	17	19.6	22.9	27.7	31.4	31.7	28	24.4	17.9	14.8

Tableau n°2 : les temperatures mensuels à Blida, (source climate data.com)

**3.3. La fiche technique du collège :** le bâtiment du collège est en R+2, il est orienté nord-ouest, bordé au sud par des bâtiments : logement publics locatifs de R+6.

Il est construit pour recueillir 760 élèves par ans. Dont 150 élèves prennent leurs déjeunés au réfectoire du collège.

3.3.1. Surfaces :

Espace	Surface m <sup>2</sup>
Surface totale	4936
Surface bâti	1546
Surface non bâti	3390
Bloc administration	327
Blocs pédagogiques	2277
Réfectoire	438
Bloc sanitaires	130

Tableau n°3 : les différentes surfaces du bâtiment, (source :auteur)

Espace	Nombre
Classe	20
Laboratoire	3
Bibliothèque	1
Salle polyvalente	1

Tableau n°4 : nombres des locaux existants, (source :auteur)

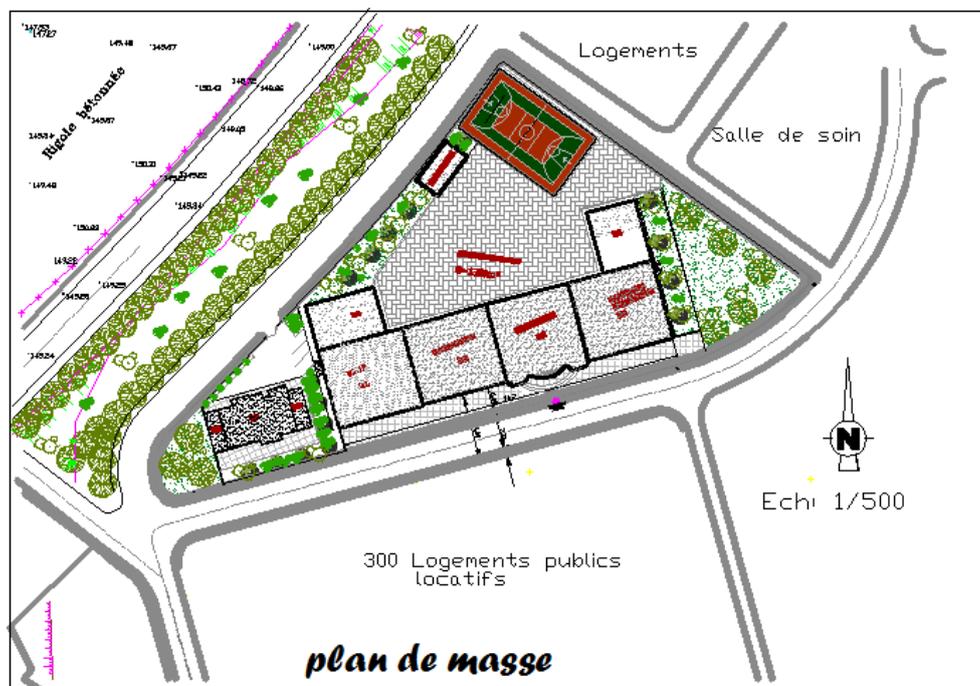


Figure n°7 : plan de masse du collège, (source SARL)

3.3.2. L'accessibilité au collège :



Figure n°8 : plan expliquant l'accessibilité au collège, (source : auteur)

Les écoliers arrivent au collège de plusieurs chemins vers l'accès principale qui est en face les 300 logements publics locatifs.

3.3.3. Le programme spatiale et fonctionnel du Rez de chaussée

Le Rez de chaussée du collège englobe cinq blocs : le hall d'entrée, l'administration, le bloc pédagogique, le réfectoire, la cour de récréation et les sanitaires.

bloc administratif	Surface m <sup>2</sup>
Bureau directeur	19.5
Secrétariat	14
Salle d'attente	11
Bureau	20
Bureau s.général	32
Bureau des surveillantes	32
Salle des enseignants	28
Atelier de maintenance	30
Dépôt	12
Sanitaire H	13
Sanitaire F	15

réfectoire	Surface m <sup>2</sup>
Chaufferie	7
Dépôt sec	19
Atelier matériel	10
Bureau économe	7
Chambre froide	7
Sanitaire H	7
Sanitaire F	7
Circulation	35
Plonge	12
Cuisine	56
Réfectoire	263

Hall d'entrée	Surface m <sup>2</sup>
Hall d'entrée et circulation	312
Factotum	29
La cour de récréation	1350
Sanitaires F	56
Sanitaires G	56

bloc pédagogique	Surface m <sup>2</sup>
Salle de préparation	44
Atelier	30
Dépôt	31
Laboratoire 1	47
Laboratoire 2	47
Laboratoire 3	65

Tableau n°5 : surfaces des espaces du Rez de chaussée, (source :SARL ICARA)

Le hall d'entrée est l'espace central qui relie les différents blocs du bâtiment entre eux, c'est un espace de surveillance par excellence.

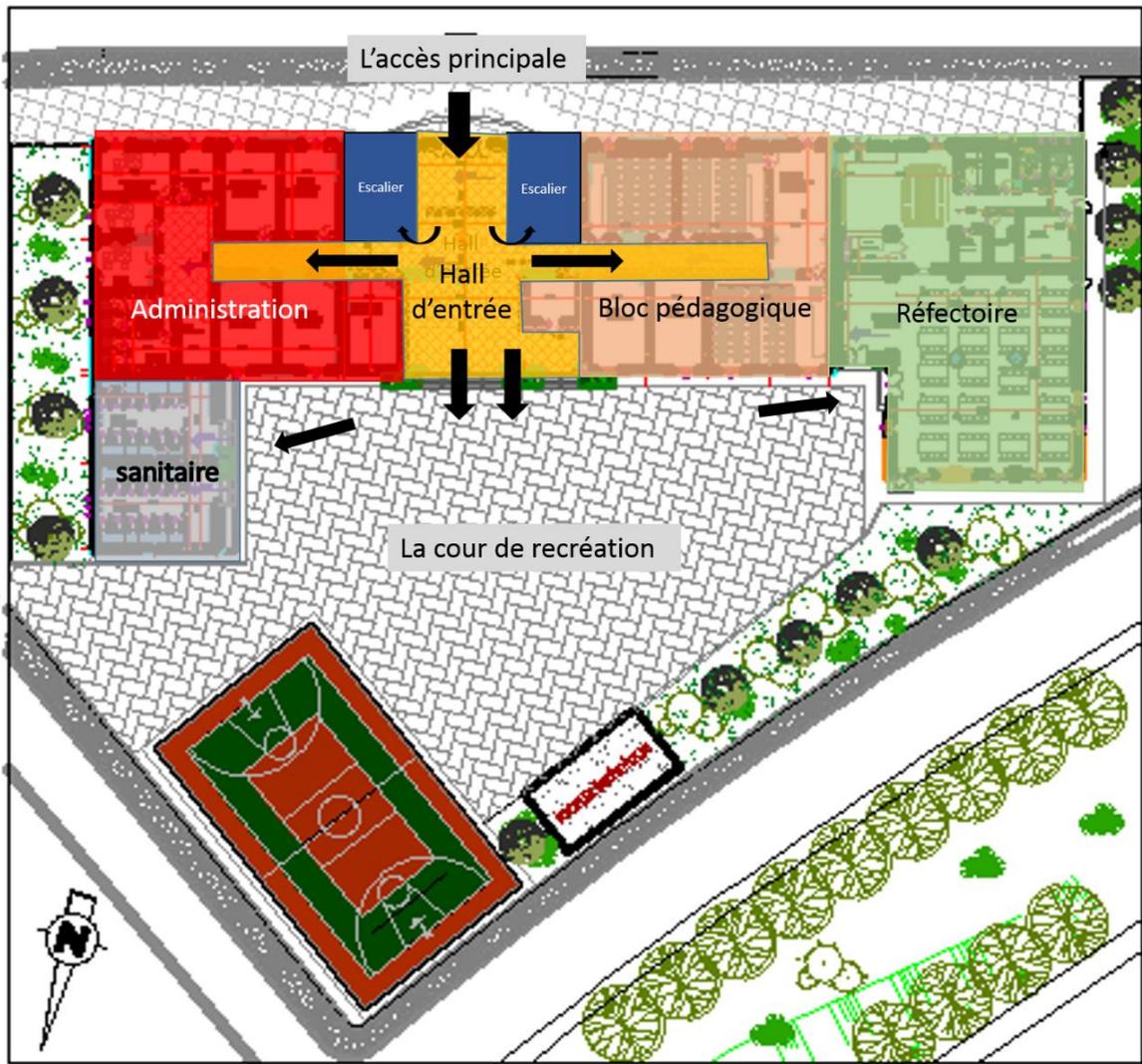


Figure n°9 : le fonctionnement spatial au niveau du Rez de chaussée, (source auteur)

Quand les élèves arrivent au collège, ils prennent l'accès principale qui mène vers le hall d'entrée puis vers la cour. L'équipe pédagogique prend le chemin de l'accès principale vers le hall d'entrée puis vers l'administration. Les élèves qui vont étudier au niveau des laboratoires prennent le chemin de la cour vers le hall d'entrée puis vers laboratoires. Pour aller aux sanitaires et au réfectoire, les élèves doivent passer par le hall d'entrée pour y aller.



Figure n°10 : plan du Rez de chaussée (source SARL ICARA)

### 3.3.4. Le programme spatiale et fonctionnel du 1<sup>er</sup> étage

Le 1<sup>er</sup> étage englobe dix classes de cours chacune comporte 38 élèves, plus un espace bibliothèque.

Espace	Surface m <sup>2</sup>
Classe	65.23
bibliothèque	63
Circulation	172

Tableau n°6 : surfaces des espaces du 1<sup>er</sup> étage, (source :SARL ICARA)

Du Rez de chaussée au 1<sup>er</sup> étage passant par les escaliers, on se retrouve dans un couloir qui mène vers les classes.

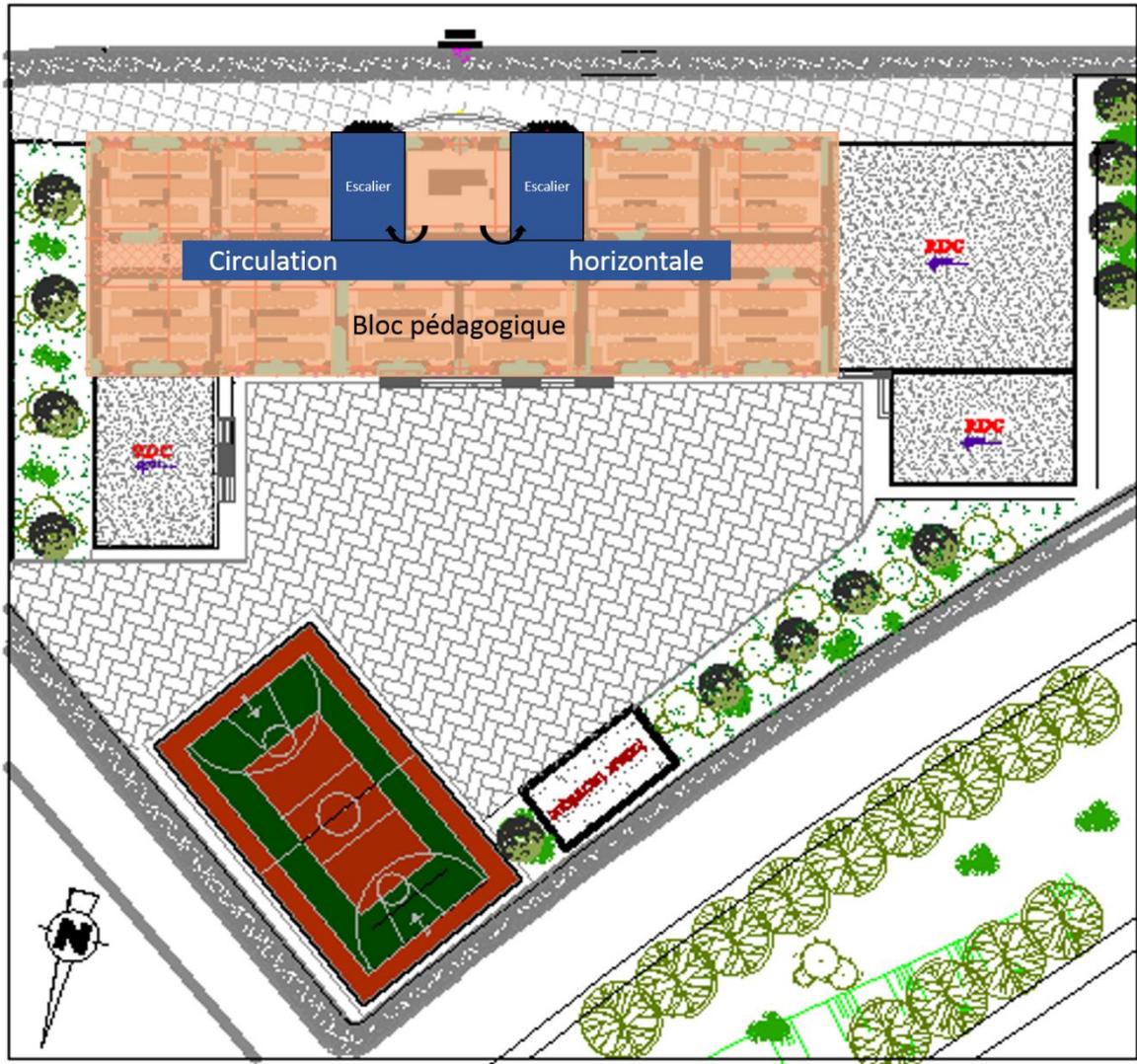


Figure n°11 : le fonctionnement spatial au niveau du 1<sup>er</sup> étage, (source auteur)

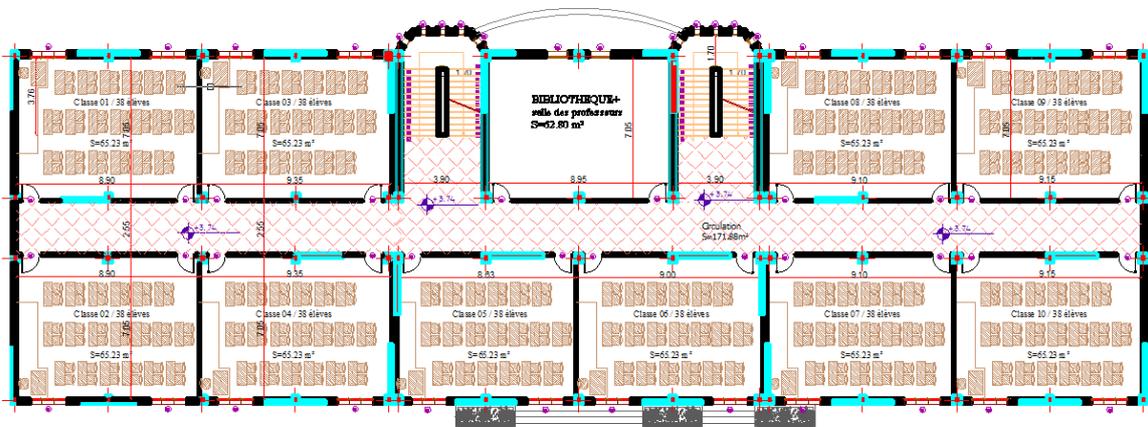


Figure n°12 : plan du 1<sup>er</sup> étage (source SARL ICARA)

3.3.5. Le programme spatiale et fonctionnel du 2<sup>er</sup> étage

Le 1<sup>er</sup> étage englobe dix classes de cours chacune comporte 38 élèves, plus une salle polyvalente.

Du Rez de chaussée au 2<sup>er</sup> étage passant par les escaliers, on se retrouve dans un couloir qui mène vers les classes.

Espace	Surface m <sup>2</sup>
Classe	65.23
Salle polyvalente	63
Circulation	172

Tableau n°7 : surfaces des espaces du 2<sup>er</sup> étage, (source :SARL ICARA)

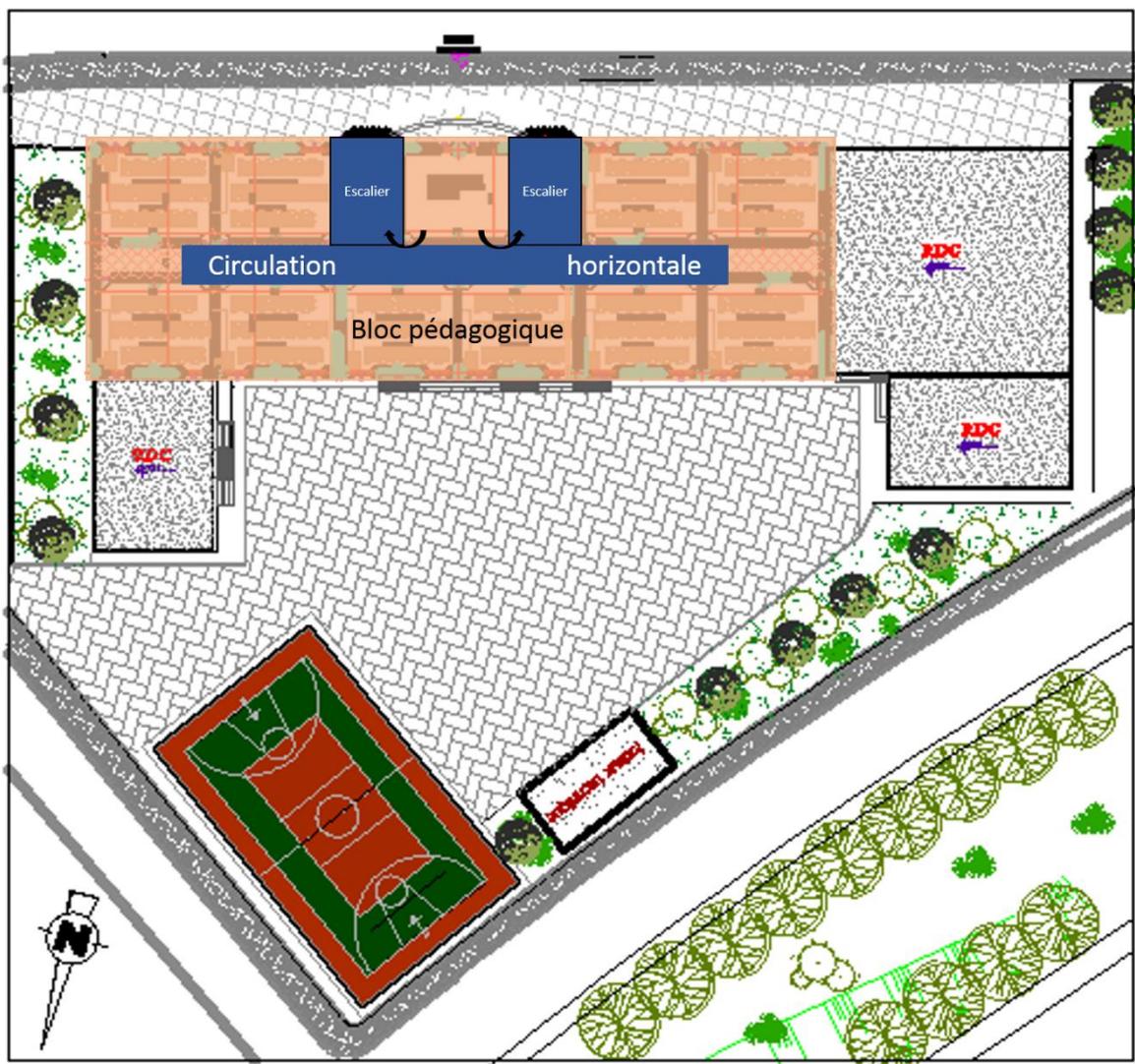


Figure n°13 : le fonctionnement spatial au niveau du 2<sup>er</sup> étage, (source auteur)

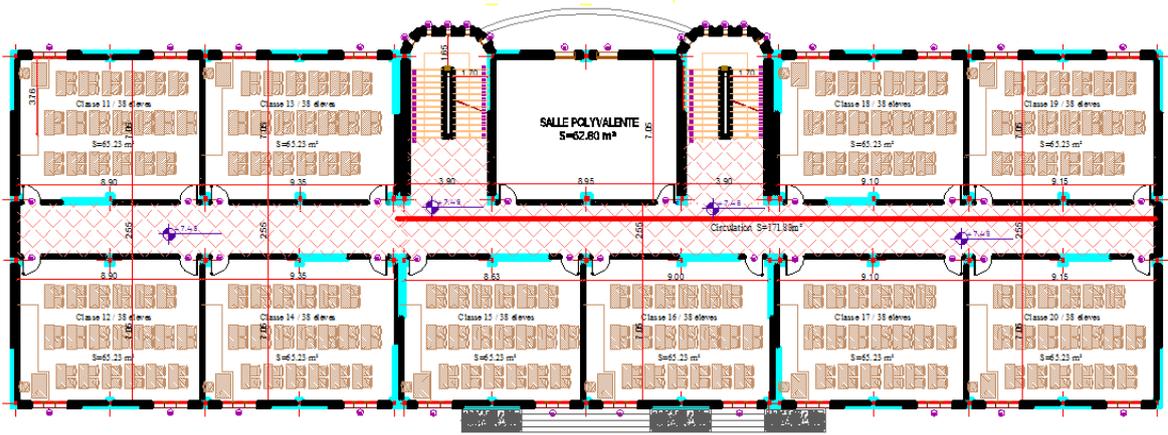


Figure n°14 : plan du 2<sup>er</sup> étage (source SARL ICARA)

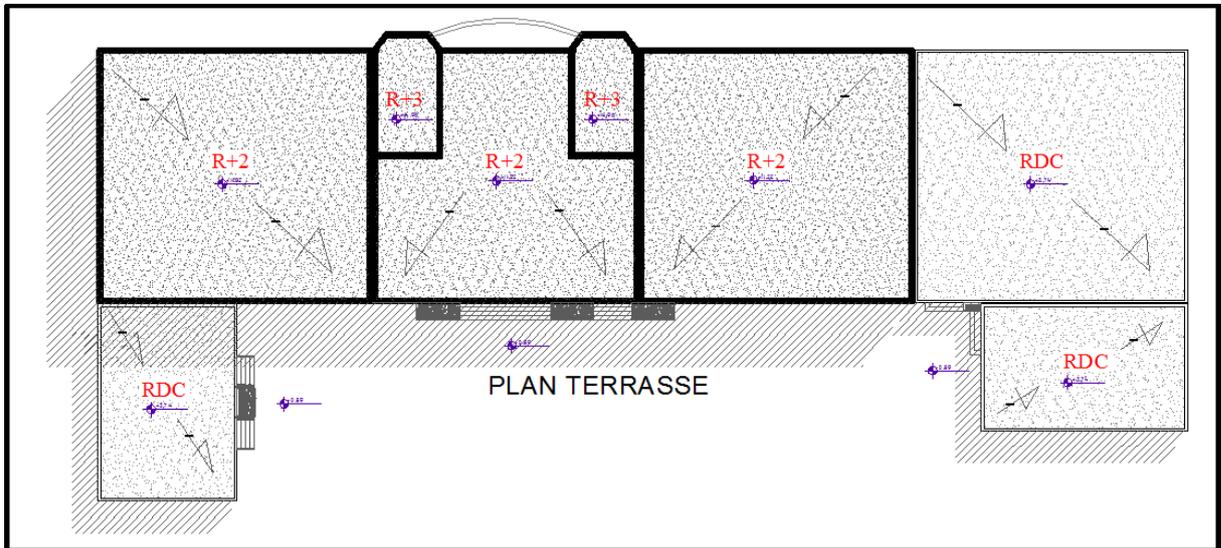


Figure n°15 : plan terrasse du collège (source SARL ICARA)

3.3.6. Les façades et les coupes:

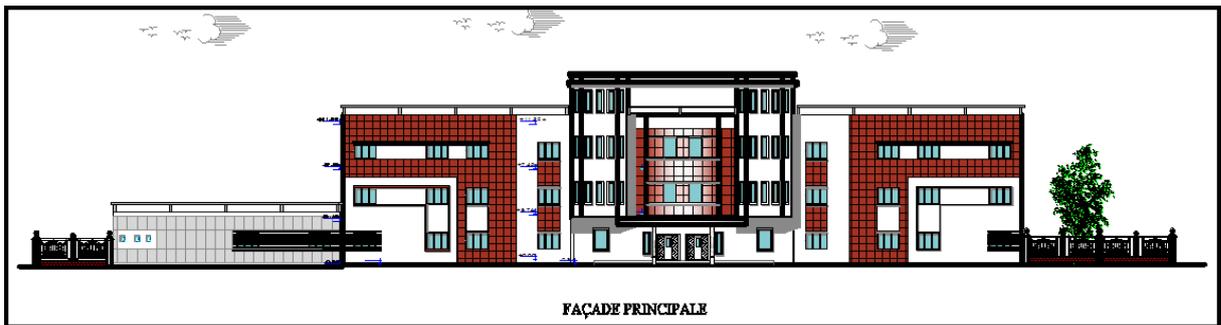


Figure n°16 : la façade principale (source SARL ICARA)

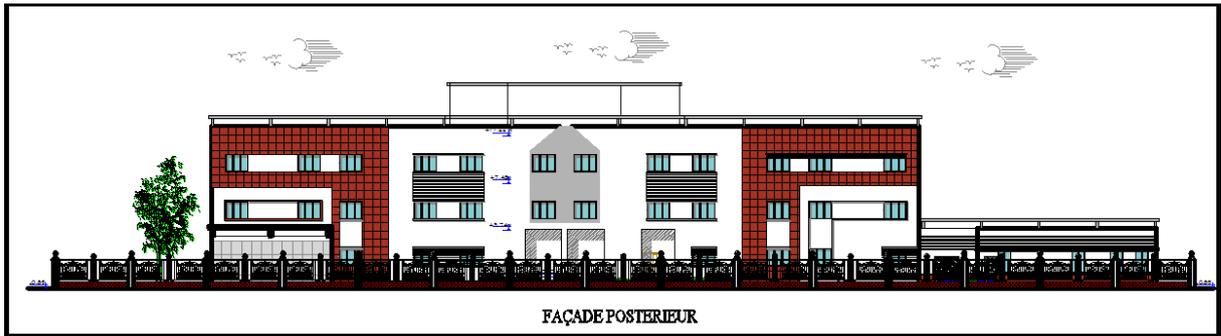


Figure n°17 : la façade postérieure (source SARL ICARA)

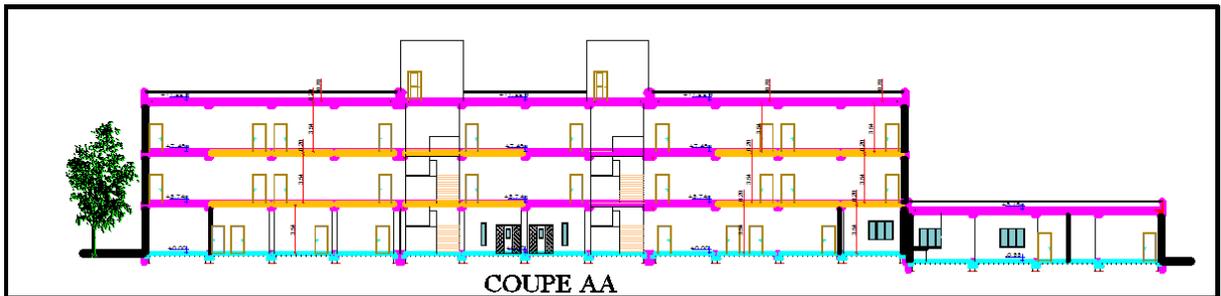


Figure n°18 : la coupe AA (source SARL ICARA)

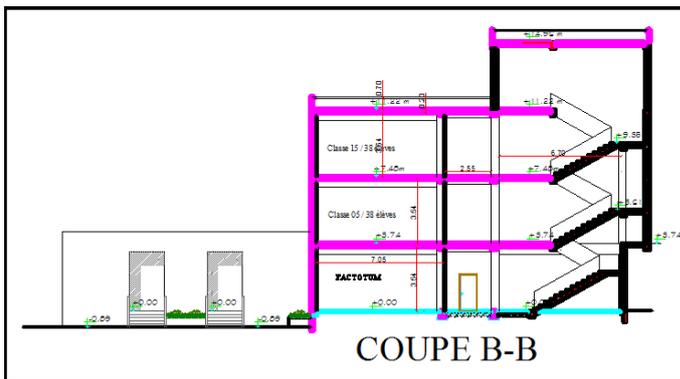


Figure n°19 : la coupe BB (source SARL ICARA)



Figure n°20 : photo réelle du collège (source auteur)

### 3.4. La Simulation du projet

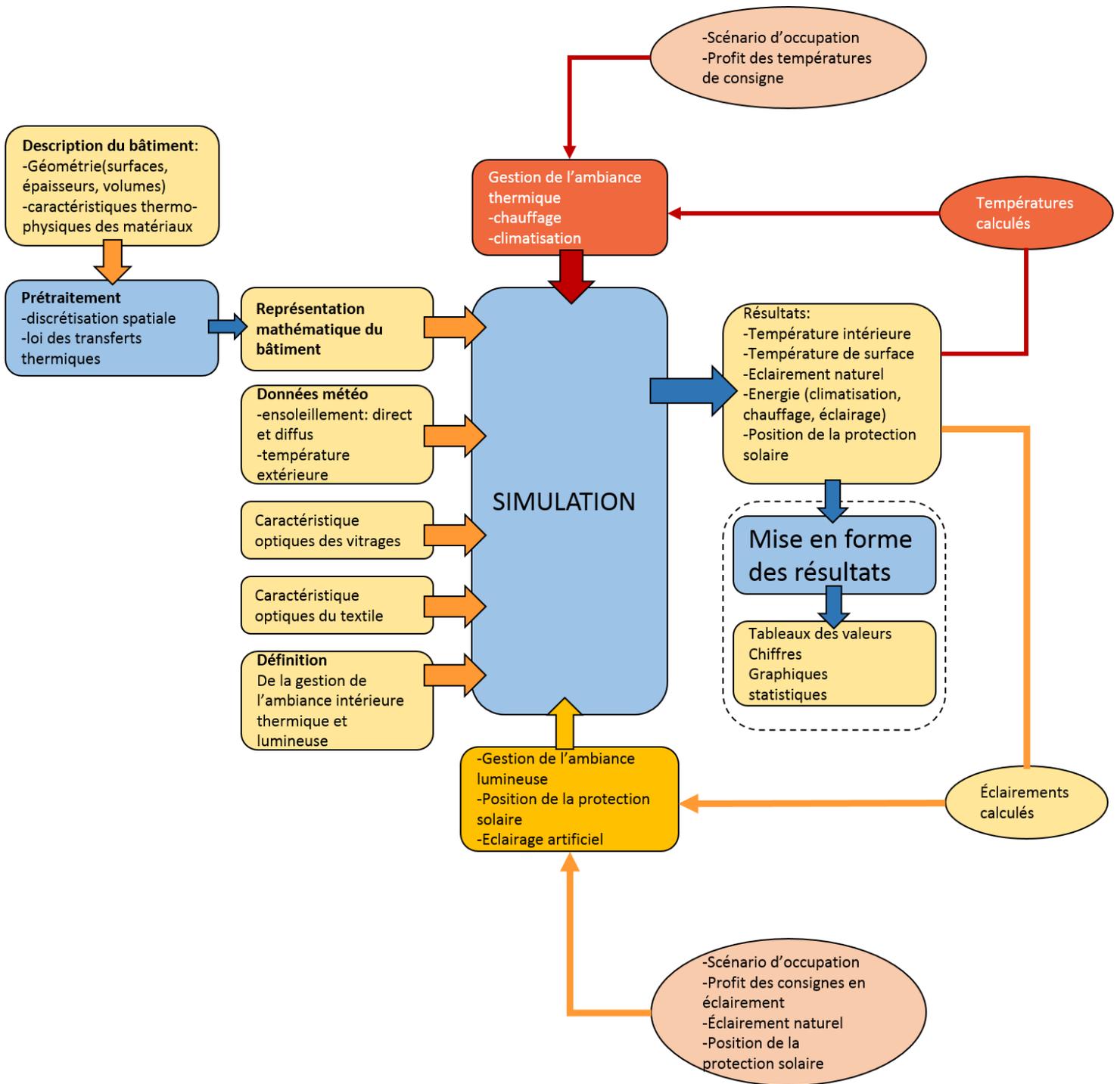


Figure n°21 : schéma explicatif de la simulation d'un projet (source auteur)

### *3.4.1. Le protocole :*

La simulation constitue une étape de la démarche de conception d'un système. Faisant suite à la modélisation, elle constitue une véritable forme d'expérimentation portant sur le modèle numérique. Un protocole de simulation ressemble donc essentiellement à un protocole expérimental. Il faudra cependant régler le simulateur lui-même pour le rapprocher au mieux de la réalité.

La simulation nous permet de tester de nombreuses valeurs des paramètres en peu de temps, alors qu'une expérimentation directe est toujours beaucoup plus longue à mettre en œuvre.

La rénovation énergétique du collège dépend de la consommation énergétique du bâtiment et d'autres paramètres qui influencent le confort thermique des occupants.

La modélisation du collège par le logiciel de simulation permet d'étudier le comportement du bâtiment durant le temps, en intégrant les paramètres de localisation et du climat, les activités et l'occupation, les matériaux de construction et les systèmes énergétiques utilisés dans le bâtiment.

### *3.4.2. Le logiciel de simulation : le logiciel utilisé dans cette étude est Design Builder.*

DesignBuilder est un logiciel de simulation dynamique, possédant une interface graphique offrant de nombreuses fonctionnalités.

- Calcul des déperditions/gains thermiques de l'enveloppe en hiver/été
- Dimensionnement du chauffage
- Dimensionnement du rafraichissement par ventilation naturelle et/ou climatisation
- Simulation dynamique (STD) restituant des données de confort, de bilan thermique, ventilation, etc.
- Construction en 3D réaliste avec vue des ombres portées (maquette BIM)
- Modeleur du bâtiment incluant des assistants de création de fenêtre, composition de la construction, détection automatique du type de paroi qui vous évitent de nombreuses saisies ou dessin

-Gestion de l'occupation, de la ventilation mécanique, des ouvertures de fenêtre, de l'occultation des baies, des apports internes ... par planning paramétrable selon le type de jour, les mois, les heures (ou infra horaire)

-Economie d'énergie : free-cooling, récupérateur d'énergie sur air extrait, ventilation nocturne, gradation de l'éclairage selon la luminosité, régulation des températures d'air soufflé selon la demande, volume d'air variable ... déjà disponible en quelques clics.

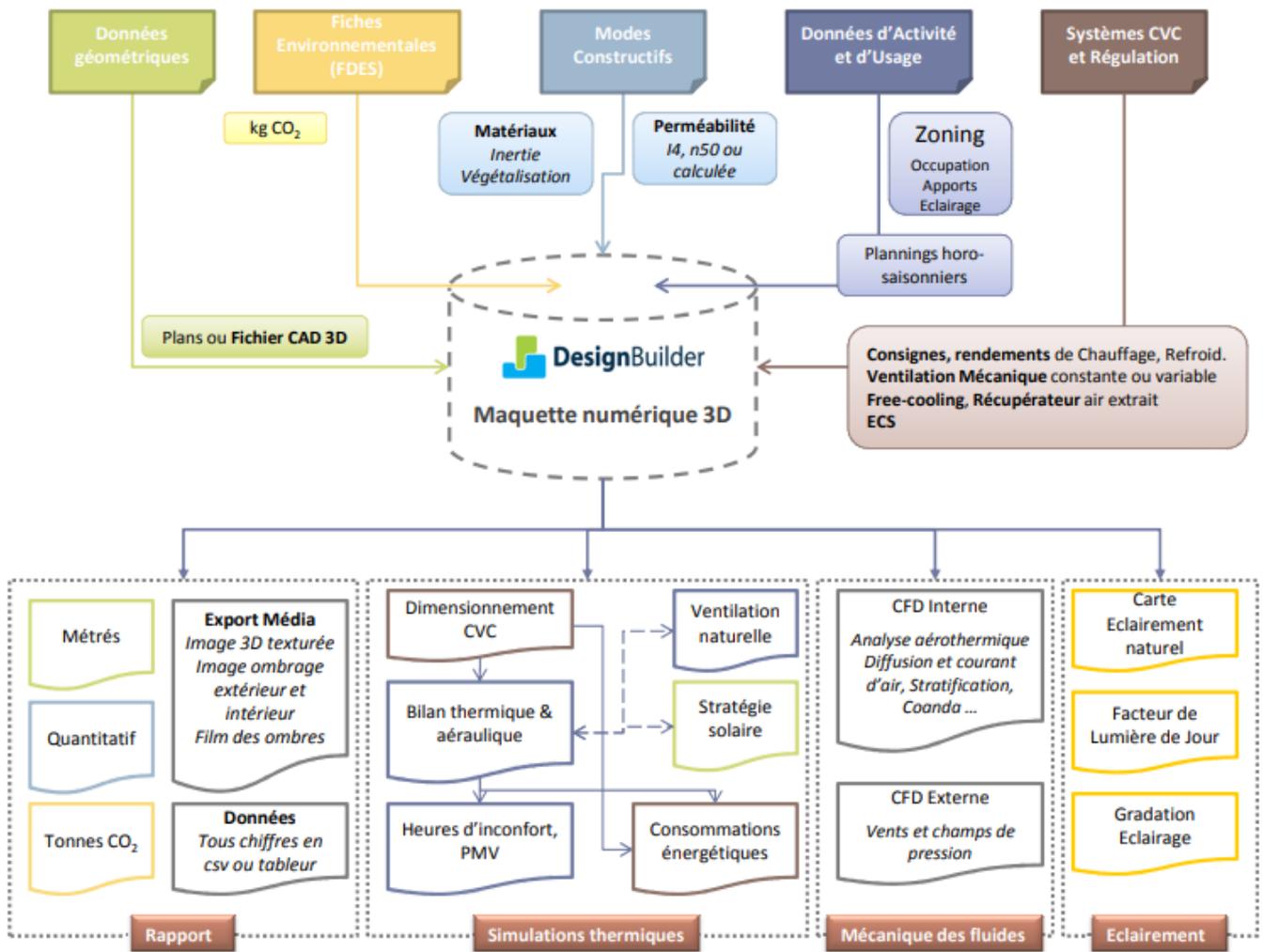


Figure n°22 : schéma explicatif du fonctionnement du logiciel design builder (source : batisim.net)

### 3.4.3. Les scénarios :

L'occupation du bâtiment va être du 7h du matin jusqu'au 17h du soir cinq jours par semaine du dimanche à jeudi, pendant l'année sauf le mois d'aout, les périodes de vacances et les jours de fêtes nationales et religieuses ; durant cette période d'occupation :

- le bâtiment doit résister aux températures extérieures d'hiver sans utiliser le chauffage.
- aux températures extérieures d'été sans utiliser la climatisation.
- la présence de la ventilation naturelle dans le bâtiment.

### 3.4.4. La mise en place des données du bâtiment :

a- la modélisation du bâtiment dans design builder:



Figure n°23 : la 3D du batiment vue sur la façade postérieur (source : logiciel design builder)

b- localisation du site : cité El Hachim, Oued Djer, Blida



Figure n°24 prédéfinition de la localisation du collège (source : logiciel design builder)

c-Fichier climatique du site :

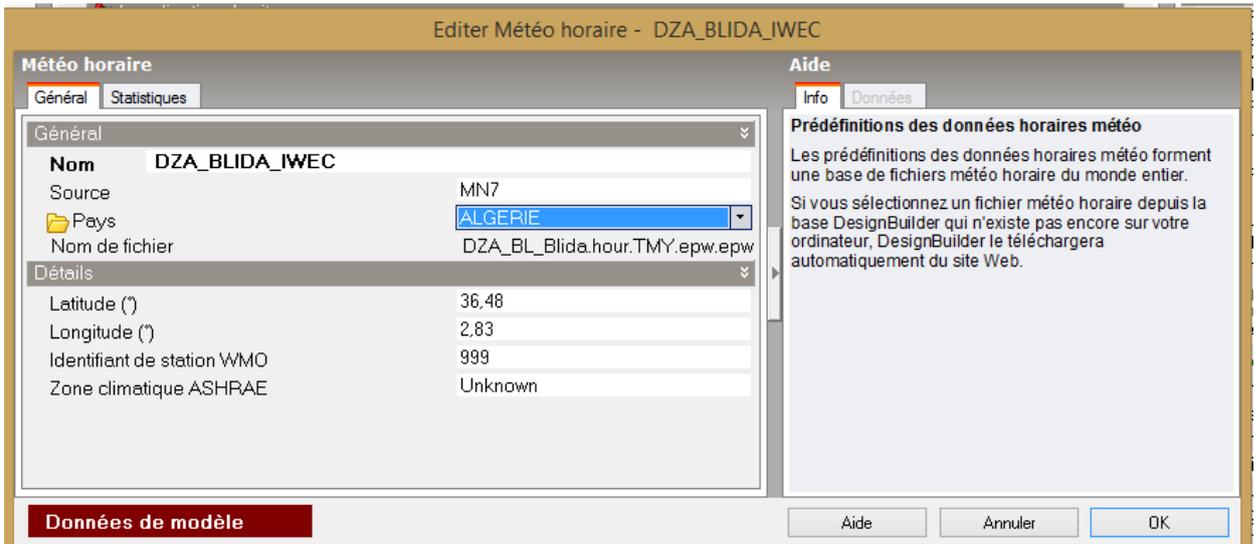


Figure n°25 : prédéfinition du fichier climatique du Blida (source : logiciel design builder)

d-Activités : administration, education, refectoire, et les température de consigne.

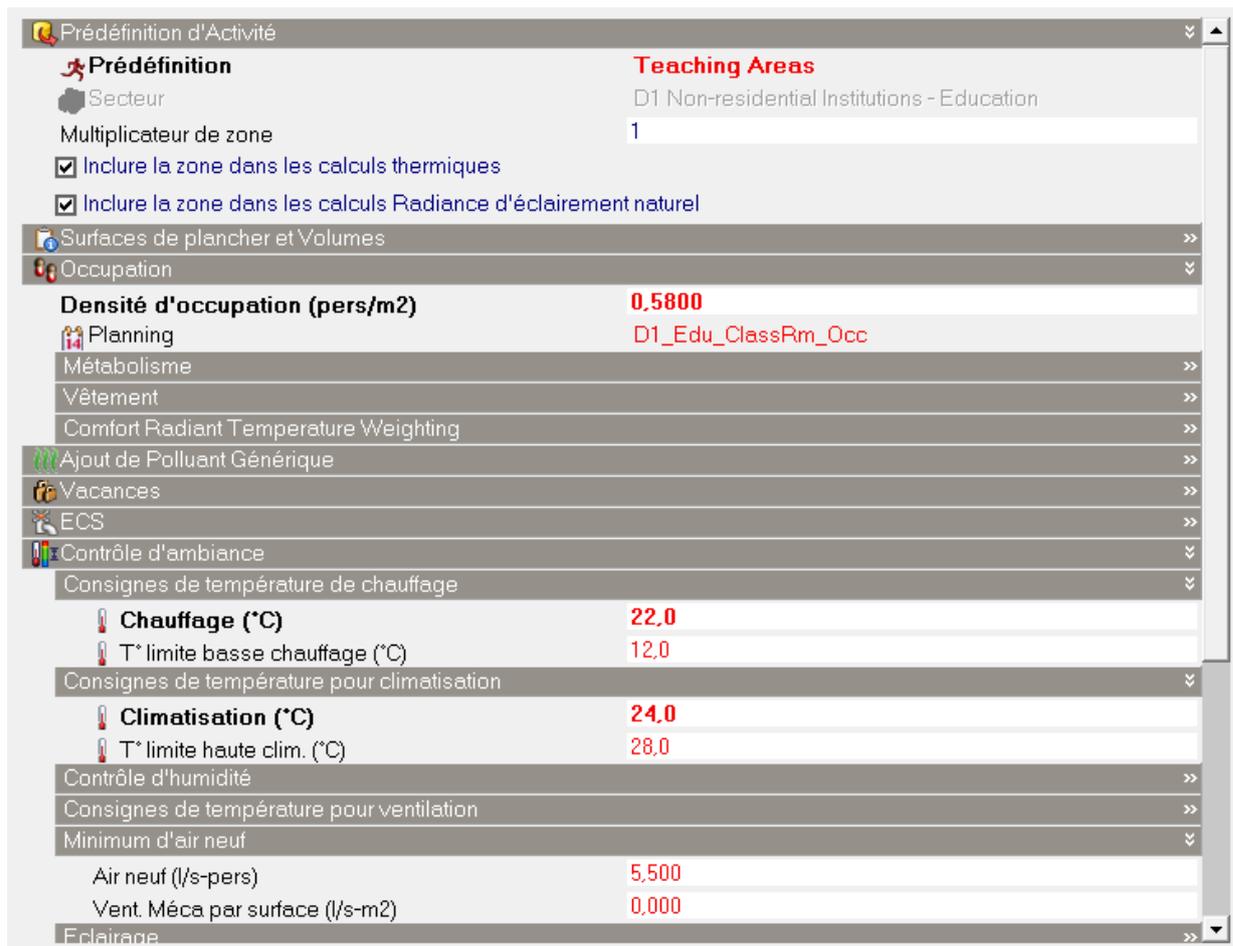


Figure n°26 : prédéfinition du planing et les températures de consigne (source : logiciel design builder)

e- prédéfinition des matériaux de construction dans design builder : les couches composant le mur extérieur de la plus externe vers la plus interne : mortier 2cm, brique 12cm, l'ame d'air de 6cm, brique 12cm, enduit en platre 2cm.

<b>Nom</b>	Projet de mur extérieur algérien	
Source		
Catégorie	Murs	
Région	ALGERIA	
Couleur		
<b>Définition</b>		
Méthode de définition	1-Couches	
<b>Paramètres de calcul</b>		
<b>Couches</b>		
Nombre de couches	5	
<b>Couche la plus externe</b>		
Matériau	Mortier	
Epaisseur (m)	0.0200	
<input type="checkbox"/> Avec pont thermique ?		
<b>Couche 2</b>		
Matériau	Brick	
Epaisseur (m)	0.1200	
<input type="checkbox"/> Avec pont thermique ?		
<b>Couche 3</b>		
Matériau	Air gap 5mm	
Epaisseur (non utilisée dans les calculs thermiques) (m)	0.0600	
<b>Couche 4</b>		
Matériau	Brick	
Epaisseur (m)	0.1200	
<input type="checkbox"/> Avec pont thermique ?		
<b>Couche la plus interne</b>		
Matériau	Gypsum Plastering	
Epaisseur (m)	0.0200	
<input type="checkbox"/> Avec pont thermique ?		

Figure n°27 : : la mise en ordre les matériaux de construction du mur extérieur du bâtiment (source : logiciel design builder)

Les couches composant les Cloisons internes : enduit en platre 2cm, brique 10cm, enduit en platre 2cm.

<b>Nom</b>	Projet de cloison interne algérien	
Source		
Catégorie	Cloisons	
Région	ALGERIA	
Couleur		
<b>Définition</b>		
Méthode de définition	1-Couches	
<b>Paramètres de calcul</b>		
<b>Couches</b>		
Nombre de couches	3	
<b>Couche la plus externe</b>		
Matériau	Gypsum Plastering	
Epaisseur (m)	0.0200	
<input type="checkbox"/> Avec pont thermique ?		
<b>Couche 2</b>		
Matériau	Brick	
Epaisseur (m)	0.1000	
<input type="checkbox"/> Avec pont thermique ?		
<b>Couche la plus interne</b>		
Matériau	Gypsum Plastering	
Epaisseur (m)	0.0200	
<input type="checkbox"/> Avec pont thermique ?		

Figure n°28 : la mise en ordre les matériaux de construction des cloisons internes du bâtiment (source : logiciel design builder)

Les couches composant le plancher bas sur terrain de la plus externe vers la plus interne : dalle en béton armé de 10cm, mortier de 3cm, carrelage 2cm.

<b>Nom</b>	Projet de plancher bas sur terrain algérien	
Source		
Catégorie	Planchers (sur terrain)	
Région	ALGERIA	
Couleur		
<b>Définition</b>		
Méthode de définition	1-Couches	
<b>Paramètres de calcul</b>		
<b>Couches</b>		
Nombre de couches	3	
<b>Couche la plus externe</b>		
Matériau	Cast Concrete	
Epaisseur (m)	0,1000	
<input type="checkbox"/> Avec pont thermique ?		
<b>Couche 2</b>		
Matériau	Mortar	
Epaisseur (m)	0,0300	
<input type="checkbox"/> Avec pont thermique ?		
<b>Couche la plus interne</b>		
Matériau	Ceramic/clay tiles - ceramic floor tiles Dry	
Epaisseur (m)	0,0200	
<input type="checkbox"/> Avec pont thermique ?		

Figure n°29 : la mise en ordre les matériaux de construction du plancher bas du bâtiment (source : logiciel design builder)

Les couches composant le plancher externe de la plus externe vers la plus interne : dalle en béton armé de 20cm, enduit en plâtre de 3cm.

<b>Nom</b>	Projet de plancher externe algérien	
Source		
Catégorie	Planchers (extérieurs)	
Région	ALGERIA	
Couleur		
<b>Définition</b>		
Méthode de définition	1-Couches	
<b>Paramètres de calcul</b>		
<b>Couches</b>		
Nombre de couches	2	
<b>Couche la plus externe</b>		
Matériau	Cast Concrete	
Epaisseur (m)	0,2000	
<input type="checkbox"/> Avec pont thermique ?		
<b>Couche la plus interne</b>		
Matériau	Gypsum Plastering	
Epaisseur (m)	0,0200	
<input type="checkbox"/> Avec pont thermique ?		

Figure n°30 : la mise en ordre les matériaux de construction du plancher externe du bâtiment (source : logiciel design builder)

Les couches composant les planchers intermédiaires: enduit en plâtre de 2cm, dalle en béton armé de 20cm, mortier 3cm, carrelage 2cm.

<b>Nom</b>	Projet de plancher interne algérien
Source	
Catégorie	Planchers (intermédiaires)
Région	ALGERIA
Couleur	
<b>Définition</b>	
Méthode de définition	1-Couches
<b>Paramètres de calcul</b>	
<b>Couches</b>	
Nombre de couches	4
<b>Couche la plus externe</b>	
Matériau	Gypsum Plastering
Epaisseur (m)	0.0200
<input type="checkbox"/> Avec pont thermique ?	
<b>Couche 2</b>	
Matériau	Cast Concrete
Epaisseur (m)	0.2000
<input type="checkbox"/> Avec pont thermique ?	
<b>Couche 3</b>	
Matériau	Mortar
Epaisseur (m)	0.0300
<input type="checkbox"/> Avec pont thermique ?	
<b>Couche la plus interne</b>	
Matériau	Ceramic/clay tiles - ceramic tiles Dry
Epaisseur (m)	0.0200
<input type="checkbox"/> Avec pont thermique ?	

Figure n°31 : la mise en ordre les matériaux de construction des planchers intermédiaires du bâtiment (source : logiciel design builder)

f- prédéfinition du type d'ouvertures utilisées dans le bâtiment

Tableau de menuiserie												
Type												
ch e m a s												
Desg	Fenêtre en Aluminium à 03 vantaux vitrés.	Fenêtre en Aluminium à 01 vantail vitré.	Fenêtre en Aluminium à 01 vantail vitré.	Fenêtre vitré en Aluminium.	Fenêtre en Aluminium à 02 vantaux vitrés.	Porte en Aluminium à 01 vantaux.	Porte en Aluminium à 01 vantaux.	Porte en Aluminium à 02 vantaux.	Porte en Aluminium à 01 vantaux.			
Nbr	57	32	11	06	09	04	02	01	29	46	09	24

Tableau n°8 : tableau des menuiseries, (source : SARL ICARA)

	Prédéfinition de vitrage	
	<b>Prédéfinition</b>	Single glazing, clear, no shading
	Fenêtres externes	
	Type de vitrage	Sgl Clr 6mm
	<b>Disposition</b>	glazing
	Dimensions	>>
	Cadres et diviseurs	>>
	Ombrage	>>
	Contrôle flux d'air par fenêtres	>>
	Ouverture Libre	>>
	Fenêtres internes	>>
	Fenêtres de toiture inclinée/lucarnes	>>
	Portes	>>
	Aérations	>>

Figure n°32 : prédéfinition du type d'ouvertures (source : logiciel design builder)

g- prédéfinition d'éclairage suivant le planing d'activité

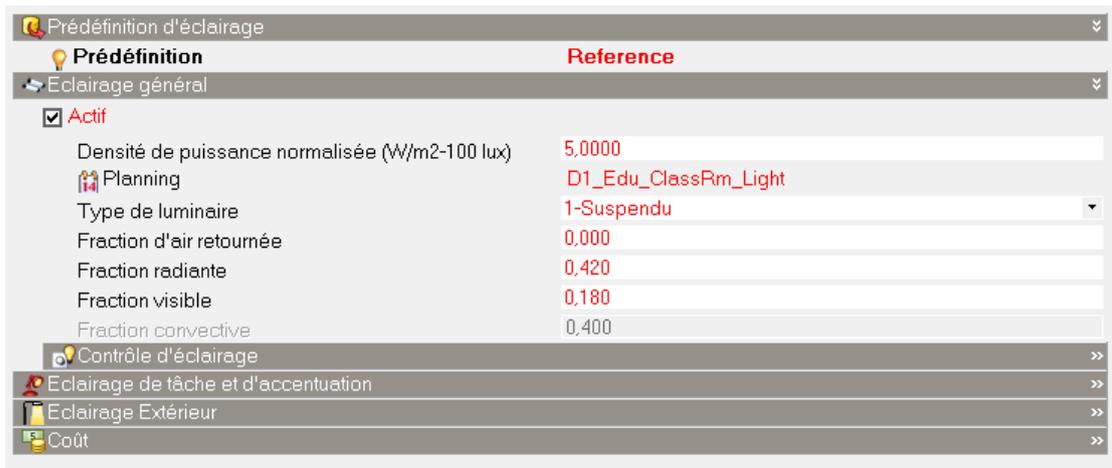


Figure n°33 : prédéfinition d'éclairage (source : logiciel design builder)

3.4.5. étude d'enseillement et projection des ombres du projet :

Le logiciel DESIGN DUILDER fourni à l'utilisateur l'options d'étudier l'enseillement du bâtiment suivant leur situation géographique, leur orientation, prenant en compte les batiments environnants, dont l'objectif est de distinguer les façades qui bénéficient de l'éclairage naturel et du rayonnement solaire en hiver, ce dernier va être traduit à des apports solaires qui permettent d'élever la température intérieure du batiment en hiver ce qui va améliorer le confort sans retourner à l'utilisation du chauffage.

Pa contre, les façades enseilées en été vont créer le phénomène de surchauffe dans le bâtiment à cause du transfert de chaleur de l'extérieur vers l'intérieur, ces façades doivent etre isolées et protejées durant la période chaude de l'été.

le batiment du collège est en R+2, il est orioté nord-ouest, bordé au sud par des batiments : logement publics locatifs de R+6

-L'enseillement le 21 décembre

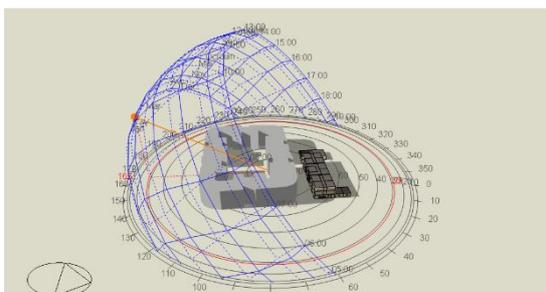


Figure n°34 : L'enseillement à 11 h du matin (source : logiciel design builder)

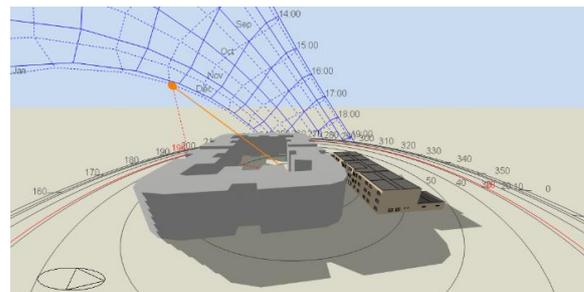


Figure n°35 : L'enseillement à 13 h du matin, (source : logiciel design builder)

Le bâtiment du collège n'est pas ensoleillé au mois de décembre : besoins importants en chauffage et éclairage.

-L'ensoleillement le 21 janvier

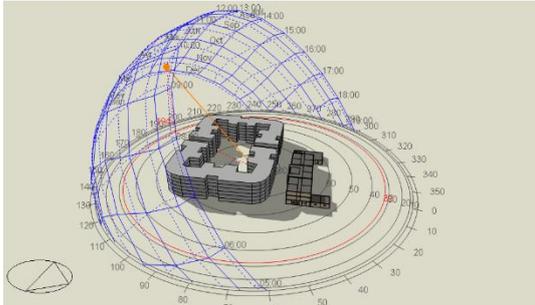


Figure n°36 : L'ensoleillement à 11 h du matin, (source : logiciel design builder)

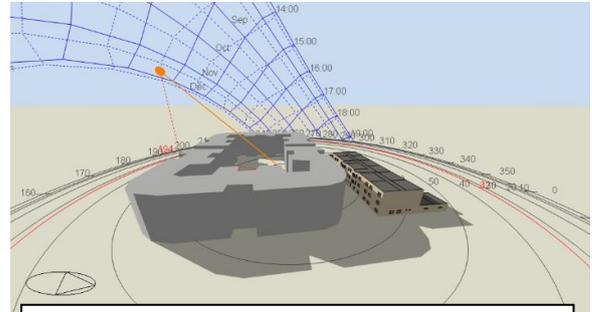


Figure n°37 : L'ensoleillement à 13 h du matin, (source : logiciel design builder)

Le bâtiment du collège n'est pas ensoleillé au mois de janvier : besoins importants en chauffage et éclairage.

-L'ensoleillement le 21 février

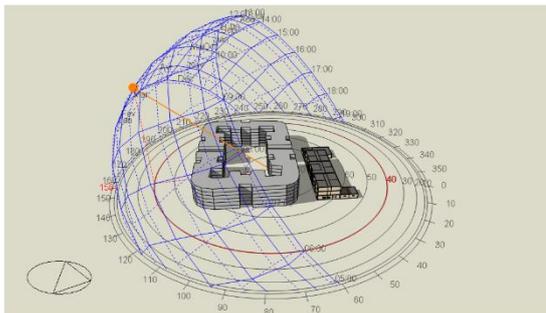


Figure n°38: L'ensoleillement à 11 h du matin, (source : logiciel design builder)

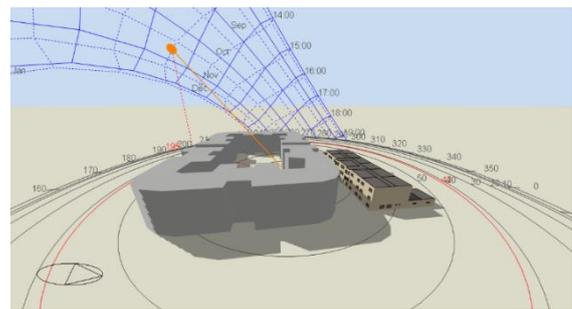


Figure n°39: L'ensoleillement à 13 h du matin, (source : logiciel design builder)

Le bâtiment du collège est moins ensoleillé au mois de février : besoins en chauffage et éclairage.

-L'ensoleillement le 21 mars

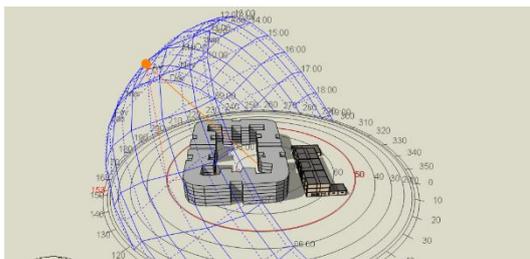


Figure n°40: L'ensoleillement à 11 h du matin, (source : logiciel design builder)

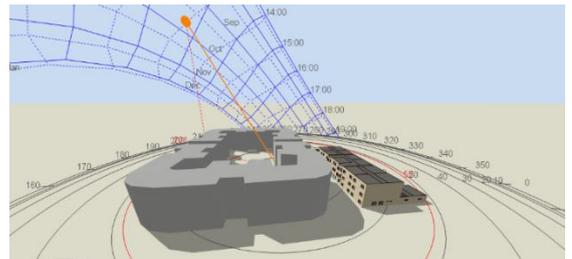


Figure n°41: L'ensoleillement à 13 h du matin, (source : logiciel design builder)

Le bâtiment du collège est ensoleillé au mois de mars : besoins faibles en chauffage et éclairage.

L'orientation du bâtiment et sa capacité à capter l'énergie solaire minimisent la facture énergétique. En capitalisant sur l'énergie naturelle fournie par le soleil en hiver, la consommation en chauffage peut être réduite de façon avantageuse, cela permet d'éviter le gaspillage d'énergie et de limiter l'usure des installations thermiques.

-L'ensoleillement le 21 avril

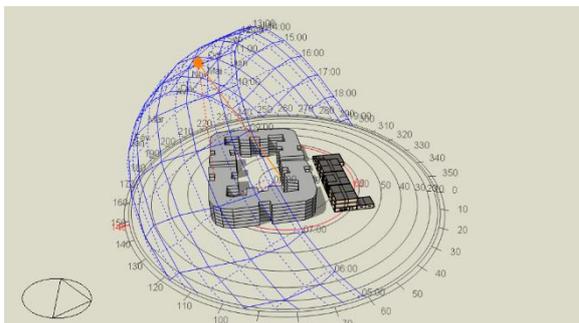


Figure n°42: L'ensoleillement à 11 h du matin, (source : logiciel design builder)

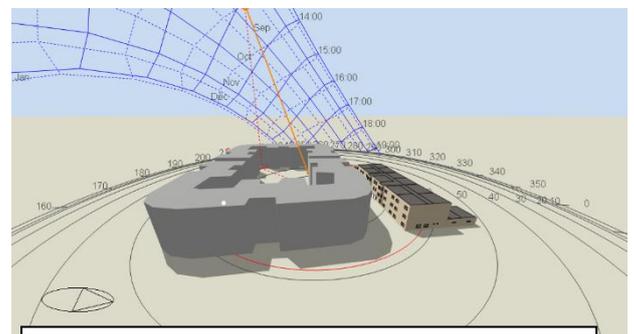


Figure n°43: L'ensoleillement à 13 h du matin, (source : logiciel design builder)

Le bâtiment du collège est ensoleillé au mois de avril : besoins faibles en chauffage et éclairage.

- L'ensoleillement le 21 mai

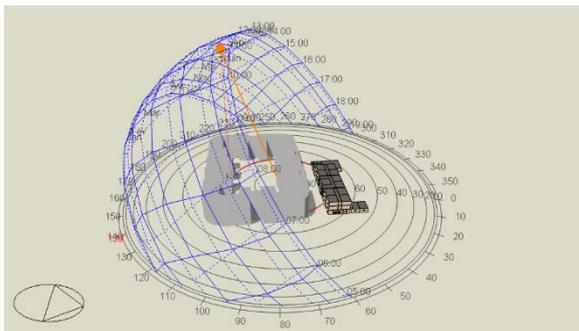


Figure n°44 : L'ensoleillement à 11 h du matin, (source : logiciel design builder)

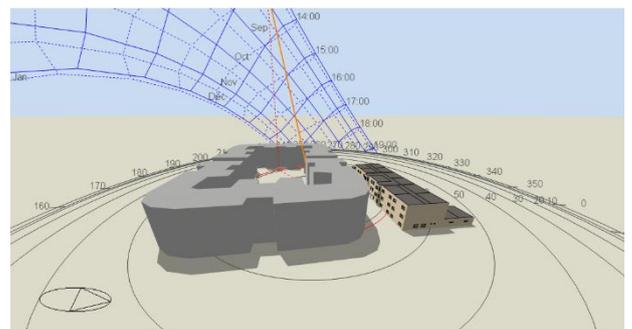


Figure n°45: L'ensoleillement à 13 h du matin, (source : logiciel design builder)

Le bâtiment du collège est bien ensoleillé au mois de mai : besoins très faibles en chauffage et éclairage.

-L'enseillement le 21 juin

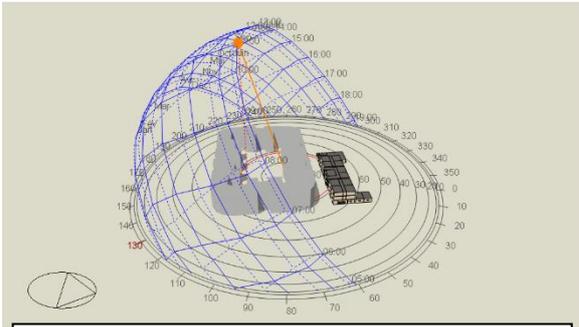


Figure n°46: L'enseillement à 11 h du matin, (source : logiciel design builder)

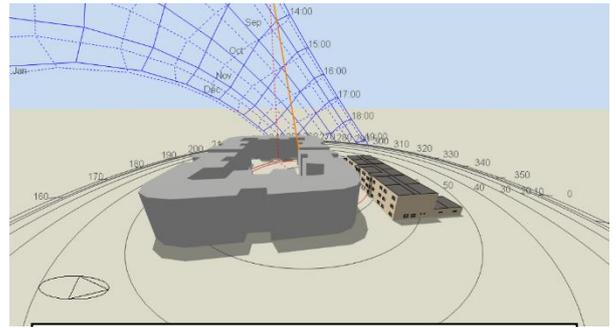


Figure n°47: L'enseillement à 13 h du matin, (source : logiciel design builder)

Le bâtiment du collège est très bien enseillé au mois de juin : phénomène de surchauffe besoins au refroidissement.

-L'enseillement le 21 juillet

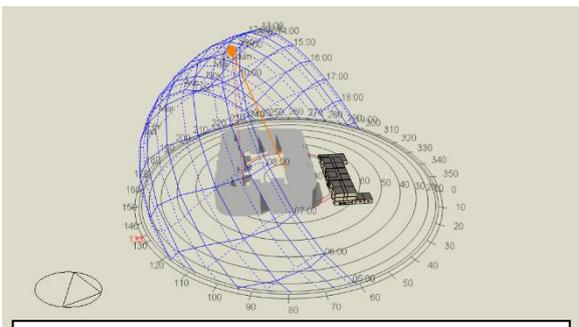


Figure n°48: L'enseillement à 11 h du matin, (source : logiciel design builder)

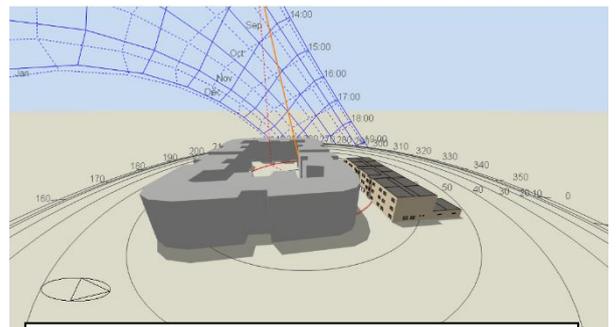


Figure n°49: L'enseillement à 13 h du matin, (source : logiciel design builder)

Enseillement très important au mois de juillet : phénomène de surchauffe besoins importants de se porter de soleil et au refroidissement uniquement pour l'administration selon le planing d'activité.

-L'enseillement le 21 aout

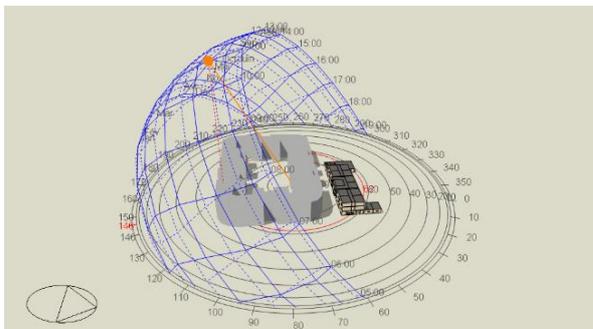


Figure n°50: L'enseillement à 11 h du matin, (source : logiciel design builder)

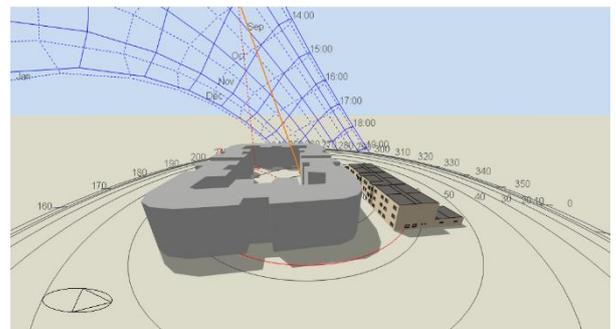


Figure n°51: L'enseillement à 13 h du matin, (source : logiciel design builder)

Ensoleillement important au mois de aout, selon le planing d'activité ; le collège sera fermer.

-L'ensoleillement le 21 septembre

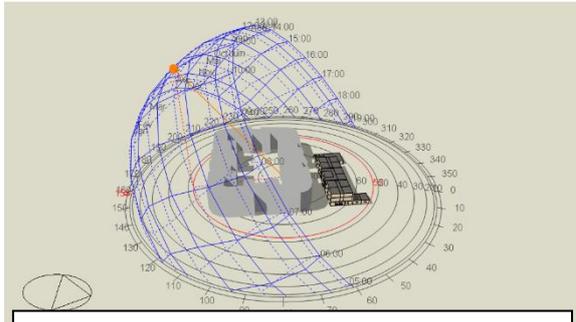


Figure n°52: L'ensoleillement à 11 h du matin, (source : logiciel design builder)

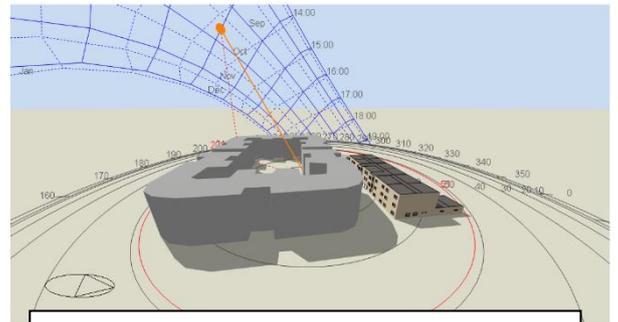


Figure n°53: L'ensoleillement à 13 h du matin, (source : logiciel design builder)

Le batiment du collège est bien ensoleillé au mois de septembre : besoins très faibles au refroidissement.

-L'ensoleillement le 21 octobre

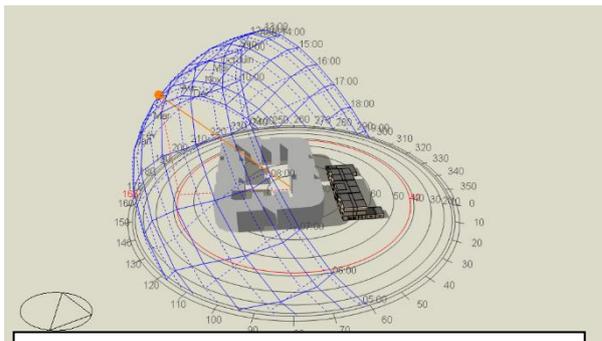


Figure n°54: L'ensoleillement à 11 h du matin, (source : logiciel design builder)

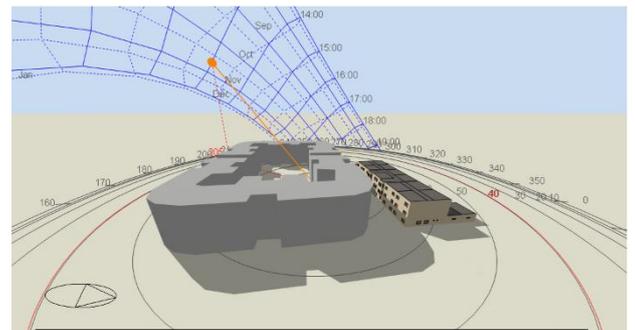


Figure n°55: L'ensoleillement à 13 h du matin, (source : logiciel design builder)

Le batiment du collège est moins ensoleillé au mois d'octobre : besoins faibles en chauffage et éclairage.

-L'ensoleillement le 21 novembre

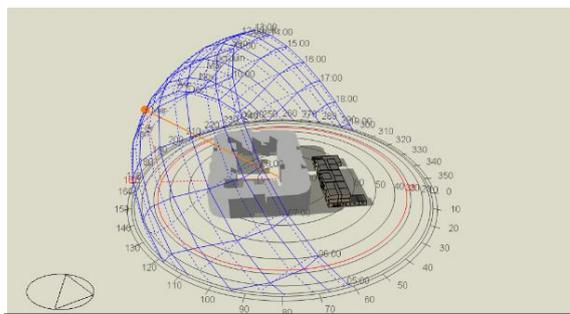


Figure n°56: L'ensoleillement à 11 h du matin, (source : logiciel design builder)

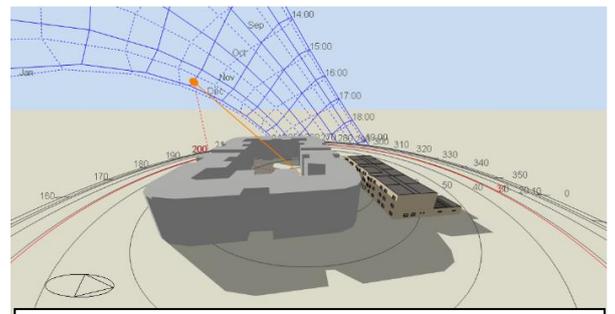


Figure n°57: L'ensoleillement à 13 h du matin, (source : logiciel design builder)

Le bâtiment du collège n'est pas ensoleillé au mois de novembre : besoins en chauffage et éclairage.

**3.5. Simulation et Interprétation des résultats :** le logiciel design builder utilise les données prédéfinies pour apercevoir le comportement de l'enveloppe du bâtiment par rapport aux températures extérieures.

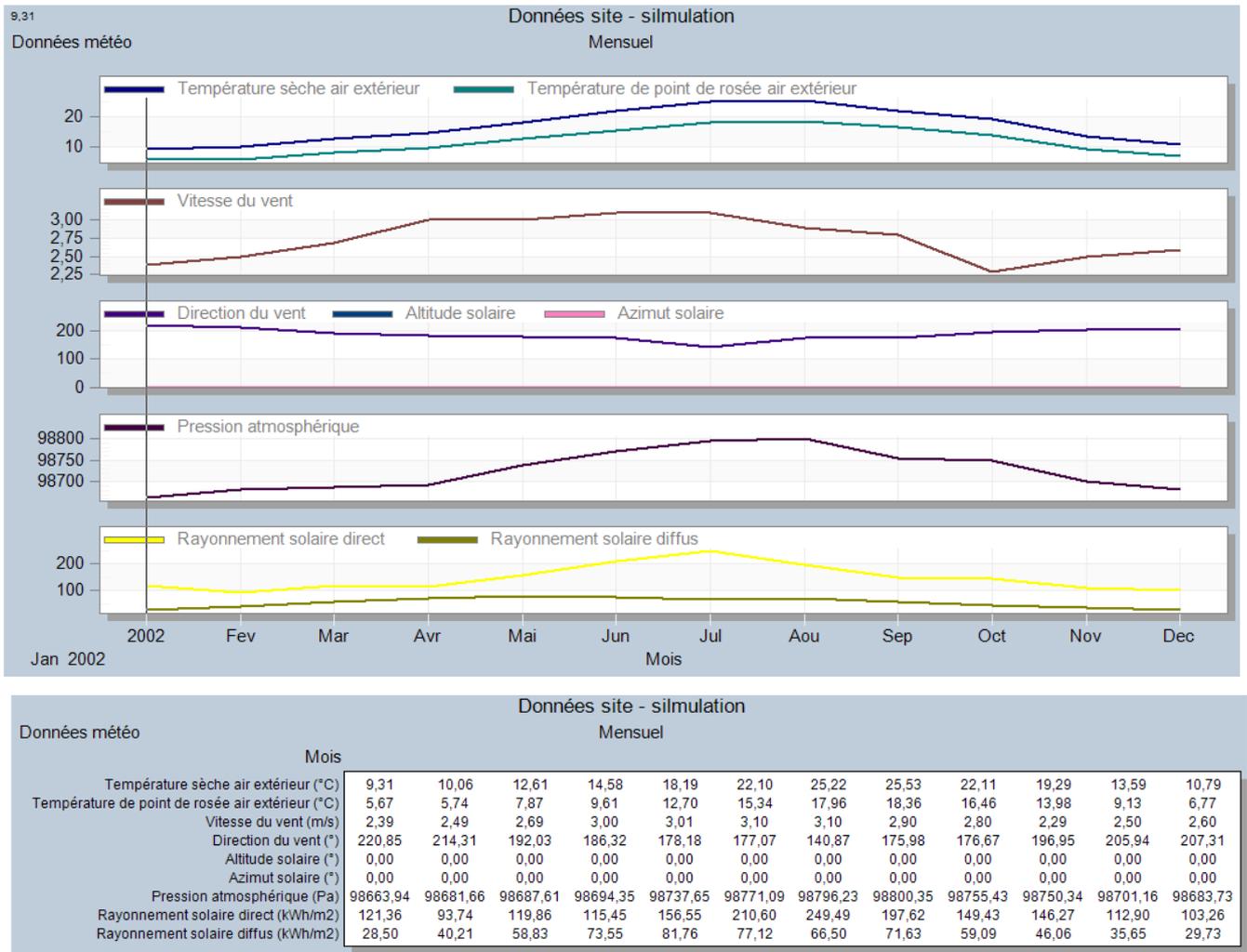


Figure n°58: graphes et table des données du site (source : logiciel design builder)

Interprétation : on remarque qu'au mois de décembre et janvier le bâtiment subit des températures extérieures faibles avec un rayonnement solaire plus faible, donc un besoin important au chauffage.

Un rayonnement solaire important au mois de juillet nécessite le refroidissement des locaux.

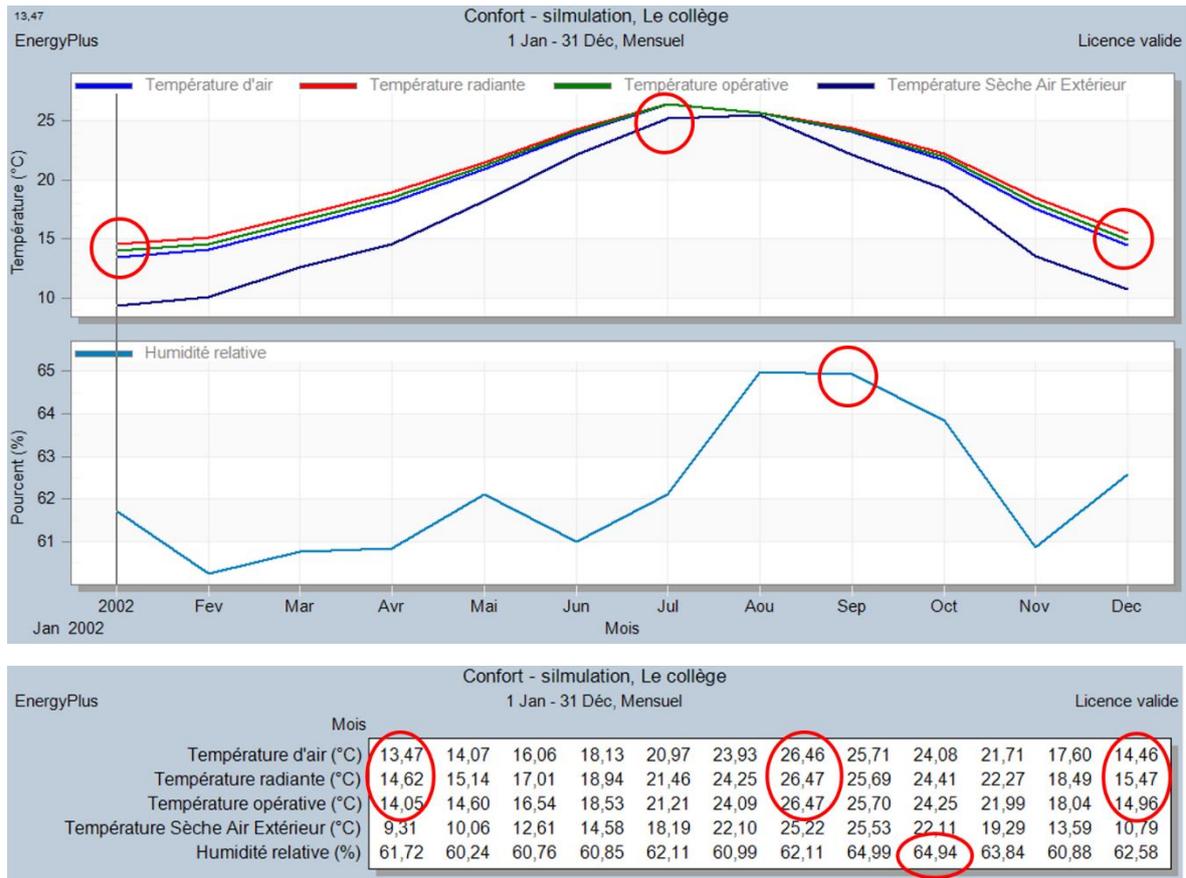


Figure n°59: graphes et table du confort durant l'année (source : logiciel design builder)

Interprétation : on remarque que

Les températures extérieures sont très faibles au mois de janvier et décembre, même à l'intérieur du bâtiment parce qu'il y a des infiltrations de l'air froid par l'enveloppe du bâtiment, et l'absence du chauffage, ce qui rend l'occupation inconfortable.

Sans utiliser la climatisation, les températures intérieures sont plus importantes que celles de l'extérieur au mois de juin et juillet à cause du réchauffement du bâtiment ce qui rend l'activité inconfortable

La température intérieure est toujours grande que celle de l'extérieur à cause des apports internes et solaires.

L'humidité est importante au mois de septembre ce qui influence le confort des occupants.

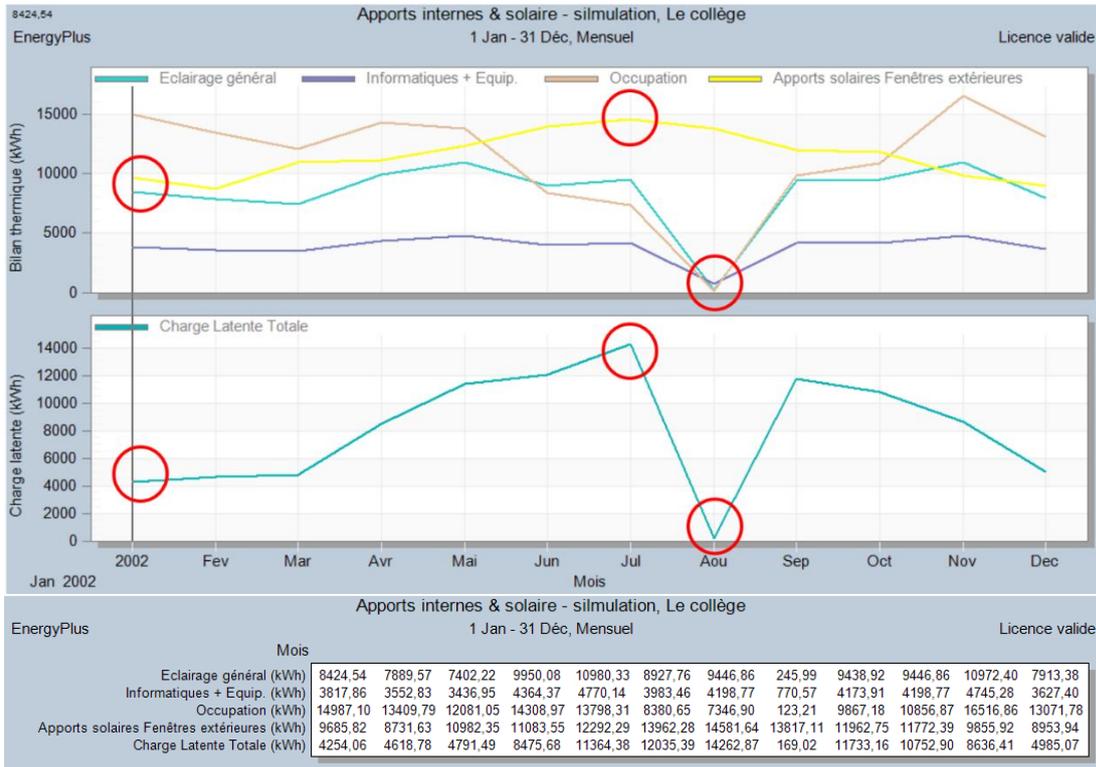


Figure n°60: graphes et table des apports internes et solaires durant l'année (source : logiciel design builder)

Interprétation : on remarque que les apports solaires et les apports d'éclairage et d'occupation sont importantes durant l'année sauf qu'au mois d'aout dont les apports d'éclairage et d'occupation sont nul à cause de la fermeture du collège.

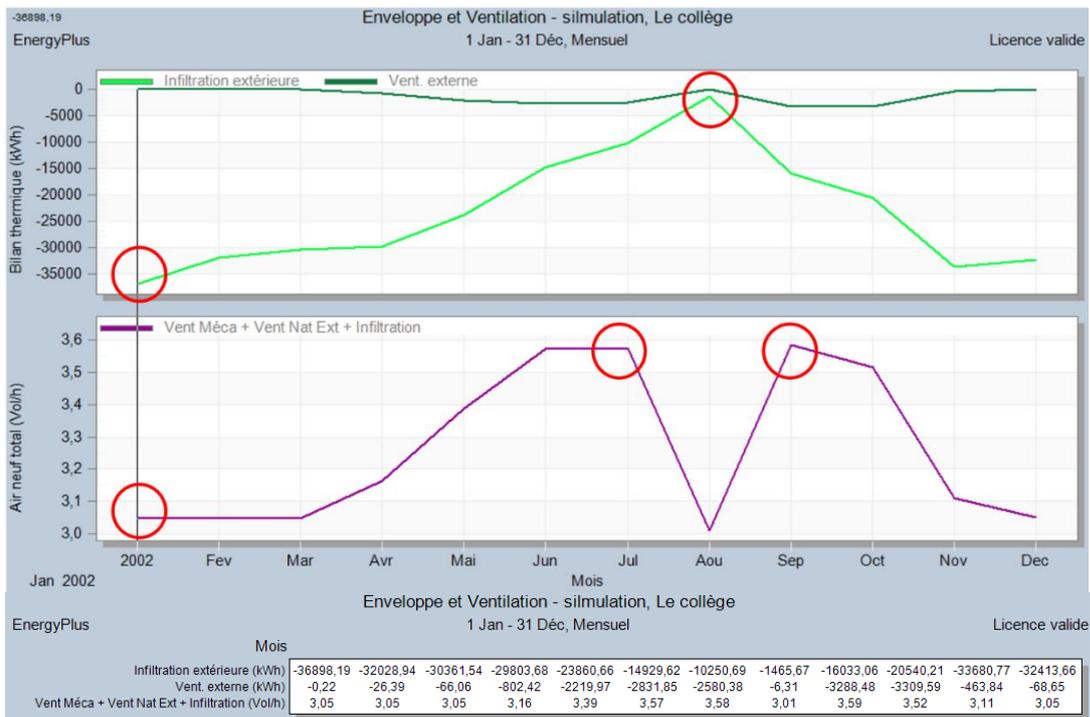


Figure n°61: graphes et table d'enveloppe et ventilation durant l'année (source : logiciel design builder)

Interprétation : on remarque que

Le bilan thermique du bâtiment est plus faible aux mois d'hiver à cause des infiltrations de l'air froid par l'enveloppe.

La ventilation est importante au mois de juillet et septembre à cause du besoin important d'aérer le bâtiment pour diminuer la température intérieure.

L'étanchéité de l'enveloppe du bâtiment est très faible ce qui aide l'air froid et l'air chaud de s'infiltrer à l'intérieur, cela influence le confort des occupants.

### **3.6. La rénovation thermique du bâtiment**

#### *3.6.1. Les scénarios de la rénovation thermique du bâtiment :*

L'amélioration des performances énergétiques du bâtiment par :

- ✓ La réduction des déperditions thermiques d'hiver par le renforcement de l'enveloppe du bâtiment.
- ✓ Travaux d'isolation thermique et d'étanchéité des parois, planchers intermédiaires et toitures
- ✓ Prévoir des protections solaires au niveau des fenêtres pour diminuer les apports solaires en été, et changer le simple vitrage par le double pour réduire les déperditions thermiques.
- ✓ Le recours à des systèmes de ventilation mécanique dans le bâtiment pour l'aération systématique des locaux qui ont besoin d'aération.

Des modalités de gestion permettent également de préparer et limiter l'impact des vagues de chaleur surtout au mois de juin et juillet. Des actions peuvent ainsi être menées avant les vagues de chaleur :

- ✓ Mener des actions de maintenance
- ✓ Prévoir des dispositifs de protections solaires
- ✓ Renforcer la ventilation et aération des locaux
- ✓ Permettre le brassage d'air
- ✓ Faire des espaces extérieurs de véritables îlot de fraîcheur.

Des actions sont-elles à réaliser pendant les vagues de chaleur

- ✓ Établir un schéma de fonctionnement à mettre en œuvre pendant les vagues de chaleur
- ✓ Informer et respecter les consignes d'ordre général de gestion en période de vague de chaleur.
- ✓ L'installation de systèmes actifs de gestion de températures garder par l'équipe pédagogique du bâtiment scolaire, afin de garantir le confort des occupants pendant leurs présences au collège.
- ✓ L'éducation aux éco-gestes dès le plus jeune âge par le développement des campagnes d'information auprès des publics scolaires permet de sensibiliser la population aux éco-gestes qui permettent des économies d'énergie significatives dès le plus jeune âge. Ce challenge sera aussi l'occasion d'évaluer l'impact de la sensibilisation des élèves sur les comportements de leurs familles en matière de consommations d'énergie et d'émissions carbone.

### 3.6.2. l'isolation thermique du bâtiment :

-Les infiltrations sont importantes au niveau des murs extérieurs, ils sont tous non isolés, les plafonds sont aussi une forte source de déperditions par rapport à leur surface, la perméabilité du bâtiment laisse à désirer à cause de quelques portes et fenêtres simple vitrage, ce qui laisse facilement de l'air froid de s'infiltrer.

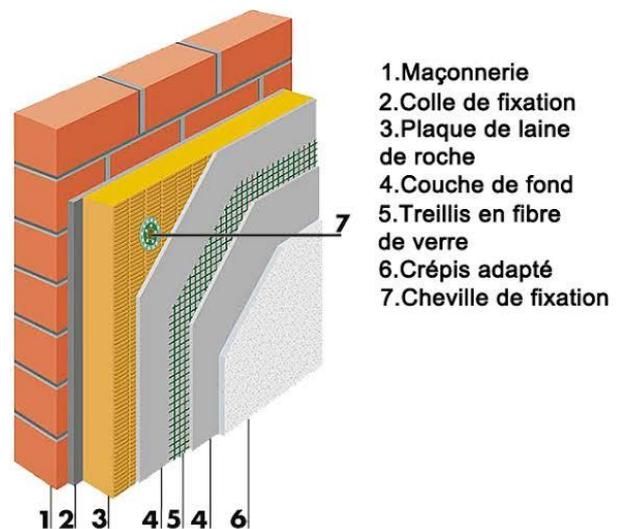


Figure n°62: les couches d'isolation thermique extérieure d'un mur (source : logiciel design builder)

- ✓ Prévoir une porte coulissante au niveau du hall d'entrée vers la cours de récréation pour réduire l'accès de l'air froid au bâtiment.
- ✓ Prévoir une isolation thermique extérieure par des panneaux de laine de verre de 12 cm d'épaisseur, en isolant l'enveloppe du bâtiment.

Définition	
Méthode de définition	1-Couches
Paramètres de calcul	
Couches	
Nombre de couches	7
Couche la plus externe	
Matériau	Mortar
Epaisseur (m)	0,0200
<input type="checkbox"/> Avec pont thermique ?	
Couche 2	
Matériau	Glass fibre/wool - wool, at 10C degrees
Epaisseur (m)	0,1200
<input type="checkbox"/> Avec pont thermique ?	
Couche 3	
Matériau	Mortar
Epaisseur (m)	0,0200
<input type="checkbox"/> Avec pont thermique ?	
Couche 4	
Matériau	Brick
Epaisseur (m)	0,1200
<input type="checkbox"/> Avec pont thermique ?	
Couche 5	
Matériau	Air gap 7mm
Epaisseur (non utilisée dans les calculs thermiques) (m)	0,0600
Couche 6	
Matériau	Brick
Epaisseur (m)	0,1200
<input type="checkbox"/> Avec pont thermique ?	
Couche la plus interne	
Matériau	Mortar
Epaisseur (m)	0,0200
<input type="checkbox"/> Avec pont thermique ?	

Figure n°63: prédéfinition de l'isolation thermique extérieur des parois extérieures (source : logiciel design builder)

- ✓ Prévoir une isolation thermique intérieure par des panneaux de laine de roche de 12 cm d'épaisseur, en isolant la toiture du bâtiment.

Nom	
Projet de plancher externe algérien isolé	
Source	
Catégorie	Planchers (extérieurs)
Région	ALGERIA
Couleur	
Définition	
Méthode de définition	1-Couches
Paramètres de calcul	
Couches	
Nombre de couches	4
Couche la plus externe	
Matériau	Cast Concrete
Epaisseur (m)	0,2000
<input type="checkbox"/> Avec pont thermique ?	
Couche 2	
Matériau	Gypsum Plastering
Epaisseur (m)	0,0200
<input type="checkbox"/> Avec pont thermique ?	
Couche 3	
Matériau	Rock wool - at 10C degrees
Epaisseur (m)	0,1200
<input type="checkbox"/> Avec pont thermique ?	
Couche la plus interne	
Matériau	Gypsum Plastering
Epaisseur (m)	0,0200
<input type="checkbox"/> Avec pont thermique ?	

Figure n°64: isolation thermique intérieur de la toiture (source : logiciel design builder)

Il faut également réfléchir aux différents plafonds du bâtiment: en effet, environ un tiers des pertes de chaleur proviennent des toitures car l'air chaud étant plus léger, il monte d'étage en étage. C'est pourquoi il est important d'isoler ses plafonds.

- ✓ Prévoir une isolation thermique intérieure des plafonds par la pose des planches de laine de roche de 12cm sous plafonds pour minimiser les déperditions thermiques.



Figure n°65: isolation thermique intérieur des plafonds (source : logiciel design builder)

Catégorie	Planchers (intermédiaires)
Région	ALGERIA
Couleur	
Définition	
Méthode de définition	1-Couches
Paramètres de calcul	
Couches	
Nombre de couches	6
Couche la plus externe	
Matériau	Gypsum Plastering
Epaisseur (m)	0,0200
<input type="checkbox"/> Avec pont thermique ?	
Couche 2	
Matériau	Rock wool - at 10C degrees
Epaisseur (m)	0,1200
<input type="checkbox"/> Avec pont thermique ?	
Couche 3	
Matériau	Gypsum Plastering
Epaisseur (m)	0,0200
<input type="checkbox"/> Avec pont thermique ?	
Couche 4	
Matériau	Cast Concrete
Epaisseur (m)	0,2000
<input type="checkbox"/> Avec pont thermique ?	
Couche 5	
Matériau	Morter
Epaisseur (m)	0,0300
<input type="checkbox"/> Avec pont thermique ?	
Couche la plus interne	
Matériau	Ceramic/clay tiles - ceramic tiles Dry
Epaisseur (m)	0,0200
<input type="checkbox"/> Avec pont thermique ?	

Figure n°66: prédéfinition de l'isolation thermique intérieure des plafonds (source : logiciel design builder)

- ✓ Remplacer le simple vitrage des fenêtres par le double vitrage pour renforcer l'isolation thermique du bâtiment.



Figure n°67: prédéfinition du double vitrage pour les fenestres, (source : logiciel design builder)

3.6.3. *Prévention de la ventilation mécanique* : qui permet de fournir de l'oxygène aux occupants du bâtiment et évacue l'humidité et les déchets de l'air, des modèles hygro-réglables d'appareils de ventilation mécanique, dotés d'une régulation automatique. Ils fonctionnent suivant la qualité de l'air intérieur et la température opérative des locaux pour réduire les déperditions thermiques et améliorer le confort des élèves.

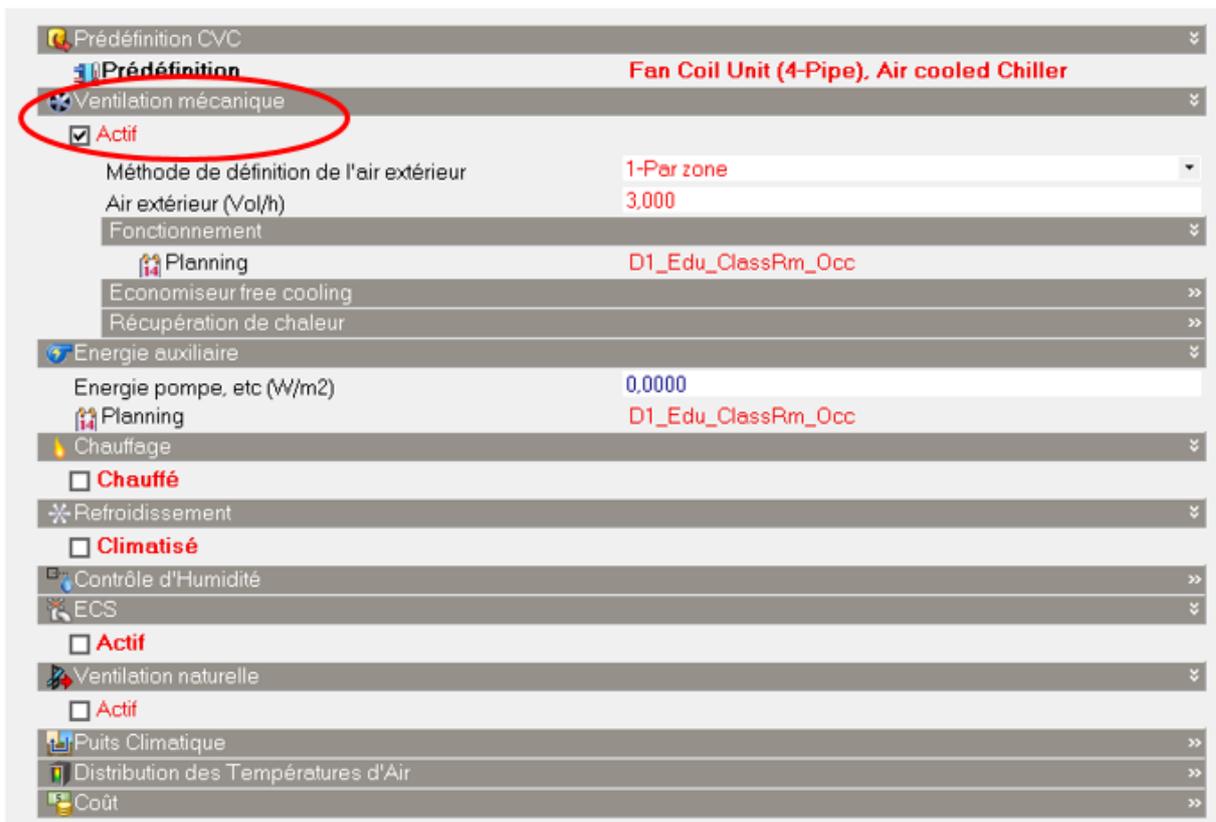


Figure n°68: prévention de la ventilation mécanique dans le bâtiment, (source : logiciel design builder)

### 3.7. Comparaison et interprétation des résultats de simulation avant et après la rénovation thermique du bâtiment.

#### 3.7.1. Comparaison des températures de confort avant et après la rénovation du bâtiment :

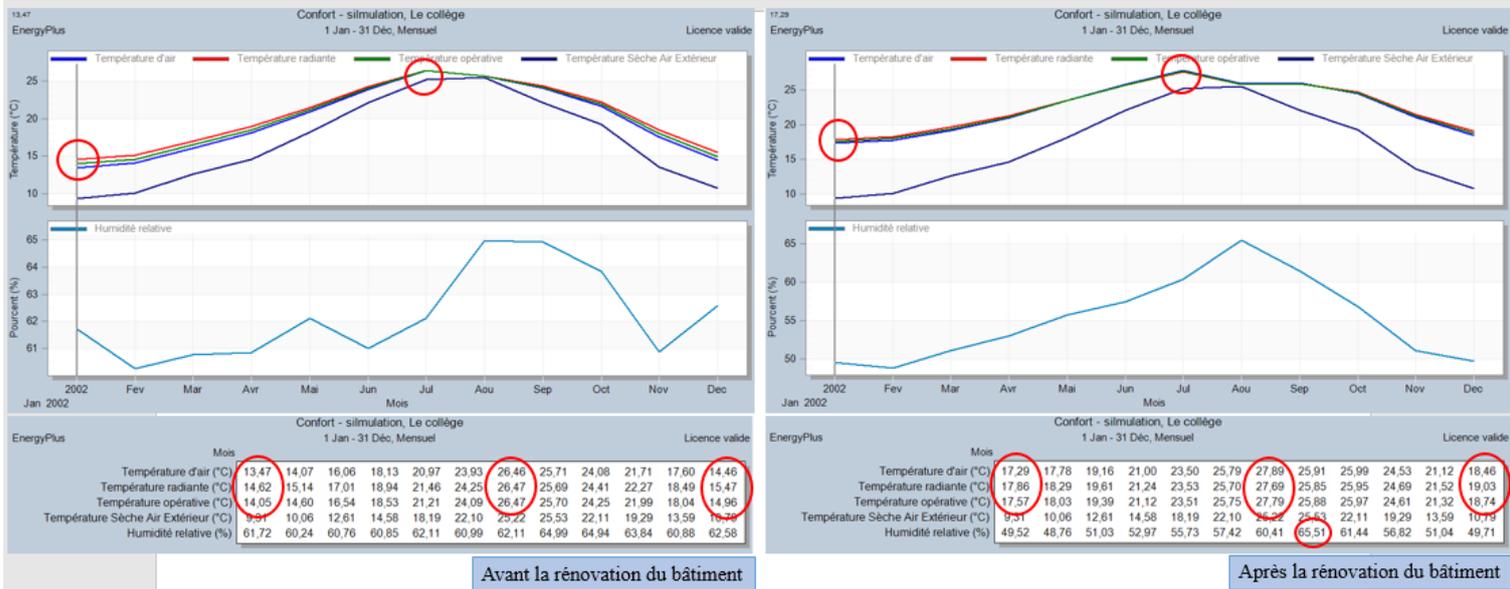


Figure n°69 : graphes et table du confort durant l'année avant et après la rénovation du bâtiment, (source : logiciel design builder)

Comparaison et interprétation : on remarque que les températures intérieures sont élevées après la rénovation du bâtiment aux mois d'hiver ce qui va améliorer le confort dans cette période de l'année, par contre, aux mois d'été les températures intérieures ont devenues plus importantes, même l'humidité relative ; besoin de renforcer la ventilation pour diminuer la chaleur aux mois de juin, juillet et septembre.

#### 3.7.2. Comparaison des apports internes et solaires avant et après la rénovation du bâtiment :

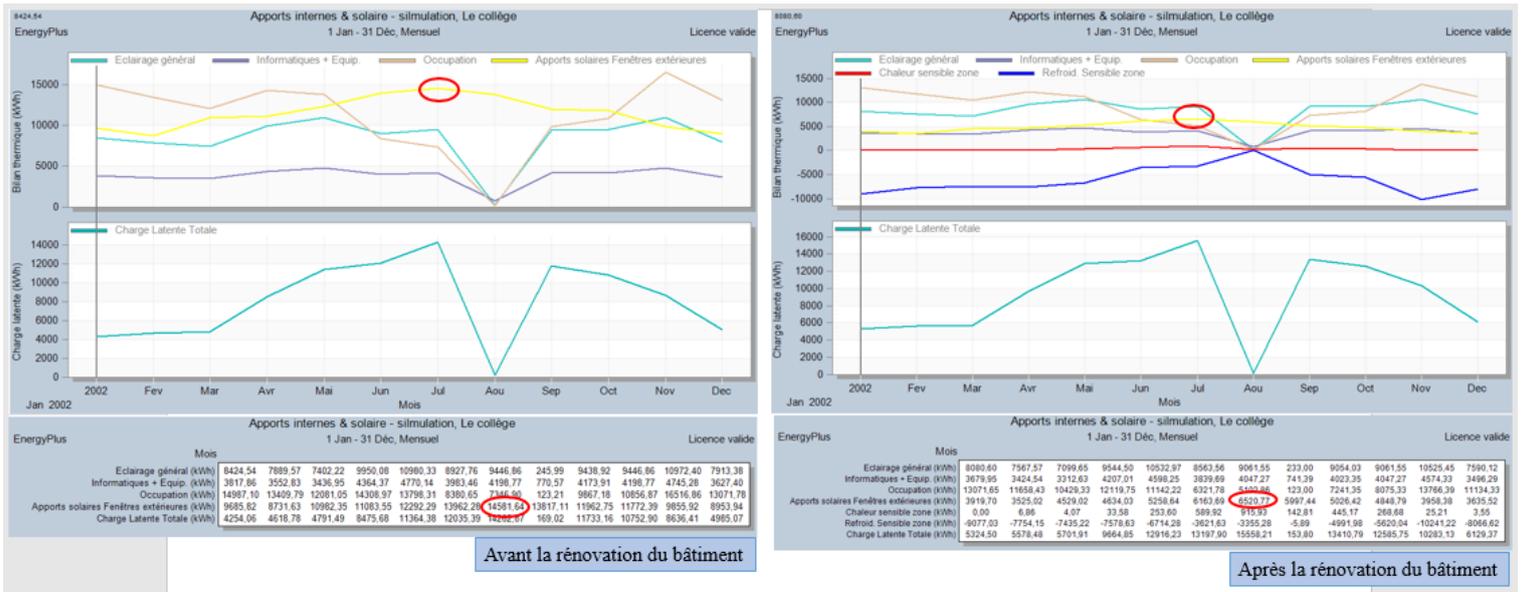


Figure n°70 : graphes et table des apports internes et solaires durant l'année avant et après la rénovation du bâtiment, (source : logiciel design builder)

Comparaison et interprétation : l'isolation thermique de l'enveloppe et les protections solaires des fenêtres ont diminué l'accès des apports solaires au bâtiment durant l'année mais les températures intérieures restent importantes aux mois de juin, juillet et septembre à cause des apports d'éclairage et d'occupation.

### 3.7.3. Comparaison de l'enveloppe et ventilation avant et après la rénovation du bâtiment

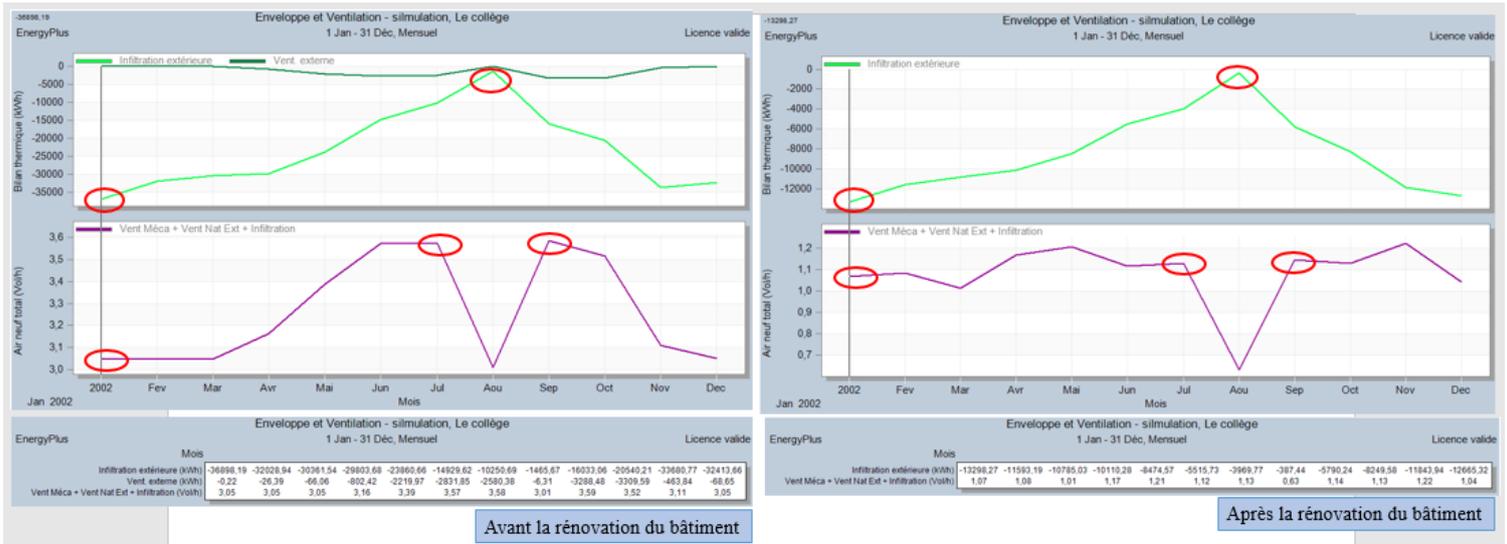


Figure n°71 : graphes et table d'enveloppe et ventilation avant et après la rénovation du bâtiment, (source : logiciel design builder)

Comparaison et interprétation : le bilan thermique du bâtiment a été amélioré aux mois d'hiver, parce que les infiltrations de l'air froid ont diminué, par contre, en été, les températures ont augmenté, ce qui a créé le phénomène de surchauffe durant cette période ; donc le bâtiment a besoin de se refroidir.

3.7.4. scénarios pour diminuer les température en été :

- l'intégration de la ventilation hybride dans le bâtiment afin de faire baisser les températures d'été.

- Si les températures restent hautes, on intègre un système de climatisation dans le bâtiment qui fonctionne par l'électricité du réseau.

3.7.5. les résultats de la simulation après l'intégration de la ventilation hybride :

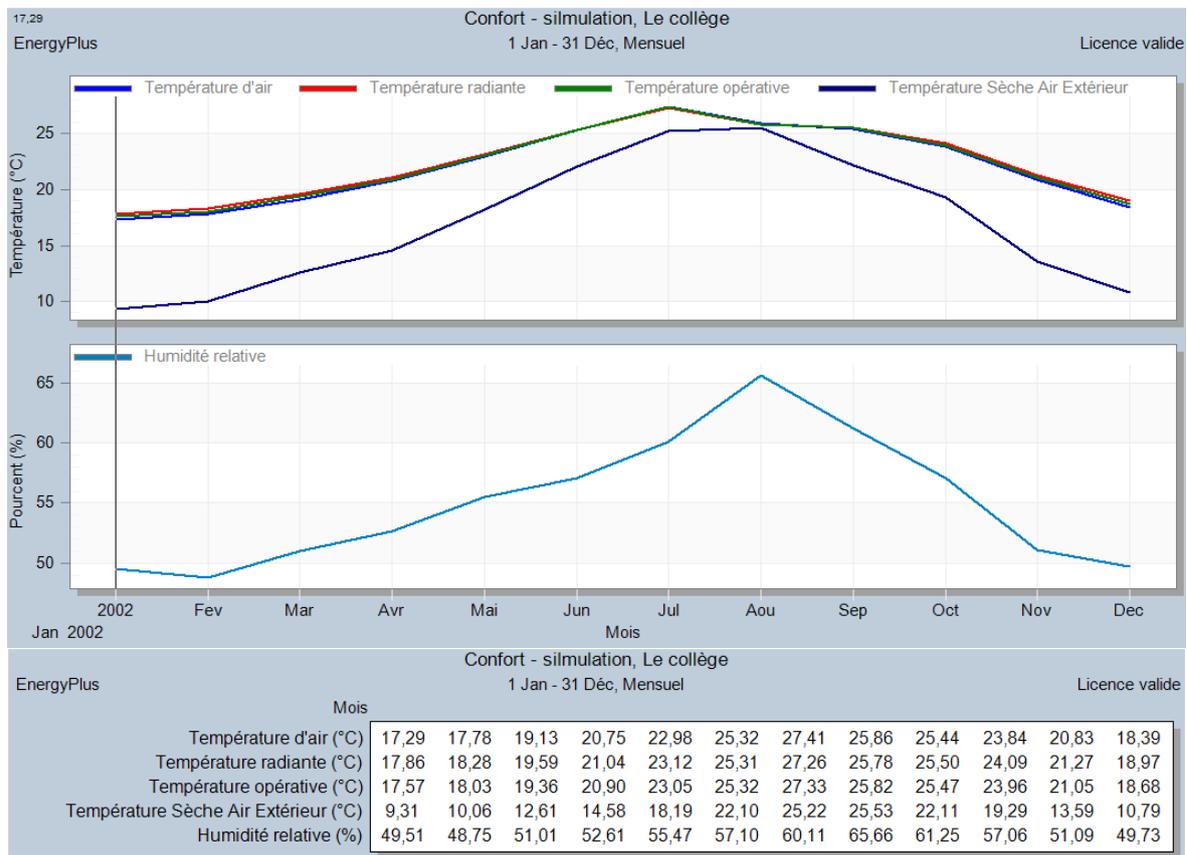


Figure n°72 : graphes et table de confort après l'intégration de la ventilation hybride (source : logiciel design builder)

Interprétation : on remarque que les températures intérieures aux mois d'été restent dominantes ce qui rend l'occupation inconfortable dans cette période.

3.7.6.les résultats de la simulation après l'intégration du système de climatisation :

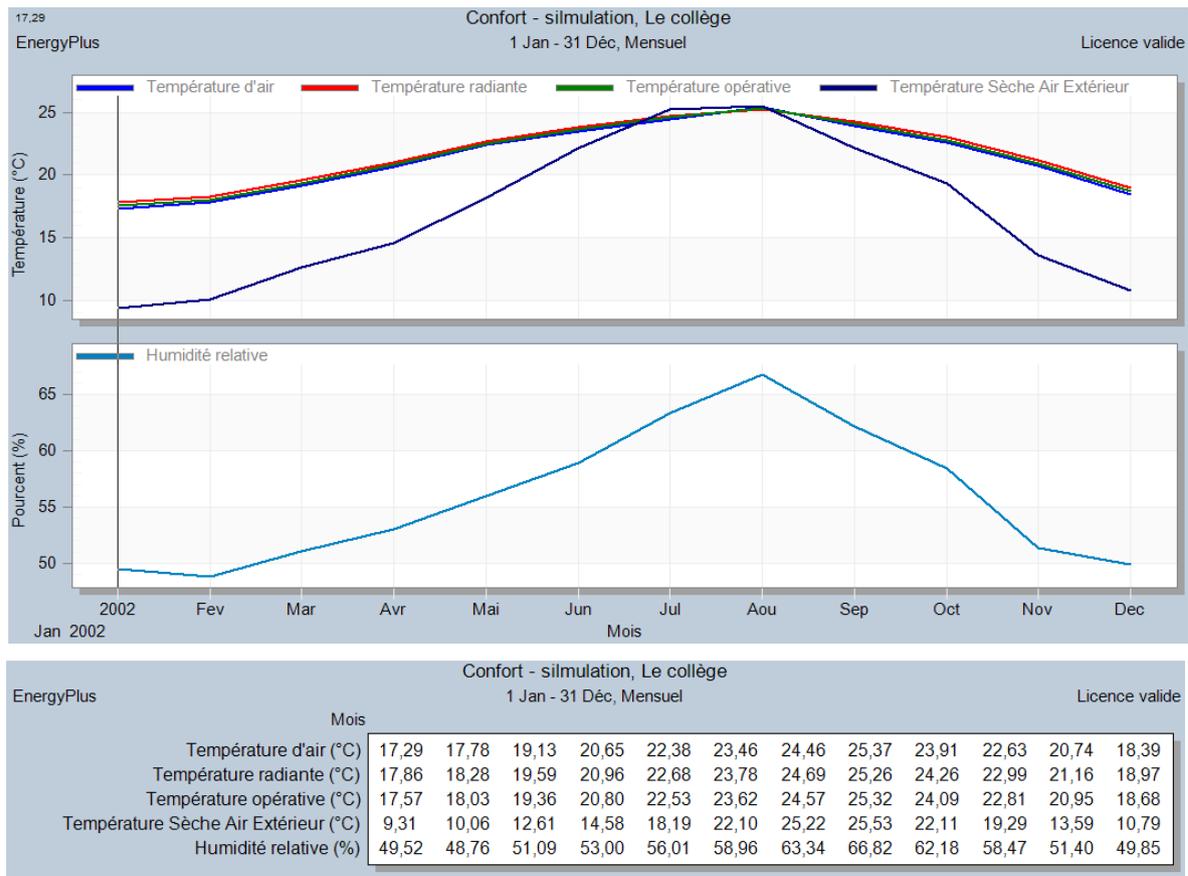


Figure n°73 : graphes et table de confort après l'intégration du système de climatisation (source : logiciel design builder)

Interprétation : on remarque que les températures intérieures ont diminué par rapport aux températures extérieures aux mois d'été.

Le système de climatisation fonctionne par l'électricité du reseau dont la consommation est mentionnée dans les graphes et tables suivants :

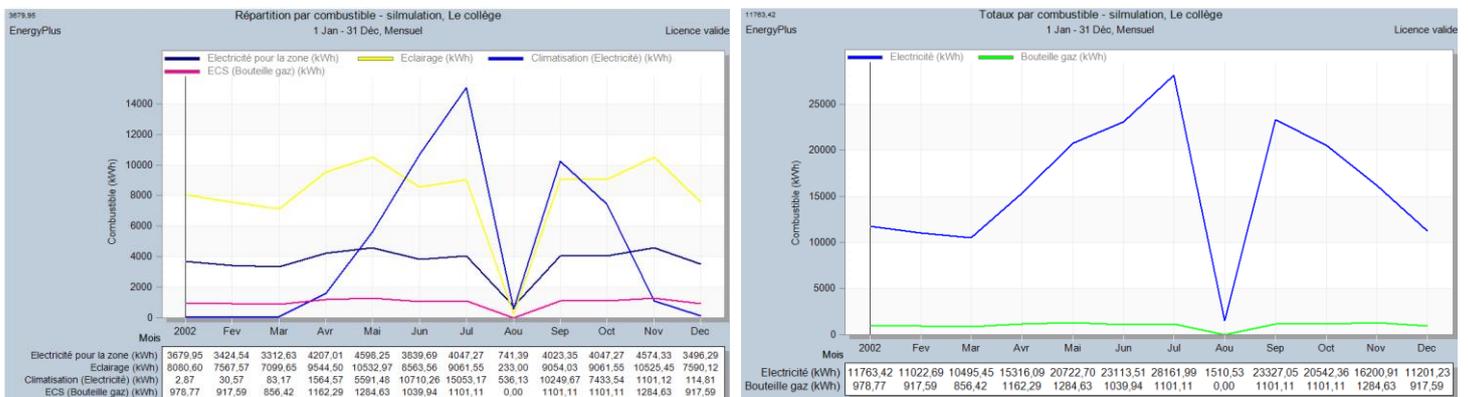


Figure n°74 : graphes et tables de la consommation énergétique (source : logiciel design builder)

Interprétation : la consommation énergétique est plus élevée surtout celle de l'éclairage et la climatisation.

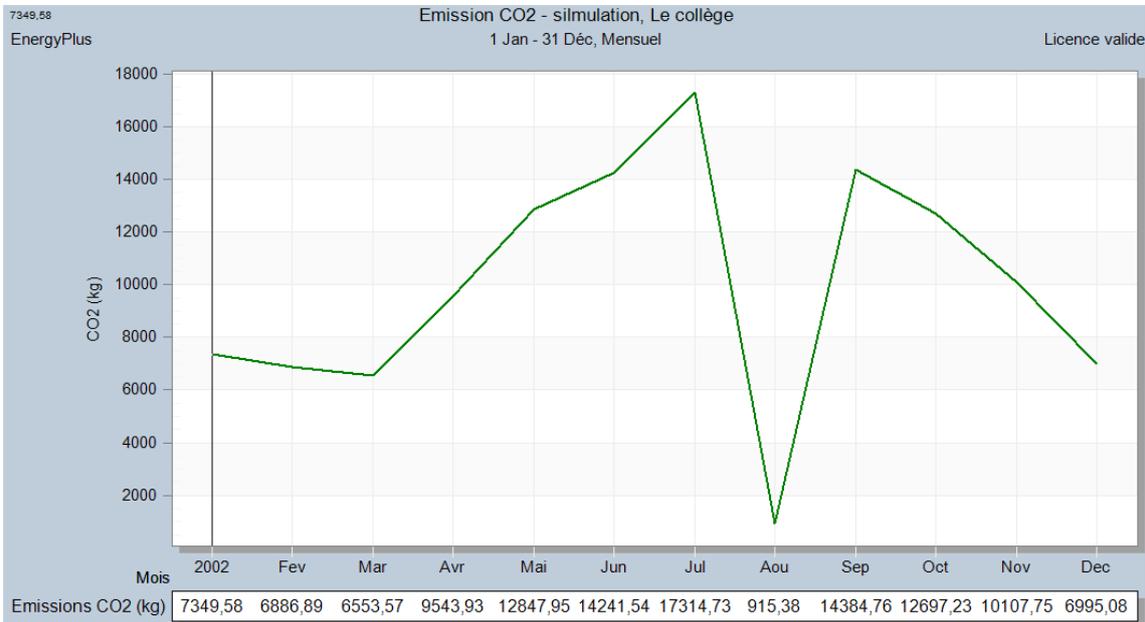


Figure n°75 : graphe et table des émissions de CO2 (source : logiciel design builder)

Voir le graphe des émissions de CO2 : les émissions sont importantes principalement celles qui correspondent à la climatisation

### 3.7.7. Scénarios pour diminuer la consommation énergétique :

- la mise en place des énergies renouvelables pour remplacer les énergies polluantes

### 3.7.8. L'intégration des énergies renouvelables dans le bâtiment :

Le logiciel design builder nous propose l'énergie de la biomasse, le biogaz, chaleur des déchets, combustibles sans fumée...

### 3.7.9. les résultats de l'intégration des énergies renouvelables

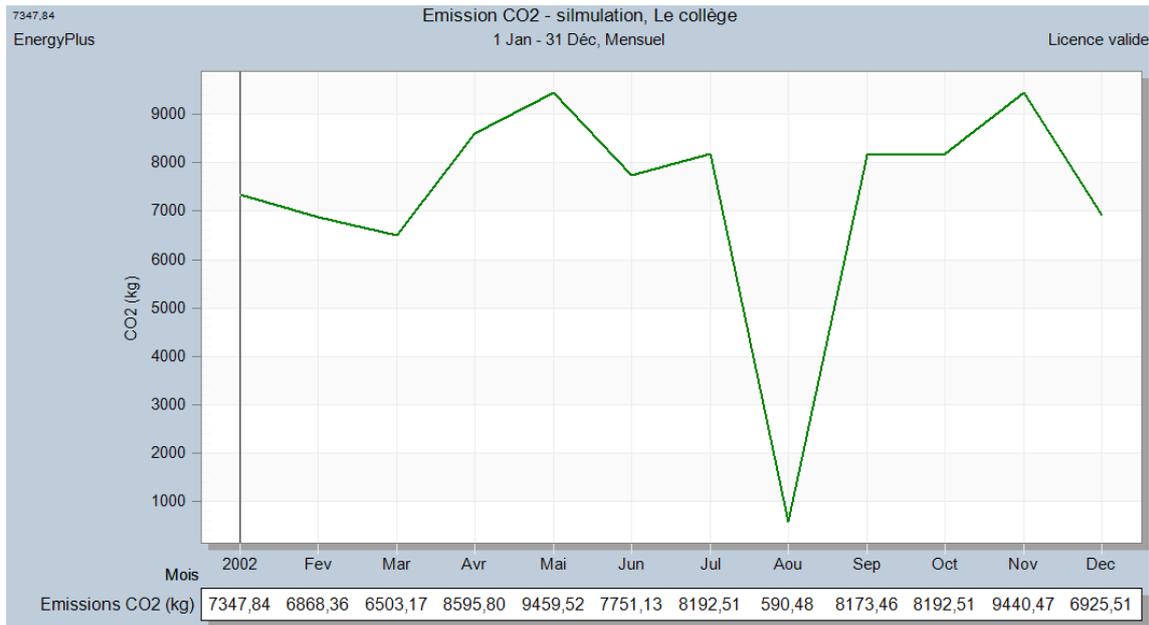


Figure n°76 : graphe et table des émissions de CO2 après l'intégration des émissions de l'énergie renouvelable (source : logiciel design builder)

Comparaison et interprétation : on remarque que les émissions de CO2 ont diminué surtout celles qui correspondent à la climatisation

### 3.8. conclusion :

L'étude comportementale du bâtiment avant et après la rénovation par le programme DESIGNBUILDER a montré ce qui suit :

L'isolation extérieure de l'enveloppe du bâtiment est très importante pour augmenter la résistance thermique des éléments de construction afin de réduire les pertes de chaleur tout au long de l'année, et élimine le recours au chauffage.

Le besoin d'utiliser la climatisation en été nous a dirigé à intégrer l'usage des énergies renouvelables et des systèmes de régulation et de gestion pour réduire la consommation énergétique et les émissions de CO2.



#### **4. CONCLUSION GENERALE :**

La planète de la terre est polluée par la combustion des combustibles utilisés par l'homme, la consommation non raisonnable de l'énergie va aggraver la situation climatique, l'interaction immédiate dans les différents secteurs permet de réduire les émissions de gaz à effet de serre, et arrêter les changements climatiques.

Le bâtiment est un secteur économique consommateur d'énergie et émetteur de gaz à effet de serre, dont la climatisation et le chauffage absorbent une grande partie de l'énergie. Aujourd'hui, il est absolument nécessaire d'aller vers la création des bâtiments plus efficaces par l'intégration de l'efficacité énergétique dans toutes ses dimensions dans la conception des bâtiments, de développer de nouveaux matériaux qui contribuent à l'efficacité énergétique pour un développement durable.

L'isolation thermique des bâtiments est un facteur très important qui prend en compte les nouvelles constructions et les nouvelles rénovations du bâtiment. Les matériaux d'isolation d'enveloppe, qui comptent parmi les solutions les plus performantes permettant une réduction significative des besoins énergétiques.

L'étude comportementale du bâtiment par le programme DESIGN BUILDER a montré que le bâtiment du collège n'a pas pu garantir le confort thermique pour les occupants en absence de chauffage et de climatisation.

Lors de l'ajout d'isolant, le changement de température est observé, car l'isolation thermique protège le bâtiment du changement climatique,

Une bonne isolation thermique réduit la consommation d'énergie pour le chauffage et/ou la climatisation et augmente notre confort. Mais ce n'est pas tout : l'isolation est aussi bonne pour l'environnement car, en réduisant la consommation, elle préserve les ressources énergétiques et réduit les émissions de gaz à effet de serre. Ainsi, l'isolation thermique est intéressante en termes de protection de l'environnement, de confort et d'économies financières.

Pour améliorer la performance énergétique d'un bâtiment, une attention particulière doit être accordée à son enveloppe, aux énergies renouvelables intégrés et aux systèmes de fonctionnements énergétiques favorisant une meilleure isolation thermique et une réduction des ponts thermiques, des ressources énergétiques inépuisables et des systèmes plus efficaces pour faire baisser les consommations d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre.



## Références bibliographiques

### Articles

Majda Amina AZIZA, 2002, la Journée Nationale du

Soleil, Bulletin des Energies Renouvelables, n°1, p2

N. Kasbadji Merzouk, 2002, La division d'évaluation du

Potentiel énergétique, Bulletin des Energies Renouvelables, n°1, p11

### Thèses et mémoires :

Dr Menouer Boughedaoui (Université de Blida), Alger, 30 Juin 2015, Algérie rapport d'étude, Actions Nationales Recommandées pour l'Energie Durable et la Viabilité Urbaine en Algérie, p39,48

LATERCHI. R, LATTRAG. F, 2021, Optimisation des performances énergétiques des bâtiments, Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master Académique, UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA, Algérie, p19

### Sites internet

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Simulation\\_thermique\\_dynamiq](https://fr.wikipedia.org/wiki/Simulation_thermique_dynamiq)

<https://ekwateur.fr/2019/06/21/quels-types-energie-renouvelable-differents/>

<https://sites.google.com/site/svtgazsaeffetsdeserre/home/energies-renouvelables-a-l-echelle-humaine-ou->

[non?tmpl=%2Fsystem%2Fapp%2Ftemplates%2Fprint%2F&showPrintDialog=1](https://www.missionenergie.goodplanet.org/fiche/les-energies-hydrauliques-2/)

<https://www.missionenergie.goodplanet.org/fiche/les-energies-hydrauliques-2/>

<https://www.les-energies-renouvelables.eu/conseils/eolienne/principe-fonctionnement-eolienne/>

<https://blogpeda.ac-poitiers.fr/developpement-durable-5-1/2017/02/13/le-fonctionnement-dune-centrale-a-biomasse/>

<https://www.pinterest.com/pin/180495897546384779/>

Banque Mondiale, disponible sur : <http://www.banquemondiale.org/>, consulté le 2 septembre 2018.

<https://www.energy.gov.dz/>

<https://www.voenergies.ch/renovation-energetique>

<https://www.isolation-info.fr/isolation-thermique-par-exterieur>

<https://conseils-thermiques.org/contenu/isolation-interieure-ou-exterieure.php>

<https://www.econologie.com/forums/chauffage-isolation/comparatif-isolation-interieure-iti-et-exterieure-ite-t11891.html>

<https://www.systemed.fr/menuiserie-exterieure/fenetres-points-a-connaître,2746.html>

[https://conseils-thermiques.org/contenu/choisir\\_fenetres.php](https://conseils-thermiques.org/contenu/choisir_fenetres.php)

<https://www.ideesmaison.com/Construction/Gros-travaux/7-avantages-de-l-ITE-par-rapport-a-l-ITI/7-avantages-de-l-ITE-par-rapport-a-l-ITI.html>

<https://www.izi-by-edf-renov.fr/blog/les-differents-types-d-isolants>

<https://energieplus-lesite.be/techniques/ventilation8/ventilation-hygenique/principes-de-base-de-la-ventilation/>

<https://www.guide-climatisation.com/fonctionnement-climatisation/grille-climatisation/>

<https://www.vim.fr/fr/amenee-d-air-neuf/113-airlam-v2.html>

<https://www.maisonapart.com/edito/construire-renover/energie-chauffage-climatisation/se-chauffer-au-bois---les-differents-types-de-chau-6074.php>

<https://pompeachaleur-energie.ch/pompe-a-chaaleur/>

<https://www.leguideduhauffage.com/chauffage-solaire.html>

<http://www.cotentin-energies.fr/les-chauffe-eaux/>

<https://www.maisonentravaux.fr/electricite/installation-electrique/prix-achat-pose-eolienne-domestique/>  
<http://chauffagedurable.canalblog.com/archives/2013/08/12/27825630.html>  
<https://www.foamglas.com/fr-fr/applications-et-solutions/roofs/flat/wood/solar-roof/photovoltaic-laminate/b-fr-w-solar-pvlam>  
<https://www.guide-toiture.com/prix-couverture-toiture/toiture-photovoltaique/>  
<https://www.totalenergies.fr/particuliers/parlons-energie/dossiers-energie/energie-renouvelable/tuile-solaire-la-nouvelle-facon-de-produire-de-l-energie>  
<https://www.ecologie.gouv.fr/reseaux-chaleur>  
<http://ecsmalo.fr/savoir-faire/gestion-technique-batiment/>  
<https://www.batisim.net/designbuilder.html>

## Liste des figures :

### Chapitre1 : introductif

Figure n°01: organigramme de la méthodologie d'étude du bâtiment, source : auteur ..... 11

### Chapitre2 : état de l'art

Figure n°1 : La production et la consommation d'énergie hier et demain. (Source : theconversation.com).....	15
Figure n°2 : système d'amélioration de l'efficacité énergétique. (Source : LATERCHI. R, LATTRAG. F,2021) .....	16
Figure n°3 : Les leviers de l'efficacité énergétique. (Source : LATERCHI. R, LATTRAG. F,2021) .....	17
Figure n°4 : les cinq types majeurs d'énergie renouvelable. (Source : ekwateur.fr).....	18
Figure n°5 : Schéma explicatif de l'énergie solaire (Source : energies-renouvelables.com).....	18
Figure n°6 : principe de fonctionnement de l'énergie hydraulique. (Source : missionénergie. goodplanet.org).....	19
Figure n°7 : le principe de fonctionnement d'une éolienne. (Source : les-energies-renouvelables.eu) .....	19
Figure n°8 : le fonctionnement d'une centrale à biomasse. (Source : developpement-durable.fr) .....	19
Figure n°9 : l'énergie de la terre. (Source : pinterest.com).....	20
Figure n°10 : Potentiel des énergies renouvelables en Algérie (Source : CDER) .....	21
Figure n°11 : Nouvel Atlas solaire du monde (Source : banquemondiale.org).....	21
Figure n°12 : irradiation solaire globale reçue sur plan incliné à la latitude du lieu : moyenne annuelle (Source : CDER).....	22
Figure n°13 : Cartes annuelles des vents (m/s) à 10m du sol (Source : CDER).....	22
Figure n°14 : Ressources géothermales en Algérie (Source : CDER).....	23
Figure n°15 : la rénovation énergétique d'un bâtiment. (Source : voenergies.ch) .....	24
Figure n°16 : les déperditions thermiques dans une enveloppe de bâtiment. (Source : auteur) .....	25
Figure n°17 : Une isolation des murs par l'extérieur. (Source conseils-thermiques.org) .....	26
Figure n°18 : Isolation thermique intérieure. (Source conseils-thermiques.org) .....	26
Figure n°19 : isolant naturel, la laine de chanvre. (Source : izi-by-edf-renov.fr) .....	28
Figure n°20 : isolant minéral, la laine de verre. (Source : izi-by-edf-renov.fr) .....	29
Figure n°21 : isolant synthétique, le <b>polyuréthane</b> . (Source : izi-by-edf-renov.fr) .....	29
Figure n°22 : Principe du double vitrage à isolation renforcée. (Source : conseils-thermiques.org) .....	31
Figure n°23 : types de vitrage performant. (Source : conseils-thermiques.org) .....	31
Figure n°24 : grille de transfert d'air. (Source : vim.fr) .....	32
Figure n°25 : principe de la ventilation mécanique. (Source : guide-climatisation.com) .....	32
Figure n°26 : principe de la ventilation intensive. (Source : guide-climatisation.com) .....	33
Figure n°27 : Chauffage au bois. (Source : maisonapart.com) .....	34
Figure n°28 : la pompe à chaleur. (Source : pompeachaleur-energie.ch).....	34
Figure n°29 : Le chauffe- eau solaire individuel. (Source : cotentin-energies.fr) .....	34
Figure n°30 : le système solaire combiné. (Source leguideduchauffage.com) .....	34
Figure n°31 : chaudière à micro cogénération. (Source : chauffagedurable.canalblog.com) .....	35
Figure n°32 : L'installation photovoltaïque ou une éolienne domestique. (Source : maisontravaux.fr) ...	35
Figure n°33 : L'installation d'une toiture solaire. (Source : guide-toiture.com) .....	35
Figure n°34 : les tuiles solaires. (Source : totalenergies.fr).....	35
Figure n°35 : schéma de principe d'un réseau de chaleur. (Source : ecologie.gouv.fr) .....	36
Figure n°36 : gestion technique du bâtiment (Source : ecologie.gouv.fr) .....	37
Figure n°37 : La supervision du bâtiment (Source : ecmalo.fr) .....	37

### CHAPITRE3: cas d'étude

Figure n°1: Répartition de la consommation finale hors hydrocarbures par secteur d'activité en 2010, (source Menouer Boughedaoui, 2015, p39) .....	40
Figure n°2: Consommation d'énergie, hors éclairage public, par poste, (source : Menouer Boughedaoui, 2015, p48) .....	40
Figure n°3 : situation géographique du collège. (source Google Maps).....	41
Figure n°4 : diagramme ombrothermique Blida, (source climate data.com) .....	42
Figure n°5 : courbe de température Blida (source climate data.com) .....	42
Figure n°6 : heures d'ensoleillement à Blida (Source climate data.com) .....	42
Figure n°7 : plan de masse du collège, (source SARL) .....	43
Figure n°8 : plan expliquant l'accessibilité au collège, (source : auteur) .....	44
Figure n°9 : le fonctionnement spatial au niveau du Rez de chaussée, (source auteur) .....	45
Figure n°10 : plan du Rez de chaussée (source SARL ICARA) .....	46

Figure n°11 : le fonctionnement spatial au niveau du 1 <sup>er</sup> étage, (source auteur) .....	47
Figure n°12 : plan du 1 <sup>er</sup> étage (source SARL ICARA) .....	47
Figure n°13 : le fonctionnement spatial au niveau du 2 <sup>er</sup> étage, (source auteur).....	48
Figure n°14 : plan du 2 <sup>er</sup> étage (source SARL ICARA) .....	49
Figure n°15 : plan terrasse du collègue (source SARL ICARA) .....	49
Figure n°16 : la façade principale (source SARL ICARA) .....	49
Figure n°17 : la façade postérieur (source SARL ICARA) .....	50
Figure n°18 : la coupe AA (source SARL ICARA) .....	50
Figure n°19 : la coupe BB (source SARL ICARA) .....	50
Figure n°20 : photo réele du collègue (source auteur) .....	50
Figure n°21 : schéma explicatif de la simulation d'un projet (source auteur) .....	51
Figure n°22 : schéma explicatif du fonctionnement du logiciel design builder (source : : batisim.net).....	53
Figure n°23 : la 3D du bâtiment vue sur la façade postérieur (source : logiciel design builder) .....	54
Figure n°24 : prédéfinition de la localisation du collègue (source : logiciel design builder) .....	54
Figure n°25 : prédéfinition du fichier climatique du Blida (source : logiciel design builder) .....	55
Figure n°26 : prédéfinition du planing et les températures de consigne (source : logiciel design builder) ....	55
Figure n°27 : : la mise en ordre les matériaux de construction du mur extérieur du bâtiment (source : logiciel design builder) .....	56
Figure n°28 : la mise en ordre les matériaux de construction des cloisons internes du bâtiment (source : logiciel design builder) .....	56
Figure n°29 : : la mise en ordre les matériaux de construction du plancher bas du bâtiment (source : logiciel design builder) .....	57
Figure n°30 : la mise en ordre les matériaux de construction du plancher externe du bâtiment (source : logiciel design builder) .....	57
Figure n°31 : la mise en ordre les matériaux de construction des planchers intermédiaires du bâtiment (source : logiciel design builder) .....	58
Figure n°32 : prédéfinition du type d'ouvertures (source : logiciel design builder) .....	58
Figure n°33 : prédéfinition d'éclairage (source : logiciel design builder) .....	59
Figure n°34 : L'enseillement à 11 h du matin (source : logiciel design builder) .....	59
Figure n°35 : L'enseillement à 13 h du matin, (source : logiciel design builder) .....	59
Figure n°36 : L'enseillement à 11 h du matin, (source : logiciel design builder) .....	60
Figure n°37 : L'enseillement à 13 h du matin, (source : logiciel design builder) .....	60
Figure n°38 : L'enseillement à 11 h du matin, (source : logiciel design builder) .....	60
Figure n°39 : L'enseillement à 13 h du matin, (source : logiciel design builder).....	60
Figure n°40 : L'enseillement à 11 h du matin, (source : logiciel design builder) .....	60
Figure n°41 : L'enseillement à 13 h du matin, (source : logiciel design builder) .....	60
Figure n°42 : L'enseillement à 11 h du matin, (source : logiciel design builder) .....	61
Figure n°43 : L'enseillement à 13 h du matin, (source : logiciel design builder) .....	61
Figure n°44 : L'enseillement à 11 h du matin, (source : logiciel design builder) .....	61
Figure n°45 : L'enseillement à 13 h du matin, (source : logiciel design builder) .....	61
Figure n°46 : L'enseillement à 11 h du matin, (source : logiciel design builder) .....	62
Figure n°47 : L'enseillement à 13 h du matin, (source : logiciel design builder) .....	62
Figure n°48 : L'enseillement à 11 h du matin, (source : logiciel design builder) .....	62
Figure n°49 : L'enseillement à 13 h du matin, (source : logiciel design builder) .....	62
Figure n°50 : L'enseillement à 11 h du matin, (source : logiciel design builder) .....	62
Figure n°51 : L'enseillement à 13 h du matin, (source : logiciel design builder).....	62
Figure n°52 : L'enseillement à 11 h du matin, (source : logiciel design builder) .....	63
Figure n°53 : L'enseillement à 13 h du matin, (source : logiciel design builder) .....	63
Figure n°54 : L'enseillement à 11 h du matin, (source : logiciel design builder) .....	63
Figure n°55 : L'enseillement à 13 h du matin, (source : logiciel design builder) .....	63
Figure n°56 : L'enseillement à 11 h du matin, (source : logiciel design builder) .....	63
Figure n°57 : L'enseillement à 13 h du matin, (source : logiciel design builder) .....	63
Figure n°58 : graphes et table des données du site (source : logiciel design builder) .....	64
Figure n°59 : graphes et table du confort durant l'année (source : logiciel design builder) .....	65
Figure n°60 : graphes et table des apports internes et solaires durant l'année (source : logiciel design builder) .....	66
Figure n°61 : graphes et table d'enveloppe et ventilation durant l'année (source : logiciel design builder) .....	66
Figure n°62 : les couches d'isolation thermique extérieur d'un mur (source : logiciel design builder) .....	68

Figure n°63: prédéfinition de l'isolation thermique extérieur des parois extérieures (source : logiciel design builder) .....	69
Figure n°64: isolation thermique intérieur de la toiture (source : logiciel design builder) .....	69
Figure n°65: isolation thermique intérieur des plafonds (source : logiciel design builder) .....	70
Figure n°66: prédéfinition de l'isolation thermique intérieure des plafonds (source : logiciel design builder).70	
Figure n°67: prédéfinition du double vitrage pour les fenestres, (source : logiciel design builder) .....	71
Figure n°68: prévention de la ventilation mécanique dans le bâtiment, (source : logiciel design builder) ....	71
Figure n°69 : graphes et table du confort durant l'année avant et après la rénovation du bâtiment, (source : logiciel design builder) .....	72
Figure n°70 : graphes et table des apports internes et solaires durant l'année avant et après la rénovation du bâtiment, (source : logiciel design builder) .....	73
Figure n°71 : graphes et table d'enveloppe et ventilation avant et après la rénovation du bâtiment, (source : logiciel design builder) .....	73
Figure n°72 : graphes et table de confort après l'intégration de la ventilation hybride (source : logiciel design builder) .....	74
Figure n°73 : graphes et table de confort après l'intégration du système de climatisation (source : logiciel design builder) .....	75
Figure n°74 : graphes et tables de la consommation énergétique (source : logiciel design builder) .....	75
Figure n°75 : graphe et table des émissions de CO2 (source : logiciel design builder) .....	76
Figure n°76 : graphe et table des émissions de CO2 après l'intégration des émissions d'énergie renouvelable (source : logiciel design builder) .....	77

## Liste des tableaux :

### Chapitre1 : introductif

### Chapitre2 : état de l'art

Tableau n° 1: Tableau Comparatif entre ITI et ITE (Source : econologie.com) .....	27
Tableau n° 2: Avantages et inconvénients de l'ITI et de l'ITE (Source : ideesmaison.com) .....	27
Tableau n° 3: Avantages et inconvénients des différents types d'isolants (Source : izi-by-edf-renov.fr) .....	30

### CHAPITRE3: cas d'étude

Tableau n°1: Répartition des consommations d'électricité par type d'infrastructure (source Dr Menouer Boughedaoui,2015, p48) .....	41
Tableau n°2 : les températures mensuels à Blida, (source climate data.com) .....	42
Tableau n°3 : les différentes surfaces du bâtiment, (source :auteur) .....	43
Tableau n°4 : nombres des locaux existants, (source :auteur) .....	43
Tableau n°5 : surfaces des espaces du Rez de chaussée, (source :SARL ICARA) .....	44
Tableau n°6 : surfaces des espaces du 1 <sup>er</sup> étage, (source :SARL ICARA) .....	46
Tableau n°7 : surfaces des espaces du 2 <sup>er</sup> étage, (source :SARL ICARA) .....	48
Tableau n°8 : tableau des menuiseries, (source : SARL ICARA) .....	58

## Liste des abréviations :

CO2: Le dioxyde de carbone

GIEC : Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat

Aprue : L'Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie en Algérie

GES : Gaz à Effet de Serre

ECS : eau chaude sanitaire

CDER : Centre de Recherche dans le domaine des Energies Renouvelables en Algérie

ITE : Isolation thermique extérieure

ITI : Isolation thermique intérieure

GTB : gestion technique du bâtiment

STD : simulation thermique dynamique

