

INTRODUCTION GENERALE:

Les énergies renouvelables deviennent une préoccupation importante. L'utilisation rationnelle de ces énergies occupe une place prépondérante, elle permet d'économiser sur le moyen et le long terme.

Ce sont des énergies inépuisables. Fournies par le soleil, le vent, la chaleur de la Terre, les chutes d'eau, les marées ou encore la croissance des végétaux, leur exploitation n'engendre pas ou peu de déchets et d'émissions polluantes. Ce sont les énergies de l'avenir. Aujourd'hui, elles sont sous-exploitées par rapport à Leur potentiel. Ainsi, les énergies renouvelables couvrent seulement 20 % de la consommation mondiale d'électricité.

La demande mondiale d'énergie primaire a augmenté rapidement en raison de l'augmentation de la population et l'industrialisation. Plus d'un tiers de la demande énergétique dans le monde est utilisée dans le secteur résidentiel¹.

PROBLEMATIQUE :

Les établissements de santé sont des gros consommateurs en énergie. Les divers postes spécifiques tels que la cuisine, la blanchisserie, la stérilisation, la radiologie, les laboratoires internes et les blocs opératoires consomment beaucoup d'énergie. Ainsi, l'énergie est un élément essentiel dans le fonctionnement d'un hôpital et le moindre manque peut avoir de lourdes conséquences. De ce fait, le milieu hospitalier reste un domaine difficile en termes de réduction d'énergie vis-à-vis des gestionnaires. Pourtant, de multiples solutions existent et pourraient diminuer la facture énergétique qui représente un poids non négligeable dans le budget d'un bâtiment de santé.

Les économies réalisées pourraient être affectées à d'autres utilisations comme la modernisation des équipements. L'enjeu d'économie d'énergie est plus important dans les pays en développement que dans les pays industrialisés. Par exemple, la consommation des hôpitaux climatisés en Afrique subsaharienne dépasse les 400 kWh/m².an par rapport à une consommation moyenne de 320 kWh/m².an dans le secteur sanitaire et social en France. Cela semble évident que la question de la maîtrise de l'énergie dans les établissements de santé, principalement dans les pays en développement, est très importante².

La part de l'énergie liée au chauffage est la plus importante. Le gisement d'économies potentielles est aussi très important. L'isolation des logements constitue un enjeu fort.

Le chauffe- eau solaire reste très peu utilisé malgré les besoins en eau chaude dans tous les secteurs soient nombreux. Ceci est particulièrement dû au fait que l'énergie conventionnelle (électricité et gaz) est abondante et bon marché en Algérie, alors que le chauffe-eau solaire, reste très cher et non adapté aux conditions des régions sahariennes (poids élevé et non adapté à l'habitat saharien, des températures très élevées en période estivale)

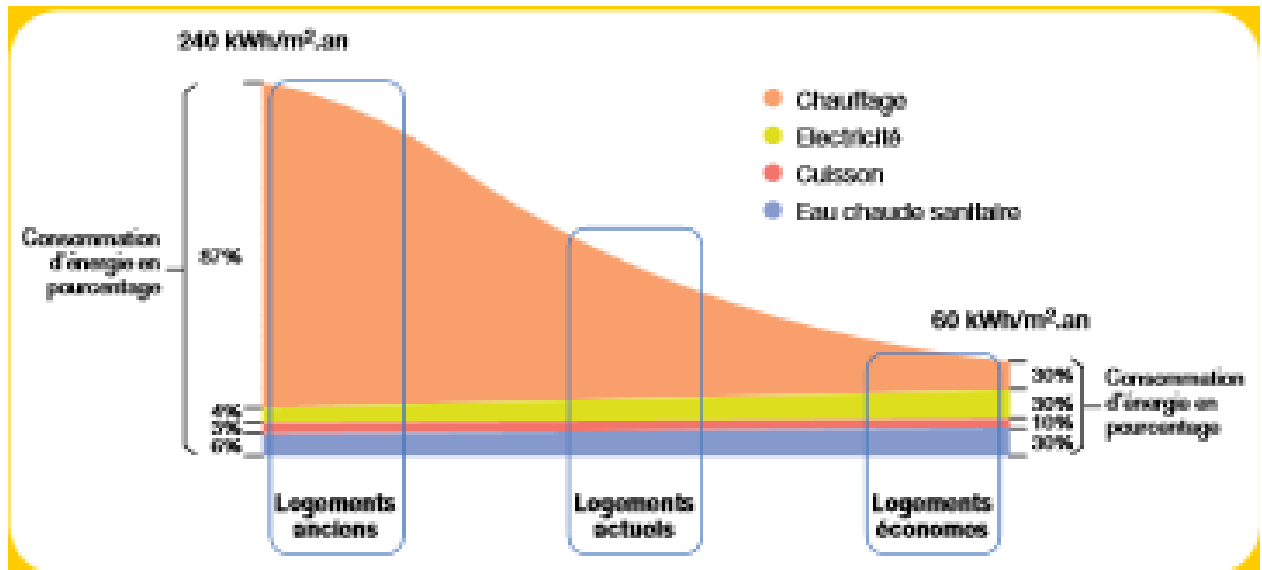


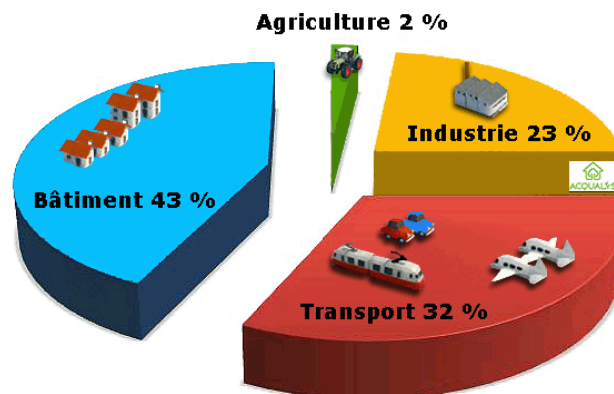
Figure 01 : les différents types d'énergies et leur consommation

L'INTERET D'EXPLOITER LES ENERGIES RENOUVELABLES :

- • En utilisant les énergies renouvelables, on lutte contre l'effet de serre, en réduisant notamment les rejets de gaz carbonique dans l'atmosphère.
- • En développement dans le monde entier, les énergies renouvelables permettent de gérer de façon intelligente les ressources locales et de créer des emplois.

LES ENERGIES RENOUVELABLES DANS LE MONDE³:

- 20% de l'électricité produite dans le monde est d'origine renouvelable.
- pétrole ou le charbon (62,7%)
- l'énergie nucléaire (17,1 %).
- l'hydroélectricité génère 92,5 % de l'électricité issue des énergies renouvelables.
- la biomasse 5,5 %
- la géothermie 1,5 %
- l'éolien 0,5 %
- les techniques solaires y contribuent seulement pour 0,05 %.



POLITIQUE NATIONALE DE DEVELOPPEMENT DES ENERGIES RENOUVELABLES EN ALGERIE:

La politique nationale de promotion et de développement des énergies renouvelables est encadrée par des lois et des textes réglementaires. Les principaux textes régissant les énergies renouvelables sont :

- la loi sur la maîtrise de l'énergie,
- la loi sur la promotion des énergies renouvelables dans le cadre du développement durable,
- la loi sur l'électricité et la distribution publique du gaz, avec son corollaire le décret exécutif relatif aux coûts de diversification.

Actuellement la volonté des pouvoirs publics est traduite par des programmes nationaux qui ciblent les deux secteurs tertiaires et résidentiels. Dans le cadre du programme national de maîtrise de l'énergie (PNME) pour la période 2011-2014, le programme Alsol lancé par l'APRUE devrait prendre le relais d'une opération similaire, lancée dans le cadre du précédent PNME 2007-2011 et portant sur l'installation de 400 chauffe-eau solaires individuels. Ce programme est financé par le Fonds National pour la Maîtrise de l'Energie (FNME) et prévoit un soutien financier direct à hauteur de 45% pour les ménages désirant installer un chauffe-eau solaire individuel⁴.

En Algérie, la consommation d'énergie finale du secteur résidentiel et tertiaire représente 39% de la consommation totale du pays (Rapport APRUE, 2009)⁵. Cette consommation atteint son maximum le soir, Donc on remarque que l'Algérie n'est pas un pays industriel.

METHODOLOGIE DE RECHERCHE :

Notre mémoire est structuré en quatre (04) parties :

-la première concerne le corpus théorique, il s'agit d'introduire le thème de recherche, à travers une recherche bibliographique et un état de l'art sur l'eau chaude sanitaire et les différents systèmes de chauffage, ainsi les généralités liées au thème.

- la deuxième partie, permet de définir les besoins en eau chaude et les besoins en chauffage.

-la troisième partie, basée sur les calculs et simulations sur un cas réel à l'aide d'un outil informatique, accompagnée d'un bilan économique précisera l'orientation optimale et favorable pour le chauffage et l'eau chaude.

- finalement une quatrième partie, qui contient les résultats et discussions sur la modélisation du projet.

CHAPITRE I :

Le premier chapitre est divisé en deux (02) parties, une première, concerne la recherche bibliographique, et la deuxième consiste à introduire le thème de la recherche à travers un état de l'art.

PARTIE I :

RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1 L'ARCHITECTURE BIOCLIMATIQUE :

L'une des fonctions premières du bâtiment est de protéger l'homme des agressions du climat c'est son rôle d'abri. Un Bâtiment " adapté au climat ", engendre de lui-même, par la propre physique du bâtiment, un microclimat intérieur plus confortable que les conditions extérieures, de manière à économiser les dépenses énergétiques et les installations spéciales coûteuses. Ceci étant dit, nous introduira dans l'Architecture dite « *Bioclimatique* », qui a pour but final la gestion plus économe de l'énergie et de l'eau, la qualité de l'air intérieur, la gestion des nuisances de chantier, le choix de matériaux respectueux de l'environnement et ainsi de suite.

L'architecture bioclimatique est l'art et le savoir-faire de tirer le meilleur parti des conditions d'un site et de son environnement, pour une architecture naturellement la plus confortable pour ses utilisateurs⁶.

Le concept « bioclimatique » fait référence à la bioclimatologie qui est une partie de l'écologie. Elle étudie plus particulièrement les relations entre les êtres vivants et le climat.

I.1.1 Définitions

- **Bio:** fait référence à la vie et à la biologie et aussi à la nature au sens large⁷
- **Climatique:** fait référence à la condition climatique d'un lieu⁸.

L'architecture Bioclimatique peut être alors compris comme étant une architecture adaptée au climat environnement d'une manière naturelle. Elle vise à intégrer le bâtiment aux conditions d'ambiances locales (climatiques et visuelles) du milieu géographique, socioculturel et même économique. Elle consiste à créer un climat de bien être dans les locaux avec des températures agréables, une humidité contrôlée une bonne ventilation et un éclairage naturel et abondant et elle respecte l'environnement. Elle diminue les besoins de chauffage en hiver et de maintenir une température agréable en été avec peu ou sans utilisation des climatiseurs et une enveloppe économe en énergie, récupérant aux maximum les apports passifs et limitant les déperditions lorsque les moyens mécaniques s'avèrent nécessaire.

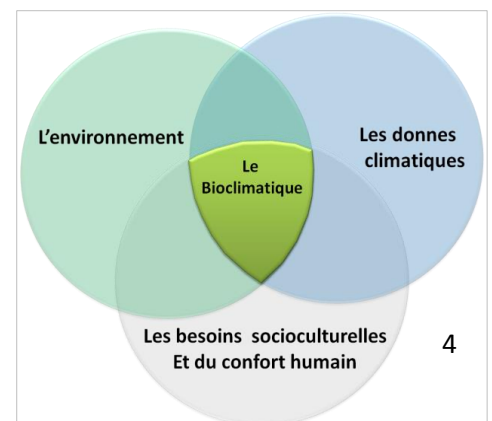


Figure 02 : La relation des 3 acteurs bioclimatiques.

I.1.2 PRINCIPES DE BASE DE L'ARCHITECTURE BIOCLIMATIQUE :

L'architecture bioclimatique est une architecture qui profite au maximum des apports naturels du soleil par des aménagements simples et une conception adéquate. De ce fait, les objectifs visés simultanément par un bâtiment adapté aux climats chauds et humides, en vue du confort thermique de l'homme sont basé sur les principes qu'on a groupés sur 5 groupes à savoir

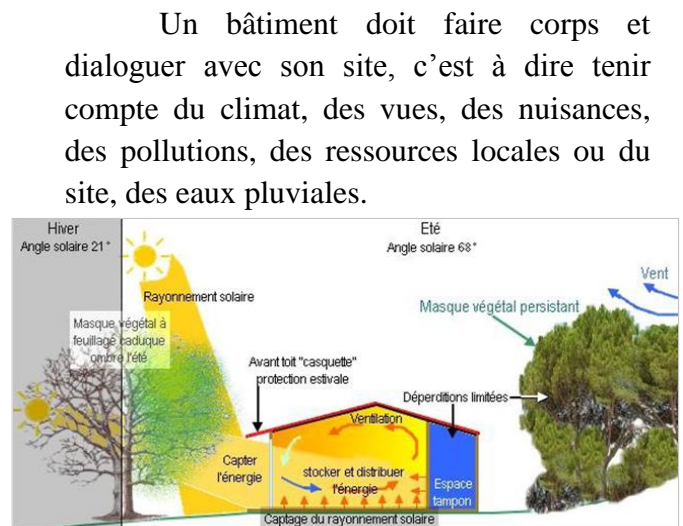
- Les principes de construction,
- Les principes de protection
- Les principes d'organisation des espaces
- Et les principes de gestions
- Principes de l'énergie renouvelable utilisée

1. Principes de construction

a. L'implantation du bâtiment sur le terrain :

C'est la première étape de l'architecture bioclimatique. Les obstacles naturels et artificiels, le choix des orientations des façades, l'environnement immédiat du bâtiment ont une influence significative sur les conditions de confort thermique à l'intérieur de celui-ci. L'étude du terrain et du climat permet d'exploiter au mieux le potentiel de rafraîchissement et de protection solaire.

Figure 03 : une maison avec les composants de son environnement dont il communique



a. L'orientation :

Il faut orienter correctement la maison vers les vents dominants. C'est par la façade principale de la maison que va rentrer l'air extérieur utile à la ventilation naturelle, à condition que la maison soit traversant. Toutefois, la direction du vent peut être différente selon les sites. De plus, le vent change de direction en cours d'année, notamment en saison sèche. Ainsi, il peut être intéressant de ne pas être orienté totalement face au vent en saison des pluies, surtout en bord de mer. Ou alors, être orienté de façon à bien prendre le vent en saison sèche afin de favoriser la ventilation naturelle lors de cette saison plus chaude⁹.

b. La ventilation :

Il est très important de renouveler l'air de la maison. D'une part pour évacuer les odeurs et les polluants qui s'y accumulent, mais également pour apporter un air neuf et éliminer l'excès d'humidité.

Si pendant longtemps l'aération se faisait naturellement, les progrès dans l'isolation sont tels, que la maison peut être totalement « étanche » si on n'installe pas un système de ventilation performant. Une circulation d'air efficace est nécessaire autant pour la santé de la maison que pour celle de ses habitants.

➤ **La ventilation naturelle**

En positionnant des grilles d'aération basses et hautes dans chacune des pièces de la maison, l'air circule naturellement. C'est la différence de température entre l'air extérieur et l'air intérieur qui sert de « moteur ». Mais sachez que ce système peut s'avérer trop efficace en hiver et pas assez en été.

➤ **La ventilation mécanique contrôlée ou VMC**

Il s'agit d'une installation plus ou moins sophistiquée. Équipées d'un moteur et de ventilateurs, les VMC permettent de renouveler en permanence l'air de votre

1. La VMC simple-flux : L'air frais provenant de l'extérieur, par les réglettes des fenêtres, circule d'abord par les pièces à vivre (séjour et chambre), il est ensuite évacué par les pièces de services (toilettes, buanderies, etc.) équipées d'un groupe d'extraction. La VMC simple-flux auto réglable offre un débit d'air constant, quels que soient le climat externe et les conditions à l'intérieur du bâtiment (humidité etc.), et extrait en même temps les calories qu'il contient. La VMC hygroréglable a un débit d'air qui varie en fonction du taux d'humidité intérieur. En s'adaptant aux besoins, la VMC hygroréglable permet de limiter les gaspillages.

2. La VMC double flux avec récupérateur de chaleur. Elle permet de faire des économies de chauffage en récupérant, dans l'échangeur, les calories de l'air vicié qui est extrait de la maison. De plus, elle offre un confort appréciable en faisant circuler un air de qualité. Elle fonctionne avec un moteur électrique à faible consommation. Elle peut être mise en série avec un puits provençal pour plus de rendement.

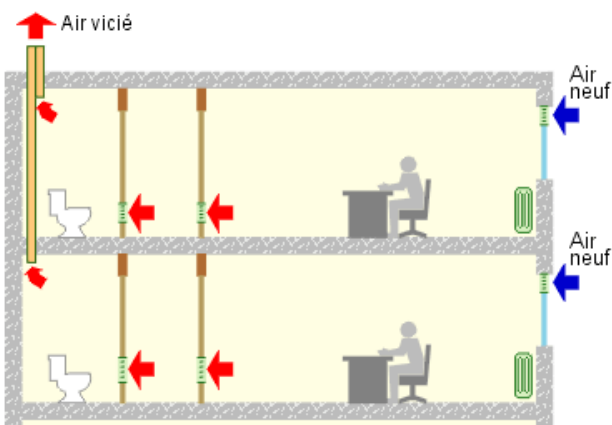


Figure 04 : La ventilation naturelle

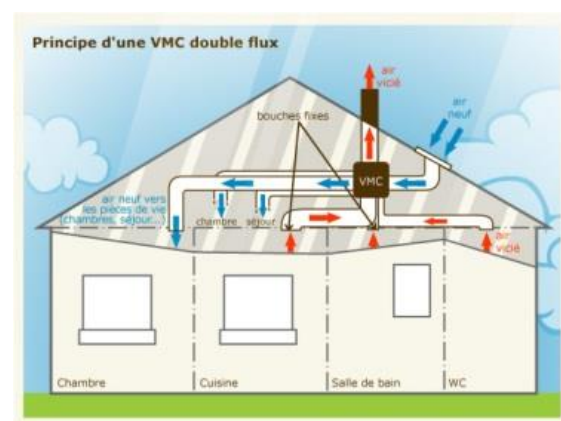


Figure 05 : La VMC double flux

c. Les matériaux de construction :

Afin d'éviter d'utiliser des matériaux qui demandent beaucoup d'énergie et d'eau et qui génèrent un impact important sur l'environnement, la solution est d'employer des matériaux provenant de matières recyclées ou des matériaux écologiques, et dans la mesure du possible fabriqués localement, les matériaux indigènes c'est-à-dire.

Les matériaux isolants ¹⁰:

De très nombreux produits sont disponibles et il est important de bien les choisir :

- Les isolants minéraux : laine de verre, laine de roche, argile expansé, verre cellulaire.
- Les isolants naturels : fibre de bois, fibre de lin, fibre de coco, toiture végétalisée, liège, chanvre, laine de mouton, laine de coton, ouate de cellulose.
- Les isolants synthétiques : polystyrène expansé, polythène.
- L'isolante nouvelle génération : brique mono mur ou parpaing mono mur.

a. Les sols, les dalles et les planchers :

Les sols sont responsables d'environ 10% des déperditions thermiques, d'où l'intérêt de les isoler. Avant la pose d'un carrelage au rez-de-chaussée, la réalisation d'une chape isolante évitera la fuite des calories vers le bas. Entre deux étages habités, une chape en béton léger de 10 cm, réalisée en granulats de chanvre ou de liège, offrira en plus d'une isolation thermique, une isolation phonique aux bruits d'impact : isolant en vrac de type chanvre ou cellulose, panneau amortissant en lame de bois qui permet de désolidariser les structures.

L'occupation des divers espaces d'un habitat varie en fonction du rythme des Saisons et des journées. Définir les besoins thermiques des différents espaces permet de les disposer rationnellement les uns par rapport aux autres. On sépare les espaces nécessitent plus de chaleur en hiver par des espaces intermédiaires dits tampons qui jouent le rôle de transition et de protection thermique

Le coté moins ensoleillé: les espaces non chauffés (garages, celliers, placards) et ceux qui ne nécessitent pas une température élevée (sanitaire, circulation, buanderie cuisine...) ce qui nous permet de réduire les déperditions de 20 à 30 %

Le coté bien ensoleillé : la serre (espace capteur de calories) les espaces demandant à être chauffées (chambre, séjour).

2. Principes de protection :

a. La végétalisation comme protection solaire

Une autre technique pour se protéger des rayons du soleil est la végétalisation. Les plantes vont absorber les rayons du soleil. Elles ont l'avantage de limiter le ruissellement et de maintenir une température plus fraîche que celle de l'air ambiant. De plus cette technique est idéale pour intégrer au mieux la maison au paysage environnant.



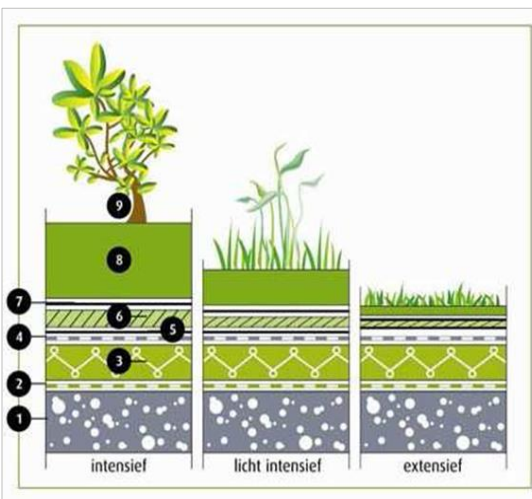
Figure 06 : La présence de végétation en périphérie de la maison évite l'échauffement du sol de la parcelle.

b- Un jardin sur le toit

Les toitures végétalisées aussi appelées toits verts ou « éco-toits » ont pourtant des avantages écologiques et esthétiques indéniables. Le principe de la toiture végétale est de recouvrir de végétaux un toit plat ou à faible pente. Il consiste en un système d'étanchéité, recouvert d'un complexe drainant et d'un substrat de plantation léger, qui accueille un tapis de plantes pré-cultivées à faible développement (sédum, vivaces, graminées...) d'environ 10 à 15 cm d'épaisseur.

Cette technique cumule beaucoup d'avantages en participant aux économies d'énergie induites par le rôle d'isolation thermique l'hiver, en régulant le confort thermique d'été grâce à l'hygrométrie apportée par la végétation.

La légende



- 1-Structure portante et pente
- 2-Pare-vapeur
- 3- Matériau d'isolation
- 4-Membrane d'étanchéité
- 5- film polyéthylène
- 6-Couche drainante en argex
- 7-Natte filtrante
- 8-Substrat
- 9-Couche de végétation

Figure 07 : la composition d'une toiture végétalisée avec des détails

c- Brise soleil

En plus des espaces vert nous pouvant faire appel au différents éléments bioclimatique tel que les volet en bois pour les fenètre ou jouer avec les espaces à fin de créer des brise soleil naturel et bien intégré au projet.

d- Principes de gestion :

- a. Gestion de l'eau
1. Récupération des eaux de pluie
2. Récupération des eaux usées
3. Gestion des déchets d'activités
4. Valorisation organique
5. Valorisation matière
6. Valorisation énergétique

e- Principes de l'énergie renouvelable utilisée :

Ces énergies sont largement disponibles à la surface de la terre et leur emploi permet actuellement d'obtenir des installations à faible et moyenne puissance, appropriée à l'échelle domestique :

- La chaleur peut être captée directement par les fenêtres ou les capteurs solaires et peut également être transformée en énergie électrique grâce aux cellules photovoltaïques.
- Le rayonnement solaire est également à l'origine des mouvements de la masse d'air, lesquels par différences de température et de pression, produisent l'énergie éolienne.
- L'énergie hydraulique est alimentée par l'eau, restitué au cycle naturel par les précipitations après évaporation à la surface des océans.
- La biomasse végétale est le résultat de la transformation par photosynthèse du rayonnement solaire : elle peut être considérée comme une énergie flux (exploitation avec replantation) ou comme une énergie stock (déforestation sans replantation).
- L'énergie géothermique, chaleur stockée dans la masse terrestre, peut également être exploitée pour, entre autres, le chauffage des édifices (bassin parisien, Islande, Alaska, etc...).¹¹

I.1.3 LE CONFORT THERMIQUE :

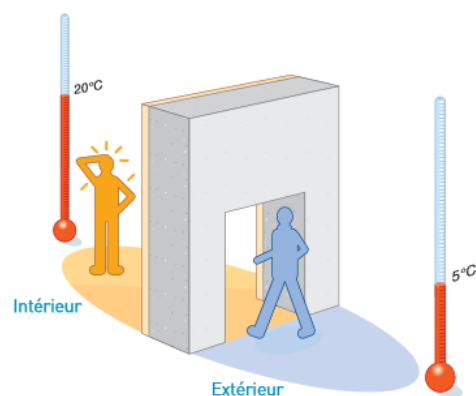
Le confort thermique est défini comme :

«Un état de satisfaction du corps vis-à-vis de l'environnement thermique »¹²

Une maison ou un logement confortable est bien sûr un lieu où les occupants « ressentent » le confort.

Le sentiment de confort est un mélange de sensations qui est fonction de chaque personne, de son mode de vie, de ses habitudes.

Néanmoins, l'hiver, en passant d'une température extérieure de moins 5 °C à une température intérieure de 20 °C, tout le monde éprouve une « sensation de chaud »



et, l'été, en passant d'une température extérieure de 35 °C à une température intérieure de 20 °C, une réelle « sensation de froid »

Le confort thermique concerne principalement la température intérieure des pièces, sa répartition harmonieuse dans l'espace et la qualité de l'air ambiant (taux d'humidité, propreté, salubrité).

Pendant les périodes froides, il est raisonnable de vivre dans les pièces principales à une température de 19 à 20 °C, avec un taux d'humidité relatif à 50 %. Pour accéder à ce confort tout en maîtrisant les consommations d'énergie, il convient de chauffer raisonnablement, d'avoir des portes et fenêtres bien étanches, de renforcer l'isolation thermique de chacune des parois du bâtiment et de maintenir un bon renouvellement d'air.

I.1.3.1 Les enjeux du confort thermique :

Les économies :

À l'usage, les économies d'énergie directes et aussi celles liées à l'investissement des équipements de chauffage sont importantes. Il est évident que le dimensionnement d'un équipement de chauffage ne peut être réalisé qu'une fois définie le niveau d'isolation recherché

La qualité de l'air :

Une maison confortable, isolée, étanche à l'air, ventilée garantira un air neuf et sain, sans excès de vapeur d'eau, sans risque de pathologie liée à une humidité ambiante mal contrôlée.

La pérennité du bâti :

Corollaire de l'isolation, de la ventilation, le confort thermique durable apporte au bâtiment une longévité qui lui évite tous les désagréments identifiés.

L'humidité engendre les moisissures et des désordres souvent irréversibles comme le salpêtre sur les parois, la condensation sur les parties froides du bâtiment...

I.1.4 L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE DES BÂTIMENTS :

I.1.4.1 La contribution de la conception bioclimatique en neuf :

Au-delà du contrôle des déperditions pour la qualité de l'enveloppe du bâtiment, d'autres critères, à retenir lors de conception d'un bâtiment, permettent de réduire encore les déperditions et de profiter des apports énergétiques, notamment solaires.

Pour les bâtiments neufs, des mesures doivent être prises en amont pour exploiter les possibilités de protection passive, en fonction de la localisation géographique. En Algérie, des zones climatiques ont été définies, dans le cadre de la réglementation thermique des bâtiments d'habitation (DTR C 3-2), et fixent aux constructions des règles de conception leur permettant d'améliorer la prise en compte des apports solaires.

Conception :

L'architecture intérieure a également un rôle à jouer. Elle peut agir sur la profondeur, la forme et l'aménagement des pièces exposées au rayonnement direct du soleil. De même, chaque

zone de vie doit être positionnée en fonction du moment de la journée où les personnes y passent le plus de temps. Par exemple, dans une maison, le séjour peut être placé au sud ou à l'ouest, les chambres et la cuisine à l'est, la salle de bains au sud. Les pièces de desserte et de service, celliers, garage, locaux techniques... peuvent être utilisées comme autant d'espaces tampon orientés au nord.

Une fois la meilleure orientation définie, le concepteur doit faire en sorte que le bâtiment acquière une bonne inertie. Un haut niveau d'isolation sur toutes les parties du bâtiment, et spécialement de la toiture, contribue à la diminution des apports de chaleur.

Protection des parois vitrées :

La distribution des ouvertures constitue un enjeu important. Mieux vaut éviter les expositions directes est ou ouest qui suivent la courbe du soleil. L'exposition ouest est la plus déconseillée car elle cumule la chaleur de matinée et l'exposition directe du soleil l'après-midi. L'exposition sud est souvent la plus intéressante pour respecter le confort d'été et récupérer les apports solaires gratuits l'hiver.

Un autre type de protection, fixe celui-ci, peut être réalisé au niveau de la construction. Les pare-soleil, les brise-soleil, les balcons, les avancées de toiture, les décrochements de façade sont de véritables éléments architecturaux qui participent à la façade et au confort. Aération et ventilation

Il est conseillé d'organiser une stratégie de ventilation, de manière à évacuer la chaleur. Les stores et volets doivent rester fermés pour garder une ambiance fraîche, la ventilation doit être adaptée pour limiter les infiltrations de chaleur extérieure dans la journée et récupérer l'air frais du dehors pendant la nuit.

Apports gratuits :

Au-delà des apports solaires, d'autres solutions complémentaires permettent de gagner des degrés toujours précieux comme les puits canadiens ou provençaux, des solutions intéressantes. Ils ont pour but de limiter les consommations d'énergie liées au chauffage et à la climatisation, ou même éviter l'installation d'un système de climatisation.

I.1.5 LES PRINCIPES DE LA THERMIQUE :

Limiter les transferts de chaleur en maîtrisant les échanges thermiques : en hiver, diminuer les déperditions calorifiques et donc ralentir les flux de chaleur de l'intérieur vers l'extérieur. En été, c'est ralentir la progression de la chaleur et limiter les consommations d'énergie liées à la climatisation.

I.1.5.1 Les différents modes de transmission de la chaleur :

1. **Transmission de la chaleur par conduction** (concerne principalement les corps solides) et les fluides
2. **Transmission de la chaleur par convection** (concerne principalement les gaz et les fluides). L'air circule par différence de température entre deux points en raison de la

variation de masse volumique. Par exemple, l'air chaud monte et la chaleur se dissipe en « frottant sur les parois ».

3. Transmission de la chaleur par rayonnement (infrarouge).

Toute matière absorbe et émet un rayonnement en fonction de sa température et de son émissivité, l'échange de chaleur se faisant en fonction du vecteur de propagation (air ou vide). Le transfert de chaleur par rayonnement ne nécessite pas de vecteur de propagation.

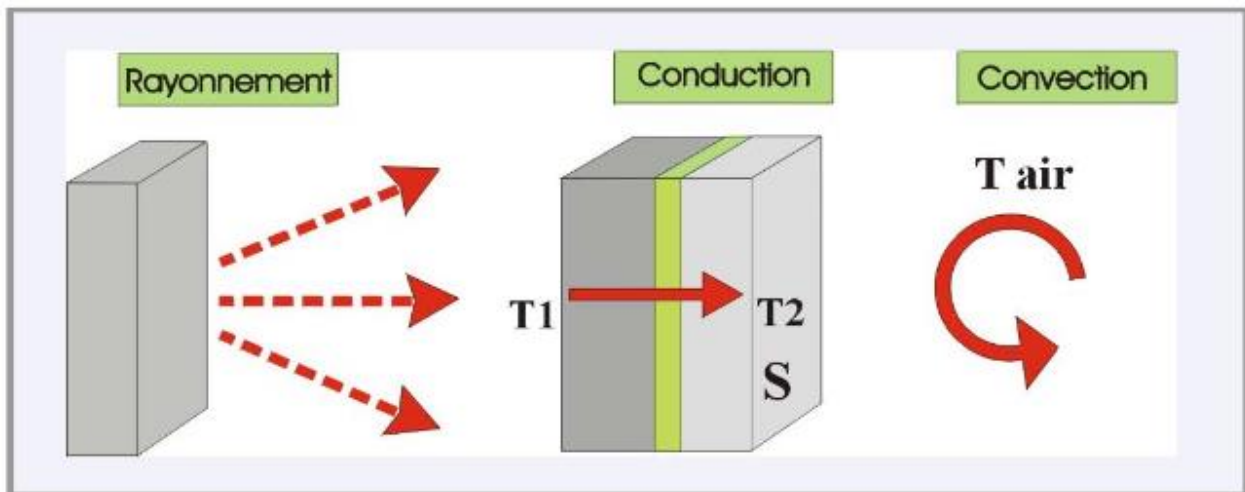


Figure 08 : les différents modes de Transfer de la chaleur

I.1.5.2 Chaleur et flux de chaleur dans une paroi :

Lorsque deux corps de températures différentes sont en présence, le corps le plus chaud rayonne plus d'énergie qu'il n'en absorbe et le corps le plus froid absorbe plus d'énergie qu'il n'en rayonne. Cela dépend de leur émissivité.

- Chaud et froid :

Tous les matériaux sont composés de particules élémentaires en perpétuel mouvement. L'apport de chaleur ou d'énergie contribue à augmenter l'agitation interne des molécules du matériau, qui alors se réchauffe.

Par conséquent, le refroidissement de ce même matériau contribue à une diminution de l'agitation interne ou une restitution de l'énergie. C'est le refroidissement du matériau qui contribue à la diminution de l'agitation moléculaire.

- Fuite de la chaleur :

Quand la température extérieure est de moins 5 °C et la température intérieure de 20 °C, la différence entre ces deux niveaux de température crée un phénomène physique de transfert d'énergie qui provoque la fuite de la chaleur

- Flux de la chaleur :

Cette fuite d'énergie ou de chaleur est appelée flux de chaleur symbolisé par (ϕ). Il augmente quand l'écart de température augmente lui aussi. Pour une même paroi, de nature et d'épaisseur identiques, et pour un écart de température deux fois plus grand, la fuite de chaleur se traduit par

un effet double. Le flux de chaleur est la quantité d'énergie ou de chaleur passant au travers de 1 m² de paroi pendant une seconde.

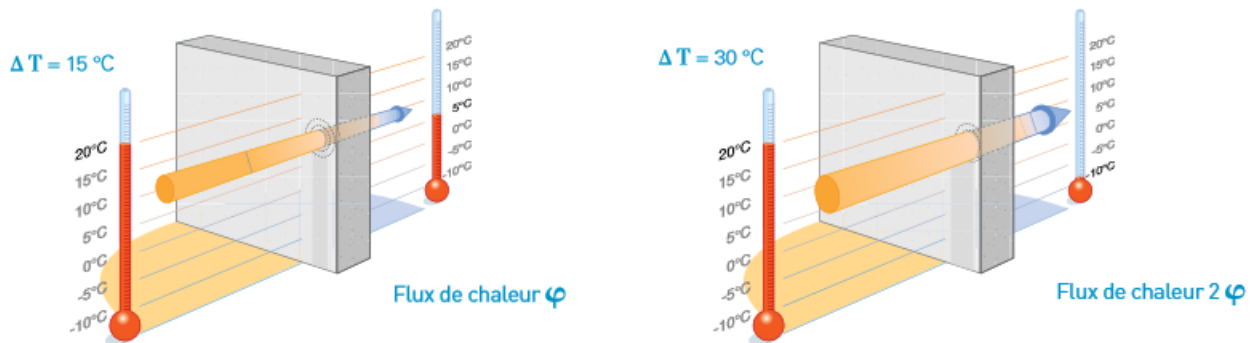


Figure 09 : flux de chaleur dans le mode chaud et froid.

I.1.5.3. La loi de Fourier :

La loi fondamentale de Fourier, régissant le flux de chaleur (ϕ) dans une paroi homogène, s'exprime par la formule :

$$\phi = \lambda \cdot \Delta T / e$$

Cette loi fondamentale montre que le flux de chaleur traversant une paroi dépend :

- du λ du matériau constituant la paroi : plus son λ est faible, plus la paroi est isolante (pour une paroi d'épaisseur égale)
- de l'épaisseur de la paroi [e]
- de l'écart de température entre extérieur et intérieur [ΔT]

I.1.5.4 Moyens de contrôle Pour éviter l'inconfort attribuable à la chaleur¹³:

- Climatisez le lieu de travail si possible; réglez les diffuseurs d'air pour éviter les courants d'air sur les travailleurs ou, encore, aménagez les postes de travail en conséquence.
- Révisez et adaptez le réseau de distribution d'air au moment d'effectuer des changements à l'aménagement des lieux.
- Limitez l'utilisation d'appareils électriques (ex. : cafetière, lampe, ordinateur) lorsqu'elle n'est pas indispensable.
- Filtrez les rayons du soleil à l'aide de stores.
- Déplacez les objets pouvant nuire au bon fonctionnement du système de ventilation.
- Adoptez une tenue vestimentaire adaptée au niveau d'activité et à l'ambiance thermique du lieu de travail.

I.1.5.5 Moyens de contrôle Pour éviter l'inconfort attribuable au froid ¹⁴:

- Le chauffage par une chaudière à gaz.
- Les bouches de chauffage sous les fenêtres de façon à neutraliser les surfaces froides et à réchauffer les courants d'air ou les infiltrations.
- Une révision du système d'aération à chaque changement d'utilisation des pièces.

I.1.6. conclusion :

D'après la recherche bibliographique, L'objectif principal est d'obtenir le confort d'ambiance recherché de manière la plus naturelle possible en utilisant les moyens architecturaux, les énergies renouvelables disponibles.

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

Notre choix s'est porté sur le solaire thermique, une forme des énergies renouvelables, et une stratégie et technique architecturale qui cherche à profiter au maximum du soleil en hiver et de s'en protéger durant l'été.

PARTIE II :

ETAT DE L'ART :

L'utilisation de l'eau chaude sanitaire et le chauffage est un thème qui a intéressé plusieurs auteurs, notre recherche s'est faite à travers des documents scientifiques, mémoires de fin d'études, thèses de magister et doctorat, articles, revues..., ainsi de la consultation des cas d'études réels et des projet réalisés dans le monde.

I- 2.1 LES ARTICLES :

- Article 01 sous le titre : **OPTIMISATION DES SURFACES DE CAPTATION DES INSTALLATIONS SOLAIRES DE CHAUFFAGE D'EAU COLLECTIF**¹⁵

L'objet de ce travail consiste à élaborer une étude mathématique pour la détermination des surfaces optimales des installations solaires de chauffage d'eau collectif. La méthode décrite dans cet article permet de calculer le coût total minimal d'une installation solaire de chauffage d'eau composée par les systèmes suivants :

- système de captation
- système de stockage
- système d'appoint.

- Article 02 sous le titre : **SYSTEME SOLAIRE COMBINE ESTIMATION DES BESOINS ENERGETIQUES**¹⁶

Cet article, consiste a évalué les besoins énergétiques d'un tel système dans le cas d'une famille de cinq personnes sur un site de Bouzaréah, Alger. La surface chauffée par le plancher solaire direct est de 100 m² avec un niveau d'isolation moyen.

Après l'évaluation de la Demande mensuelle de chauffage et le calcul des Besoins en eau chaude sanitaire et la surface de captation nécessaire pour le système de chauffage et l'eau chaude, et la définition des différents paramètres solaires (irradiation, puissance solaire...), une synthèse a été établie, on la résume dans les points suivants :

La demande de chauffage mensuelle atteint environ 1700 kWh en hiver, en prenant comme température désirée, $T_c = 21$ °C pour une température extérieure d'environ 10 °C. La demande en eau chaude sanitaire d'une famille de cinq personnes peut atteindre les 400 kWh/mois, mais peut varier de ± 20 %.

La proportion des besoins d'énergie pour l'eau chaude et pour le chauffage varie suivant le volume habitable, l'isolation thermique, le nombre des habitants.

Les besoins en chauffage ne sont pas en phase avec l'ensoleillement pendant l'hiver, et que l'énergie solaire disponible en été dépasse largement les besoins d'eau chaude sanitaire.

Le chauffage solaire et l'appoint doivent être conçus ensemble afin d'assurer le rendement global du système.

En conclusion il est clair que l'énergie solaire couvre totalement les besoins en été, en mi-saison plus de 50 % et en hiver environ 20 %, pour cela l'appoint est primordial.

- Article 03 sous le titre : **GESTION OPTIMALE DE L'ENERGIE DANS UN PROCEDE MULTI-SOURCE POUR LE CHAUFFAGE DE BATIMENTS**¹⁷.

Les travaux présentés dans ce manuscrit s'attachent à répondre à la problématique d'exploitation excessive des ressources énergétiques par l'intermédiaire d'une méthodologie d'optimisation énergétique, appliquée au secteur du bâtiment et notamment au poste de chauffage, l'un des plus gros consommateurs d'énergie en France. Cette méthodologie est basée sur la modélisation du procédé de chauffage considéré et d'un moyen de stockage énergétique, ainsi que sur le développement d'outils de contrôle prédictif exploitant la connaissance de perturbations futures. Cette approche a été utilisée pour l'optimisation énergétique d'une chaufferie collective, gérée par la société Cofely GDF-SUEZ et qui alimente en eau chaude, via un réseau de chaleur, un quartier de La Rochelle.

La chaufferie ne disposant pas d'un système de stockage, ou une modification hydraulique a été proposée afin d'en intégrer un. Pour la gestion du stockage, deux contrôleurs différents, dont l'un basé sur la commande prédictive optimale et exploitant des prédictions pour anticiper le comportement de la chaufferie, ont été proposés. Ces prédictions sont fournies par un module intégrant une analyse multi-résolution par décomposition en ondelettes et utilisant les réseaux de neurones artificiels. Les résultats obtenus avec le contrôleur prédictif montrent que l'utilisation optimale d'un système de stockage permet d'améliorer de façon très significative le fonctionnement de la chaufferie. La consommation énergétique fossile, le coût de fonctionnement de l'installation, les émissions de CO₂ et le taux de couverture de l'énergie fossile sont fortement réduits, tout en améliorant le respect des contraintes techniques de fonctionnement.

- Article 04 sous le titre : **ETUDE DE LA RENTABILITE D'UNE INSTALLATION SOLAIRE DE CHAUFFAGE D'EAU COLLECTIVE APPLICATION A DIFFERENTS SITES ALGERIENS**¹⁸

L'objet de ce travail consiste à élaborer un modèle mathématique pour la détermination des surfaces optimales des installations solaires de chauffage d'eau collectif.

- Article 05 sous le titre: **DESIGN AND PERFORMANCE OF A LARGE-SIZE SOLAR WATER HEATER**¹⁹

Ce document concerne la conception d'un chauffe-eau solaire capable de servir les fortes demandes intermittentes en eau chaude d'hôpitaux et d'hôtels dans plusieurs villes Indiennes. Le système est entièrement automatique et chauffe 600 litres d'eau jusqu'à 55°C en hiver Roorkee. Les Pertes de chaleur pendant la nuit peuvent être compensées au cas voulu par un chauffage électrique auxiliaire prévu dans le réservoir d'emmagasinement et contrôlé par un dispositif sensible et la radiation et à bas prix.

Le système est composé d'un collecteur à plaque consistant d'une ailette en aluminium de jauge 28 attachée par fils et de tuyaux en fer galvanisé de 19mm de diamètre et dont les centres sont espacés de 10 cm. L'unité est réglée pour donner une efficacité maximum par unité de coût sous des conditions de climat Indien. Divers arrangements de connection des collecteurs tels que cascade, série, série parallèle, et véritablement en parallèle, ont été expérimentalement étudiés et il est ressorti que pour un système chauffe-eau solaire comportant un grand nombre de rangées d'absorbeurs, L'arrangement véritablement en parallèle donne le maximum d'efficacité et d'économie.

- Article 06 sous le titre : **PERFORMANCES JOURNALIERES D'UN CHAUFFE-EAU SOLAIRE**²⁰

Le présent papier porte sur la détermination des caractéristiques du capteur solaire plan et sur l'étude de l'effet thermosiphon d'un chauffe-eau solaire à circulation naturelle installé au CDER.

Un bilan énergétique a été effectué avant d'entamer l'étude stochastique des paramètres météorologiques.

En conclusion, Le banc d'essai mis en place a permis la récupération de plusieurs paramètres expérimentaux qui serviront à valider les résultats théoriques.

- Article 07 sous le titre : **ETUDE DU COMPORTEMENT THERMIQUE D'UNE MAISON MUNIE D'UN SYSTEME DE CHAUFFAGE SOLAIRE**²¹

Le travail présenté est l'étude d'un système de chauffage solaire pour un local monozone. Le système est composé d'un champ de capteurs solaires plans, d'une cuve de stockage d'eau chaude, et d'un local à chauffer.

La modélisation mathématique du système est basée sur le calcul des bilans thermiques au niveau des éléments constituant le système de chauffage

L'étude et la validation du modèle a été faite selon les résultats obtenus de l'étude du Pr. Zaheer-Uddin qui a utilisé un système de chauffage identique, seulement que l'apport de chaleur est assuré par une chaudière à gaz.

- **Article 08 sous le titre : INTEGRATION ENERGETIQUE DANS LES BATIMENTS : UTILISATION COMBINEE DE L'ENERGIE SOLAIRE ET DE LA GEOTHERMIE BASSE TEMPERATURE**²²

Cet article présente l'étude d'un procédé intégrant simultanément l'énergie solaire thermique et la géothermie basse température, et répondant aux besoins de chauffage, de rafraîchissement et de production d'eau chaude sanitaire des bâtiments.

Fonctionnement : pompe à chaleur et la contribution des capteurs solaires.

Le taux de couverture solaire pour la production d'eau chaude sanitaire a, quant à lui, une valeur moyenne de 65% sur les dix premiers mois de fonctionnement.

Les résultats issus de la simulation dynamique du procédé réalisés à l'aide du logiciel TRNSYS permettront de procéder à une optimisation technico-économique du système.

- **Article 09 sous le titre : OPTIMISATION DES SURFACES DE CAPTATION POUR LES INSTALLATIONS SOLAIRES DE CHAUFFAGE D'EAU SANITAIRE**²³.

L'objectif de ce travail est de déterminer la surface optimale d'une installation solaire de chauffage d'eau à partir de la méthode F-Chart, en tenant compte des aspects économiques et thermiques de l'installation. L'étude est réalisée pour différents sites. L'étude a révélé qu'une installation de chauffage d'eau collective avec des prix de capteurs bas était plus rentable.

- **Article 10 sous le titre : ETUDE ET REALISATION D'UN BANC D'ESSAI POUR UN CHAUFFE-EAU SOLAIRE A CIRCULATION FORCEE DANS LA REGION DES HAUTS PLATEAUX**²⁴

Le but de ce travail est la réalisation pratique d'un système de régulation de la température d'un chauffe-eau solaire, et l'installation et le montage de l'ensemble des éléments du système. Cela est géré par ordinateur utilisant un logiciel élaboré (non cité).

Par ordre de grandeur, l'article parle d'abord des potentialités dont l'Algérie dispose en énergie Solaire, puis cite un aperçu sur l'état de l'art des chauffe-eau solaires actuels(types, constitutions, paramètres, normes d'essais,...) ainsi donnant les différentes mesures indispensables dans l'étude : (mesure de température, Mesure du rayonnement, Mesure du débit,...).

En conclusion, nous avons expérimentation et résultats.

- **Article 11 sous le titre : DEFINITION D'UNE PROCEDURE D'EVALUATION APPLIQUEE AUX SYSTEMES COMBINES SOLAIRES**²⁵

Dans cet article, une proposition d'évaluer en laboratoire la performance globale de systèmes combinés dont une partie serait représentée par des composants virtuels (bâtiment, émetteurs, capteurs solaires, climat, etc.) et l'autre par des composants réels (produits constructeurs). Le CSTB et le Centre d'Energétique de l'Ecole des Mines de Paris ont élaboré un environnement

informatique capable de simuler le comportement virtuel d'un bâtiment et de ses équipements techniques auxquels on connecte, via une interface (centrale d'acquisition).

Cet article a pour objectif de définir une procédure simplifiée d'évaluation des systèmes combinés. Celle-ci doit permettre soit de comparer divers systèmes entre eux (en terme de performance par exemple et sur un nombre limité de configurations), soit de vérifier qu'un système est conforme à ses spécifications.

- Article 12 sous le titre : **LE SOLAIRE THERMIQUE EN ALGERIE: HISTOIRE ET PERSPECTIVES**²⁶

Cet article parle sur les énergies renouvelables en Algérie et précisément sur le solaire thermique, où les efforts du CDER sont menés à faire une Division Solaire Thermique et Géothermie dans le cadre de la politique de développement du pays en général et le développement des énergies à partir de sources renouvelables en particulier (Solaire et thermique).

Ainsi, La consommation énergétique de l'Algérie est basée, presque exclusivement, sur les énergies de source fossile, les hydrocarbures et spécialement le gaz naturel.

En 2011, l'Algérie s'est engagée avec détermination sur la voie des énergies renouvelables. Cet engagement est concrétisé par le lancement par le gouvernement d'un ambitieux programme national des énergies renouvelables. Ces principaux objectifs sont :

- Apport des solutions globales et durables aux défis environnementaux
- Diversification des sources d'énergie et la promotion de l'efficacité énergétique
- Préservation des ressources énergétiques d'origine fossile.

- Article 13 sous le titre : **LE CHAUFFAGE SOLAIRE DE L'EAU SANITAIRE**²⁷

Cet article parle sur l'utilisation de l'énergie solaire pour la production d'eau chaude sanitaire (chauffes eau solaires), en illustrant des généralités sur les installations de production d'eau chaude sanitaire.

L'étude comporte aussi l'évaluation des besoins en eau chaude, Calcul du débit total de fluide caloporteur, Calcul du nombre de capteurs, Choix de l'emplacement des capteurs,...

L'installation été réalisée au CDER (Bouzaréah). Elle est composée de capteurs de production nationale montés sur une surface inclinée à la latitude du site, et une cuve de stockage dimensionnée pour une capacité de 400 litres, dans laquelle un échangeur est immergé à l'intérieur.

Les résultats sont représentés sur le tableau suivant :

Caractéristiques de l'installation	
Capacité (litres)	400
Nombre de capteurs	4
Débit (l/ h.m ²)	70
Volume du circuit primaire (litres)	7,5
Caractéristiques de l'échangeur	
Longueur (m)	34,12
Diamètre (mm)	12/14
Vitesse (m/s)	1,2
Caractéristiques de la cuve de stockage	
Capacité (litres)	400
Hc (m)	1,2
Hec (m)	0,74
L1 (m)	0,17
Dec (m)	0,40
Dc (m)	0,65

I.2.2. LES THESES :

- Thèse de Magister : **ETUDE THEORIQUE ET APPLICATION PRATIQUE D'UN SYSTEME DE CHAUFFE-EAU SOLAIRE EN VUE DE LA PRODUCTION DE L'EAU CHAUDE SANITAIRE**²⁸

Ce travail est basé principalement sur deux, parties essentielles: une partie théorique et une partie expérimentale, toutes les deux, concernent la détermination des performances d'un chauffe-eau solaire monobloc à circulation naturelle (thermosiphon), et le problème de stockage sous forme d'énergie thermique.

L'étude a permis de déterminer la distribution de la température dans une cuve de stockage ainsi que le débit du fluide caloporteur circulant à l'intérieur du système en tenant compte de toutes les données géométriques du site.

I.2.3.ÉTUDE D'EXEMPLES :

- Étude de cas 1: **PRODUCTION D'EAU CHAUDE SANITAIRE SOLAIRE (HOPITAL REGIONAL DE KEBILI, TUNISIE)²⁹**

Raisons du projet :

Le chauffage de l'eau chaude sanitaire de l'hôpital grâce à une installation solaire constitue souvent une solution intéressante, notamment dans les régions de fort ensoleillement. L'exemple de l'hôpital régional de Kébili illustre ce type de projet.

Description :

L'hôpital Régional de Kébili (210 lits) est situé au sud-ouest de la Tunisie, à 470 km de la capitale Tunis. Le climat est sec et aride. L'ensoleillement moyen est de 5,1 KWh/m²/jour. La production d'eau chaude sanitaire était assurée par une installation de chauffage datant de 1978 et consistant principalement en une chaudière au fuel. Depuis 1998, une installation solaire permet d'assurer plus de la moitié de la production d'eau chaude sanitaire.

L'installation solaire, mise en service en septembre 1998, est une installation à double circuit. Elle consiste principalement en une surface totale de capteurs solaires de 56 m², deux ballons de stockage de 2 500 litres chacun, un échangeur à plaque de puissance 40 kW et deux pompes de circulation (primaire et secondaire). Le circulateur primaire est piloté par un interrupteur crépusculaire en fonction de l'intensité lumineuse. Le circulateur secondaire est asservi au fonctionnement du primaire (le circulateur primaire doit être en service pour que le secondaire puisse fonctionner). Il est piloté par un régulateur différentiel en fonction de l'écart de température entre l'arrivée des capteurs à l'échangeur et le bas du ballon de stockage le plus froid. Ce régulateur est réglé à 7 °C : Lorsque la température « arrivée capteur » est supérieure de 7 °C par rapport à la température à la température du bas du ballon, le circulateur secondaire se met en marche. Il s'arrête lorsque cet écart atteint 2 °C. De plus, un thermostat de sécurité, situé en partie supérieure du ballon solaire assure l'arrêt du circulateur secondaire dès que la température de ce ballon atteint 80 °C.

Stratégie de mise en œuvre et financement ;

Le projet a été réalisé dans le cadre du programme « Chauffage solaire de l'eau sanitaire en Tunisie ».

Résultats techniques et financiers ;

Après trois ans de suivi, la quantité d'énergie produite par l'installation solaire est de 9,57 Tonnes Équivalent Pétrole (TEP).

L'exploitation de l'installation solaire pendant cette période a permis de couvrir 57 % des besoins en eau chaude sanitaire et de réaliser une économie sur les dépenses d'environ 2 500 €/an ainsi que d'éviter l'émission dans l'atmosphère de 26 tonnes de CO₂/an.

Mois	Consommation d'eau (litres/jour)	Énergie solaire fournie (kWh/mois)
Oct.	3 900	1 680
Nov.	3 795	1 230
Déc.	6 278	3 630
Jan.	8 132	4 170
Fév.	7 104	3 590
Mars	7 517	4 190
Avril	6 082	2 906
Mai	6 083	3 003
Juin	6 351	2 970
Juil.	6 140	3 000
Août	6 229	3 730

Tableau 01 : Résultats enregistrés (octobre 98 – août 99)

Conclusion :

La production d'eau chaude sanitaire et la part d'énergie consacrée est très importante dans un établissement de santé. Le système de panneaux solaires est une technologie qui répond à des grands besoins pour les hôpitaux mais s'adapte aussi pour les structures rurales. Certains systèmes solaires n'ont pas besoin d'apport électrique (système de thermosiphon) ce qui permet la production d'eau chaude sanitaire solaire dans les structures en zone rurale non connecté au réseau électrique.

- Étude de cas2 : **INSTALLATION SOLAIRE AU CENTRE HOSPITALIER DU BASSIN DE THAU A SETE**³⁰

Le centre hospitalier du Bassin de Thau, situé à Sète, dispose d'une capacité d'accueil de 370 lits.

L'installation solaire permet ainsi à l'hôpital d'assurer l'essentiel de ses besoins en eau chaude sanitaire sans dépendre de la volatilité du prix des énergies fossiles.

La surface totale des panneaux posés en toiture a été réduite de près de 30% par rapport à l'installation de 1984. Deux champs de 134 capteurs ont ainsi été positionnés pour une surface utile totale de 235 m², avec une inclinaison de 60°. Par ailleurs, l'ensemble des circuits hydrauliques a été réétudié pour réduire les pertes de charge hydraulique et obtenir une production instantanée qui évite le stockage.

Grâce à cette nouvelle installation, l'apport solaire mesuré atteint 130 000 kWh par an et permet de couvrir environ 50% des besoins en eau chaude sanitaire de l'hôpital, une chaudière au gaz naturel étant utilisée en appoint. Calculé en fonction de l'actualisation du prix du gaz naturel, l'installation solaire présente un retour sur investissement compris entre 8,5 et 11 ans.



Figure 10 : Les capteurs solaires installés en toiture CH du Bassin de Thau à Sète

I.2.4. Conclusion :

L'état de l'art réalisé a permis de mettre en évidence les solutions adoptées pour la production de l'eau chaude sanitaire et le choix adéquat du système de chauffage.

- I.** On s'intéresse dans ce projet aux systèmes collectifs de production d'eau chaude sanitaire avec un système de chauffage par chaudière à gaz, qui assure l'appoint de l'installation à la fois.

CHAPITRE II

GENERALITES SUR SOLAIRE ET LE SOLAIRE THERMIQUE

ET LES INSTALLATION D'ECS

L'énergie solaire est écologique, gratuite et rentable. A la condition que l'on possède une installation solaire bien dimensionnée et performante.

Grâce à des capteurs d'un niveau technique élevé et une installation adaptée, l'utilisation économique de l'énergie solaire n'est plus une vision d'avenir, mais une réalité qui a déjà fait ses preuves dans l'utilisation quotidienne. Si on prend en compte les prix de l'énergie qui ne manqueront pas d'augmenter à l'avenir, investir dans une installation solaire est un authentique investissement pour le futur.

Le choix des différents systèmes de production de l'eau chaude sanitaire et chauffage, ainsi les généralités sur le thermique seront présentés dans ce chapitre.

II. Introduction :

L'énergie solaire permet de produire de la chaleur ou de l'électricité, de façon propre et renouvelable. Elle peut répondre ainsi à une partie de la demande en énergie des bâtiments, que ce soit pour de l'habitat collectif ou des maisons individuelles, ainsi que des bâtiments tertiaires ou industriels. L'architecture est le lien entre l'énergie solaire et le bâtiment.

II.1. Le gisement solaire en Algérie :

Le gisement solaire est un ensemble de données décrivant l'évolution du rayonnement solaire disponible au cours d'une période donnée. Il est utilisé pour simuler le fonctionnement d'un système énergétique solaire et faire un dimensionnement le plus exact possible compte tenu de la demande à satisfaire³¹.

De par sa situation géographique, l'Algérie dispose d'un gisement solaire énorme comme le montre la figure en dessus (Figure 11).

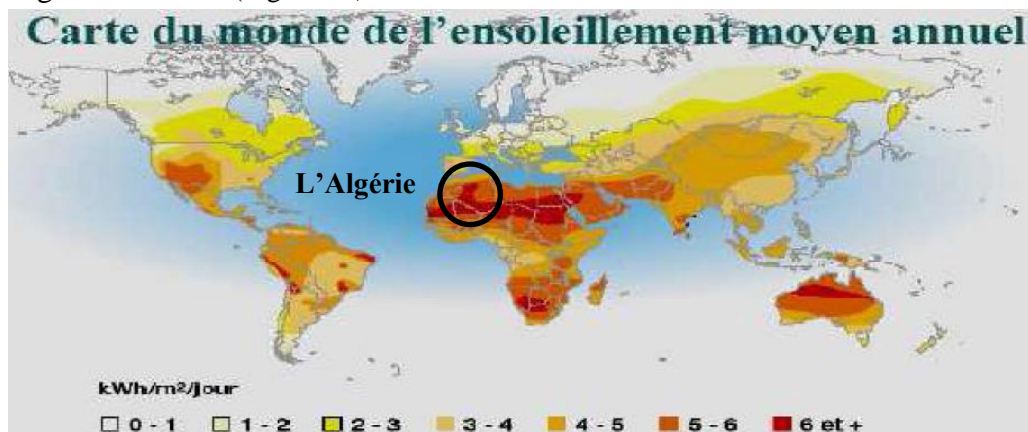


Figure 11 : Carte du monde de l'ensoleillement moyen annuel

Suite à une évaluation par satellites, l'Agence Spatiale Allemande (ASA) a conclu, que l'Algérie représente le potentiel solaire le plus important de tout le bassin méditerranéen, soit 169.000 TWh/an pour le solaire thermique, 13,9 TWh/an pour le solaire photovoltaïque. Le potentiel solaire algérien est l'équivalent de 10 grands gisements de gaz naturel qui auraient été découverts à Hassi R'Mel. La répartition du potentiel solaire par région climatique au niveau du territoire algérien est représentée dans le tableau 02 selon l'ensoleillement reçu annuellement:

Region	Régions côtières	Hauts plateaux	Sahara
Superficie(%)	4	10	86
Durée moyenne d'ensoleillement(h/an)	2650	3000	3500
Energie moyenne reçue(kwh/m ² an)	1700	1900	2650

Tableau 02 : Ensoleillement reçu en Algérie par régions climatiques

II.1.1. Domaine d'application de l'énergie solaire :

Parmi les applications de l'énergie solaire on cite :

- * Le chauffage et la climatisation des bâtiments.
- * La production de l'eau chaude sanitaire et industrielle ainsi que la production de l'eau distillée
- * Les piscines solaires.
- * La production du sel par l'évaporation de l'eau de mer.
- * Le séchage des produits agricoles et animaux.
- * Les pompes et les cuisinières solaires.
- * La conservation des aliments.
- * La conversion photovoltaïque.
- * Fournaise solaire.
- * La production d'électricité.
- * La conversion indirecte d'énergie solaire, éolienne, marémotrice et biomasse.

II.1.2. Le solaire Thermique :

Le principe est de convertir en chaleur le flux solaire par le biais de capteurs solaires thermiques. Cette énergie peut être utilisée pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire, mais également pour produire de l'électricité.

La position du solaire thermique dans le programme national des énergies renouvelables ³²:

Actuellement, une grande partie de la consommation énergétique mondiale est assurée essentiellement par les ressources naturelles fossiles (Pétrole et gaz) et de la filière nucléaire. La consommation des sources d'énergies fossiles donnent lieu à des émissions de gaz à effet de serre notamment le dioxyde de carbone et le méthane.

Pour les sources fissiles, le traitement et le stockage des déchets nucléaires radioactifs est très coûteux, sans oublier le problème de la radioactivité qui reste élevée durant de nombreuses années. L'Algérie ne fait pas exception, sa consommation énergétique est basée, presque exclusivement, sur les énergies de source fossile, les hydrocarbures et spécialement le gaz naturel.

Ce choix stratégique est motivé par la disponibilité d'un immense potentiel solaire. En effet, la durée d'ensoleillement est égale respectivement 2650 heures par an au Nord et 3500 heures par an au Sud. L'irradiation solaire journalière reçue sur une surface horizontale est environ 5 kWh/m² au Nord et supérieure à 7 kWh/ m² dans le

Sud. Ainsi, les énergies solaires thermique et photovoltaïque constituent l'axe majeur du programme des énergies renouvelables. D'ici 2030, la part de la filière énergie renouvelable sera 40% de la production d'électricité destinée à la consommation nationale.

L'énergie solaire thermique est présente dans ce programme national des énergies renouvelables dans les domaines de la concentration solaire et l'efficacité énergétique.

La concentration solaire représente à elle seule deux tiers (2/3) de la puissance à installer. En 2030, pour les centrales à concentration solaires, la capacité cumulée à installer prévue est de 7200 MW, soit environ 32% par rapport à la production nationale d'électricité. Par contre, pour le photovoltaïque et l'éolien le cumul de puissance prévu est de 4800 MW, ce qui correspond à environ 8% par rapport à la production nationale d'électricité.

Actuellement, la centrale de Hassi R'Mel est la première et la seule centrale thermodynamique à concentration solaire installée en Algérie. La centrale est hybride, solaire-gaz, d'une puissance de 150 MW dont 25 MW solaire.

La concentration solaire est assurée par les collecteurs cylindro-paraboliques.

Le programme d'efficacité énergétique, pour la période 2011-2020, prévoit des actions, principalement, dans les volets suivants :

- Développement du chauffe-eau solaire. Il est prévu d'installer 122 000 m² pour l'individuel et 60 000 m² pour le collectif.
- Isolation thermique des bâtiments pour les logements neufs et pour les constructions existantes,
- Aide à l'introduction de l'efficacité énergétique dans le secteur industriel
- Conversion au cycle combiné des centrales électriques
- Réalisation de deux projets pilotes de climatisation au solaire.

La production d'eau chaude sanitaire est une des applications les plus intéressantes de l'énergie solaire, notamment dans les installations solaires collectives (ISC) des bâtiments résidentiels et certains tertiaires caractérisés par des besoins d'eau chaude importants et réguliers tout au long de l'année. C'est le cas en particulier des bâtiments de l'habitat collectif, des hôtels et des établissements de santé.

II.1.2.1. Les différents types de capteurs solaires :

Trois types de capteurs solaires thermiques peuvent être utilisés pour les C.E.S.I. et S.S.C :

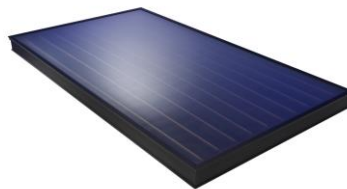
- les capteurs plans vitrés indépendants de la structure du bâtiment
- Capteurs non vitrés
- les capteurs à tubes sous-vide.

Les capteurs solaires photovoltaïques sont quant à eux des convertisseurs de rayonnement solaire en électricité.

Figure 12 : Quelques types de capteurs et leurs champs d'application

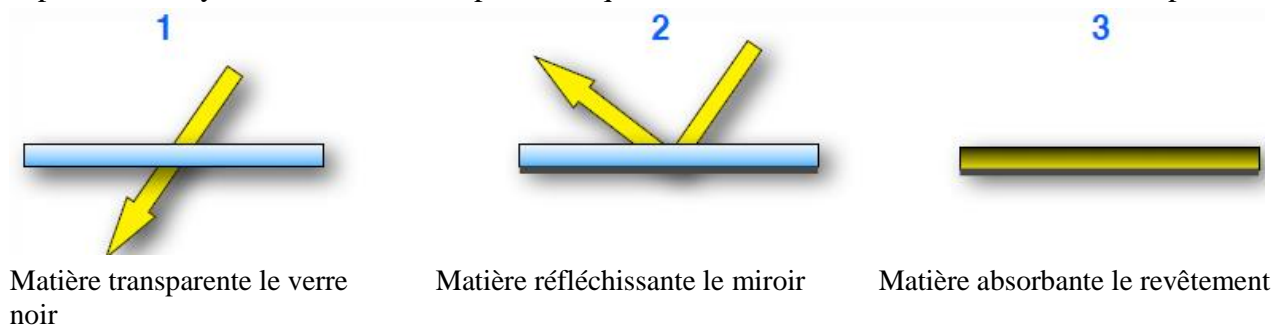
Capteurs non vitrés: p.ex. nattes en plastique	chauffage de piscines de plein air appoint aux installations géothermiques (serpentins et sondes).
Capteurs non vitrés avec revêtement sélectif:	chauffage de piscines couvertes préchauffage d'eau chaude
Capteurs vitrés:	préparation d'eau chaude sanitaire chauffage d'appoint
Capteurs à tubes sous vide:	chauffage d'appoint / chaleur industrielle / eau chaude sanitaire (en circulation directe, convient aussi pour une implantation horizontale ou verticale)

II.1.2.1.a Le capteur solaire thermique plan vitre :



1- Composition du capteur :

Le capteur thermique plan vitré est composé de plusieurs matières permettant d'optimiser la captation du rayonnement solaire et par conséquent de chauffer efficacement le fluide caloporteur.

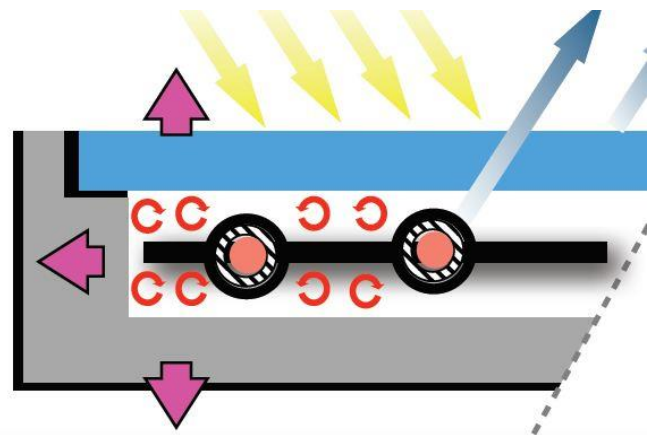
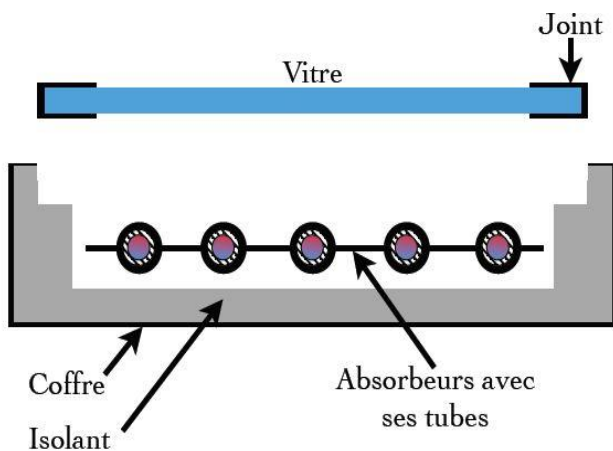


Le rôle de l'absorbeur est capital puisque qu'il "transforme" le rayonnement solaire en chaleur pour la transmettre au fluide caloporteur.



L'absorbeur est muni de tubes assurant la circulation du fluide caloporteur à chauffer.
 La surface absorbante (revêtement) absorbe et transforme le rayonnement solaire en chaleur, la température peut atteindre entre 70° et 80°.
 Un bon revêtement doit être fortement absorbant : il est en général noir ou de teinte sombre.

2- Principe de fonctionnement :

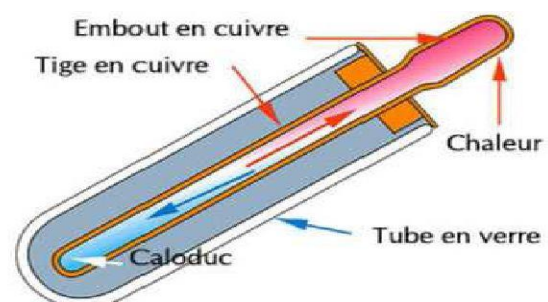


II.1.2.1. b Le capteur solaire thermique a tubes sous vide :

Le capteur sous vide est constitué d'une série de tubes de verre sous vide à l'intérieur desquels se trouve un absorbeur avec un circuit hydraulique, qui capte l'énergie solaire et la transfère au fluide caloporteur. Grâce aux propriétés isolantes du vide, les déperditions de chaleur sont faibles. Ainsi, on peut obtenir des gains de température de 100°C et plus. Ce type de capteur est particulièrement bien adapté aux applications nécessitant des hautes températures.



1- Composition du capteur :



II.1.2.1.c Capteur non vitre :

Longs tubes noirs en plastique ou en métal, dans lesquels circule de l'eau, ils ne sont pas isolés, ce qui fait que l'élévation de température obtenue est faible: +20°C par rapport à la température de l'air, Ces capteurs sont bien adaptés pour le chauffage des piscines par exemples : « Capteur moquette »



1- Composition du capteur:



II.1.3. Les installations solaires thermiques :

Une installation de production d'eau chaude sanitaire par l'énergie solaire (chauffe-eau solaire) comporte en général 5 sous-ensembles³³ :

- Un sous ensemble de captation
- Un sous ensemble de régulation
- Un sous ensemble de stockage,
- Un sous ensemble d'appoint,
- Un sous ensemble de distribution.

La réduction des consommations d'énergie, par rapport à une installation classique, dépend du dimensionnement et de la conception du système ainsi que du choix des composants.

II.1.3.1. Le principe de fonctionnement d'un chauffe-eau solaire :

- Un capteur solaire thermique (1) est constitué d'une surface absorbante sélective qui capte le rayonnement solaire direct et diffus et le transmet sous forme de chaleur à un fluide "caloporteur" via un réseau de tubes fins.
- Cette chaleur est acheminée par le fluide caloporteur vers un réservoir de stockage de l'eau chaude sanitaire.

- Une pompe (ou circulateur) (3) fait circuler le fluide caloporteur entre les capteurs et le réservoir ou ballon de stockage (2).
- La pompe est activée automatiquement par la régulation (4) lorsque la température du fluide à la sortie des capteurs est supérieure à la température de l'eau sanitaire dans le bas du réservoir de stockage.
- En cas d'ensoleillement insuffisant pour atteindre la température d'utilisation souhaitée (45 à 60°C maximum pour les usages domestiques), l'eau sanitaire sera préchauffée par le soleil et une source d'énergie d'appoint (5)

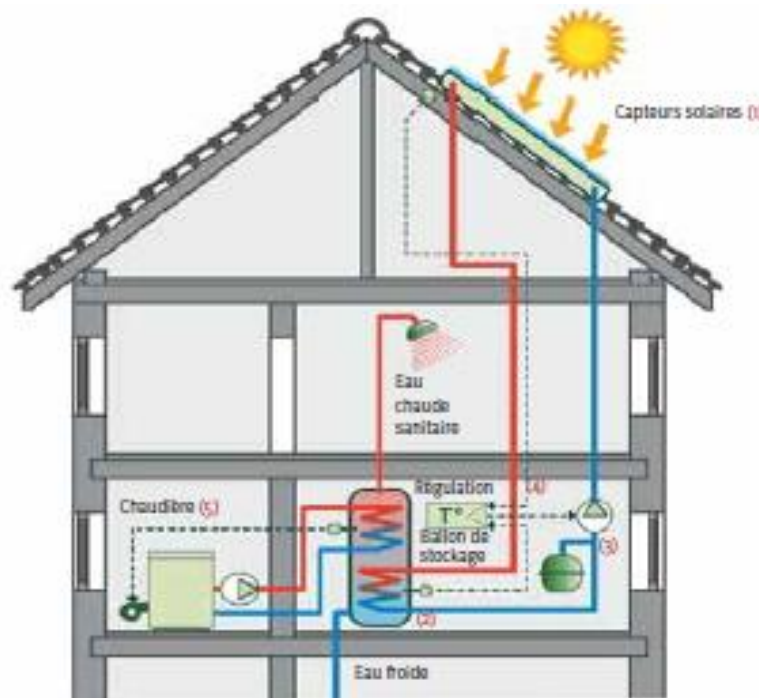


Figure 13 : Le principe de fonctionnement d'un chauffe-eau solaire

1- Le chauffe-eau solaire individuel (CESI) :

L'installation se compose de capteur(s) plan(s) vitré(s) à haut rendement, d'un ballon de stockage avec une cuve de vidange intégrée, et une régulation électronique intelligente. Les rayonnements directs et diffus sont absorbés puis transformés en chaleur dans le capteur. Un fluide caloporteur circulant grâce à une pompe, transfère cette chaleur récoltée au ballon de stockage. Le transfert de chaleur à l'eau sanitaire s'effectue finalement par l'intermédiaire d'un échangeur.

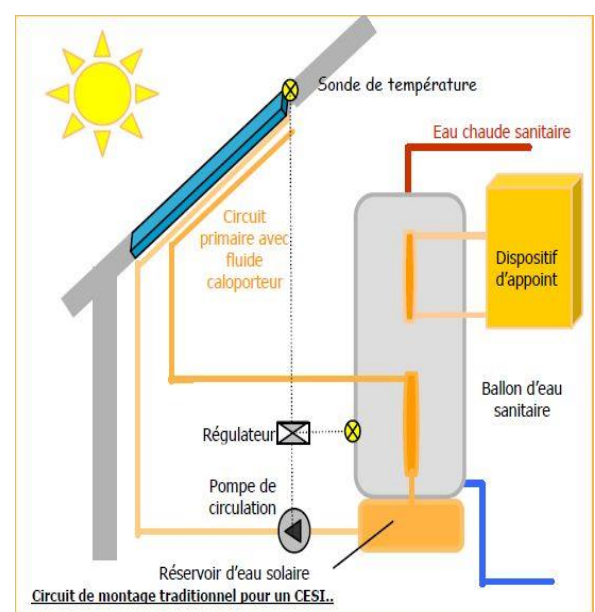


Figure 14 : Installation d'un chauffe-eau solaire individuel (CESI)

2- Les systèmes combinés :

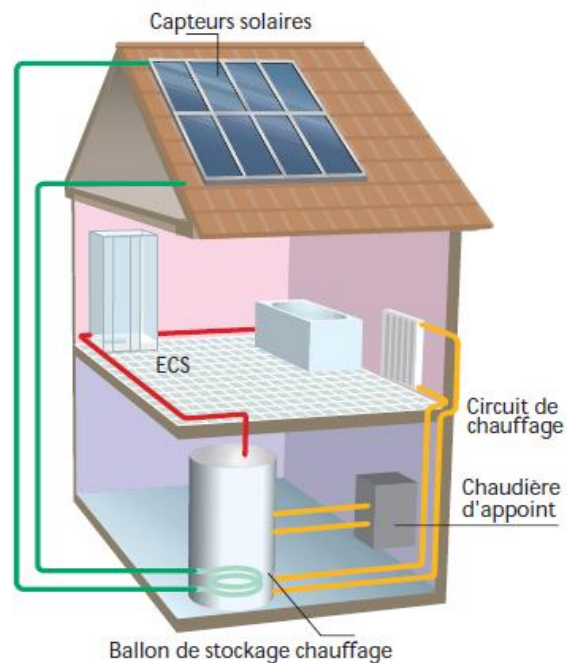
Principe :

Le fluide caloporteur chauffe l'eau du réservoir et repart vers les capteurs. L'eau du réservoir sert pour alimenter le système de chauffage. L'eau chaude sanitaire est produite dans un ballon immergé ou par un échangeur de chaleur.

En vert : circuit où circule l'antigel.

En jaune : circuit où circule l'eau de chauffage (sans antigel).

En rouge : circuit d'eau chaude sanitaire.



3- D'autres systèmes de production d'eau chaude³⁴ :

3.1. Les appareils à accumulation (boiler) :

Le boiler maintient un certain volume d'eau à une température d'environ 60°C. L'eau chaude est disponible lors de l'ouverture du robinet et à plusieurs endroits simultanément mais la quantité est limitée.

3.2. Les chaudières combinées :

Ces chaudières fournissent le chauffage de l'habitation et l'eau chaude sanitaire. Une chaudière combinée peut être à production instantanée (chauffe-eau) ou à accumulation (boiler).

II.1.3.2 Les besoins d'eau chaude sanitaire :

La consommation quotidienne d'eau chaude est liée à l'équipement de l'appartement, au comportement des occupants et à leur nombre.(voir le chapitre prochain).

II.1.3.3 Les modes de production :

L'eau chaude sanitaire peut être produite, soit de manière centralisée pour l'usage de plusieurs logements, soit de manière individualisée par logement.

II.1.3.3.1 Production centralisée :

En logements collectifs équipés d'une chaufferie centrale, l'eau chaude sanitaire peut être assurée soit par les chaudières de la chaufferie, soit par un générateur indépendant. Ces solutions centralisées présentent l'avantage de :

- garantir la disponibilité de la fourniture d'eau chaude sanitaire à température stable et en quantité importante.
- limiter la puissance et la taille de l'installation, car tous les occupants n'ont pas besoin d'eau chaude en même temps.

Dans les deux cas, ces avantages sont renforcés par la présence d'un stockage de l'eau chaude. La taille du stockage doit faire l'objet d'une étude. Les valeurs les plus souvent retenues sont de l'ordre de 25 litres par logement.

En installation collective, la longueur des tuyauteries entre le point de production ou de stockage et les points d'utilisation peut être la cause d'un refroidissement notable de l'eau dans les canalisations. Il en résulte de nombreux désagréments : temps d'attente de l'eau trop long, température insuffisante et risque de développement de bactéries dans les réseaux. Pour éviter tous ces inconvénients, l'installation doit être « bouclée ». L'eau chaude circule alors en permanence dans le réseau de distribution et est sans cesse réchauffée.

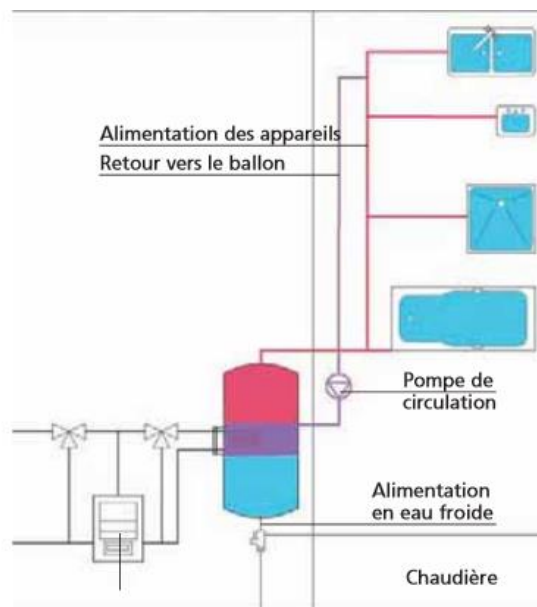


Figure : installation centralisée bouclée

II.1.3.3.2 Production individualisée :

- La chaudière individuelle :

En logement équipé d'un chauffage individuel, la production d'eau chaude peut être assurée par la chaudière qui alimente l'installation de chauffage.

La température de l'eau chaude fournie par une chaudière peut varier notamment en début de puisage. L'installation d'un dispositif mitigeur thermostatique ou d'un ballon de stockage permet de limiter cet inconvénient.

- Le chauffe-eau ou l'accumulateur autonome au gaz :

La production indépendante peut être réalisée par un chauffe-eau instantané ou un système à accumulation dont l'eau est chauffée par un brûleur. Ces appareils à combustion doivent impérativement être raccordés à un conduit d'évacuation des gaz brûlés.

- La production électrique d'eau chaude sanitaire :

Suivant les besoins, elle peut être assurée soit par un chauffe-eau instantané, soit par un chauffe-eau à accumulation.

Le chauffe-eau électrique à accumulation est composé d'une cuve équipée en partie basse d'une résistance électrique.

Le puisage d'eau chaude se fait en partie haute du ballon où s'accumule l'eau chaude du fait de sa plus faible densité. Le fonctionnement de la résistance électrique est commandé par un thermostat associé à un dispositif de sécurité qui coupe l'alimentation électrique en cas d'élévation anormale de la température de l'eau.

Le ballon d'eau chaude est obligatoirement équipé d'une soupape, appelée groupe de sécurité. Ce dispositif est muni d'une manette qu'il faut actionner régulièrement de manière à éviter l'effet de l'entartrage du mécanisme. Les gouttes d'eau qui s'échappent de cette soupape attestent d'un fonctionnement normal. Il existe deux types de chauffe-eau électrique adaptés aux installations individuelles :

- les ballons d'une capacité de 75 à 450 litres et d'une puissance de 10 à 12 W par litre où l'eau est réchauffée en moins de 8 heures. Ils peuvent chauffer l'eau en permanence ou pendant les heures dites "creuses" électriques, avec, éventuellement, une relance manuelle pour un fonctionnement momentané.

Les chauffe-eaux à double puissance contiennent une deuxième résistance qui permet un réchauffage exceptionnel en une courte durée.

- les chauffe-eaux de 15 à 30 litres de capacité et de 900 à 2 000 W de puissance sont réservés à des usages limités en un ou deux points de puisage.

Un ballon électrique doit être relié au compteur par une ligne spécifique et être installé conformément aux règles applicables aux installations électriques des logements.

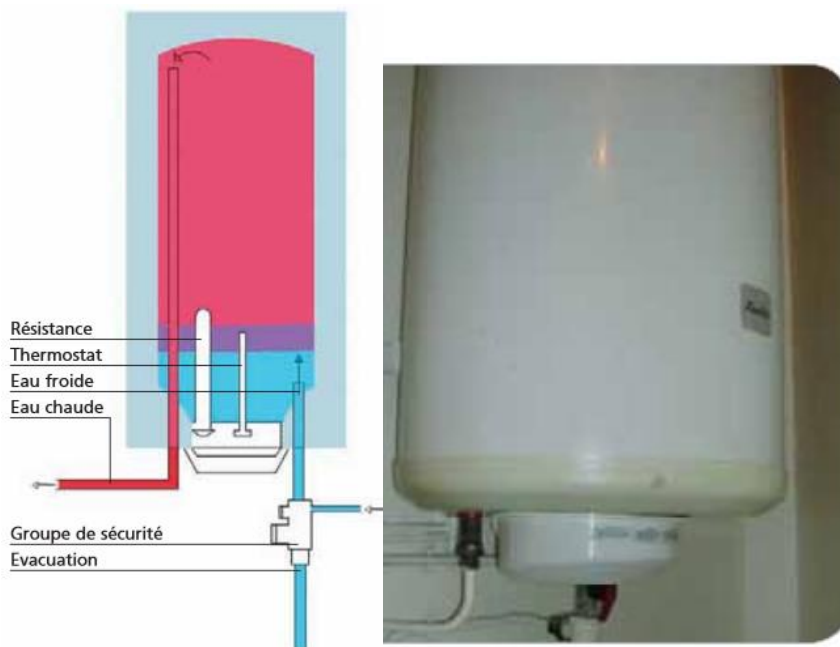


Figure 15: Ballon à accumulation électrique

II.1.3.4 Les réseaux de distribution :

Les matériaux :

Les matériaux utilisés sont définis réglementairement (arrêté du 29 mai 1997). Les plus courants sont l'acier galvanisé, le cuivre, l'acier inoxydable et certains matériaux de synthèse tels

que le polyéthylène réticulé, par exemple. Le choix se fait notamment en fonction des qualités physico-chimiques de l'eau.

Le plomb est interdit à la mise en œuvre depuis le 5 avril 1995. L'acier noir, utilisé pour les réseaux de chauffage est également interdit. Les métaux autorisés peuvent être associés en respectant des règles évitant leur corrosion. Ainsi, l'acier galvanisé ne doit jamais être employé en aval d'une canalisation en cuivre.

Le calorifugeage :

Pour limiter les pertes de chaleur, les réseaux d'eau chaude sanitaire sont calorifugés lorsqu'ils traversent des locaux non chauffés ou lorsqu'ils sont proches de réseaux d'eau froide. L'épaisseur de l'isolation se détermine par le calcul, suivant le diamètre de la tuyauterie. Elle est de l'ordre de 25 à 50 mm.

La température de l'eau :

La température de l'eau chaude sanitaire ne doit pas dépasser 50 °C au point de puisage dans les pièces destinées à la toilette et 60 °C dans les autres pièces (arrêté du 30 novembre 2005).

Dans les ballons de stockage, s'il est préférable, pour des raisons sanitaires, de ne pas descendre en-dessous de 60 °C, il ne faut pas non plus dépasser cette valeur pour éviter l'entartrage.

-Le réglage de la température de l'eau au point de puisage se fait par mélange d'eau chaude et d'eau froide. Pour des raisons sanitaires, ce mitigeage doit se faire au plus près du point de puisage

II.1.3.5 Dimensionnement d'un CESI :

Pour une consommation quotidienne par personne de 50 à 60 litres d'eau chaude à 45°C le dimensionnement suivant est recommandé :

Nombre d'utilisateurs	1 ou 2	3 ou 4	5 ou 6	7 ou 8
Volume du ballon solaire si appoint séparé (litres)	100 à 150	100 à 250	250 à 350	350 à 500
Volume du ballon solaire si appoint incorporé (litres)	100 à 250	250 à 400	400 à 550	550 à 650
Surface de capteurs (m ²)	2 à 2,5	2 à 4	2,5 à 4,5	3,5 à 6

Remarque :

- ✓ Sur-dimensionner ou sous-dimensionner l'équipement conduit à diminuer la rentabilité.
- ✓ Sur-dimensionner conduit en outre à augmenter les risques de surchauffes et de vieillissement accéléré de l'équipement.

II.1.3.6 Principes à respecter pour les liaisons entre capteurs et ballon solaire :

Pour obtenir les économies attendues et les maintenir dans la durée, quelques principes de base doivent être respectés :

- placer le ballon solaire le plus près possible des points de puisage d'eau chaude (limiter les longueurs de tuyauteries de distribution)
- limiter la distance entre capteurs et ballon solaire et bien isoler les tuyauteries
- veiller à une bonne accessibilité de la sonde de température du capteur, de la purge d'air et des raccords, de manière à faciliter la mise en service et l'entretien ;
- soigner les passages de câbles et tuyauteries à travers les couvertures, étanchéité, murs, etc.



Effet des masques : L'ombrage peut être causé par l'entourage de l'emplacement, tels que des arbres et des arbustes ou des immeubles du voisinage.

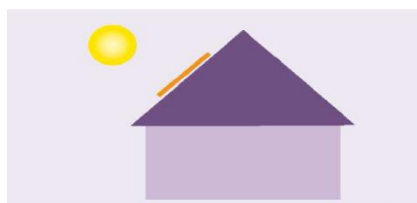
Il convient dans la pratique de placer les capteurs à une distance (L) égale à 2.5 fois la hauteur(H) de l'obstacle pour pallier l'effet de l'ombrage. La courbe des masques, si disponible pour le site étudié est dans ce cas recommandée³⁵.

II.1.4.L'intégration Architecturale des capteurs solaires:



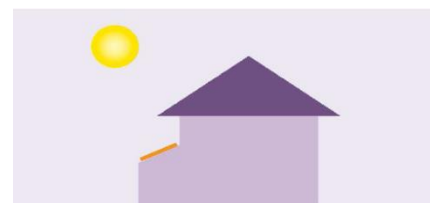
Installation du capteur sur un volume du bâtiment.

Capteurs en couverture de porche ou véranda. Une intégration naturelle dans le volume d'un élément architecturale



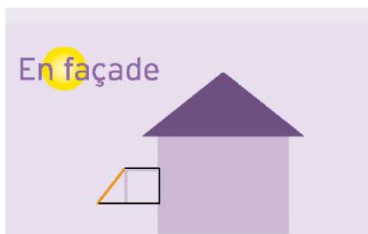
Installation du capteur sur une toiture à forte inclinaison.

Pente forte optimise les gains énergétiques durant toute l'année. Solution idéale pour le chauffage



Installation du capteur sur une toiture de faible inclinaison

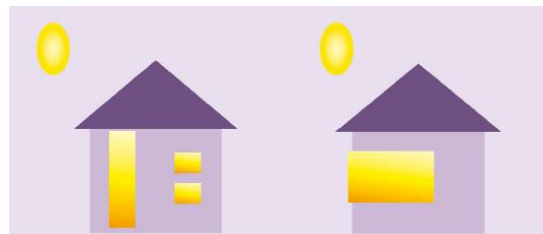
Pente faible favorise les gains entre Mars et Octobre. Solution idéale pour le Photovoltaïque.



Intégration des capteurs solaires sur la façade en homogénéité avec les ouvertures.



Intégration des capteurs solaires en auvent et brise soleil sur les ouvertures.



Intégration des capteurs solaires sur les gardes corps.

CHAPITRE III:

DEFINITION DES BESOINS :

- LES BESOINS EN CHAUFFAGE
- LES BESOINS EN EAU CHAUDE

III- 1.Les besoins en eau chaude

III- 1.1.L'eau chaude sanitaire ³⁶:

L'eau chaude n'est pas potable. Elle doit être réservée à la toilette des malades, au lavage des mains et au nettoyage du matériel et des locaux. Elle ne doit jamais être utilisée pour la préparation de boissons chaudes ni pour l'alimentation des humidificateurs ou brumisateurs individuels.

La température de l'eau chaude en distribution doit être inférieure à 60°C afin d'éviter les risques de brûlures.

III-1.1.1 Les différents risques liés à l'ECS :

L'ECS peut être également la cause de brûlures. Ce risque dépend en particulier de la température de l'eau.

Il existe aussi un risque de contamination par ingestion de substances toxiques, toutefois plus faible

Les micro-organismes pathogènes ou autres substances non désirables peuvent provenir:

- du réseau public. C'est par exemple le cas des légionelles
- des matériaux de l'installation en contact avec l'eau si ceux-ci sont inappropriés
- d'une pollution accidentelle de l'installation. Cette pollution peut être provoquée par un phénomène de retour d'eau par siphonage ou refoulement. Elle peut être due également à l'absence de rinçage et de désinfection après des travaux.
- d'une pollution au niveau du point de puisage en bout de robinetterie

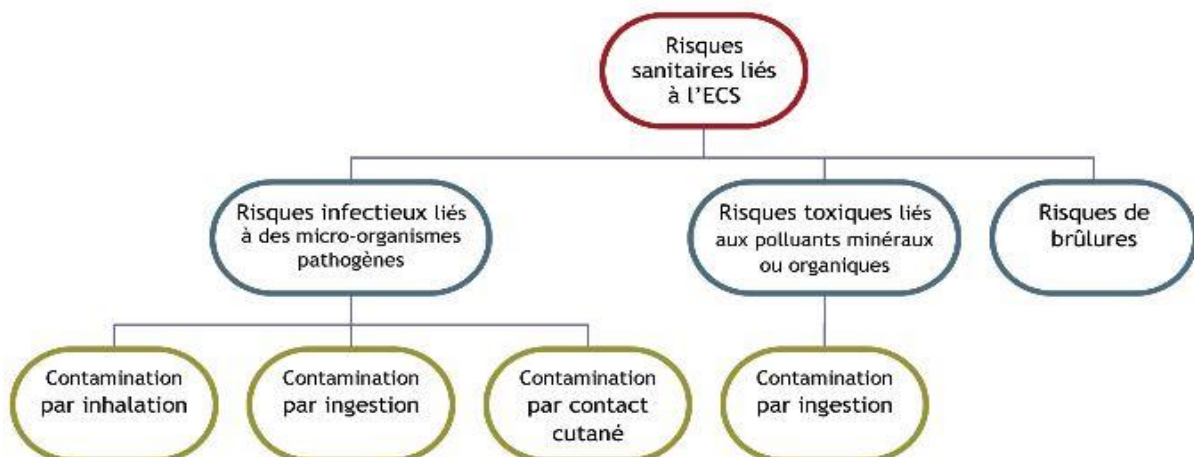


Figure 16 : Les différents risques sanitaires liés à l'ECS

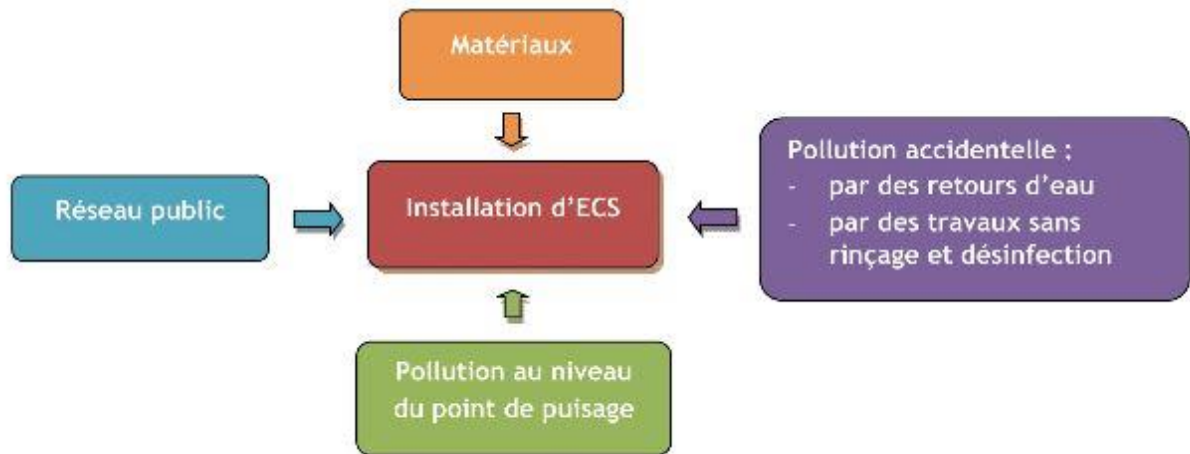


Figure 17 : Les différentes sources d'introduction d'agents pathogènes ou d'autres substances non désirables dans les installations d'ECS.

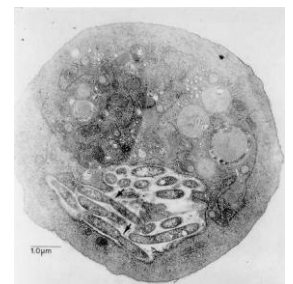
III-1.1.1.a. Le risque lié aux légionelles :

Les légionelles et plus particulièrement les *Legionella pneumophila* sont des bactéries à l'origine de plus d'un millier de cas déclarés de légionellose par an en France dont une centaine de décès.

III-1.1.1.b. Prévention des légionelloses :

Les systèmes de distribution d'ECS sont à l'origine du plus grand nombre des cas de légionelloses. *LEGIONELLA PNEUMOPHILA* survit et prolifère dans ces installations ¹ :

- Présence naturelle dans l'eau
- Conditions de croissance optimales entre 25 et 45°C
- Association avec des protozoaires de l'eau et dans les biofilms.



III-1.1.1.c. Les températures :

C'est un paramètre très important. L'optimum de croissance des légionelles se situe entre 25 et 45°C environ. Vers 45°C, leur multiplication se ralentit. En dessous de 20°C, elles sont à l'état de dormance. Pour diminuer de 90% une population de *Légionelle pneumophila* libre en suspension, environ 6 heures sont nécessaires à 50°C et 45 secondes à 60°C, dans des conditions in vitro.

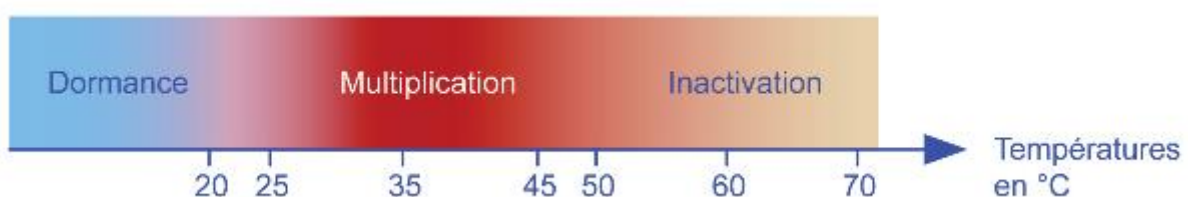


Figure 18: La croissance des légionelles en fonction de la température. L'optimum de croissance se situe entre 25 et 45°C environ

III-1.1.1.d. Les solutions contre la légionellose ³⁷

- Le corps de chauffe placé en partie basse du ballon garantit le réchauffement total du fond de cuve.
- Le chauffage de l'eau à + 60°C permet de neutraliser les bactéries.
- La vidange point bas de série permet d'éliminer les traces de bactéries et dépôts dans le chauffe-eau par un entretien régulier ; elle répond au cahier des charges des hôpitaux.
- La canne d'arrivée d'eau froide empêche la stagnation des particules entre deux chasses.

III-1.1.2. Causes de contamination :

-L'élévation de la température de l'eau provoque une modification chimique des composants minéraux naturels de l'eau et accélère les phénomènes de corrosion et d'entartrage. Les dépôts de tartre et les résidus de corrosion favorisent la prolifération bactérienne³⁸.

- Les circuits d'eau chaude, en particulier les ballons d'eau chaude, constituent des lieux appropriés au développement et à la multiplication de germes comme les légionnelles.

- La température idéale de développement des légionnelles est de 40-50°C, température fréquemment obtenue en bout de réseau, puisque la réglementation interdit de distribuer une eau à plus de 60°C.

III-1.1.3. Recommandations générales :

Afin de limiter les risques de contamination microbologique, différents moyens sont envisageables :

- réduire au minimum la capacité de stockage des ballons d'eau chaude ; les vidanger et les rincer régulièrement.

- élever la température de l'eau à 80°C dans les ballons et réaliser en sortie un mélange avec de l'eau froide pour respecter la température maximale de 60°C au départ de l'eau chaude.

- remplacer les ballons par des échangeurs à plaques permettant une production instantanée d'eau chaude.

Dans tous les cas :

- choisir du matériel dont la conception limite les risques de contamination et les matériaux évitent l'entartrage.

- l'entretenir régulièrement.

HYGIENE DES MALADES : Une bonne hygiène corporelle des patients hospitalisés est indispensable.

- Chez tout malade hospitalisé, une toilette quotidienne complète doit être réalisée. Pour les patients valides, assurer une douche quotidienne.

III-1.1.4 Dégradation de la qualité de l'eau :

La qualité de l'eau alimentant le réseau interne peut se dégrader à l'intérieur de ce réseau.

Causes de dégradation	Type de contamination	
	Chimique	microbiologique
. Corrosion des canalisations	***	*
. Stagnation de l'eau	*	***
. Biofilm		***
. Retours d'eau	***	***
. Mauvais entretien de la robinetterie		***
. Travaux sur le réseau	**	***

Tableau 03: la dégradation de l'eau dans le réseau

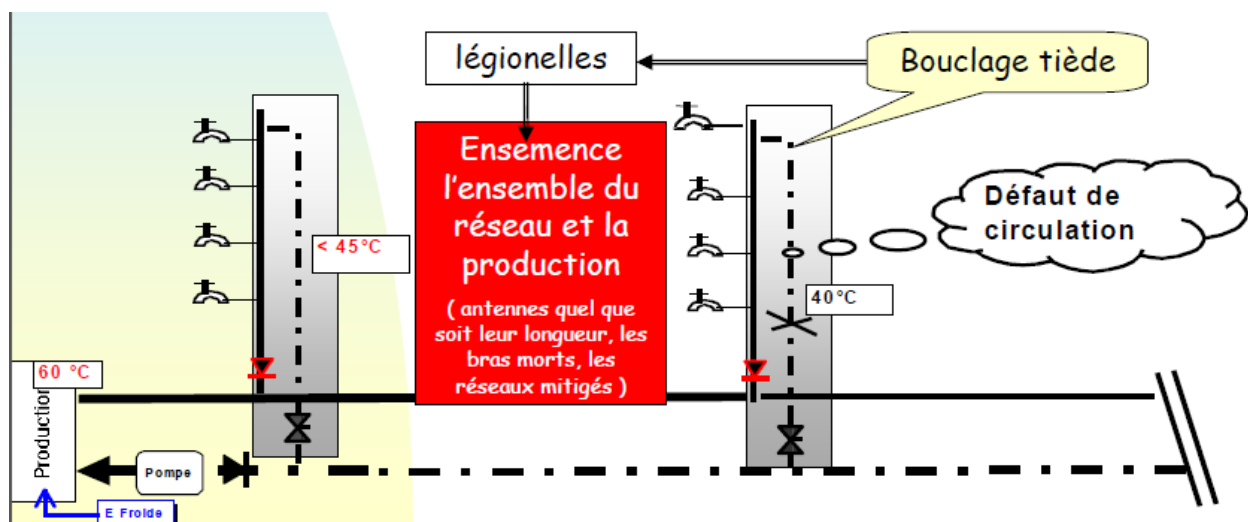
III-1.1.4.a.Principales causes de la stagnation :

Stagnation liée à la conception et au dimensionnement:

- Difficulté de répartir l'eau dans chaque bouclage (équilibre)
- Obstruction des organes de réglage inadaptés (passage de quelques dixièmes de mm)

Stagnation liée à la maintenance:

- Défaut de surveillance des débits ou des températures



Prévenir la dégradation de la qualité de l'eau aux points d'usages :

- la désinfection des antennes et de la robinetterie
- matériels de régulation de la température adaptée.
- matériels de puisage adapté.

USAGE	UNITES	RATIOS Tunisie	RATIOS Europe
Chauffage	kWh/m ²	19*-117**	100-135
Ventilation	kWh/m ²	n.d.	45-55
Air conditionné	kWh/m ²	11	5-14
Éclairage	kWh/m ²	n.d.	34-39
Eau chaude sanitaire	kWh/m ² kWh/lit/jour	15 3,2	60-90 85-95
Ascenseurs	kWh /m ²	n.d.	4-6
Cuisines	kWh/m ² kWh/repas	n.d. 0,49 (cuisson)	5-12 1,3-1,65
Blanchisserie	kWh/m ² kWh/kg de linge	n.d. n.d.	37-70 2,5-3
Incinérateur	kWh/m ²	Sans objet	13-19
Autres usages	kWh/m ²	n.d.	15-16
TOTAL	kWh/m²	55*-173**	330-345

* Etablissement sans hébergement

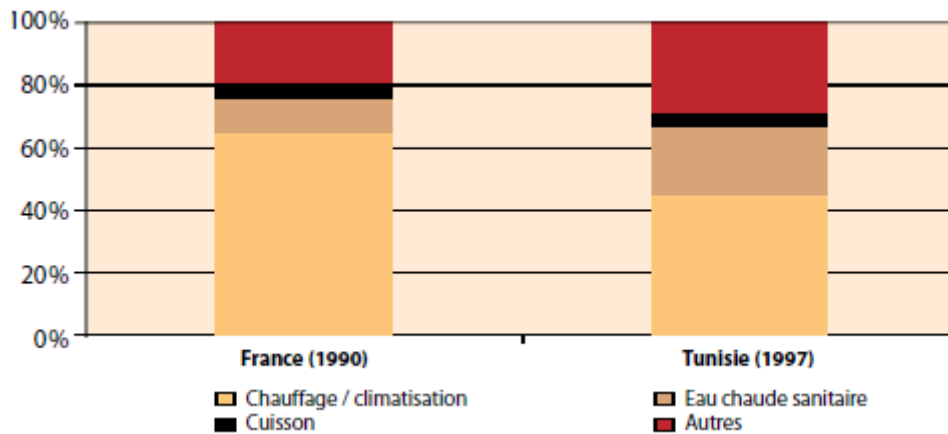
** Etablissement avec hébergement

N.d : non disponible

Tableau 04: Répartition des ratios de consommations d'énergie des hôpitaux³⁹

Poste	Solutions pour réduire la consommation d'énergie
Éclairage*	Utilisation de lampes à faible consommation Éviter le sur-éclairage dans les pièces Optimiser la lumière naturelle Allumage et adaptation de l'intensité d'éclairage par automates (exemple: minuteur...)
Chauffage	Éviter le surdimensionnement des systèmes et choisir des technologies performantes (meilleur rendement) Amélioration du système de régulation Maintenance régulière Limiter les déperditions de chaleur par une bonne isolation Éviter une ventilation excessive Récupérer l'énergie gratuite (orientation du bâtiment suivant le soleil)
Eau Chaude Sanitaire	Réparation de fuites et isolation du réseau d'eau chaude Régulation optimale Utilisation de panneaux solaires ou de pompes à chaleur pour le chauffage ou le préchauffage

Tableau 05 : Techniques pour diminuer la consommation énergétique par poste



Autres : usages spécifiques de l'électricité (éclairage, équipements de bureaux, équipements médicaux, etc.)

Figure 19: Répartition des consommations par usage

III-1.2. Apports externes :

Les apports externes apportés à un bâtiment sont constitués de l'énergie calorifique apportée de l'extérieur. Ils sont principalement dus aux transferts de chaleur par les parois extérieures et le rayonnement solaire transmis par les parois vitrées. Lors de l'étude d'un système de climatisation, il faut prendre en compte la température maximale atteinte sur le lieu pour pouvoir calculer l'énergie calorifique apportée au bâtiment par les parois.

III-1.3. Apports internes :

Un apport interne est une énergie calorifique qui est dégagée à l'intérieur d'un bâtiment par des équipements (stérilisateur, luminaire, etc.) mais aussi, par les personnes (chaque personne dégage une certaine quantité de chaleur et d'humidité suivant son activité). Les apports énergétiques apportés dans un bâtiment sont difficiles à estimer. Dans un établissement de santé, de nombreux appareils spécifiques (stérilisateur,...) consomment beaucoup d'énergie ; la chaleur qu'ils dégagent là où ils sont installés doit être comptabilisée. Mais, aussi, au niveau de l'éclairage, l'énergie calorifique apportée ne peut pas être négligée suivant le matériel utilisé.

III-1.3.1. L'éclairage :

Caractéristiques des zones				
	Eclairage (W/m ²)	Apports internes (W/m ²)	Occupation	Taux d'air neuf
Chambres	10	7	2pers/26m ²	18 m ³ /h par personne
Sanitaires	06	0	0	Zone d'extraction

Circulation	12	0	0	Zone de transfert
-------------	----	---	---	-------------------

Tableau 05: Récapitulatif des caractéristiques de l'hôpital anti-cancer

Nota : éclairage 5W → 100 lux.

- Puissance d'éclairage pour les chambres = 10W/m² → 200 lux

- Puissance éclairage sanitaire = 06W/m² (pendant 2h/j).

- 8 lampes pour 8 chambres (33 watts pour chaque une) de 17h-20h

- 1 tv (100 w) de 13h-20h.

- Exemple représentatif des téléviseurs présents dans les chambres d'hôpitaux :

SHARP type LC 13-SH1E écran= 38 cm

- La consommation en mode marche= 55 W

- La consommation en mode de veille= 0.9 W

- Les différents paramètres de la puissance dissipée seront récapitulés dans le tableau ci-dessous⁴⁰ :

	Puissance [w]	Puissance totale [w]	Durée [h]
Eclairage	33	33x8= 264	17-20
TV	100	100	13-20

III-1.3.1.1 Critères MPE de l'UE pour la conception d'éclairage intérieur⁴¹ :

Objet :

Conception de nouveaux systèmes d'éclairage, ou rénovation de systèmes d'éclairage existants, de manière économe en énergie et en ressources.

Spécifications techniques :

Lorsque l'éclairage doit être installé dans un bâtiment, la puissance d'éclairage maximale consommée dans tout le bâtiment, divisée par la surface totale de plancher, ne doit pas dépasser les valeurs suivantes:

Type de bâtiment : hôpital

Densité de puissance lumineuse (w/m²) : 12

Vérification :

- Puissance d'éclairage pour les chambres (10x26m²)x8 = 2080 w

- Puissance éclairage sanitaire= 6x (20x2)= 240 w

- Puissance éclairage circulation= 72x12=

- Surface plancher= 310 m²

Alors : 3184 /310= 10.27

Donc : l'éclairage est conforme aux normes de performance pertinentes de normes nationales équivalentes ou de guides de bonnes pratiques.

III-1.3.2 Gains humains⁴² :

Pour entretenir la vie, un corps humain transforme de l'énergie. Alors que la température du corps est maintenue constante à $37 \pm 0.8^\circ\text{C}$, celle de la peau est de l'ordre de 32 à 33°C .

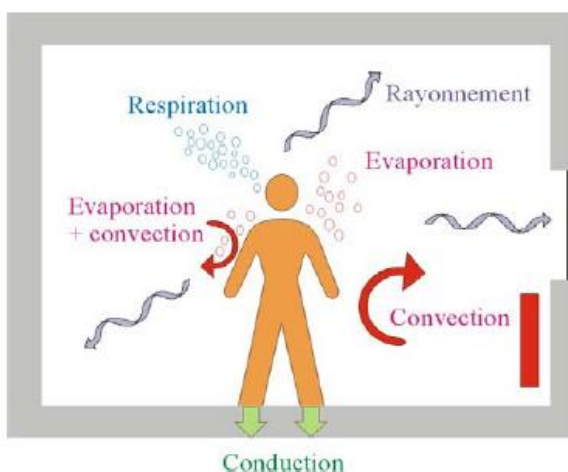
La régulation physique du corps s'effectue suivant différents modes : convection, rayonnement, et évaporation, et dans une moindre mesure par conduction, respiration et sécrétion.

La perte de chaleur est de l'ordre de 120W dans les conditions de température de $18-30^\circ\text{C}$, pour un individu au repos, en air calme, et peut aller jusqu'à 500W dans des conditions d'activité physique soutenue.

Le métabolisme de base d'une personne en sommeil ou en repos 70W , nous avons une occupation de deux (02) personnes par chambre, on néglige l'apport du personnel médical⁴³.

➤ Donc : $G_{\text{humains}} = 140\text{W}$.

III-1.4. Définition des besoins :



III-1.4.1. Besoins en eau chaude⁴⁴ :

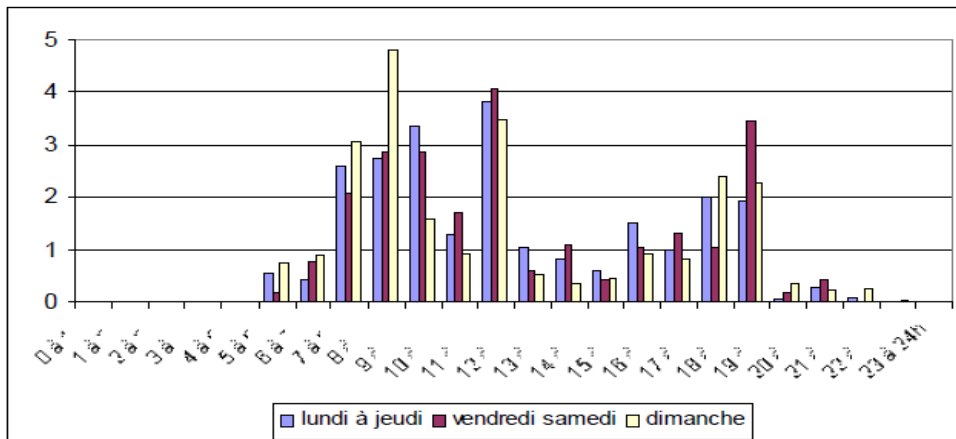
Besoins d'ECS en litres à 60°C	
Chambres	50 à 60 par lit/jour
Cuisine avec lave-vaisselle	8 à 12 par repas

Tableau 06 : valeurs recommandées pour l'évaluation des besoins d'ECS dans les hopitaux

Période	lundi à jeudi	vendredi samedi	dimanche
0 à 1h	0	0	0
1 à 2h	0	0	0
2 à 3h	0	0	0
3 à 4h	0	0	0
4 à 5h	0	0	0
5 à 6h	0.55	0.18	0.74
6 à 7h	0.41	0.76	0.87
7 à 8h	2.59	2.05	3.05
8 à 9h	2.73	2.85	4.79
9 à 10h	3.36	2.85	1.57
10 à 11h	1.27	1.69	0.91
11 à 12h	3.82	4.07	3.48
12 à 13h	1.05	0.58	0.52
13 à 14h	0.82	1.08	0.35
14 à 15h	0.59	0.43	0.44
15 à 16h	1.5	1.05	0.91
16 à 17h	1	1.3	0.83
17 à 18h	2	1.05	2.4
18 à 19h	1.91	3.46	2.26
19 à 20h	0.05	0.18	0.35
20 à 21h	0.27	0.43	0.22
21 à 22h	0.09	0	0.26
22 à 23h	0	0	0.04
23 à 24h	0	0	0
Σ_{24}	24	24	24

Tableau 07: répartition horaires des besoins d'ECS dans les hopitaux

III-1.4.1.1.Scénario de puisage d'eau chaude sanitaire⁴⁵ :



III-1.4.2. Besoins en température :

Le dimensionnement et le bon fonctionnement d'une climatisation dépendent des apports énergétiques internes et externes et aussi de la température intérieure et de l'humidité souhaitée dans le bâtiment.

On suppose que T de l'air int= 23C°

Local (humidité relative : (50%))	Plage de choix [C°]	Température d'usage courant [C°]	Observations
Chambres de malade	21 à 23	Prescriptions spéciales	Les valeurs de T résultantes seront prises suivants les clauses techniques particulières
Bloc opératoire	21 à 27		
douches	21 à 27		
circulation	17 à 23		

Tableau 08: températures résultantes en fonction de la destination de local⁴⁶

III-1.4.3. Pré-dimensionnement des capteurs solaires :

Nombre de lits : 60

Consommation journalière par lit : 60l

Calcul de la surface de captation⁴⁷ :

$$a = V/S$$

a= la quantité d'eau à chauffée

v= volume a chauffé

s= surface de captation

En Algérie, a= 80 l/j (pays assez chaud)

$$S = 3600/80 = 45\text{m}^2$$

La surface de capteurs A est la variable essentielle car elle conditionne le coût et la production utile de l'installation.

Nombre de capteurs :

S du capteur = 2m² donc 45/2= 23 capteurs.

L'orientation et l'inclinaison :

Plein sud, $\beta =$ latitude du lieu (Blida= 36.42°).

Le capteur solaire thermique plan vitré :

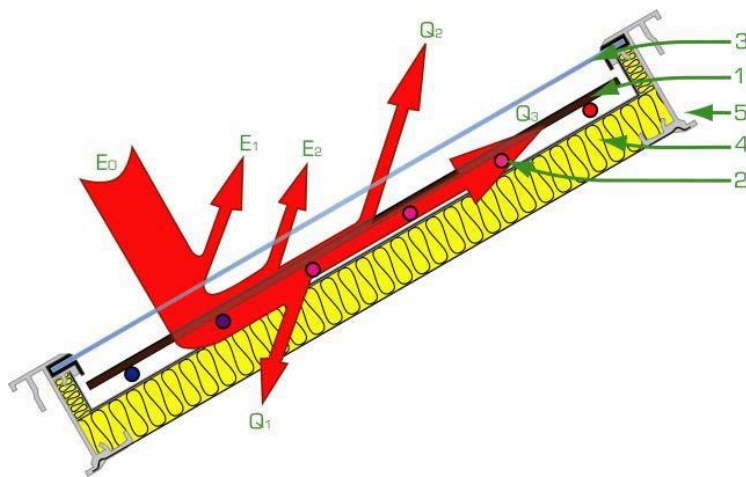


Figure 21 : Vue en coupe d'un capteur plan



Figure 22 : Capteurs plan vitrés pour CES

III-1.4.4. Les caractéristiques de la ventilation des chambres :

III.1.4.4.1 Le recyclage d'air et le taux de brassage⁴⁸ :

Lors d'une conception d'une climatisation, la puissance de celle-ci peut être diminuée grâce au renouvellement de l'air. En optimisant les besoins en air neuf d'une pièce, on pourra ajuster le taux de recyclage de l'air et, ainsi, diminuer la puissance d'une climatisation. Il faudra tenir compte des besoins en air neuf des personnes occupant une pièce (7 l/s/personne d'air neuf).

Le taux de brassage est l'indication du nombre de fois où le volume d'air est remplacé par heure. Il est le rapport entre le débit d'air brassé et le volume de la pièce. Un bon taux de brassage permettra une bonne homogénéité de la température de l'air.

III.1.4.4.2 Le système de ventilation :

La climatisation est assurée par le système (VMC) : ventilation mécanique contrôlée. L'introduction d'air est statique ; il s'agit de bouches d'entrée d'air en général auto réglables, quelquefois hygroréglables, et qui sont installées sur les façades extérieures des bâtiments afin de

permettre l'entrée d'air extérieur neuf. Aucune consommation électrique n'est engagée pour l'entrée d'air.

III-2. LES BESOINS EN CHAUFFAGE :

Les besoins de chauffage sont liés aux écarts de température, en période hivernale, entre l'intérieur et l'extérieur. Cet écart devient moins important en période estivale et a donc moins d'influence sur les besoins de rafraîchissement qui sont surtout liés aux apports solaires et aux gains internes. Il s'avère donc nécessaire de quantifier et d'analyser les paramètres météorologiques qui influencent les besoins énergétiques.

III-2.1 présentation du projet :

Hôpital spécialisé anti cancer de 120 lits à Blida



Figure 23: carte de la situation de Blida par rapport à Route nationale quelques wilayas limitrophes

La commune est située au centre est a 47 km au sud-ouest d'Alger La ville de Blida est située au pied du versant nord du massif montagneux (l'Atlas Blidéen) et au centre de la plaine de la Mitidja.

- Latitude : 36,42°
- Longitude : 2,8°
- Altitude : 256m

Climat :

L'Atlas tellien protège la ville des vents secs du sud en provenance des hauts palataux. Cette protection permet à la région de bénéficier d'un climat méditerranéen propice à l'agriculture qui se caractérise par des étés chauds et secs et des hivers doux et humides.

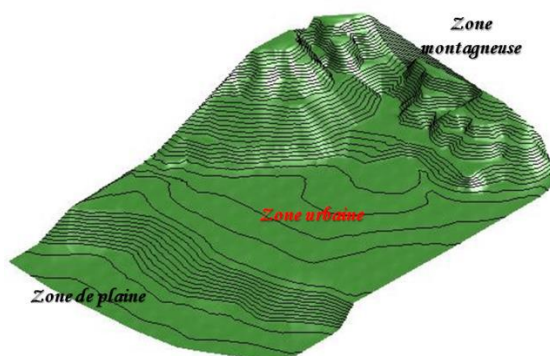


Figure 24 : relief de Blida

Données climatiques à Blida.													
Mois	jan.	fév.	mar.	avr.	mai	juin	juil.	août.	sep.	oct.	nov.	déc.	année
Température minimale moyenne (°C)	9	9	11	12	15	18	21	21	20	17	13	10	15
Température moyenne (°C)	12	12	14	16	18	21	24	25	23	20	15	12	18
Température maximale moyenne (°C)	15	16	17	20	22	25	28	29	27	23	18	15	21

Données climatiques à Blida. Température moyenne à Blida1Source : Weatherbase, statistiques

Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Pluies (mm)	85.87	104.1	86.70	81.44	46.92	15.26	5.24	9.63	42.00	85.86	111.4	108.7
Vent (Nœud)	2.0	2.1	2.3	1.6	1.7	1.4	1.5	1.2	1.3	1.7	2.1	2.2

Tableau09 : la pluviométrie et les vents à Blida

Site: Blida AG
 Situation: open
 Horizon: astronomic
 Type: Cities
 Format: METEONORM

Month	Ta	Ta min	Ta dmin	Ta dmax	Ta max	RH
Jan	9,4	0,0	4,9	13,9	20,5	85
Feb	10,5	0,5	4,7	15,8	23,3	82
Mar	12,1	1,3	5,8	18,1	26,8	79
Apr	14,5	1,8	7,6	20,3	26,5	76
May	18,3	4,9	11,4	24,4	32,7	72
Jun	22,6	9,1	14,8	28,8	36,7	65
Jul	26,4	13,1	18,8	33,3	41,0	61
Aug	26,5	14,5	19,3	33,3	39,2	64
Sep	23,4	11,9	16,9	28,9	34,5	70
Oct	18,6	7,7	12,9	24,1	32,2	76
Nov	13,7	3,2	8,7	18,1	27,0	81
Dec	10,1	0,6	5,8	14,7	21,4	86
Year	17,2					75

Figure 24: données météo logiques pour la ville de Blida depuis METEONORM

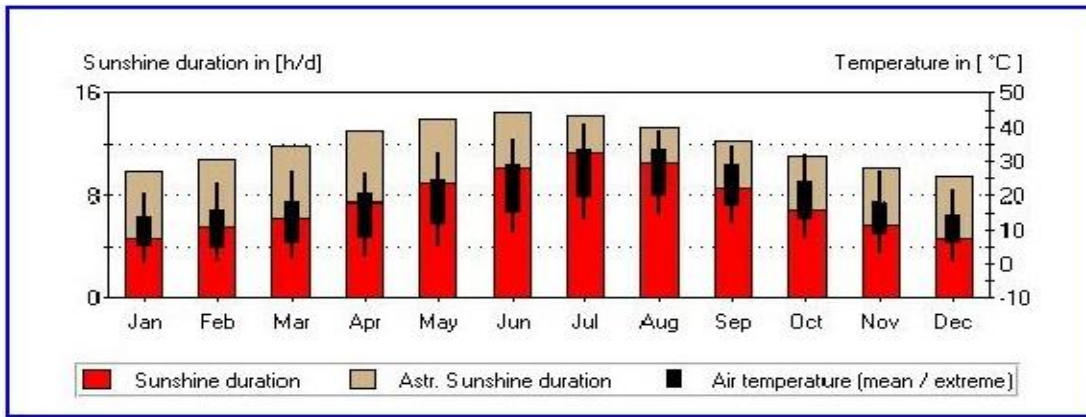
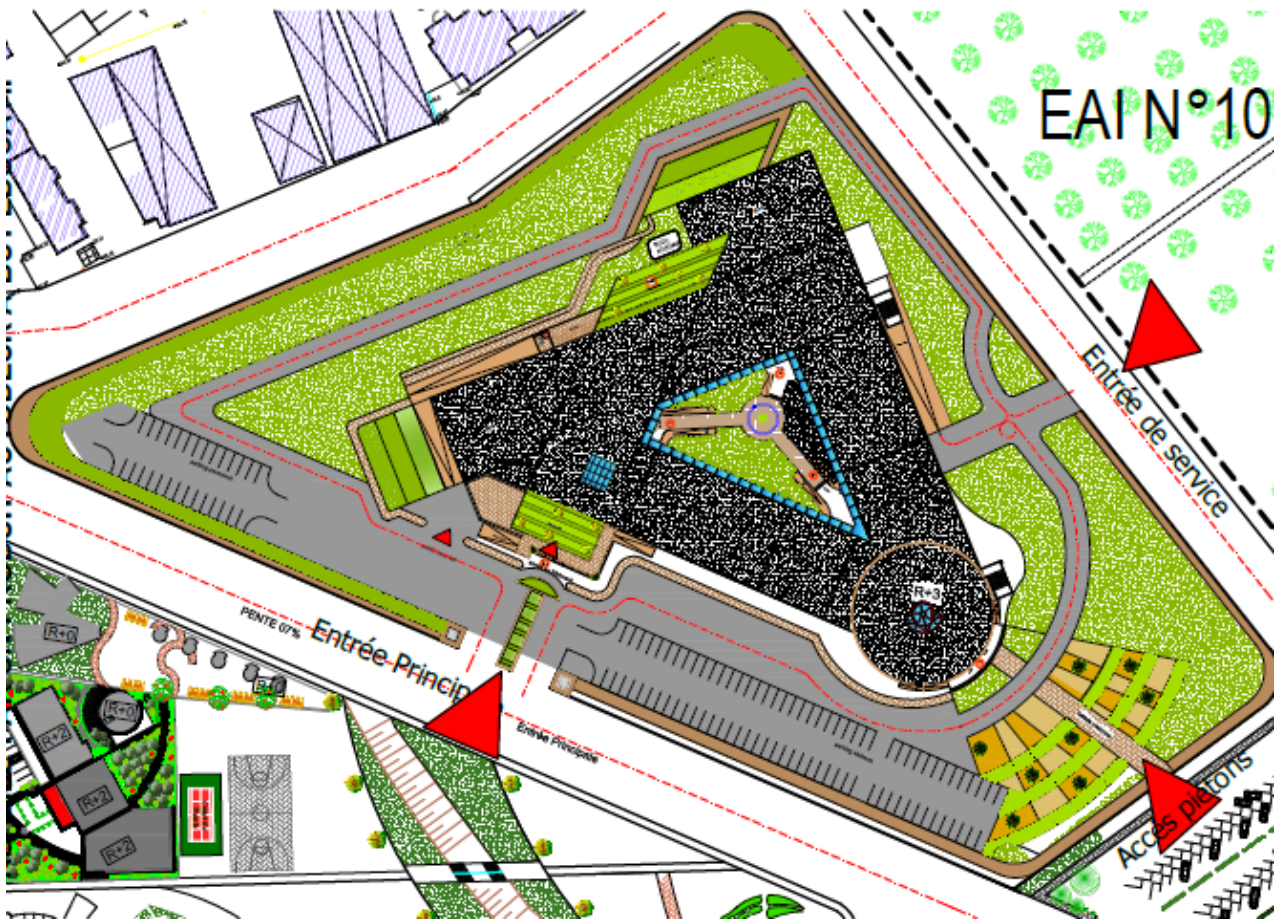


Tableau 10 : durée d'ensoleillement pour le site de Blida

Situation de l'aire d'intervention :



Le site d'intervention



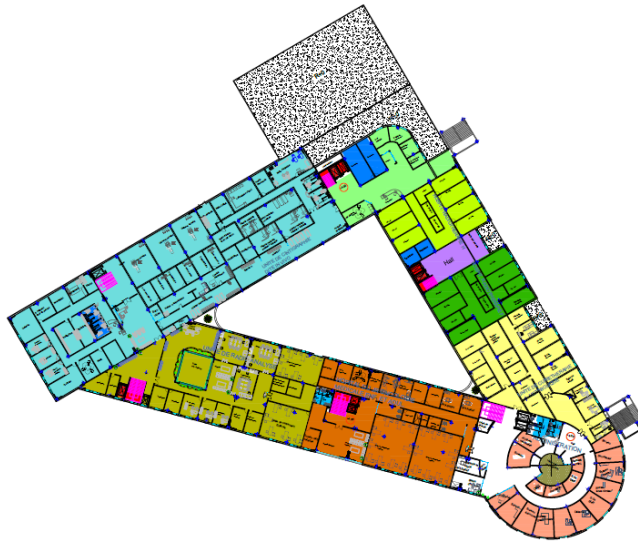
Plan de masse



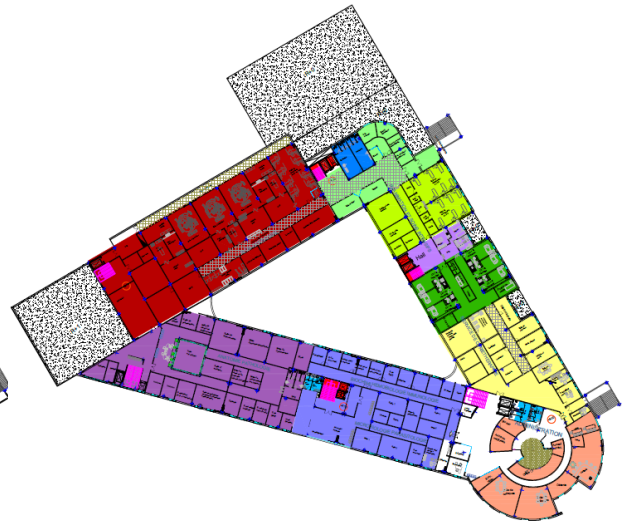
PLAN DE SOUS-SOL (-04.00m)



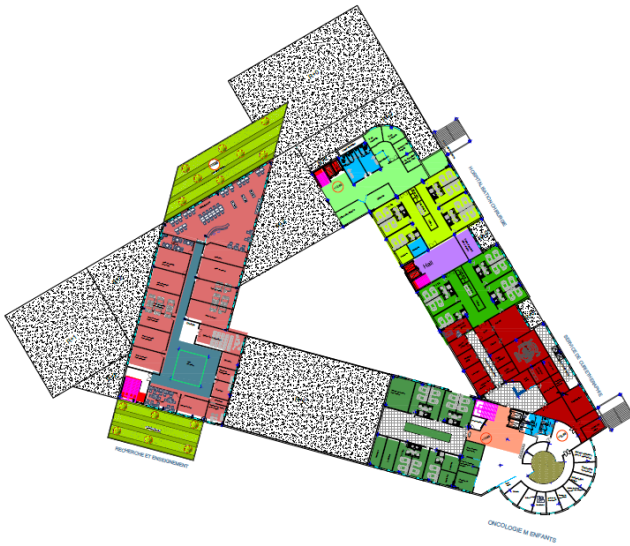
PLAN DU RDC (+0.00m)



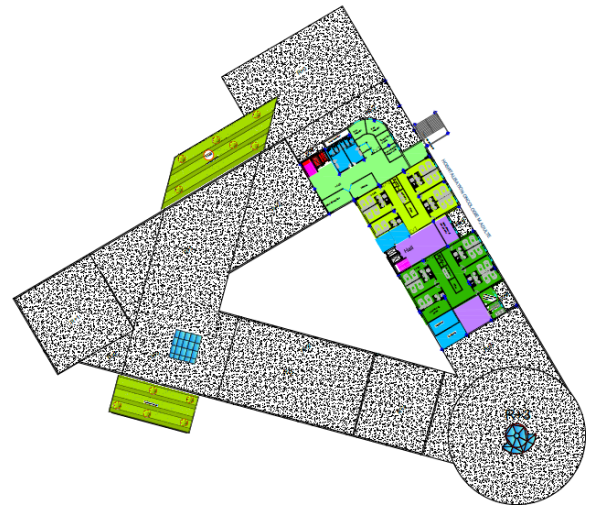
PLAN DU 1ER ETAGE (+4.55m)



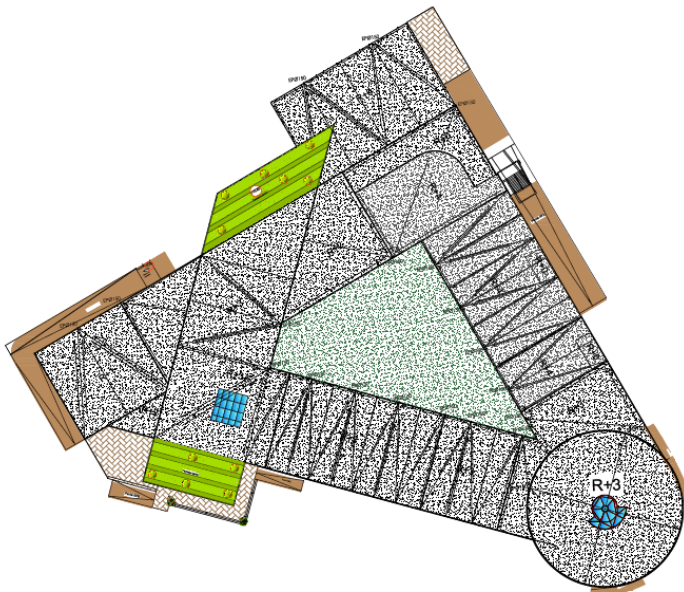
PLAN DU 2EME ETAGE (+9.10m)



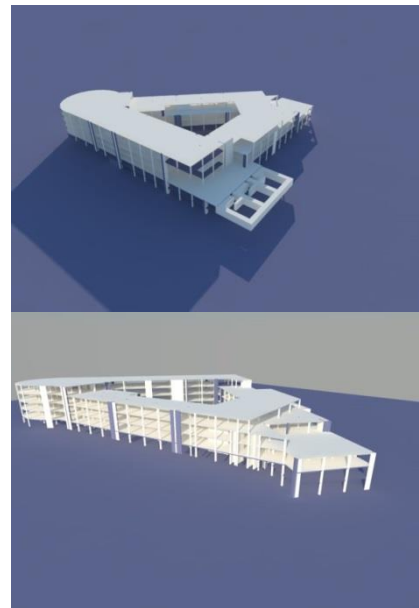
PLAN DU 3EME ETAGE (+13.65)



PLAN DU 4EME ETAGE (+18.20m)



PLAN DE TOITURE (+18.20m)



VOLUMETRIE ET GABARIS



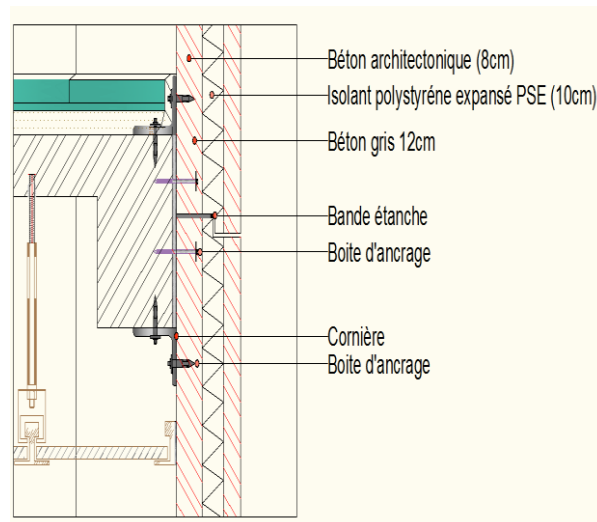


III.2.2 Les caractéristiques de la nature des murs :

III.2.2.2.1 Composition des parois externes :

III.2.2.2.1.a Panneau sandwich:


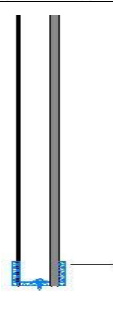
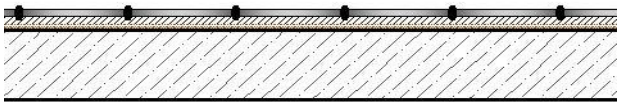
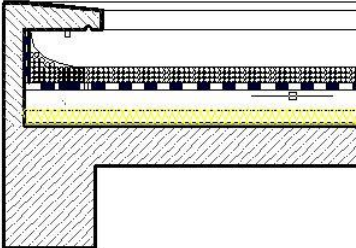
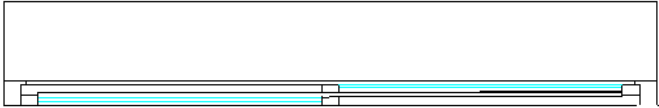
Les panneaux sandwichs sont des éléments constitués de plusieurs couches et se composent d'un noyau disposant de très bonnes propriétés isolantes au niveau thermique, auquel est appliqué de part et d'autre un panneau de béton. Le voile extérieur (façade) est réalisé en béton architectural, selon la couleur, la forme et la texture souhaitées. Les panneaux sandwichs sont multifonctionnels. Ils ont non seulement une fonction constructive en tant qu'élément portant, mais ils contribuent également à l'isolation thermique ainsi qu'à l'étanchéité à l'eau et à l'air. Ils augmentent considérablement le confort du bâtiment, grâce à leurs bonnes propriétés acoustiques et à leur capacité thermique. A tout ceci, s'ajoute encore leur fonction primordiale: améliorer l'esthétique du bâtiment.



III.2.2.2.1.b Polystyrène expansé :

La mise en œuvre des panneaux sandwich LINIT permet de réduire durablement les dépenses énergétiques pour le chauffage et le refroidissement. Les bruits extérieurs sont également affaiblis avec la protection acoustique supplémentaire.

Composition des parois

<p>1/he</p> <p>Extérieur</p>  <p>Intérieur</p> <p>1/hi</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Enduit extérieur • Béton architectonique • Polystyrène expansé • Béton portant <p>Résistance thermique= 2.85 m².°C/W Epaisseur= 30 cm</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • Enduit extérieur • Béton architectonique • Placoplatre BA13 <p>Résistance thermique= 0.05 m².°C/W Epaisseur= 10 cm</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • Revêtement de sol (carreaux et dalles) • Béton de la chape d'enrobage • Dalle en béton plein <p>Résistance thermique= 0.19 m².°C/W Epaisseur= 20 cm</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • étanchéité • la chape • gravillon roulé • isolation liège comprimé <p>Dalle en béton plein</p> <p>Résistance thermique= 0.85 m².°C/W Epaisseur= 20 cm</p>
Menuiserie	
	<p>Fenêtre (1.5x1.8 m) Double vitrage 4 + 4 mm en Aluminium</p>

III.2.2.2.1.c Caractéristiques physiques et mécaniques du béton architectonique⁴⁹ :

- Résistance à la compression à 28 jours: 30 à 80 N/mm²
- Résistance à la traction: environ 1/10^e de la résistance à la compression

Matériau	Epaisseur [mm]	Masse volumique p [Kg/m ³]	Conductivité thermique λ [W/m C°]
béton architectonique	80	2300 à 2500	1.75
Polystyrène expansé	100	20 à 35	0.038

III.2.2.2.1.d Composition des parois internes :

Les cloisons intérieures sont constituées de deux (2) plaques de plâtre (BA 13) de 13mm d'épaisseur, et d'une couche d'isolant (laine de roche), assemblé sur chantier par vissage sur une ossature métallique en profilé d'acier galvanisé. Les cloisons hospitalières Placoplatre sont auto stables, non porteuses et règnent sur toute la hauteur d'étage entre planchers.

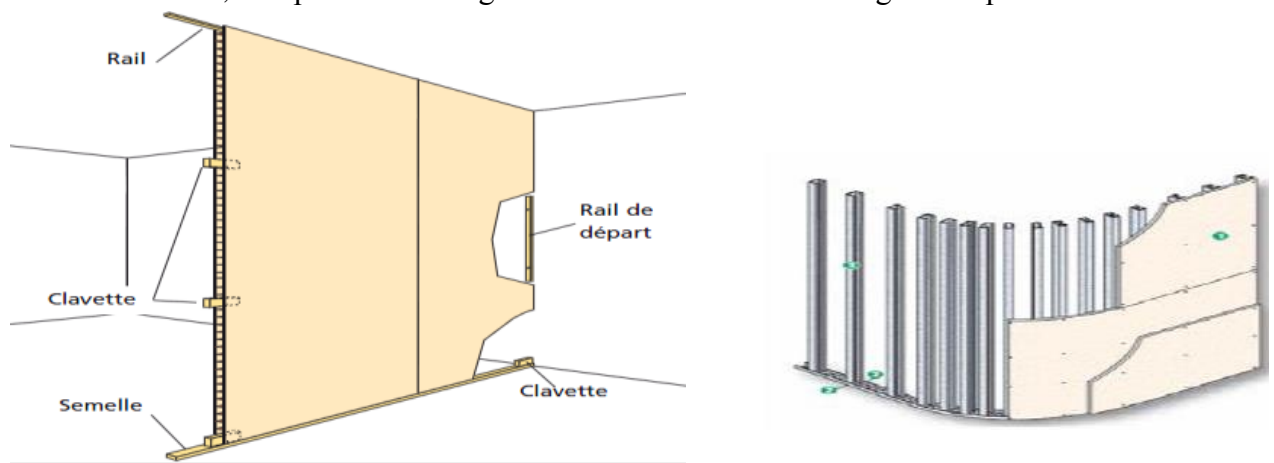


Figure 25 : Principe de mise en oeuvre d'une cloison en Placoplatre




 La partie hébergement à étudiée (R+4).

Figure 26 : façade postérieure (ouest)

III.2.3. Caractéristiques des chambres :



 Chambre type 01

 chambre type 04

 Chambre type 02

 couverture plate

 Chambre type 03

Figure 27 : les chambres par type

Type des locaux	Surface (m ²)	Surface vitrage (m ²)	Surface exposée à l'extérieur
Ch type 01	26.5	2.70	31.88
Ch type 02			13.68
Ch type 03			58.38
Ch type 04			40.18
Hall	135	5.40	135
Terrasse	750		750
Couverture plate	1000		1000

Tableau 12: paramètres surfaciques des locaux étudiés

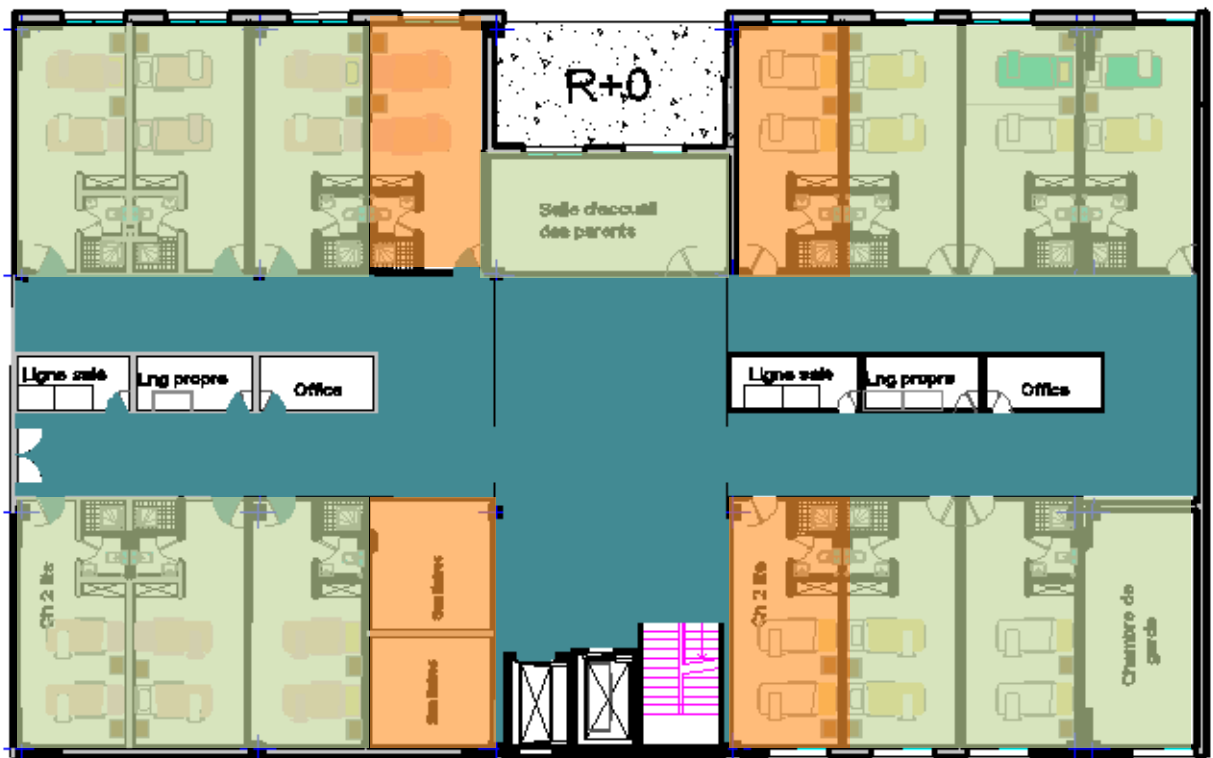
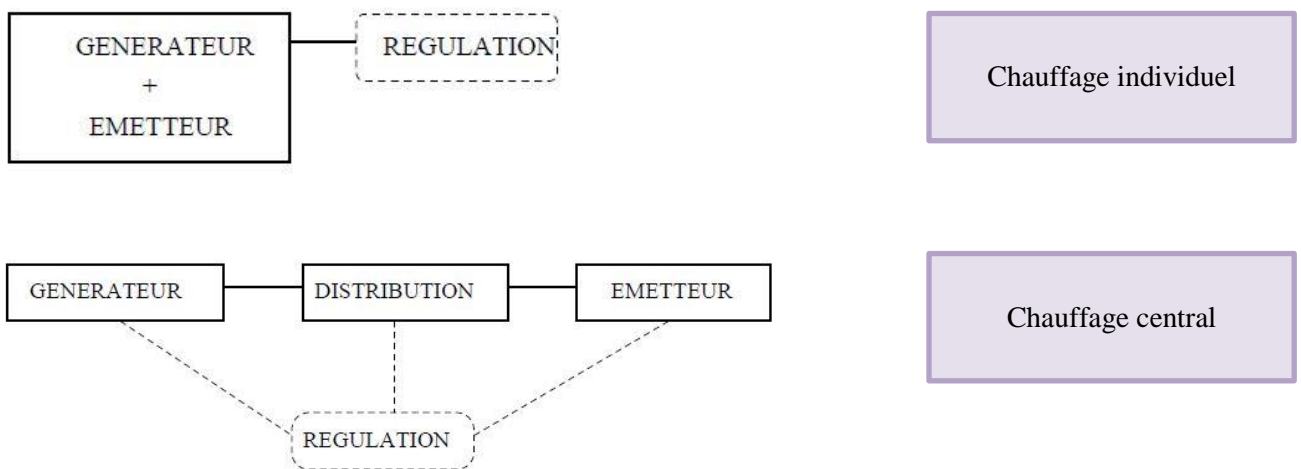
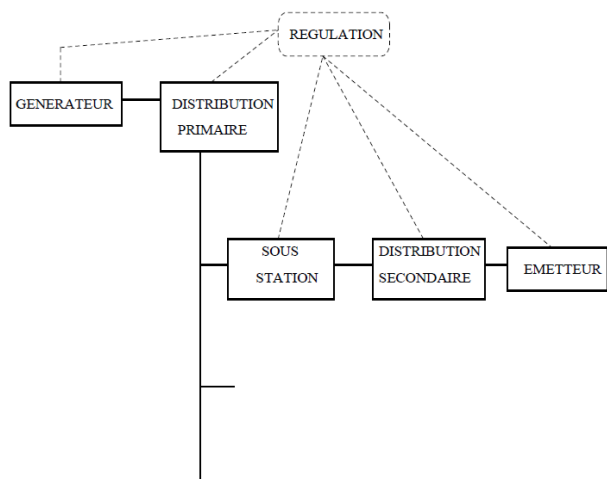


Figure 28 : Découpage du bâtiment en zones thermiques



III-2.4. Classification des systèmes de chauffage ⁵⁰:





Chauffage à distance

➤ Le système de chauffage choisi est conventionnel, une chaudière à gaz. Cette dernière est combinée avec un système de production d'eau chaude sanitaire, qui va satisfaire les besoins de 60 chambres.

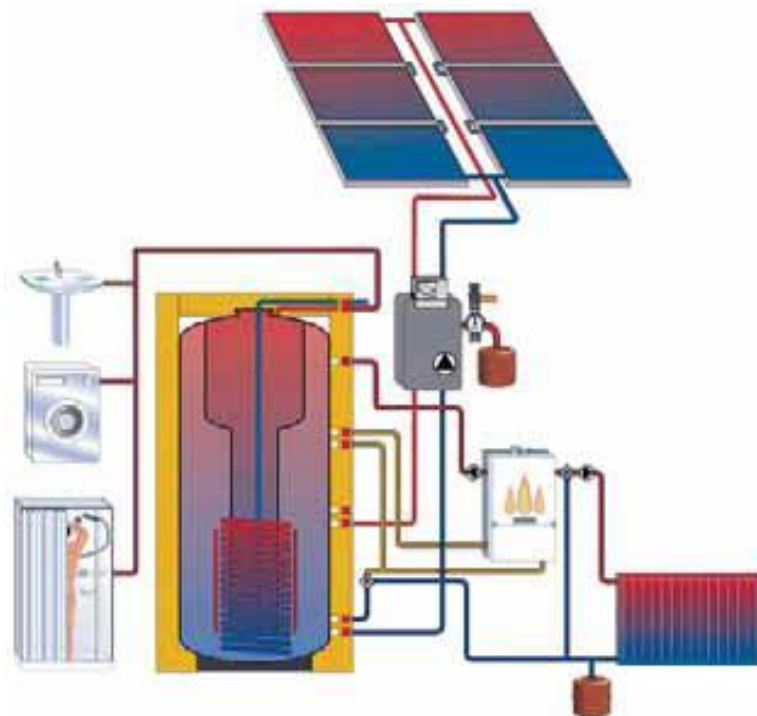


Figure 29 : système solaire combiné avec chaudière d'appoint

III.2.5 Calcul des déperditions :

III.2.5.1. calcul des déperditions d'un local :

Pertes par nature	Méthodes			
	B1	B2	B3	B4
Par parois	Kg.S(tri-te)	Kg.S(tri-te)	K.S(tri-te)	Kg.S(tai-te)

Par liaisons : sol, autres liaisons	K.L(tri-te)	K.L(tri-te)	K.L(tri-te)	K.L(tai-te)
Par infiltration	0.34.qi(tri-te)	0.34.qi(tai-te)	0.34.qi(tai-te)	0.34.qi(tai-te)
Par ventilation	0.34.qv(tri-te)	0.34.qv(tai-te)	0.34.qv(tri-te)	0.34.qv(tri-te)
Conditions normales d'emploi	-Avant-projet avec libre choix du système de chauffage.	-Adaptée aux bâtiments existants. -Calculs manuels ou informatisés	-structures architecturales complexes avec de nombreuses liaisons connues. -adaptée à la construction neuve. -calculs informatisés.	-locaux bien isolés ou ayant peu de parois extérieures très vitrées. -calculs manuels.

Tableau 13: descriptif synthétique des quatre méthodes de calcul des déperditions de base d'un local⁵¹

Avec :

K : coefficient surfacique de parois (W/m².K)

k : coefficient de liaison (W/m.K)

Kg : coefficient global de transmission (W/m².K)

qi : débit d'infiltration (m³/h)

qv : débit de ventilation chauffé par l'émetteur local (m³/h)

tri : température résultante intérieure (C°)

tai : température d'air intérieur (C°)

te : température extérieure à la paroi (C°)

Nota : la méthode utilisée pour les calculs dans ce travail est la méthode B1.

III.2.5. 2 Sources de pertes de chaleur dans un bâtiment⁵² :

Mur plein non isolé	traditionnel	2.4
	Bloc de béton et protection	0.48-0.65
Mur plein avec isolation		<0.6
Mur creux	non isolé	1.3
	avec isolant	0.5-0.6
	optimal	0.3
Vitrage	simple	5.76
	double	2.76-3.59
	triple	1.90-2.61
Toiture	non isolé	1.4
	isolée	0.15-0.6

Tableau 14: coefficient de transmission thermique (K) d'éléments de construction (en W.m⁻².K-1)

III-2.6. Le bilan thermique :

- **Surface de toiture :**

$$S1 = 14 \times 21.1 = 310 \text{ m}^2$$

$$S1 = 310 \text{ m}^2$$

- **Surface de plancher :**

$$S2 = 14 \times 21.1 = 310 \text{ m}^2$$

$$S2 = 310 \text{ m}^2$$

- **Surface des murs :**

$$S3 = [(14.21 \times 18.2) \times 2] + [(4 \times 18.2) \times 2] = 662.85 \text{ m}^2$$

$$S3 = 662.85 - 86.4 = 576.45 \text{ m}^2$$

$$S3 = 576.45 \text{ m}^2$$

- **Surface des portes :**

$$S4 = 0 \text{ (pas de portes)}$$

$$S4 = 0$$

- **Surface des ouvrants :**

$$S5 = [(1.8 \times 1.5) \times 32] = 86.4 \text{ m}^2$$

$$S5 = 86.4 \text{ m}^2$$

A- Vérifications des Déperditions de références : Zone B (Blida)

$$a = 0.9 \quad b = 2.4 \quad c = 1.2 \quad d = 3.5 \quad e = 4.5 \text{ (DTR C3-2)}$$

$$D_{ref} = 0.9(310) + 2.4(310) + 1.2(576.45) + 3.5(0) + 4.5(86.4) = 2103.54 \text{ W/C}^\circ$$

$$D_{ref} = 2103.54 \text{ W/C}^\circ$$

B- Calcul des Déperditions Surfiques par Transmission à travers les Parois :

$$D_s = K \times A$$

K = coefficient de transmission surfacique (W/m².C°)

A = surface intérieure de la paroi (m²)

K est donné par la formule suivante : $1/k = \sum R + 1/h_e + 1/h_i$

1. Déperditions à travers les murs :

$$D_{murs} = K_{mur} \times A_{mur} = 0.332 \times 576.45 = 191.38 \text{ W/C}^\circ$$

$$D_{murs} = 191.38 \text{ W/C}^\circ$$

- Béton architectonique: $\lambda 1 = 1.75 \text{ [W/m C}^\circ]$ $r1 = e1 / \lambda 1 = 0.08 / 1.75 = 0.0457$

- Polystyrène expansé : $r2 = 0.1 / 0.038 = 2.63 \text{ [W/m C}^\circ]$

- Béton portant : $r = 0.12 / 0.7 = 0.17 \text{ [W/m C}^\circ]$

- Résistance superficielle : $1/h_i + 1/h_e = 0.17 \rightarrow 1/k = 2.915$

- $\rightarrow K = 0.332 \text{ [W/m C}^\circ]$

2. Déperditions à travers la toiture :

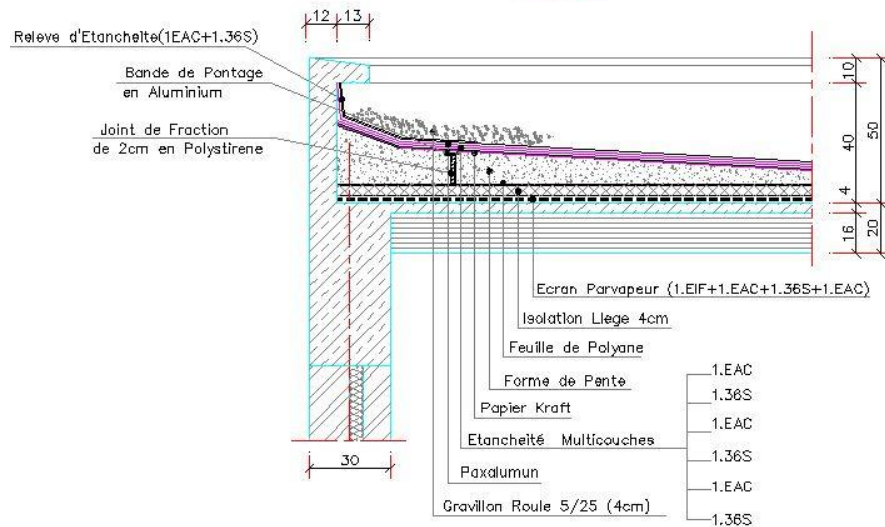
$$D_{\text{toiture}} = K_{\text{toiture}} \times A_{\text{toiture}} = 310 \times 0.93 = \mathbf{288.3 \text{ W/C}^\circ}$$

$$D_{\text{toiture}} = \mathbf{288.3 \text{ W/C}^\circ}$$

- Dalle en béton plein : $\lambda_1 = 1.75$, $e = 0.2 \rightarrow r_1 = 0.2/1.75 = 0.11$
 - la chape : $\lambda_2 = 0.23$, $e = 0.05 \rightarrow r_2 = 0.21$
 - isolation liège comprimé : $\lambda_3 = 0.1$, $e = 0.04 \rightarrow r_3 = 0.4$
 - gravillon roulé : $\lambda_4 = 1.2$, $e = 0.04 \rightarrow r_4 = 0.033$
 - étanchéité : $\lambda_5 = 0.4$, $e = 0.04 \rightarrow r_5 = 0.1$
- $1/h_i + 1/h_e = 0.22$ (extérieur) $\rightarrow k = 0.93$

DETAIL D'ETANCHEITE AVEC ACROTERE

Ech : 1/20



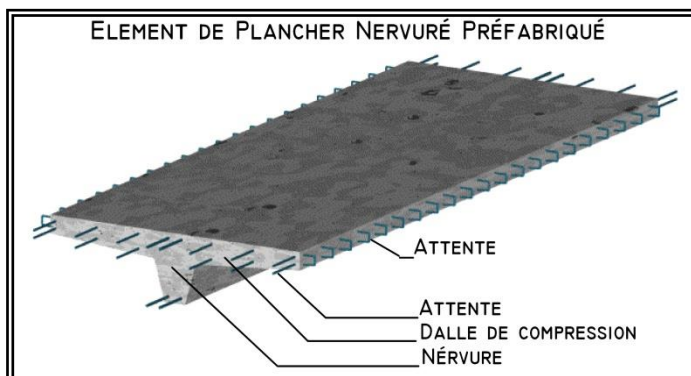
3. Déperditions à travers le plancher :

$$D_{\text{plancher}} = K_{\text{plancher}} \times A_{\text{plancher}} = 310 \times 1.88 = \mathbf{584.90 \text{ W/C}^\circ}$$

$$D_{\text{plancher}} = \mathbf{584.90 \text{ W/C}^\circ}$$

- Dalle en béton plein : $\lambda_1 = 1.75$, $e = 0.2 \rightarrow r_1 = 0.2/1.75 = 0.11$
- Béton de la chape d'enrobage : $\lambda_2 = 1.65$, $e = 0.05 \rightarrow r_2 = 0.03$
- Revêtement de sol (carreaux et dalles) : $\lambda_3 = 1$, $e = 0.05 \rightarrow r_3 = 0.05$

$$1/h_i + 1/h_e = 0.34 \text{ (local chauffé ou non), } \rightarrow k = 1.88$$



4. Déperditions à travers les fenêtres :

$$D \text{ fen\^etres} = K \text{ fen\^etres} \times A \text{ fen\^etres} = 21.6 \times 3.9 = 81.9 \text{ W/C}^\circ$$

$$D \text{ fen\^etres} = 81.9 \text{ W/C}^\circ$$

$$D S = 1146.5 \text{ W/C}^\circ$$

C- D\^eperditions \^a travers les Ponts Thermiques (lin\^eiques) :

$$\text{D\^eperditions lin\^eiques} = 20\% \text{ des d\^eperditions surfaciques} = 1146.5 \times 0.2 = 229.3 \text{ W/C}^\circ$$

$$D Li = 229.3 \text{ W/C}^\circ$$

D- D\^eperditions \^a travers les parois en contact avec des locaux non chauff\^es :

$$D_s \text{ Inc} = K_{mi} \times A_{mi} (T_{ai} - T_{inc}) \quad [\text{W/C}^\circ]$$

$$D_s \text{ Inc1} = 0.332 \times 34.35 (23-18) \quad A_{mi1} = (7.55 \times 4.55)$$

$$D_s \text{ Inc} = 57.02 \text{ [W/C}^\circ]$$

$$D_s \text{ Inc2} = 0.332 \times 127.4 (23-18) \quad A_{mi2} = (14 \times 4.55) \times 2$$

$$D_s \text{ Inc} = 211.5 \text{ [W/C}^\circ]$$

$$D_s \text{ Inc} = 57.02 + 211.5 = 268.5 \text{ [W/C}^\circ]$$

$$D_s \text{ Inc total} = 268.5 \text{ [W/C}^\circ]$$

- $DT = DS + DLI + DInc = 1146.5 + 229.3 + 268.5 = 1644.3 \text{ W/C}^\circ$
- $Dt \leq 1.05 D_{ref} = \text{W/C}^\circ \text{ (D.T.R. C3-2)}$
- $Dt \leq 1.05 D_{ref} = 1644.3 \leq 2208.7 \text{ W/C}^\circ \text{ (diff\^erence de } 563.7 \text{ W/C}^\circ \text{)}$
- Ce b\^atiment v\^erifie les exigences recommand\^ees par le DTR

E- D\^eperditions par renouvel\^ement d'air :

• D\^ebit d'infiltration :

$$Q_i = 0.34 \sum q_i (t_{ai} - t_e) \quad [\text{W}]$$

$$q_i = (\sum m \cdot A_m + \sum f \cdot I_f) \text{ em} \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

$$q_i = (6 \times 36 \times 1.7 \times 8) + (2.4 \times 32 \times 2.7 \times 3.7) = 3704.8 \text{ [m}^3/\text{h}]$$

$$q_i = 3704.8 \text{ [m}^3/\text{h}]$$

$$Q_i = 0.34 \times 3704.8 \times (23-2)$$

$$Q_i = 26452.3 \text{ [W]}$$

- **Débit de ventilation :**

$$Q_v = 0.34 \sum q_v \text{ (tai-te)}$$

$$Q_v = \text{Max} [0.6 \times V_h ; G_{\text{vréf}}] \text{ [m}^3/\text{h]}$$

$$Q_{\text{vréf}} = 5Q_{\text{vmin}} + Q_{\text{vmax}}/6 \text{ [m}^3/\text{h]}$$

D'après le DTR C3-2 : $Q_{\text{vmin}} = 140 \text{ m}^3/\text{h}$ $Q_{\text{vmax}} = 30 \text{ m}^3/\text{h}$

Alors : $Q_{\text{vréf}} = 121.66 \text{ m}^3/\text{h}$

Donc : $Q_v = 0.6 \times 212 = 127.2 \text{ [m}^3/\text{h]}$

Avec $V_h = 212$

$Q_v = 127.2 \text{ [m}^3/\text{h]}$

- Ce bâtiment vérifie les exigences recommandées par le DTR.
- Nous allons proposer que l'épaisseur de l'isolant utilisé « polystyrène expansé » égale à 15 cm, et nous allons refaire un autre bilan thermique.

III-2.7 Bilan thermique avec augmentation de l'épaisseur d'isolant :

- $D_{\text{ref}} = 2103.54 \text{ W/C}^\circ$

- $D_{\text{murs}} = K_{\text{mur}} \times A_{\text{mur}} = 0.23 \times 576.45 = 132.58 \text{ W/C}^\circ$

$D_{\text{murs}} = 132.58 \text{ W/C}^\circ$

- Béton architectonique: $\lambda_1 = 1.75 \text{ [W/m C}^\circ]$ $r_1 = e_1 / \lambda_1 = 0.08 / 1.75 = 0.0457$

- Polystyrène expansé : $r_2 = 0.15 / 0.038 = 3.95 \text{ [W/m C}^\circ]$

- Béton portant : $r = 0.12 / 0.7 = 0.17 \text{ [W/m C}^\circ]$

- Résistance superficielle : $1/h_i + 1/h_e = 0.17 \rightarrow 1/k = 4.33$

- $\rightarrow K = 0.23 \text{ [W/m C}^\circ]$

- $D_{\text{toiture}} = 288.3 \text{ W/C}^\circ$

- $D_{\text{plancher}} = 584.90 \text{ W/C}^\circ$

$D_S = 1087.7 \text{ W/C}^\circ$

$D_{\text{fenêtres}} = 81.9 \text{ W/C}^\circ$

Déperditions à travers les Ponts Thermiques (linéiques) :

$D_{\text{Li}} = 229.3 \text{ W/C}^\circ$

Déperditions à travers les parois en contact avec des locaux non chauffés :

$D_{\text{s Inc1}} = 0.23 \times 34.35 \text{ (23-18)}$

$A_{\text{mi1}} = (7.55 \times 4.55)$

$D_{\text{s Inc}} = 39.5 \text{ [W/C}^\circ]$

$D_{\text{s Inc2}} = 0.23 \times 127.4 \text{ (23-18)}$

$A_{\text{mi2}} = (14 \times 4.55) \times 2$

Ds Inc2 = 146.5

Ds Inc total = 186 [W/C°]

- **DT= DS+ DLI +DInc= 1087.7+229.3+ 186= 1503/C°**
- **Dt ≤ 1.05 Dref = 1503 ≤ 2208.7W/C° (différence de 705.7 W/C°)**
- Ce bâtiment vérifie les exigences recommandées par le DTR

III-2.7Le bilan économique :

Les besoins de la saison du chauffage : nous allons prendre la période de chauffage 04 mois (du 15/11 jusqu'au 15/03) de l'année.

Degré jour unifié :

$$Dju = 18 - [(t_{min} - t_{max})/2]$$

Dju= 18C° ; on ne chauffe pas

Dju= + que 18C° ; on ne chauffe pas

DJU 18 : 1069

Nov	Dec	Janv	Févr	Mars
150	243	268	216	192

CHAPITRE III

MODELISATION :

Dans ce chapitre ; nous avons présenté le logiciel d'étude ; on introduisant les paramètres et les compositions des parois pour faire un model de la partie étudié (hébergement), avec le fichier de donnée météorologique et les différents scenarios de fonctionnements.

III.1. PRESENTATION DE LA METHODE DE SIMULATION

III.1.1 INTRODUCTION:

La modélisation du bâtiment et la simulation de ce projet ainsi que les différents paramètres du chauffage ont été définis à partir des logiciels suivants :

- **COMFIE-PLEIADES** : a constitué l'outil d'évaluation des échanges thermiques dans les différents espaces, mais aussi d'analyse des différentes consommations en chauffage et climatisation.

PLEIADES + COMFIE est un outil de simulation dynamique développé par le CENTRE D'ENERGETIQUE DE L'ECOLE DES MINES DE PARIS.

A partir d'une description très fine du bâtiment, de ses équipements, des séquences et heures de fonctionnement ou d'arrêt des matériels, des séquences d'occupation ou d'inoccupation, etc., il procède, sur l'ensemble de l'année, à un calcul au pas de temps de l'heure de l'ensemble des équilibres thermiques du bâtiment, ce qui lui permet de déterminer, pour chaque heure, les besoins de chauffage et de climatisation, ainsi que les températures intérieures. La décomposition du bâtiment peut comporter jusqu'à 20 zones thermiquement différentes.

- **ALCYONE** : a permis la modélisation architecturale de l'ensemble du bâtiment et la caractérisation des différents matériaux utilisés.
- **METEONORM** : est une référence complète météorologique.

Il vous donne accès à des données météorologiques pour divers applications pour n'importe quel endroit dans le monde.

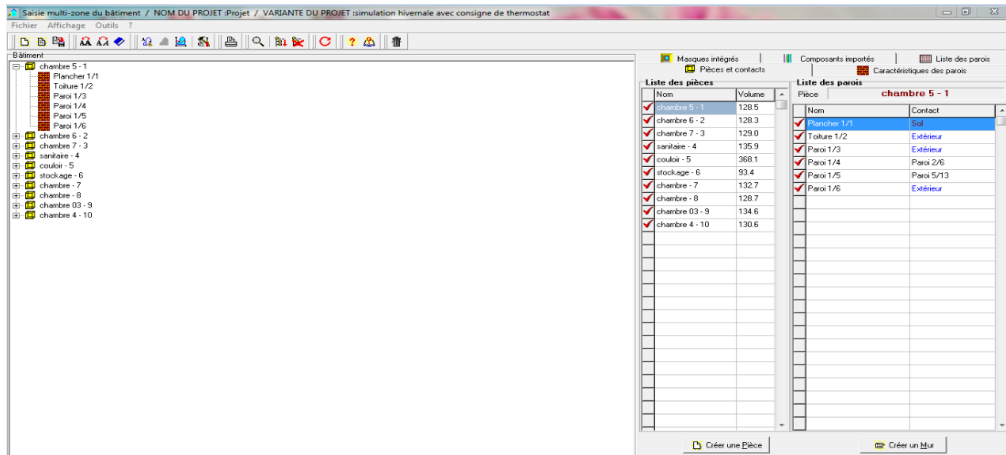


Figure 30 : interface PLEIADES

III.1.2 LE SAISI DE BATIMENT :

PLEIADES + COMFIE a été enrichi d'ALCYONE, un module de saisie graphique par niveau avec visualisation en 3D permettant d'accélérer considérablement la saisie des projets. Une palette d'outils très complète permet de tracer rapidement un projet, d'affecter des ouvertures sur les parois, de créer des masques proches, de recopier un niveau, de sélectionner les zones thermiques, de changer l'orientation, etc.

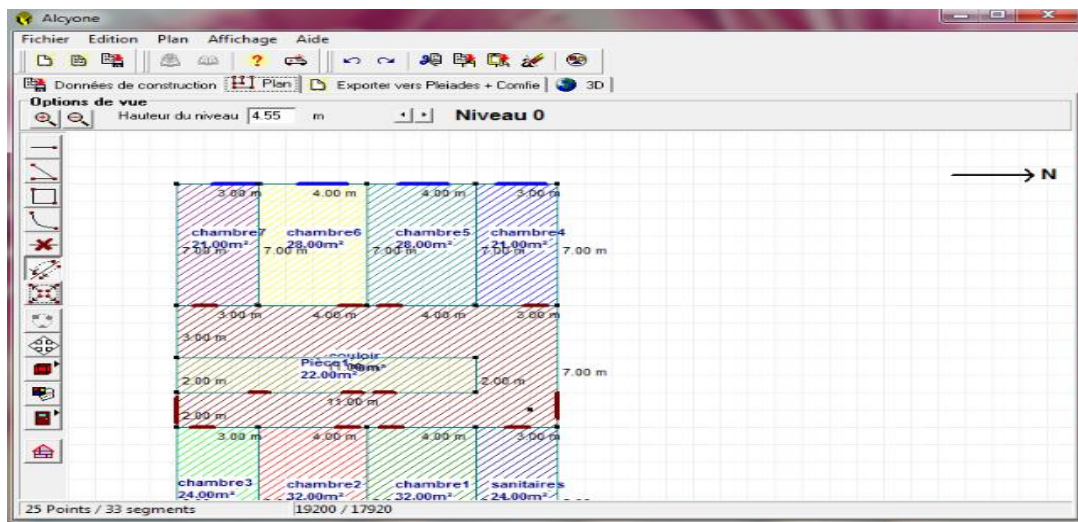


Figure 31 : plan tracé avec alcyon

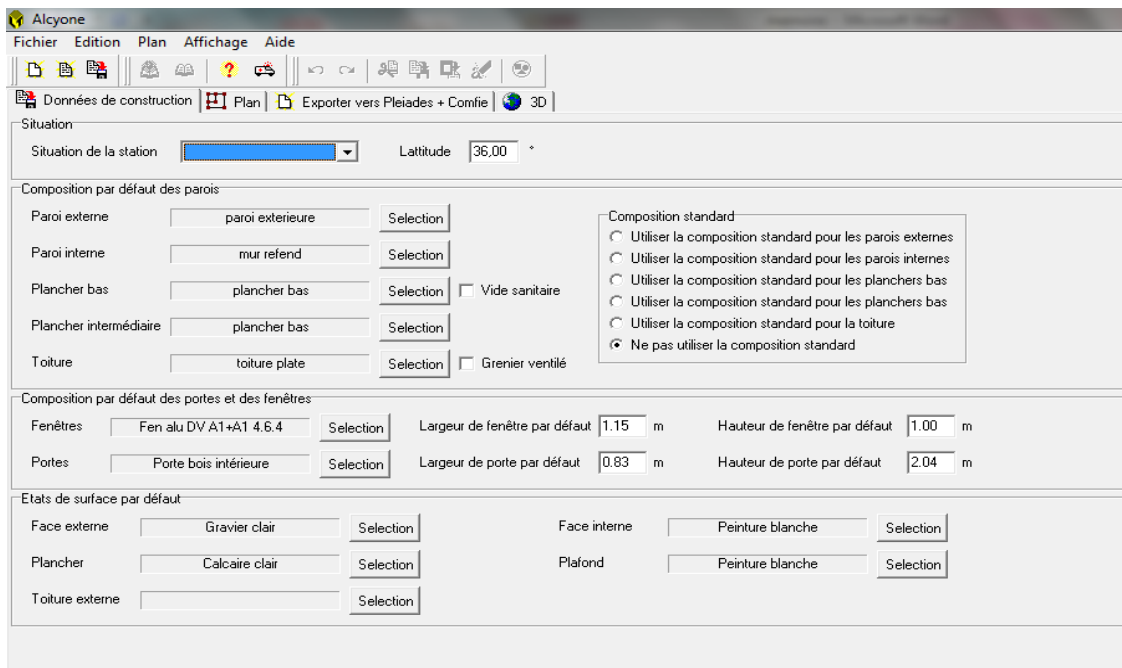


Figure 32 : Interface ALCYON

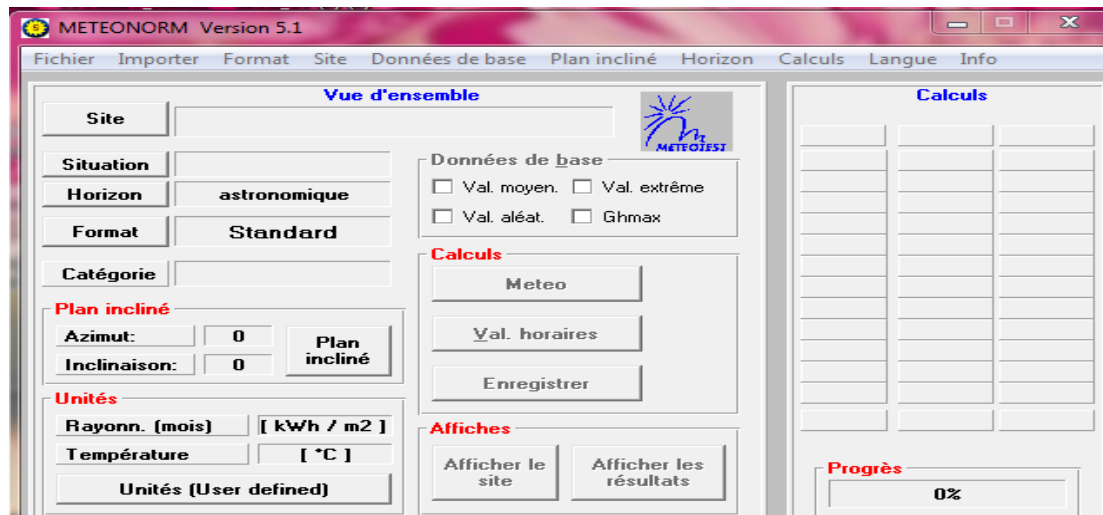


Figure 33: interface METEONORM

III.1.3 DESCRIPTION DES SYSTEMES CONSTRUCTIFS SOUS PLEIADE+COMFIE :

Le logiciel PLEIADE+COMFIE possède une grande base de données de matériau et même on peut faire rentrer d'autres matériaux ou éléments connaissant leur masse volumique, la conductivité thermique et la capacité thermique. Ainsi que la menuiserie utilisée et le type de vitrage et les scenarios de fonctionnement dans chaque zone.

Composants	T	cm	kg/m ²	λ	R	
Béton lourd	M	8.0	184	1.75	0.05	Extérieur ↓ Intérieur
Polystyrène expansé	M	10.0	3	0.04	2.56	
Béton lourd	M	12.0	276	1.75	0.07	
Total		30.0	463		2.68	

Figure34:Mur extérieur

Composants	T	cm	kg/m ²	λ	R	
Enduit plâtre	M	1.0	15	0.35	0.03	Extérieur ↓ Intérieur
Brique creuse de 10 cm	E	10.0	69	0.48	0.21	
Placoplâtre BA 13	E	1.3	10	0.32	0.04	
Total		12.3	94		0.28	

Figure 35 : mur intérieur

Composants	T	cm	kg/m ²	λ	R	
Carrelage	M	1.0	23	1.70	0.01	Extérieur ↓ Intérieur
Mortier	M	4.0	80	1.15	0.03	
Béton lourd	M	20.0	460	1.75	0.11	
Total		25.0	563		0.15	

Figure36:Plancher

Composants	T	cm	kg/m ²	λ	R	
Liège expansé 3	E	3.0	4	0.04	0.75	Extérieur ↓ Intérieur
Feutre bitumeux	M	3.0	51	0.50	0.06	
Béton lourd	M	20.0	460	1.75	0.11	
Total		26.0	515		0.92	

Figure 37 : Toiture

III.1.4 DEFINITION DES SCENARIOS :

Le logement est devisé par trois zones thermiques zone « chambres», zone « couloir», zone « sanitaires ».

- **Scenarios d'occupation :**

Scenario de 2 personnes dans la zone chambres.
-Les chambres sont occupées la nuit et le jour.

Liste des scénarios		%	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
0 H	% de ventilation								
1 H	% d'occupation	100	100	100	100	100	100	100	100
2 H	Volet d'été	100	100	100	100	100	100	100	100
3 H	Volet d'hiver	100	100	100	100	100	100	100	100
4 H	% d'occupation	100	100	100	100	100	100	100	100
5 H	Consigne de thermostat	100	100	100	100	100	100	100	100
6 H	Puissance dissipée	100	100	100	100	100	100	100	100
7 H		100	100	100	100	100	100	100	100
8 H		100	100	100	100	100	100	100	100
9 H		100	100	100	100	100	100	100	100
10 H		100	100	100	100	100	100	100	100
11 H		100	100	100	100	100	100	100	100
12 H		100	100	100	100	100	100	100	100
13 H		100	100	100	100	100	100	100	100
14 H		100	100	100	100	100	100	100	100
15 H		100	100	100	100	100	100	100	100
16 H		100	100	100	100	100	100	100	100
17 H		100	100	100	100	100	100	100	100
18 H		100	100	100	100	100	100	100	100
19 H		100	100	100	100	100	100	100	100
20 H		100	100	100	100	100	100	100	100
21 H		100	100	100	100	100	100	100	100
22 H		100	100	100	100	100	100	100	100
23 H		100	100	100	100	100	100	100	100
24 H		100	100	100	100	100	100	100	100

Figure 38: Scenario d'occupation de la zone 1.

- **Scenarios Puissance dissipée :**

Liste des scénarios		Watts	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
0 H	% de ventilation								
1 H	% d'occupation								
2 H	Volet d'été								
3 H	Volet d'hiver								
4 H	% d'occupation								
5 H	Consigne de thermostat								
6 H	Puissance dissipée								
7 H	Puissance dissipée hospital								
8 H	Puissance dissipée standard								
9 H	Ventilation d'hiver pour l'hôpital								
10 H									
11 H									
12 H									
13 H									
14 H		100	100	100	100	100	100	100	100
15 H		100	100	100	100	100	100	100	100
16 H		100	100	100	100	100	100	100	100
17 H		100	100	100	100	100	100	100	100
18 H		365	365	365	365	365	365	365	365
19 H		365	365	365	365	365	365	365	365
20 H		365	365	365	365	365	365	365	365
21 H		0	0	0	0	0	0	0	0
22 H		0	0	0	0	0	0	0	0
23 H		0	0	0	0	0	0	0	0
24 H		0	0	0	0	0	0	0	0

Figure 39: Scenario de la Puissance dissipée de la zone 1

- **Scenarios de ventilation :**

La ventilation est certainement, après l'enveloppe, le point le plus important de la simulation. En effet. Il est nécessaire d'introduire de l'air neuf dans la maison pour garantir le confort. Cet apport d'air neuf est réaliser grâce au scenario de ventilation.

Matériaux Eléments Compositions Etats de surface Albedos Ecran végétal Scénarios Menuiseries Equipement										
Liste des scénarios		%	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche	
0 H										
1 H		100		100		100		100		100
2 H		100		100		100		100		100
3 H		100		100		100		100		100
4 H		100		100		100		100		100
5 H		100		100		100		100		100
6 H		100		100		100		100		100
7 H		100		100		100		100		100
8 H		100		100		100		100		100
9 H		100		100		100		100		100
10 H		100		100		100		100		100
11 H		100		100		100		100		100
12 H		100		100		100		100		100
13 H		100		100		100		100		100
14 H		100		100		100		100		100
15 H		100		100		100		100		100
16 H		100		100		100		100		100
17 H		100		100		100		100		100
18 H		100		100		100		100		100
19 H		100		100		100		100		100
20 H		100		100		100		100		100
21 H		100		100		100		100		100
22 H		100		100		100		100		100
23 H		100		100		100		100		100
24 H		100		100		100		100		100

Figure 40: Scenario de la ventilation de la zone 1

- **Consigne de thermostat :**

Le consigne de thermostat est pour déterminer les besoins de chauffage, il est fixé pour une température de confort thermique de 21°.

Matériaux Eléments Compositions Etats de surface Albedos Ecran végétal Scénarios Menuiseries Equipement										
Liste des scénarios		°C	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche	
0 H										
1 H		18		18		18		18		18
2 H		18		18		18		18		18
3 H		18		18		18		18		18
4 H		18		18		18		18		18
5 H		18		18		18		18		18
6 H		21		21		21		21		21
7 H		21		21		21		21		21
8 H		21		21		21		21		21
9 H		21		21		21		21		21
10 H		21		21		21		21		21
11 H		21		21		21		21		21
12 H		21		21		21		21		21
13 H		21		21		21		21		21
14 H		21		21		21		21		21
15 H		21		21		21		21		21
16 H		21		21		21		21		21
17 H		21		21		21		21		21
18 H		21		21		21		21		21
19 H		21		21		21		21		21
20 H		18		18		18		18		18
21 H		18		18		18		18		18
22 H		18		18		18		18		18
23 H		18		18		18		18		18
24 H		18		18		18		18		18

Figure 41: scenario de thermostat de la zone 1

III.2. LA SIMULATION :

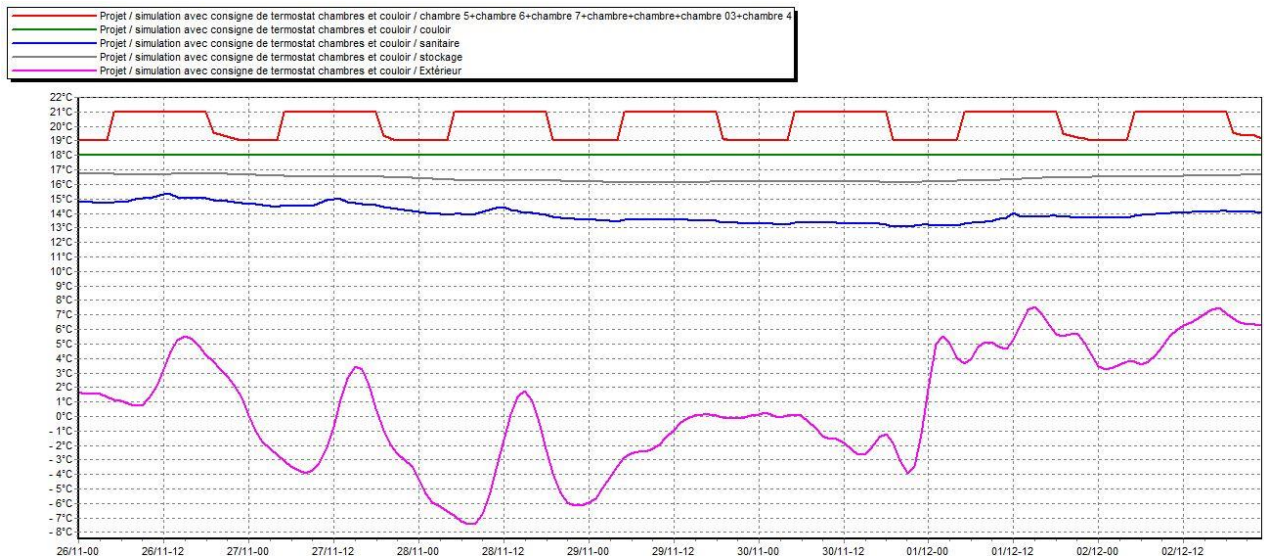


Figure 42: évolution de température en hiver (semaine plus froide).

- Voici une synthèse de la simulation, où les besoins en chauffage, la puissance de chauffage, les intervalles de température... seront affichés dans les figures ci dessous.
- Les résultats seront discutés dans le chapitre suivant :

Résumer							
Projet sélectionné : <input type="text" value="Projet / simulation avec consigne de thermostat chambres et"/>							
Zones	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T* Min	T* Moyenne	T* Max
Année							
chambre 5+chambre 6+chambre 7+chambre+chambre+cham	19892 kWh	0 kWh	15710 W	0 W	19.00 °C	20.30 °C	21.00 °C
couloir	8806 kWh	0 kWh	5107 W	0 W	18.00 °C	18.01 °C	19.14 °C
sanitaire	0 kWh	0 kWh	0 W	0 W	13.06 °C	15.34 °C	17.74 °C
stockage	0 kWh	0 kWh	0 W	0 W	16.11 °C	16.86 °C	17.77 °C
Total	28698 kWh	0 kWh	20817 W	0 W			

Zones	Besoins Chaud+Froid	Moyenne Surchauffe Max	Amplification de T*Ext	Taux d'inconfort	Part de besoin nets
chambre 5+chambre 6+chambre 7+chambre+chambre+chambre 03+chambre 4	21.80 kWh/m3	0.00 (1/10°C)	33.13 %	0.00 %	84.85 %
couloir	23.92 kWh/m3	0.00 (1/10°C)	0.91 %	0.00 %	92.45 %
sanitaire	0.00 kWh/m3	0.00 (1/10°C)	8.63 %	0.00 %	0.00 %
stockage	0.00 kWh/m3	0.00 (1/10°C)	2.30 %	0.00 %	0.00 %

CHAPITRE IV

RESULTATS ET DISCUSSIONS :

Les résultats de cette étude ; bilan thermique, bilan économique, ainsi que la simulation avec outil informatique « PLEIADES + CONFIE » seront présentés dans ce chapitre.

IV.4.1 INTRODUCTION :

L'objectif de ce travail est de faire une installation d'eau chaude sanitaire collective pour la partie hébergement d'un hôpital, accompagnée avec un système de chauffage conventionnel qui est une chaudière à gaz, cette dernière sert pour l'appoint.

Champs de captage: composé de 23 capteurs

Cuve de stockage: de capacité de 3600 litres, dans laquelle on place un système d'appoint.

(Voir chapitre III-1.4.3).

IV.4.2. PRESENTATION DE LA SIMULATION :

La simulation a été faite pour définir les besoins en chauffage, et la puissance de chauffage pour la saison hivernale, et cela dans la période du 15/11- 15/03.








IV.4.2.1 RESULTATS ET COMMENTAIRES DES GRAPHES :

Simulation 01 avec consigne de thermostat :

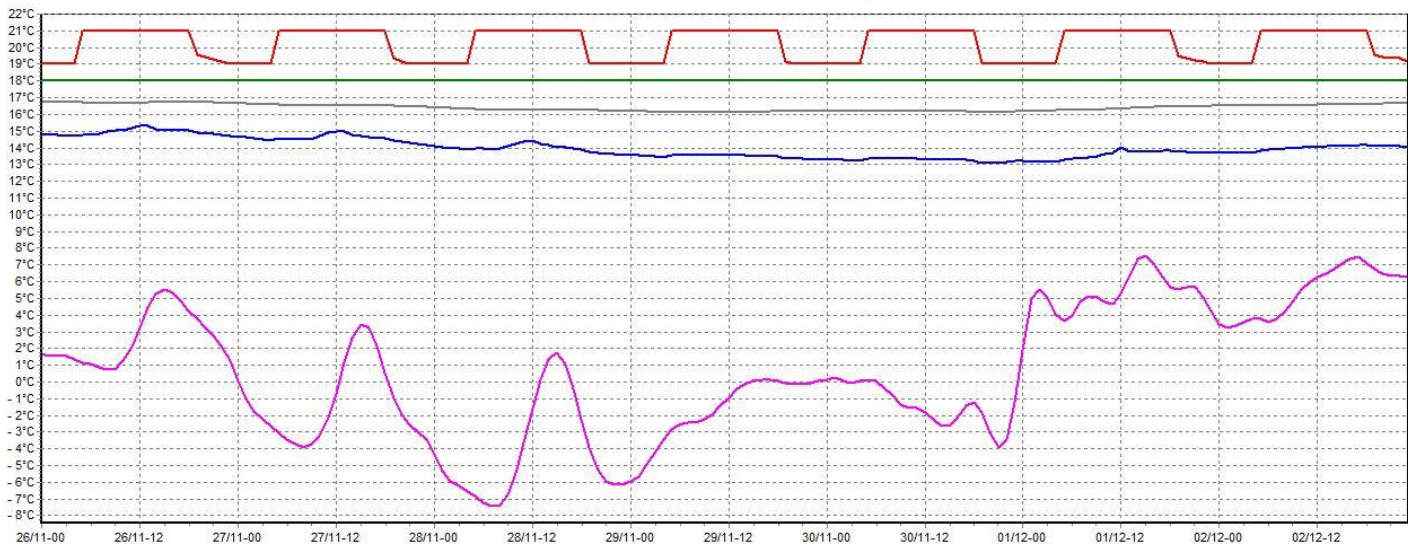
- **La semaine la plus froide : du 15/01 au 21/02.**

Text : max=14c° , min=7c°

- La période hivernale d'après les besoins de chauffage est la période bornée entre la 42eme et la 12 eme semaine de l'année.
- Zone de confort : 18°c -21°c ; plus proche de la température de confort considéré (18°c le soir et 21 durant la journée).
- Les besoins de chauffage sont estimés ou bien mesurer par une valeur de 28 700 kWh durant la saison d'hiver équivalente à 135.4kWh/m2, alors que la puissance de chauffage est estimée à 320 817W.
- La température des locaux non chauffés arrive à 18c°.

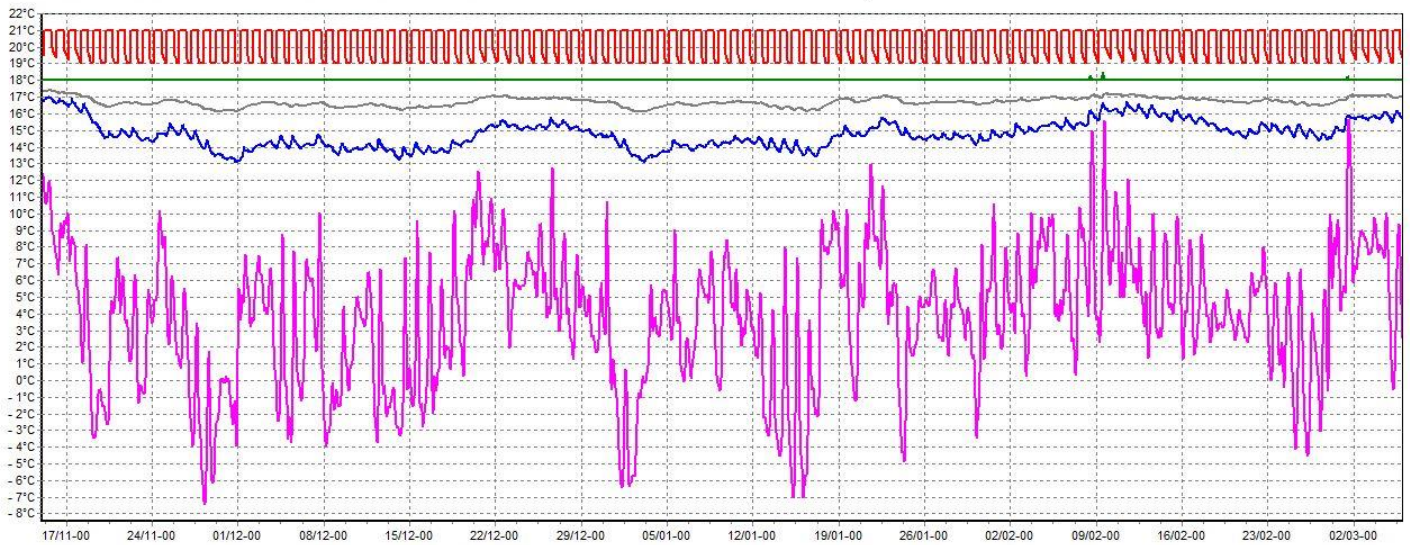
	Chambres		soins en chauffage
	Couloir		ssance de chauffage
	Sanitaires		
	Stockage		
	Extérieur		

Légende :



La température des pièces chauffées est qu'asi constante, varie entre 19 et 21 c°

- **La période hivernal : du 17/11- 02/03**



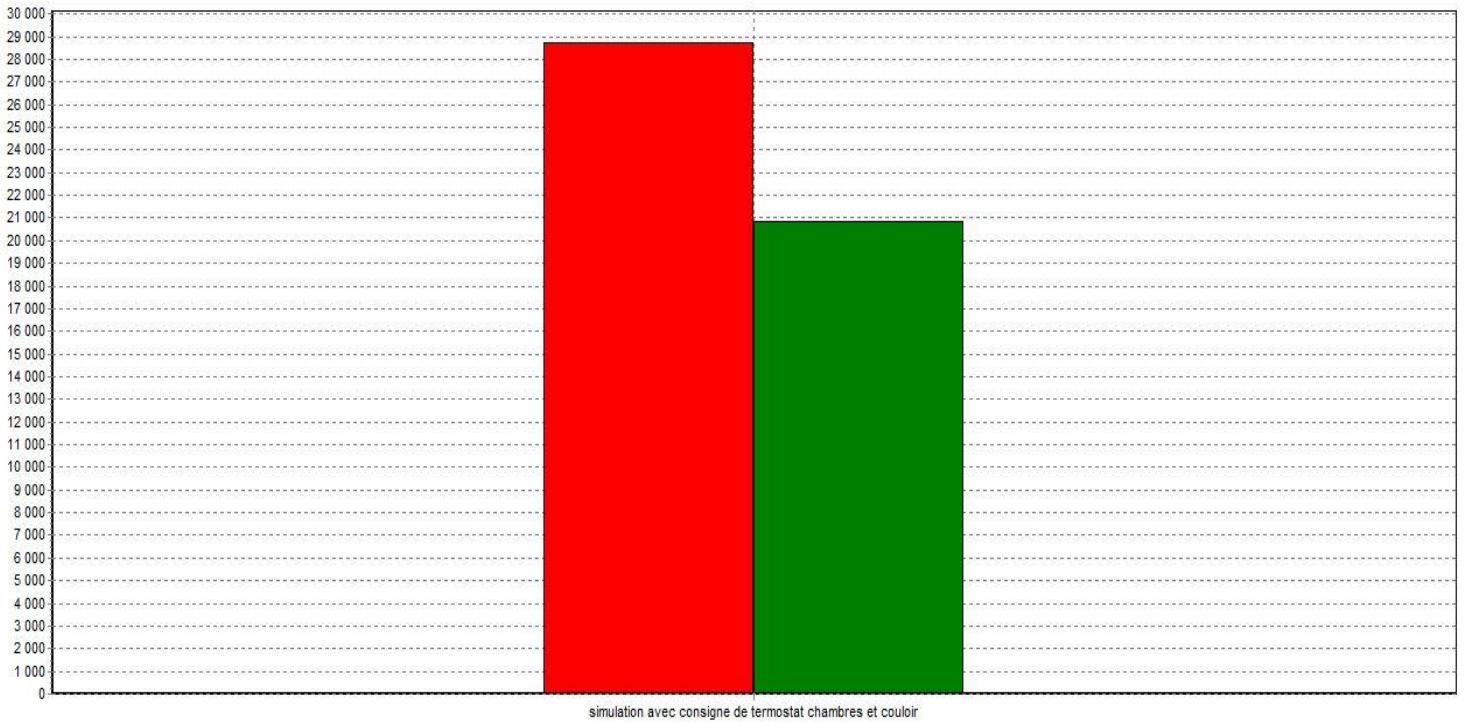
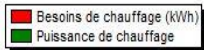
La température maximale arrive 22c°, Tmoyenne = 20.3 c°, et T minimale= 19 c°,

- **Graphe de température :**

Température depuis le 01/01 -31/01



• **Graphe de besoins en chauffage :**

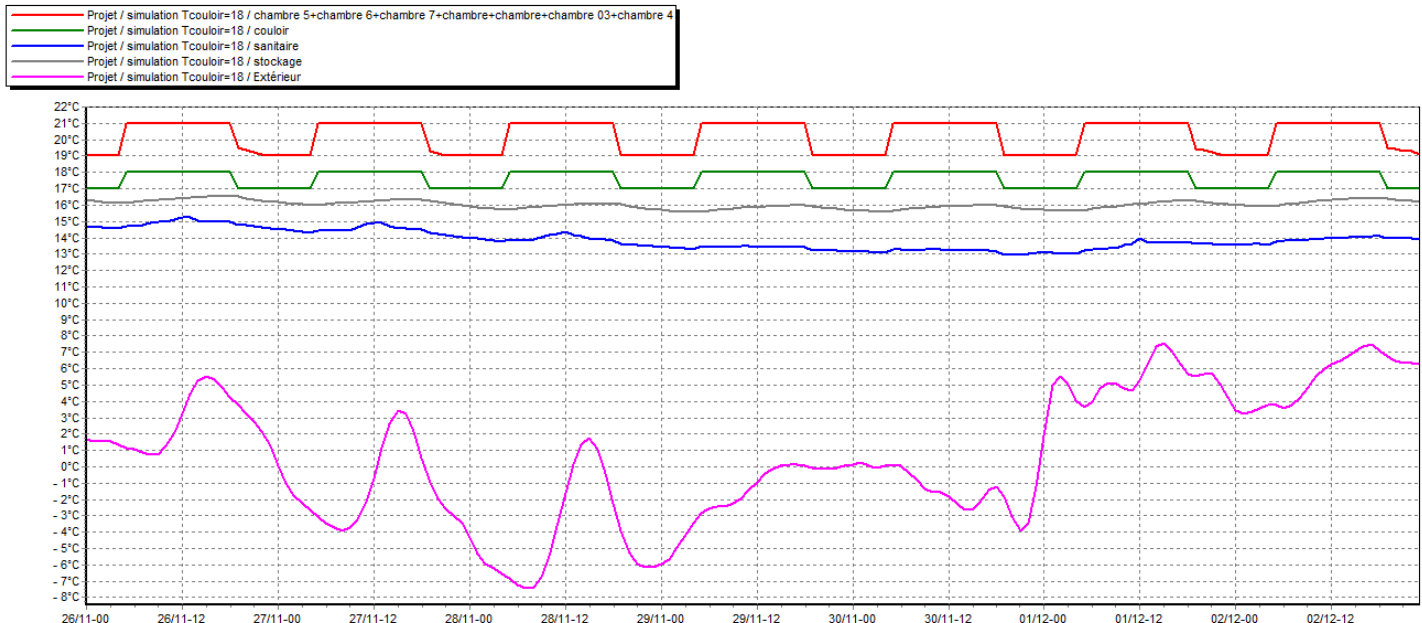


NOTA : Le rapport détaillé de cette simulation se trouve en annexe (voir page 81)

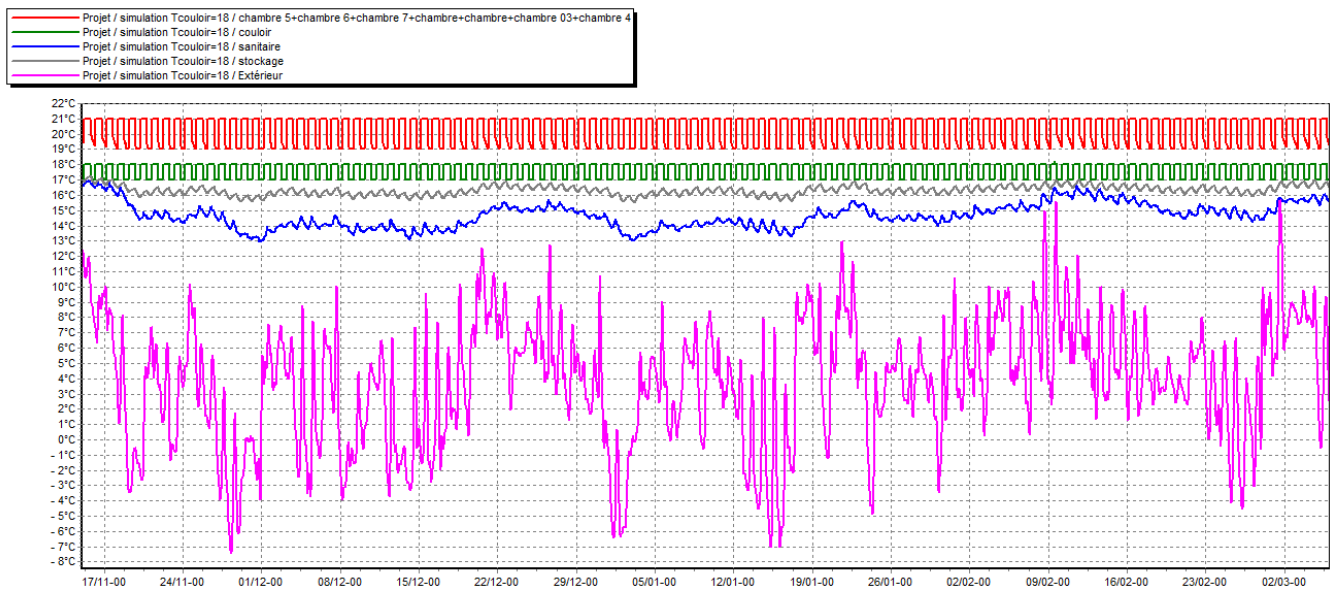
Simulation 02 avec consigne de thermostat :

Dans cette simulation, nous avons chauffé les chambres à 21c° du 6h-20h, et 19c° la nuit
Le couloir est chauffé à 18c° du 6h-20h, et 17c° la nuit

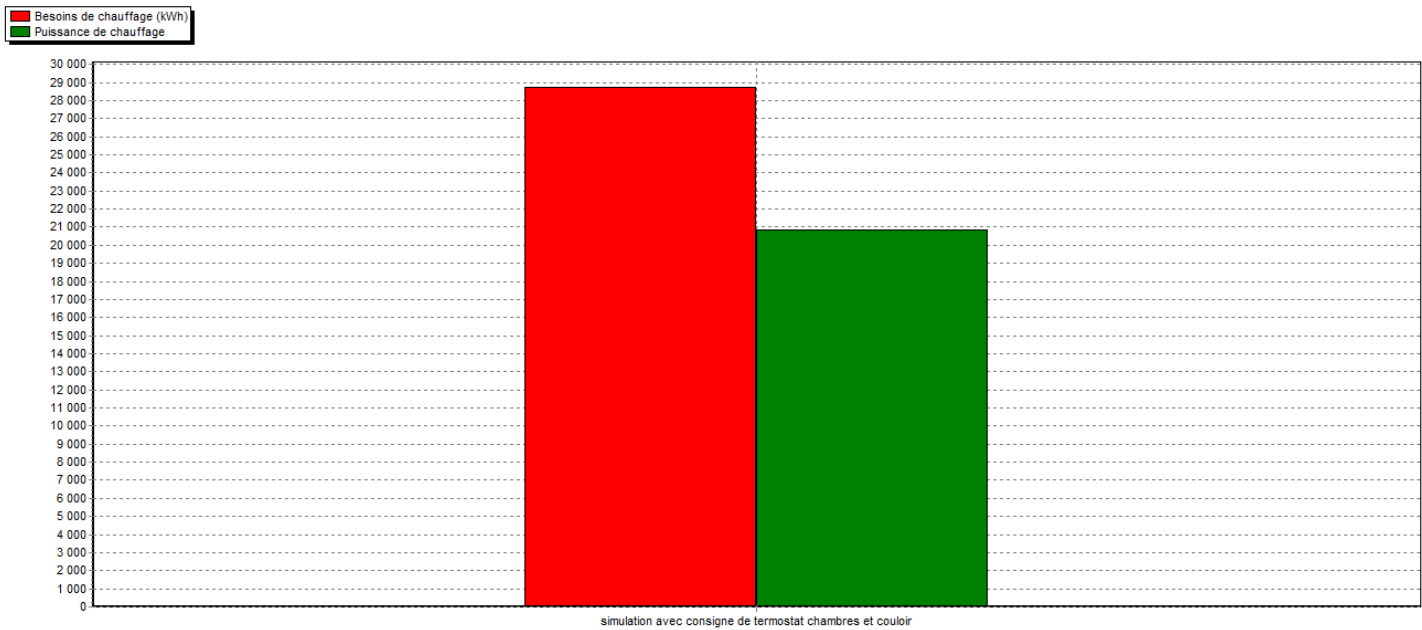
- **La semaine la plus froide : du 26/11 au 02/12.**



- **La période hivernal : du 17/11- 02/03**



- **Graphe de besoins en chauffage et puissance de chauffage:**



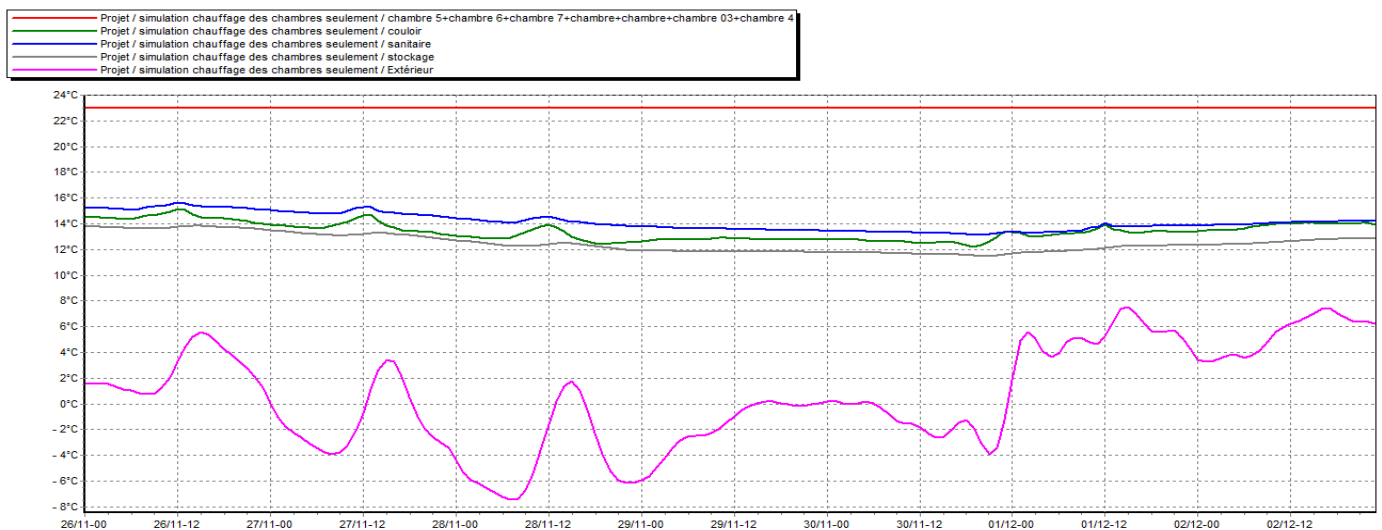
Les besoins en chauffage sont estimés à 28 260 kWh durant la saison d'hiver équivalente à 133.3kWh/m², alors que la puissance de chauffage est estimée à 21 650 W.

- On remarque que les besoins en chauffage et la puissance de chauffage sont diminués par rapport à la première simulation.

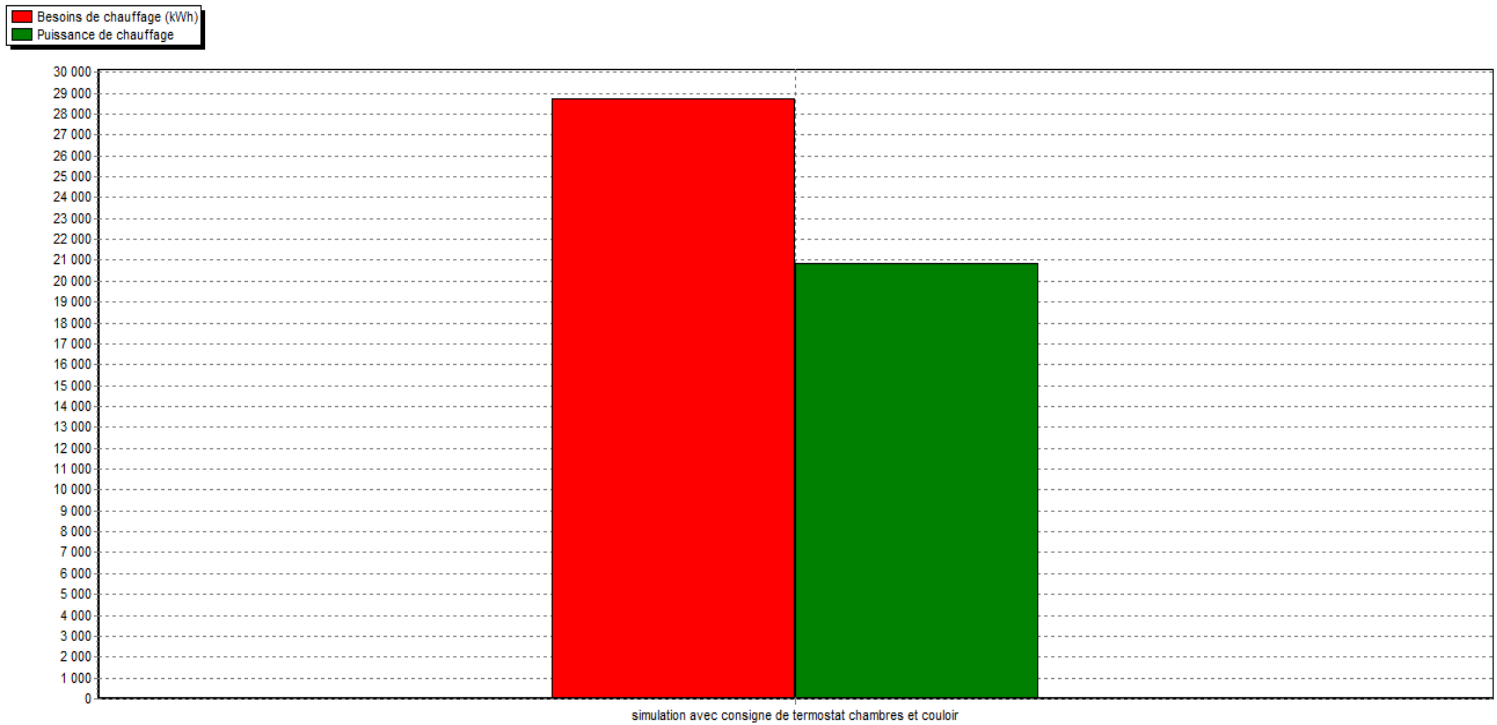
Simulation 03 avec consigne de thermostat :

Et si on chauffe seulement les chambres, on fixe une T de confort = 23°C.

- **La semaine la plus froide : du 26/11 au 02/12.**



- **Graphe de besoins en chauffage et puissance de chauffage:**



Les besoins en chauffage sont estimés à 29 860 kWh durant la saison d’hiver équivalente à 140.4kWh/m², alors que la puissance de chauffage est estimée à 11 950 W.

- On remarque que les besoins en chauffage sont augmentés avec une valeur de 1600 kWh (par rapport la deuxième simulation) par contre la puissance de chauffage est diminuée respectivement par rapport la première simulation et la deuxième simulation par des valeurs suivantes : 20 131W et 9700W

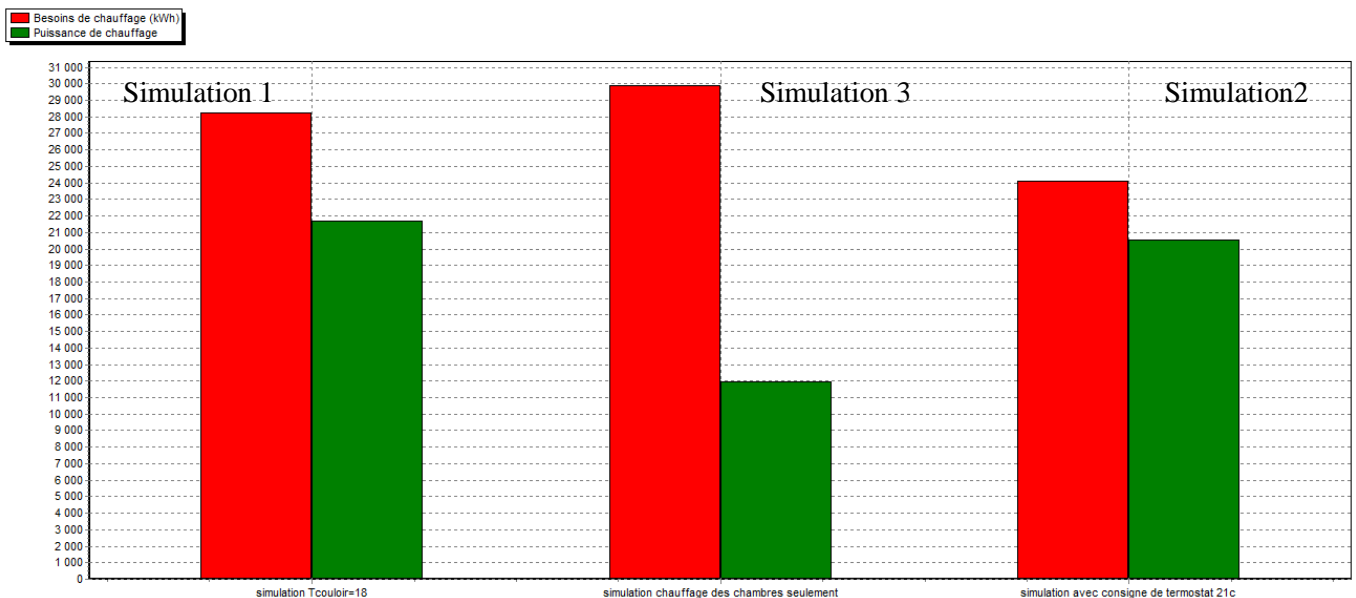


Figure 43: comparatif entre les besoins en chauffage et la puissance de chauffage des trois simulations.

Les résultats en chiffre de cette comparaison sont présentés dans le tableau ci-dessous :

pièce	Température c°	Horaires (h)	Puissance totale de chauffage W	Besoins total de chauffage kWh
Simulation 01				
Chambres	21	06-20	32 081	28 700
couloir	18 Non chauffé	00-06 20-00		
Simulation 02				
Chambres	21	06-20	21 650	28 260
couloir	18 chauffé	00-06 20-00		
Simulation 03				
Chambres	23	00-24	11 950	29 860
couloir	Non chauffé			

IV.5 CONCLUSION :

D'après la simulation, nous avons tiré les conclusions suivantes :

- ✓ La température interne de toutes les zones est acceptable même pour la semaine la plus froide dans la saison hivernale. Donc l'enveloppe du bâtiment (les pièces étudiées) et la ventilation naturelle peuvent conserver le confort thermique pour les occupants.
- ✓ La consigne de thermostat nous permet de déterminer les besoins de chauffage et réaliser un confort thermique en hiver.

COCLUSION GENERALE

Ces dernières années, la consommation énergétique dans les logements et les bureaux a augmenté en raison de l'accroissement du parc, de l'augmentation de la surface moyenne occupée, d'un confort accru mais aussi à cause du développement des usages de l'électricité.

Comme tous les secteurs, celui du bâtiment est appelé à apporter sa contribution à la réduction des émissions des gaz à effet de serre. Il représente aujourd'hui 18 % des émissions directes, 22 % avec celles du chauffage urbain et celles issues de la production de l'électricité, et 45 % des consommations d'énergie finale, soit environ 2 tonnes de CO₂ par habitant et par an.

Après notre étude, nous réalisons que vu notre potentiel solaire, nous pouvons largement subvenir aux besoins énergétiques dans l'habitat. Mais les efforts pour déployer ces nouvelles technologies énergétiques doivent être accélérés, a expliqué Mme Waller-Hunter. 'Plus nous développons les énergies renouvelables, plus grandes sont les chances que les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère soient stabilisées plus tôt et à un niveau plus bas', a-t-elle martelé. Le CO₂, comme tous les grands gaz à effet de serre, a une durée de vie longue dans l'atmosphère. Les scientifiques estiment que même si aucune tonne de CO₂ n'était plus rejetée aujourd'hui dans l'atmosphère, le climat continuerait de se réchauffer pendant des décennies du fait des concentrations accumulées depuis l'ère industrielle. Les rejets de CO₂ viennent des activités humaines, transports, chauffage et industrie notamment⁵³.

Annexe ⁵⁴

Coefficient de transmission surfacique U (W/m².K) :

Flux thermique en régime stationnaire par unité de surface, pour une différence de température d'un kelvin entre les milieux situés de part et d'autre d'un système.

Coefficient de transmission linéique ψ (W/m.K) :

Flux thermique en régime stationnaire par unité de longueur, pour une différence de température d'un kelvin entre les milieux situés de part et d'autre d'un système.

Conductivité thermique λ (W/m.K):

Flux thermique traversant un mètre d'épaisseur de matériau pour une différence de température d'un kelvin entre les deux faces du matériau.

Degrés-jours (DJ):

Somme des écarts, sur une période de référence (année ou saison hivernale), entre une température conventionnelle (18°C en général) et la température moyenne journalière extérieure. On parle de degrés-jours unifiés si la température conventionnelle est prise égale à 18°C :

$DJU = \sum [18 - ((t_{min} + t_{max})/2)]$ (sur le nb de jours de la période considérée).

Espace chauffé :

Local ou volume fermé chauffé à une température supérieure à 12°C en période d'occupation.

Flux thermique f (W) :

Quantité de chaleur transmise à (ou fournie par) un système par unité de temps.

Humidité ou hygrométrie :

Eau ou vapeur d'eau contenues dans l'air ou dans les matériaux, exprimés à travers :

. L'humidité absolue, poids de vapeur d'eau (en g) par m³ d'air

. L'humidité spécifique : poids de vapeur d'eau (en g) par kg d'air humide

. L'humidité relative (HR) ou degré hygrométrique : proportion d'eau contenue dans l'air en % par rapport à un air saturé (HR=100%).

Pont thermique :

Zone ponctuelle ou linéaire qui, dans l'enveloppe d'un bâtiment, présente une moindre résistance thermique, par exemple les abouts de planchers et de murs, les jonctions de parois, les huisseries notamment métalliques.

Résistance thermique R (m².K/W):

Inverse du flux thermique à travers un mètre carré d'un système pour une différence de température d'un kelvin entre les deux faces de ce système :

$R = 1/U$.

Résistance superficielle R_s (m².K/W):

Inverse du flux thermique passant par mètre carré de l'ambiance à une paroi, pour une différence de température d'un kelvin entre celles-ci.

Température:

. La température absolue est mesurée en kelvin (K) ; le 0 se situant au point de fusion de l'hydrogène.

. La température centigrade se mesure en degrés Celsius (°C), et correspond à : 0°C = 273,15 K

soit : $T(K) = T(^{\circ}C) + 273,15$ (un écart de température peut donc être donné indifféremment en K ou en °C)

. la température résultante ou opérative est la moyenne entre la température radiante moyenne (ou T parois) et la température de l'air : $T_{résultante} = (T_{parois} + T_{air}) / 2$.

Références bibliographiques

- Michel Wautelet et Damien Duvivier ; Sciences, Technologies et Société, Guide pratique en 250 questions. Boeck, Bruxelles 2009.

¹ Thèse de Doctorat : Razika kharchi, Etude Energétique de Chauffage, Rafraichissement Et Eau Chaude Sanitaire d'une maison type en Algérie.

² Document PDF : La Maitrise de l'Energie dans les Etablissements de Santé. (Organisation Internationale de la Francophonie).

³ Guide des énergies renouvelables, Edition 2007.

⁴ **Article:** LE CHAUFFAGE SOLAIRE DE L'EAU SANITAIRE, SAMI-MECHERI Sabrina, Division Energie Solaire thermique et géothermie, CDER.

⁵ Article: Renforcement des capacités dans le domaine de l'efficacité énergétique du bâtiment Imessad Khaled

⁶ Wikipedia, Architecture Bioclimatique. http://fr.wikipedia.org/wiki/Architecture_bioclimatique

⁷ Source : Concised Oxford English Dictionary 11th Edition

⁸ Ibid

⁹ **Document PDF :** Une maison guyanaise des années 1970 restructurée en maison bioclimatique) Source de l'image : principe de la construction bioclimatique ECOREA PDF)

¹⁰ **Cour :** Concept et Architecture Bioclimatique Passive, Master A.E.R.H. 2014/2015, université de Blida.

¹¹ **Livre :** Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique, observatoire des énergies renouvelables Paris 2005

¹² **Document PDF :** LE CONFORT THERMIQUE DANS LES BATIMENTS. http://iut-tice.ujf-grenoble.fr/tice-espaces/GTE/rdo/wupload/File/TA_TL/LE_CONFORT_THERMIQUE_2.pdf
(Commission de la santé et de la sécurité du travail du Québec)

¹³ **Document PDF :** GUIDE : Confort thermique à l'intérieur d'un établissement (Commission de la santé et de la sécurité du travail du Québec)
http://www.csst.qc.ca/publications/200/Documents/dc_200_16183_3.pdf.

¹⁴ **Document PDF :** GUIDE : Confort thermique à l'intérieur d'un établissement (Commission de la santé et de la sécurité du travail du Québec)
http://www.csst.qc.ca/publications/200/Documents/dc_200_16183_3.pdf.

¹⁵ **Article :** OPTIMISATION DES SURFACES DE CAPTATION DES INSTALLATIONS SOLAIRES DE CHAUFFAGE D'EAU COLLECTIF S. Sami, A. Hamid, D. Lafri , D. Semmar et R. Kharchi Rev. Energ. Ren. : Chemss 2000 25-31, http://www.cder.dz/download/ch_3.pdf

¹⁶ **Article :** SYSTEME SOLAIRE COMBINE ESTIMATION DES BESOINS ENERGETIQUES, R. Kharchi, B. Benyoucef et M. Belhamel. *Revue des Energies Renouvelables ICRESD-07 Tlemcen (2007)* 109 – 114.

¹⁷ **Article :** GESTION OPTIMALE DE L'ENERGIE DANS UN PROCEDE MULTI-SOURCE POUR LE CHAUFFAGE DE BATIMENTS. Thèse, Automatique. Université de Perpignan, 2010. France par Julien Eynard. <https://tel.archives-ouvertes.fr>

¹⁸ **Article :** ETUDE DE LA RENTABILITE D'UNE INSTALLATION SOLAIRE DE CHAUFFAGE D'EAU COLLECTIVE APPLICATION A DIFFERENTS SITES ALGERIENS. S.Sami, Mecheri, A.Hamid, N. Ait Messaoudenne, et M. Belhamel. Rev. Energ. Ren : 11èmes Journées Internationales de Thermique (2003) 53-5753

¹⁹ **Article:** DESIGN AND PERFORMANCE OF A LARGE-SIZE SOLAR WATER HEATER H. P. GARG, (Received 16 February 1971; in revised form 26 February 1971).

²⁰ **Article:** PERFORMANCES JOURNALIERES D'UN CHAUFFE-EAU SOLAIRE, S.A. Hakem1, N. Kasbadji–Merzouk et M. Merzouk. *Revue des Energies Renouvelables CICME'08 Sousse (2008)* 153 - 162

²¹ **Article:** ETUDE DU COMPORTEMENT THERMIQUE D'UNE MAISON MUNIE D'UN SYSTEME DE CHAUFFAGE SOLAIRE, F. Mokhtari , N. Ait Messaoudène , A. Hamid et M. Belhamel . *Revue des Energies Renouvelables Vol. 9 N°4 (2006)* 363 – 370.

²² **Article:** INTEGRATION ENERGETIQUE DANS LES BATIMENTS : UTILISATION COMBINEE DE L'ENERGIE SOLAIRE ET DE LA GEOTHERMIE BASSE TEMPERATURE, Valentin Trillat-Berdal, Bernard Souyri, Gilbert Achard

²³ **Article:** OPTIMISATION DES SURFACES DE CAPTATION POUR LES INSTALLATIONS SOLAIRES DE CHAUFFAGE D'EAU SANITAIRE. S. Sami-Mecheri, M. Belhamel, A. Hamid, et N. Ait Messaoudène *Revue des Energies Renouvelables Vol. 10 N°4 (2007)* 473 – 487

²⁴ **Article:** ETUDE ET REALISATION D'UN BANC D'ESSAI POUR UN CHAUFFE-EAU SOLAIRE A CIRCULATION FORCEE DANS LA REGION DES HAUTS PLATEAUX, F. Yettou1, A. Gama, C. Hamouda et A. Malek. *Revue des Energies Renouvelables Vol. 11 N°1 (2008)* 119 – 128

²⁵ **Article:** Définition d'une Procédure d'Evaluation Appliquée aux Systèmes Combinés Solaires, R. Morlot 1, M.A. Meunier 2, D. Caccavelli 1 et J.J. Beziau 2. *Rev. Energ. Ren. : Journées de Thermique (2001)* 163-168. France

Article: ²⁶LE SOLAIRE THERMIQUE EN ALGERIE: HISTOIRE ET PERSPECTIVES, Abderrahmane HAMIDAT. Bulletin des Énergies Renouvelables - N° 22 2012, CDER, Ministère de l'Enseignement Supérieur et la Recherche Scientifique.

²⁷ **Article:** LE CHAUFFAGE SOLAIRE DE L'EAU SANITAIRE, SAMI-MECHERI Sabrina, Division Energie Solaire thermique et géothermie, CDER.

²⁸ **Thèse de Magister** : ETUDE THEORIQUE ET APPLICATION PRATIQUE D'UN SYSTEME DE CHAUFFE-EAU SOLAIRE EN VUE DE LA PRODUCTION DE L'EAU CHAUDE SANITAIRE, *Mohammed Salah Meftah*. Universite De Ouargla Faculte Des Sciences Et Sciences De L'ingenieur, Departement Des Sciences Physiques.

²⁹ **Document PDF** : Production d'eau chaude sanitaire solaire (Hôpital régional de Kébili, Tunisie). La Maîtrise de l'Energie dans les Etablissements de Santé. (Organisation Internationale de la Francophonie).

³⁰ **Document PDF** : Installation solaire au centre hospitalier du Bassin de Thau à Sète, ADEME, Energies et Matières renouvelables. La Maîtrise de l'Energie dans les Etablissements de Santé. (Organisation Internationale de la Francophonie).

³¹ **Mémoire PFE** : Calcul De La Surface Optimale D'un Système Solaire Pour Le Chauffage D'eau, BELAIDI Djamel, université de Blida, 2012-2013.

³² **Article** : LE SOLAIRE THERMIQUE EN ALGERIE: HISTOIRE ET PERSPECTIVES, Bulletin des Énergies Renouvelables - N° 22 2012, CDER, Ministère de l'Enseignement Supérieur et la Recherche Scientifique. Dr Abderrahmane HAMIDAT.

³³ **Cour** : Systèmes Solaires et Thermiques, Master A.E.R.H. 2014/2015, université de Blida.

³⁴ **Document PDF** : LA PRODUCTION D'EAU CHAUDE SANITAIRE (ECS 01), Institut Bruxellois pour la Gestion de l'environnement.

³⁵ **Article**: LE CHAUFFAGE SOLAIRE DE L'EAU SANITAIRE, SAMI-MECHERI Sabrina, Division Energie Solaire thermique et géothermie, CDER.

³⁶ **Document PDF** : L'eau dans Les Etablissements de Santé, Comité Technique Régionale de l'Environnement Hospitalier.

³⁷ **Document PDF** : Eau chaude sanitaire de 75 à 3000 litres, le guide tarifaire pro, Eau chaude sanitaire Collective.

³⁸ **Document PDF** : QUALITE DE L'EAU DANS LES ETABLISSEMENTS DE SANTE, Synthèse bibliographique réalisée par l'Office international de l'eau (1998) pour le DGS.

³⁹ **Document PDF** : La Maîtrise de l'Energie dans les Etablissements de Santé. (Organisation Internationale de la Francophonie).

⁴⁰ **Rapport APRU** : Efficacité Energétique Dans Le Bâtiment: Expérience Algérienne Journées De Formation Audit Energétique Dans Le Bâtiment, Djaffar Semmar.

⁴¹ **Document PDF** : Critères MPE de l'UE pour l'éclairage intérieur, Les marchés publics écologiques, http://ec.europa.eu/environment/gpp/pdf/criteria/indoor_lighting_fr.pdf

⁴² **Document PDF** : Mémento Technique du Bâtiment, Confort Thermique, Ministère des Equipements, des Transports, du Logement, du Tourisme et de la Mer

⁴³ **Document PDF : Maîtrise de l'énergie dans les bâtiments, Définitions. Usages. Consommations.** Techniques de l'Ingénieur, traité Génie énergétique Robert ANGIOLETTI et Hubert DESPRETZ.

⁴⁴ **Document PDF :** La Maitrise de l'Energie dans les Etablissements de Santé,(Organisation Internationale de la Francophonie).

⁴⁵ Rapport : quelles solutions pour des établissements de santé à consommation d'énergie annuelle inférieure à 100 KWh/m² ? Ecole des mines de Paris, ALTO Ingénierie, ARMINE CEP.

⁴⁶ **Livre :** Guide des calculs des déperditions et charges thermiques d'hiver, détermination des puissances de chauffage à installer dans les locaux. Collection des guides de l'AICVF, 1990.

⁴⁷ **Cour :** Systèmes Solaires et Thermiques, Master A.E.R.H. 2014/2015, université de Blida.

⁴⁸ **Document PDF :** La Maitrise de l'Energie dans les Etablissements de Santé,(Organisation Internationale de la Francophonie).

⁴⁹ **Document PDF :** Le béton Architectonique : Possibilités et utilisations du béton architectonique, Guide pour Architectes et Prescripteurs, www.lannooprint.be
<http://www.febe.be/frontend/files/userfiles/files/Andere%20Publicaties/publication-techniques/Guide%20pour%20architectes%20et%20prescripteurs.pdf>

⁵⁰ **Document PDF :** Bâtiment et Energie, Chauffage. Université INSA Lyon.

⁵¹ **Livre :** Guide des calculs des déperditions et charges thermiques d'hiver, détermination des puissances de chauffage à installer dans les locaux. Collection des guides de l'AICVF, 1990.

⁵² **Livre :** Sciences, Technologies et Société, Guide pratique en 250 questions. Michel Wautelet et Damien Duvivier.

⁵³ **Article: Système solaire combiné Estimation des besoins énergétiques,** R. Kharchi, B. Benyoucef et M. Belhamel. *Revue des Energies Renouvelables ICRES-07 Tlemcen (2007) 109 – 114*

⁵⁴ **Document PDF :** Mémentos techniques du bâtiment : Confort Thermique Certu - Juillet 2002