



République Algérienne Démocratique et Populaire

4-720-582-EX-1

Ministre De L'enseignement Supérieur Et De Recherche Scientifique

Université Saad Dahleb – Blida

Institut D'architecture Et D'urbanisme

Mémoire de master

Option : Architecture et efficacité énergétique



L'IMPACT DE LA COMPACTITE DES BATIMENTS SUR LES DEPERDITIONS THERMIQUES

présenté par : Mlle. KRIM khouloud

Encadré par : Mr. Bounaira



République Algérienne Démocratique Et Populaire

Ministre De L'enseignement Supérieur Et De Recherche Scientifique

Université Saad Dahleb – Blida

Institut D'architecture Et D'urbanisme

Mémoire de master

Option : Architecture et efficacité énergétique

L'IMPACT DE LA COMPACTÉ DES BÂTIMENTS SUR LES DÉPERDITIONS THERMIQUES

présenté par : Mlle. KRIM khouloud

Encadré par : Mr. Bounaira

2015/2016

REMERCIEMENT

*avec l'aide de dieu tout puissant , j'ai pu accomplir ce
modeste travail*

*En préambule de ce mémoire, je souhaite adressé ici tous
mes remerciements aux personnes qui m'ont apporté leur
aide et qui ont ainsi contribué a l'élaboration de ce mémoire.*

*D'abord , je voudrais remercier mon rapporteur M'
Bounaira Mahmoud , pour son implication dans mes
recherches , son aide lors de l'élaboration de ma
problématique et son suivi durant la finalisation de ce projet
son soutien , ses compétences dans ce domaine m'ont permis
de mener a bien ce mémoire.*

*Je témoigne une profonde gratitude , une infinie
reconnaissance et un vif remerciement a D' Semmar qui
nous a permis de connaitre la spécialité de l'effcience
énergétique .*

*Je souhaité aussi remercier l'institut d'architecture et
d'urbanisme de Blida , Et tous ses employés , pour leur
empressement à me faciliter les conditions de
l'accomplissement de ce travail.*

Dédicace

*Avec une profonde gratitude et les sincères mots ,
que je dédié ce modeste travail de fin d'étude a mes
chère parents ; qui ont sacrifié leur vie pour ma
réussite et pour m'avoir éclairé le chemin avec leurs
conseils judicieux .*

*j'espère qu'un jours je peu leur rendre un peu de ce
qu'ils ont fait pour moi et mes frères , que dieux
leur prêté bonheur et longue vie .*

*Je dédié se travail aussi a ma chère sœur et mes
frères, ma famille et mes amies*

*Tout mes professeurs et tous ceux qui mes sont
chères .*

sommaire

Remerciement	ii
Dédicace	iii
Sommaire	vi
Table des graphiques	v
Liste des tableaux	iv

introduction générale

Actualité du thème	07
Choix du sujet	08
Objet de la recherche	09
But de la recherche	10
Méthodologie de recherche	10
Structure de mémoire	11

partie théorique

chapitre I : *construire un bâtiment compact*

Calculé de la compacité d'un volume	13
La relation de compacité avec les déperditions thermiques	15
✓ Méthode de calcul	15
✓ Base de comparaison	16
La réduction des déperditions thermiques	17
✓ Avec la mitoyenneté	18
✓ Avec les toitures	18
Conclusion	18

chapitre II :Analyse thématique de la forme de l'habitat vernaculaire

Analyse de l'habitat traditionnel dans les zones humides exemple des la vallée du saf saf a Skikda	20
✓ Groupement des maison	20

✓ La forme de la maison	21
Analyse de l'habitat traditionnel dans les zones semi arides exemple des maisons	22
Chaouia	
✓ Groupement des maisons	22
✓ La forme de la maison	23
Analyse de l'habitat traditionnel dans les zones arides exemple des maison	24
mozabites	
✓ Groupement des maisons	24
✓ La forme de la maison	24

Partie pratique :Elaboration de projet

La composition urbaine	26
✓ Implantation et orientation	27
✓ Implantation	29
✓ orientation	29
✓ Espacement et groupement des bâtiments	30
✓ Structure fonctionnelle du projet	33
✓ plan de masse	31
Genèse de la forme	32
✓ Forme de bâtiment	32
✓ Programme spatial et distribution des espaces	32
✓ Programme structurel et matériaux de construction	33
✓ Approche énergétique	40

Table des graphiques

<i>Graphique 1</i> Consommation Finale par Secteur d'Activité en 2005	05
<i>Graphique 2</i> la variation de la compacité et la forme	13
<i>Graphique 3</i> la variation de la compacité et la taille	13
<i>Graphique 4</i> la variation de la compacité et la forme la mitoyenneté	13
<i>Graphique 5</i> L'influence de forme du bâtiment sur les déperdition thermique	16
<i>Graphique 6</i> la variation de la compacité et le coefficient de transfert thermique avec les déperditions	16

Liste des tableaux

<i>Tableau 1</i> la variation de la compacité et le coefficient de transfert thermique avec les déperditions	16
<i>Tableau 2</i> L'influence de la mitoyenneté et les toitures sur les déperdition thermique	27
<i>Tableau3</i> Tableau récapitulatif des données climatiques par zone 1974-1984	27
<i>Tableau4</i> Tableau récapitulatif des données climatiques par zone 1974-1984	28
<i>Tableau5</i> surfaces des pièces selon la réglementation	32
Tableau 6 Tableau des propriétés des parois	33
Tableau 7 Tableau surfaces des pièces selon la réglementation	35
Tableau 8 Tableau surfaces des pièces de projet	35
Tableau 8 Tableau surfaces des pièces de projet	35

bibliographie

Ouvrage :

Jean - louis Izard , << archibio >> parenthèses édition 1976

Denis Jacob , <<Hygrothermique du bâtiment II>>,Paris 1979

N.Ould Henia . 1993. Recommendations architecturales .ENAG edition

web graphie :

<http://www.asder.asso.fr>

<http://www.passiveAct.com>

<http://www.ceder.provece.fr>

<https://jardinage.ooreka.fr/tips/voir/326862/les-arbres-persistants>

<https://jardinage.ooreka.fr/tips/voir/335647/les-arbres-a-feuilles-caduques>

thèses et mémoires :

étude et évaluation du confort thermique des bâtiments a caractère .Tizi Ouzou public option architecture et développement durable .septembre 2012

Contribution méthodologique a la conception des ,logements a haute performance énergétique (hpe) en Algerie : développement d'une approche de conception dans les zones arides et semi-arides . Ecole polytechniques d'architecture et d'urbanisme juin 2013.

Birol. T, Solar envelope and form generation in architecture, Master of architecture

thesis, The Middle East Technical University, September 2003.

documents cartographiques :

ONM: Office National Météo

document en version PDF :

Bâtiments à énergie positive.

CONSTRUIRE UN BATIMENT COMPACT :Limiter la consommation d'énergie pour le chauffage et économiser les matériaux par la forme du bâtiment.

Board of International Research in Design BIRD, Design research now: Essays and Selected Projects, Ralf Michel (ed.) Birkhäuser Verlag AG, Berlin, Germany 2007.

INTRODUCTION GENERALE

- ❖ **Actualité du thème**
- ❖ **Choix de sujet**
- ❖ **L'objet de sujet**
- ❖ **Le but de sujet**
- ❖ **Méthodologie de la recherche**
- ❖ **Structure de mémoire**

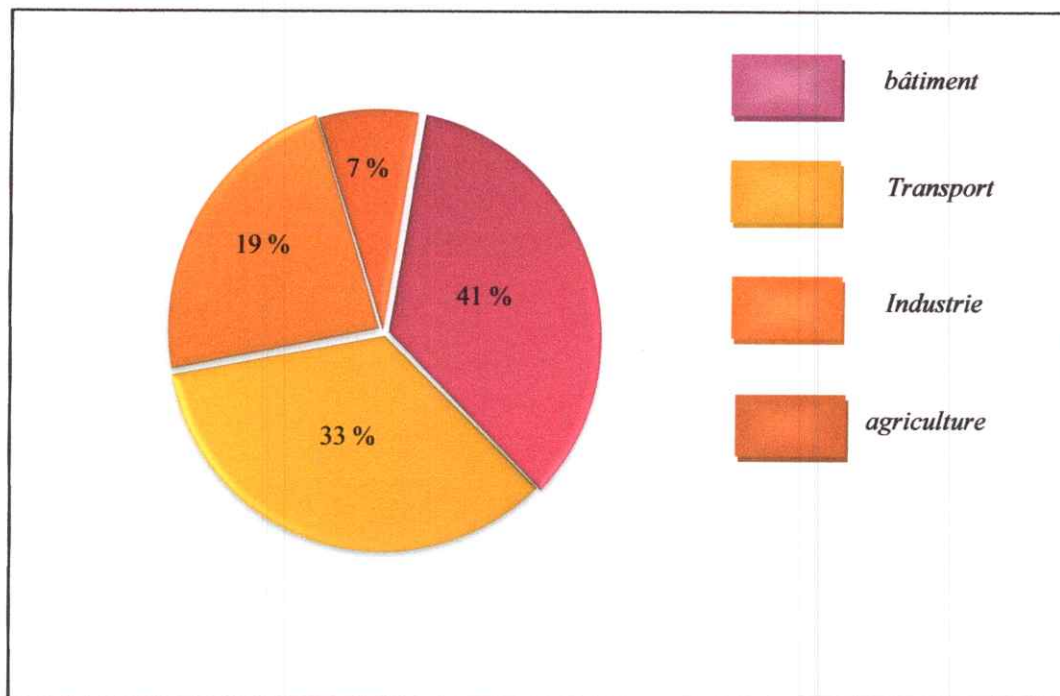
I- L'actualité du thème :

Le monde cherche à réduire l'utilisation des combustibles fossiles et les émissions de gaz à effet de serre, en les exploitant rationnellement et en les remplaçant progressivement par l'énergie propre ; Tout cela tombe sur le thème de l'efficacité énergétique et qui comprend de nombreux domaines, tels que :

- l'efficacité énergétique dans l'industrie
- L'efficacité énergétique dans le transport
- L'efficacité énergétique dans l'agriculture
- L'efficacité énergétique dans le bâtiment

Le secteur des bâtiments (résidentiel et tertiaire) représente aujourd'hui un peu plus du tiers de la consommation mondiale en énergie finale. Dans l'ensemble des pays en développement, la part de sa consommation dépasse 40%. Selon le scénario de référence de l'Agence Internationale de l'Énergie, la consommation d'énergie finale des bâtiments dans le monde pourrait atteindre environ 3 800 millions de tonnes équivalent pétrole en 2030, dont environ la moitié (1800 Mtep) proviendrait des pays en développement .

En Algérie le ministère de l'énergie estime que le secteur du bâtiment est le plus énergivore avec 34% de l'énergie finale juste après le secteur du transport .



graphique 1 Consommation Finale par Secteur d'Activité en 2005

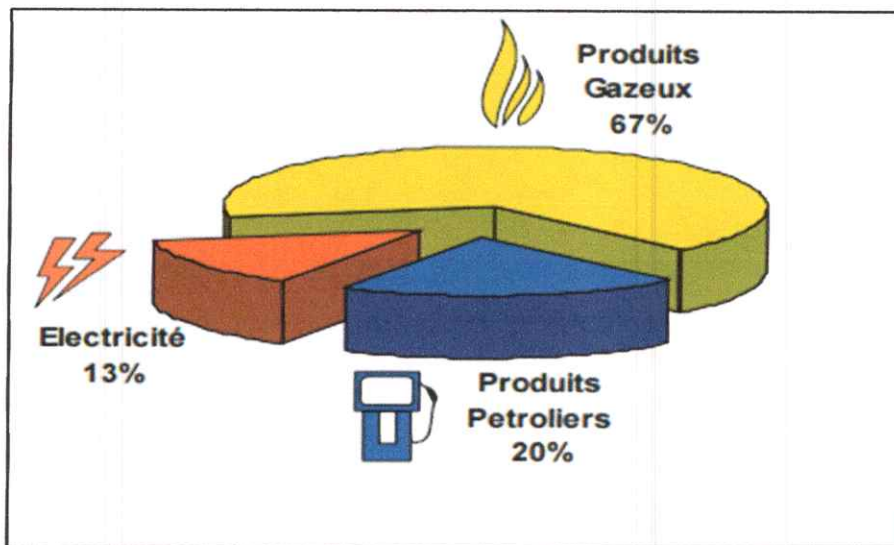


figure 2 Consommation du Secteur Résidentiel par type d'Énergie en 2005

L'amélioration de l'efficacité énergétique dans ce secteur constitue donc un axe de progrès prioritaire parmi les solutions de l'amélioration de la première, il est d'usage de distinguer les solutions dites passives qui consistent à réduire la consommation de l'énergie des équipements et des matériaux grâce à une meilleure performance intrinsèque, et les solutions dites actives visant à optimiser les flux ressources. La solution passive est la plus simple et la plus efficace dans notre pays en raison de la facilité avec laquelle ils sont traités ; dans cette méthode de nombreux paramètres peuvent être pris en compte lors de la construction d'un bâtiment, par exemple :

- son orientation sa forme et sa capacité à profiter de l'énergie lumineuse, à capter et à se protéger de l'énergie solaire
- une isolation thermique renforcée
- une meilleure étanchéité générale du bâti à l'air
- des systèmes de ventilation plus performants

II- le choix de sujet

Nous avons mentionné que parmi les solutions adoptées pour améliorer l'efficacité énergétique d'un bâtiment, la solution doit comprendre l'élément le plus important : l'architecture bioclimatique qui contient de nombreux éléments parmi eux : la forme du bâtiment.

Les déperditions thermiques au travers de l'enveloppe constituent la première source de refroidissement des édifices. L'utilisation des matériaux isolants ainsi que la limitation de la surface de l'enveloppe permet de limiter significativement ces pertes de chaleur.

D'un point de vue énergétique, il faut favoriser les bâtiments les plus compacts possibles .

la compacité elle est définie par un coefficient de compacité noté C_f , qui correspond au rapport entre la surface extérieure totale et le volume habitable ($C_f=S/V$). Plus le coefficient est faible, plus le bâtiment est compact. Une bonne compacité intervient à partir d'un coefficient de compacité de 0,7.

La mitoyenneté améliore aussi la compacité et permet de limiter fortement la demande.

Dans ce mémoire on va essayé de Nous avons essayé de résoudre ces problèmes et assurer leur validité .

III- le but de recherche

A travers ce mémoire qui aborde l'impact de la forme de bâtiment sur les déperdition thermique et afin de rendre cette étude rentable on a fixés les objectifs suivants :

- Réussir à asseoir la notion de méthode de calcul de coefficient de la forme et leur influence sur les déperdition thermique .
- Trouver des solutions pour réduire les déperdition thermique .
- L'application des recommandations faites dans un projet de logement destinés à la location - vente .

le sujet étant vaste, ce travail n'a pas la prétention d'aborder le sujet dans toutes ses dimensions, il a pour objet essentiel et plus limité, de définir des axes de recherches aux perspectives de développement que nous espérons fonctionnelles.

IV- L'objet de recherche

À l'échelle du bâti, la compacité représente le rapport entre le volume d'un ensemble urbain avec sa surface d'enveloppe en contact avec l'extérieur Il s'agit donc d'un rapport entre un volume chauffé ou climatisé et la surface dissipant l'énergie consommée.

Pour l'essentiel, les bâtiments monolithiques sont parmi les plus compacts et les plus performants. Au contraire, les trois configurations les plus énergivores sont non-monolithiques, la moins performante étant la configuration composée de seize unités dissociées (ou seize maisons individuelles), qui présente la plus faible compacité. La Figure 2 illustre de manière explicite ce lien de causalité : à qualités d'isolation et technique de chauffage identiques, il apparaît clairement que la consommation de chauffage est limitée par la compacité .

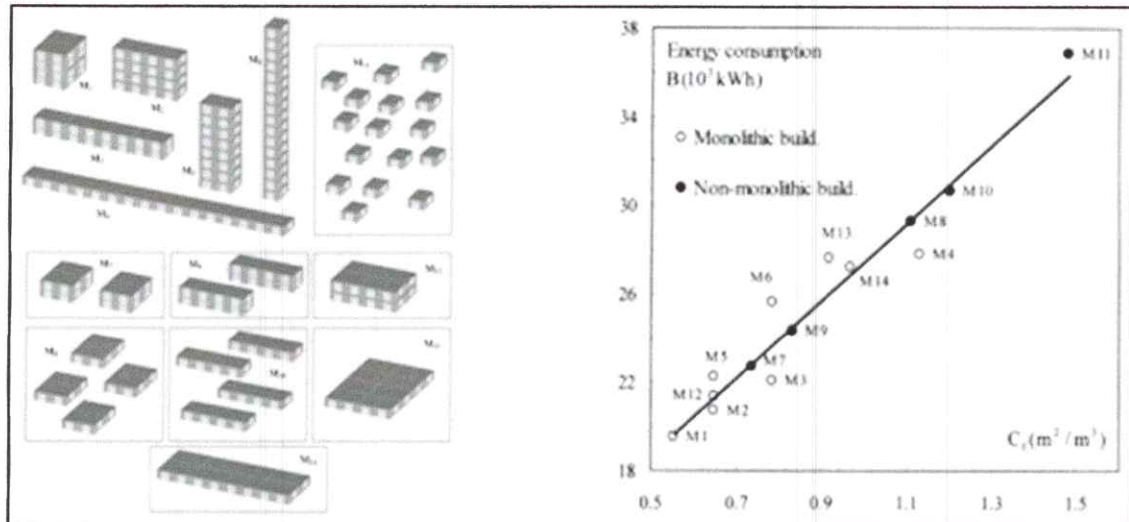


figure 2. la compacité et les déperdition thermique

V- Méthodologie de la recherche

Ce travail de recherche sera scindé en deux parties majeures :

La partie théorique :

Elle consiste en une recherche bibliographique et documentaire, scindée en trois chapitres, ayant pour objectif de cerner et de comprendre tous les éléments théoriques de base, en rapport avec le sujet de recherche qui est : **l'effet de la forme du bâtiment sur la consommation de l'énergie**

La partie pratique :

consistera à prendre une des zone climatique pour appliqué les recommandation faites dans un projet de 30 logement sociaux d'une forme bien adapté au climat

VI- Structure du mémoire

Ce mémoire regroupe trois chapitres distincts et complémentaires structurés autour de sujet de recherche , que nous pouvons les résumer comme suit :

La partie théorique :

Elle consiste en la compréhension des différents concepts et notions clés lies a notre recherche , elle découle d'une recherche bibliographique sur la forme de bâtiment et le climat elle est repartie en deux chapitres .

- **le premier chapitre** : vise à calculer les déperditions thermiques de déférents volumes et faire une base de comparaison entre ces volumes pour sortir l'enveloppe la moins déprédative et leurs adaptations avec le climat .
- **le deuxième chapitre** :Aborde l'analyse thématique des exemples d'habitats vernaculaires et leur adaptations avec le climat .

CONSTRUIRE UN BATIMENT COMPACTE

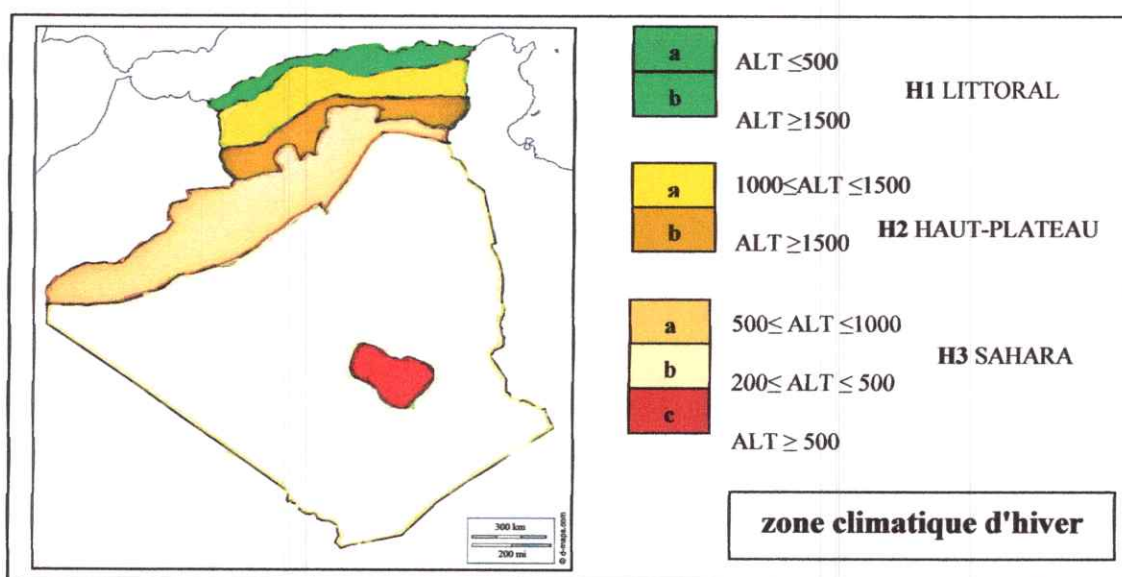
- ❖ **La composition urbaine**
- ❖ **Implantation et orientation**
 - ✓ **Implantation**
 - ✓ **orientation**
 - ✓ **Espacement et groupement des bâtiments**
 - ✓ **Structure fonctionnelle de projet**
 - ✓ **plan de masse**
- ❖ **Genèse de la forme**
 - ✓ **Forme de bâtiments**
 - ✓ **Programme spatial et distribution des espaces**
- ❖ **structure et matériaux de construction**

Elaboration de projet

I. La composition urbaine :

1. Implantation et orientation de projet :

Généralement l'implantation d'un projet de logement destinés à la location - vente doit être conforme aux prescriptions de plan directeur d'aménagement et d'urbanisme et les plans d'occupation des sol en vigueur , mais dans le cas de notre projet de fin d'étude on a choisie de travaillé dans un terrain quelconque et on a choisi la zone climatique a1 pour appliqué les recommandations qui on a sortir avec , donc le projet doit être adapté avec les condition climatique de cette zone :

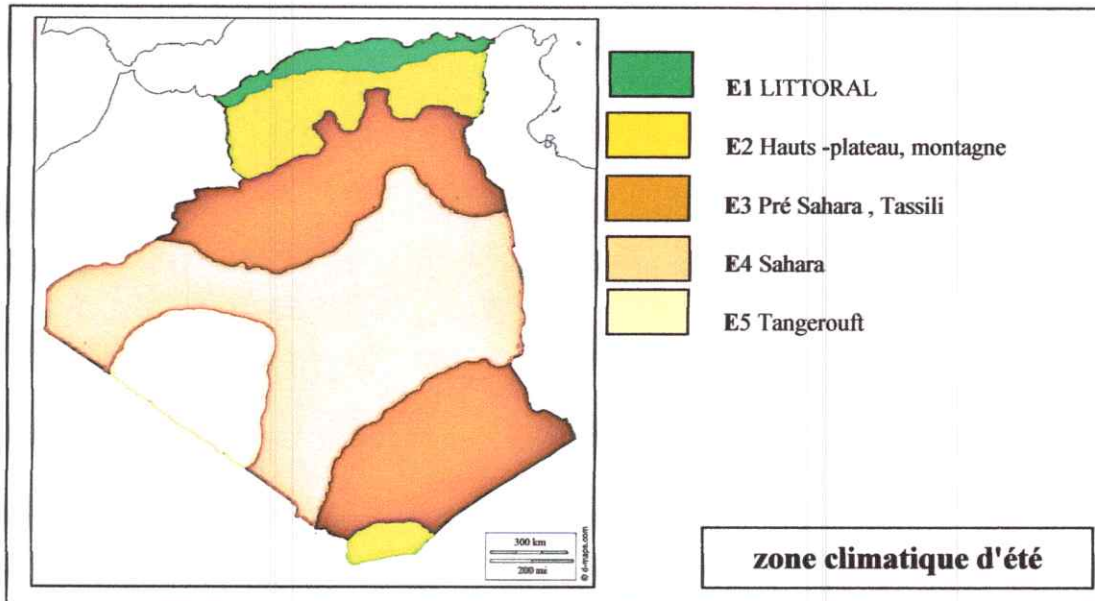


Zone		Janvier le mois le plus froid							hiver					
		Température (c°)			Humidité relative (%)			Degrés jours froids base 16°		Irradiation ASA globale(Wh/m ²) ⁽⁴⁾				vent
		Verticale												
		Moy	Min	Max	Moy	Min	Max	jan	an	sud	SEouS O	EouO	horiz	vites
H ₁	H _{1a}	10.5	5.5	16.5	77.1	51.2	93.5	151	649	3602	2798	1545	2196	S/O
	H _{1b}		5.4	14.4				189	742					
H ₂	H _{2a}	4.9	1.7	10.4	75.5	47.0	96.6	308	1447	4966	3844	2114	2976	N
	H _{2b}	4.6	-0.8	9.3	73.5	49.1	92.0	364	1800	4444	3472	1976	2800	N-O
H ₃	H _{3a}	9.8	3.6	16.6	45.8	26.3	66.5	183	589	5878	4589	2604	3716	N
	H _{3b}	12.1	3.5	21.2	48.0	25.0	72.9	137	391	4640	5131	3138	4340	N-E
	H _{3c}	12.6	5.3	20.5	27.3	13.9	45.5	116	334	6342	5207	3461	4960	N-E

Tableau 3 Tableau récapitulatif des donnes climatiques par zone 1974-1984

(2) Journal Officiel de la République Algérienne N°06 .27 janvier 2013 P33

Elaboration de projet



donnée climatique zone	Juillet : MOIS LE PLUS CHAUD									ETE			
	Température (c°)			Humidité relative (%)			Degré jours ASA globale Base 25°		Irradiation ASA globale(Wh/m ²) ⁽⁴⁾			Vent dominant	
	Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Juil.	Année	Verticale			Horiz.	vitesse
									S	S/E	E		
								SO	O				
E1	24.2	18.4	30.6	68.7	40.8	91.2	39	95	2312	3361	3857	6936	N/E 3.4m/s
E2	24.9	14.7	34.5	54.4	27.0	83.8	70	171	2584	7373	4408	7494	N 2.6 m/s
E3	32.5	24.5	40.4		16.9	55.8	95	394	2634	3723	4296	6924	E 4.3 m/s
E4	34.4	24.3	42.0	24.1	10.8	42.5	171	621	2072	3523	4439	7524	N/O 4.3 m/s
E5	36.5	26.8	44.9	12.7	9.1	20.5	210	880	2374	3935	4940	8108	E 5.8 m/s

Tableau 4 Tableau récapitulatif des données climatiques par zone 1974-1984 ⁽²⁾

les caractéristiques de la zone climatique littorale et arrière littorale :

température : ⁽⁵⁾

- hiver : des hiver doux avec des amplitudes faible
- Eté : des été chauds et humides . l'écart de température diurne est faible .

vent dominant :

- hiver : des hiver doux avec des amplitudes faible
- Eté : des été chauds et humides . l'écart de température diurne est faible .

⁽²⁾ ONM: Office National Météo .

⁽³⁾ ASA : Atlas Solaire Algérie .

⁽⁵⁾ N.Ould Henia .P 25.1993. Recommendations architecturales .ENAG edition

Elaboration de projet

a) implantation :

une bonne implantation sache que :

- L'air frais est lourd ;il déplace par vers les partie basse .
- Les versants à l'ombre ou sur le passage des vent dominat ou des tempêtes, seront plus exposé au froid.
- l'air humide a une capacité thermique supérieure , il absorbera plus de chaleur qu'un air sec .
- une vitesse de vent fait baisser la température .

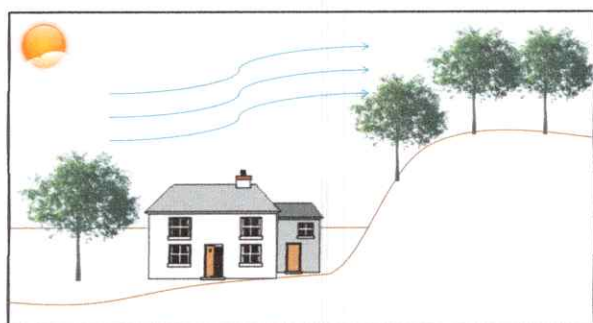


fig. 23 implantation défavorable



fig. 24 implantation favorable

Dans la première cas l'implantation elle est défavorable a cause de :

- Lorsque l'air frais de déplace vers les partie basse il ne touche plus la maison
- l'implantation de la maison proche de la versant elle devienne sensible au froid .

b) L'orientation :

Toute construction ne tenant pas compte de la position du soleil consomme de grandes quantités d'énergie pour son chauffage en hiver et sa réfrigération en été.

Au moment de la conception d'un bâtiment , il est alors utile de facilité la pénétration du rayonnement solaire a l'intérieur des pièce a chauffer en hiver à l'inverse de l'été ou ce rayonnement est éviter .

- l'orientation sud , ou proche de sud doit être recherchée pour les façade principale de tout habitat . en hiver c'est la façade la plus ensoleillée et en ete , la moins ensoleillé et la mieux protégée par des protection solaire .
- l'orientation est ou ouest , ou proche de l'est ou l'ouest , est déconseillée pour la ou les façades principale de l'habitat .
- l'orientation nord à évité dans les zone très froide mais dans les zone littorale il est acceptable puisque on Algerie on a une longue saison d'été .

Elaboration de projet

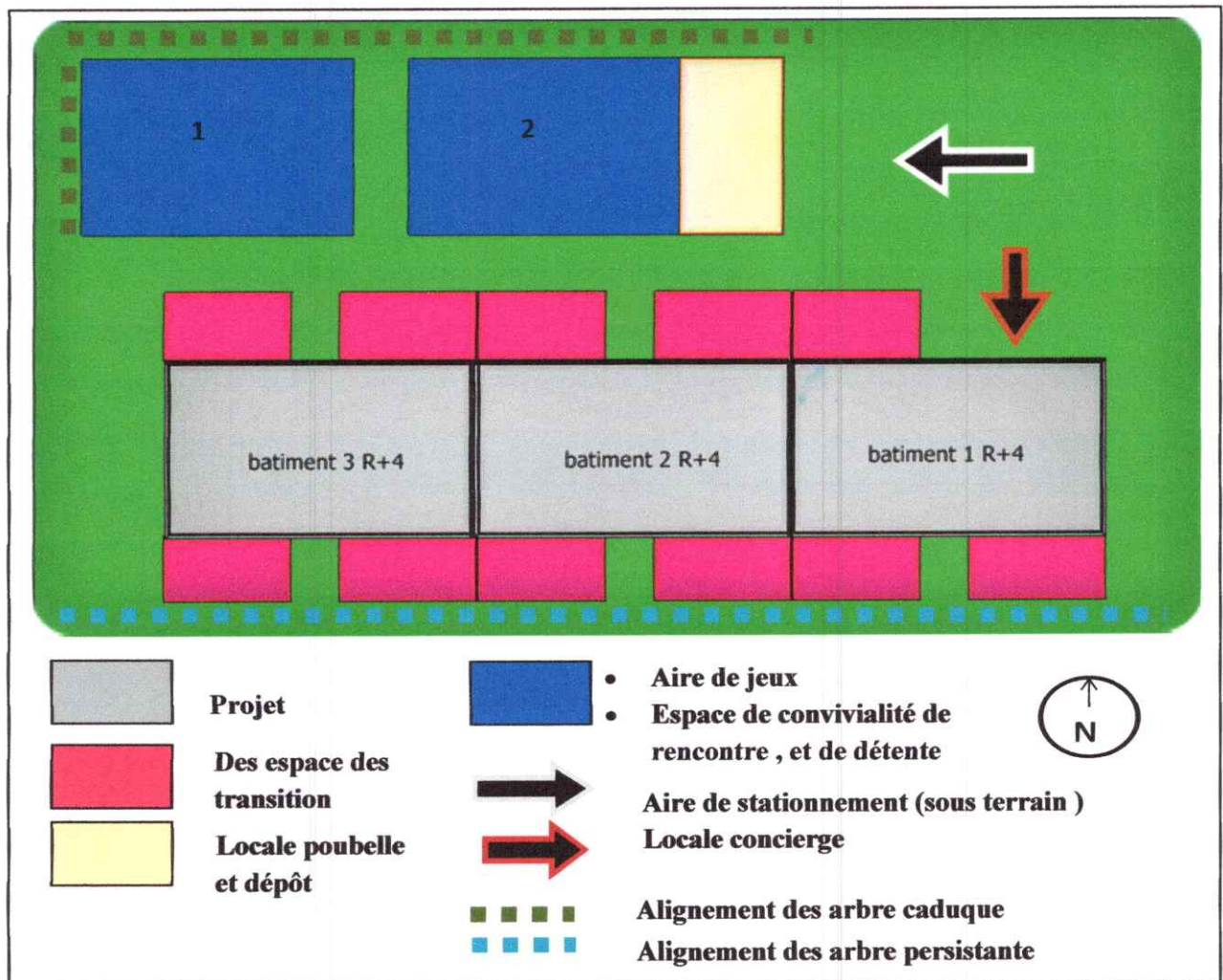
2. Espacement et groupement des bâtiments:

- Favorise l'espacement au nord et au sud pour la circulation de vent mais avec protection naturelle contre les vent froids et chauds.
- Recherche des mitoyenneté par les murs est et ouest pour minimisé les surface de déperditions thermique et l'ensoleillement .

3. Structure fonctionnelle de projet :

Les fonction principale d'un projet de logement destiné a la location vente son :

- les aire de jeux et de détente pour les trois âges (aire de jeux , espace de convivialité de rencontre , et de détente
- prévoir des surface de stationnement en nombre suffisant , a raison d'un véhicule par logement au minimum.
- prévoir pour des considération sanitaire et d'hygiène en des locaux vide-ordure , des abris pour les dépôts d'ordures ménagers de façon à éliminer toute agression visuelle nauséabonde .
- prévoir des espace de transition qui assurent la le passage graduel de l'utilisation publique à l'utilisation privée .



4. plan de masse :

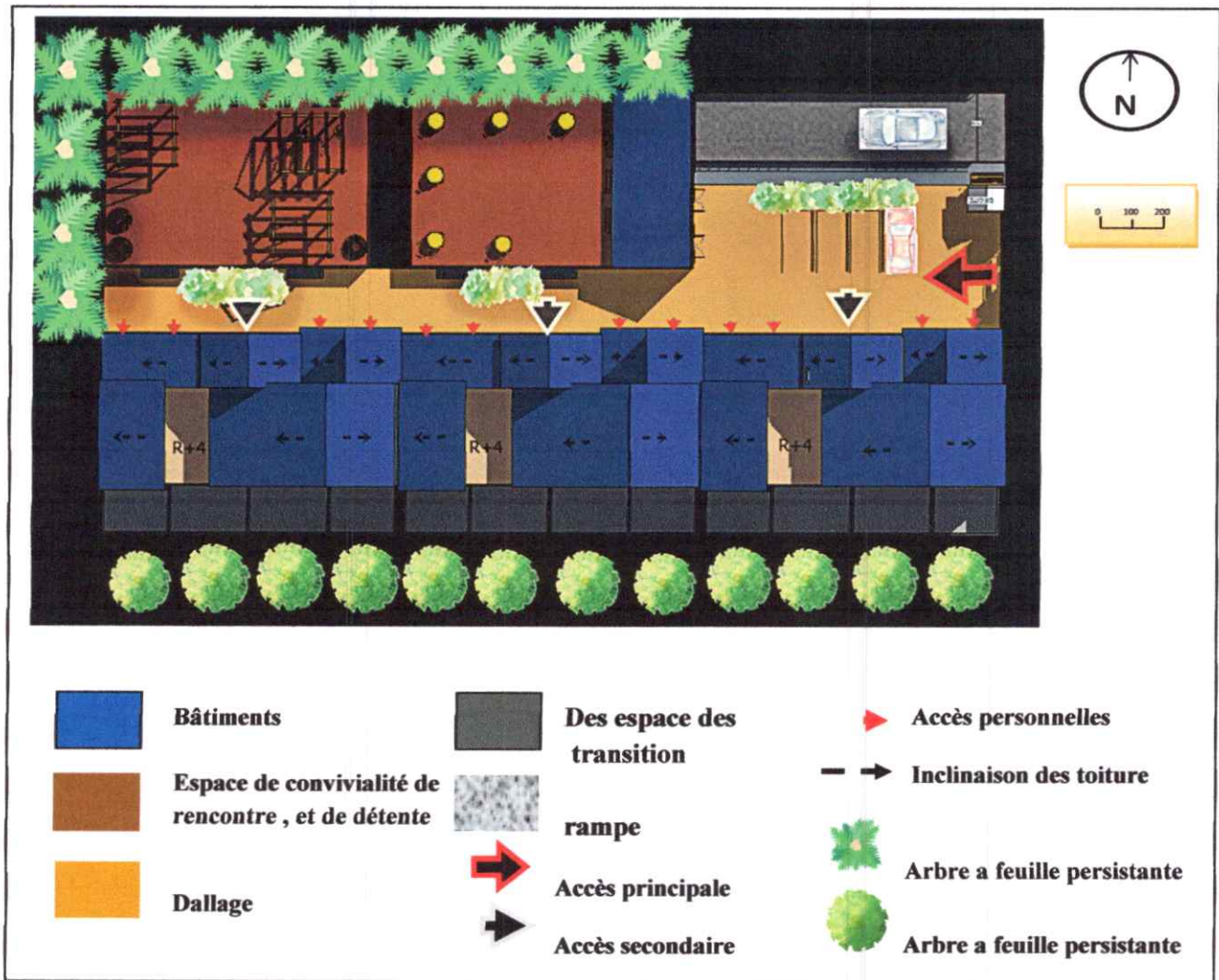


fig5 plan de masse

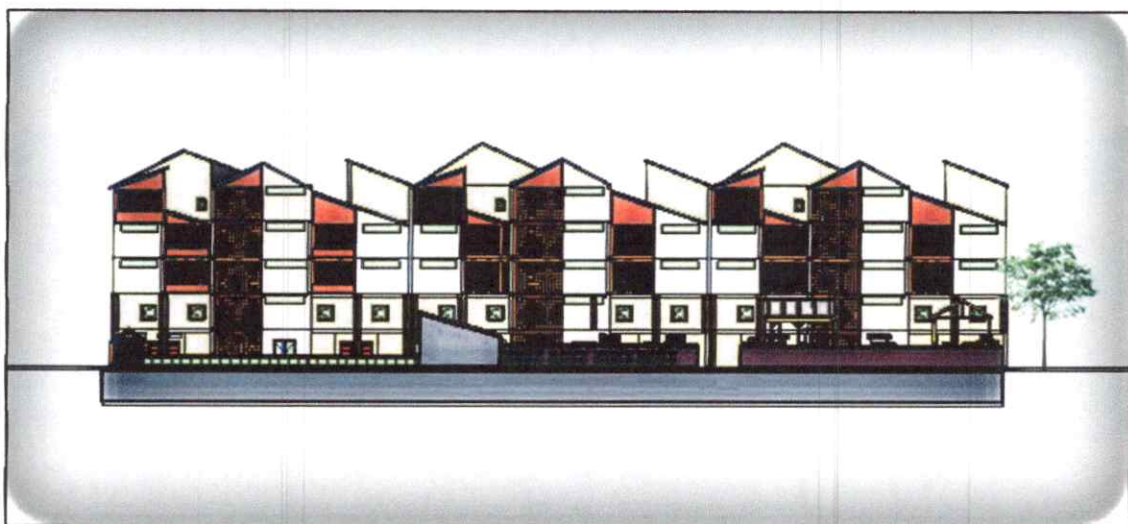


fig26 vue d'ensemble

II. Genèse de la forme :

I. Forme de bâtiments :

d'après les résultat de la recherche de la première partie on a choisie les deux forme des bâtiments qui son les moins déprédatives est on essayé de les adapter avec le climat de la zone littorale

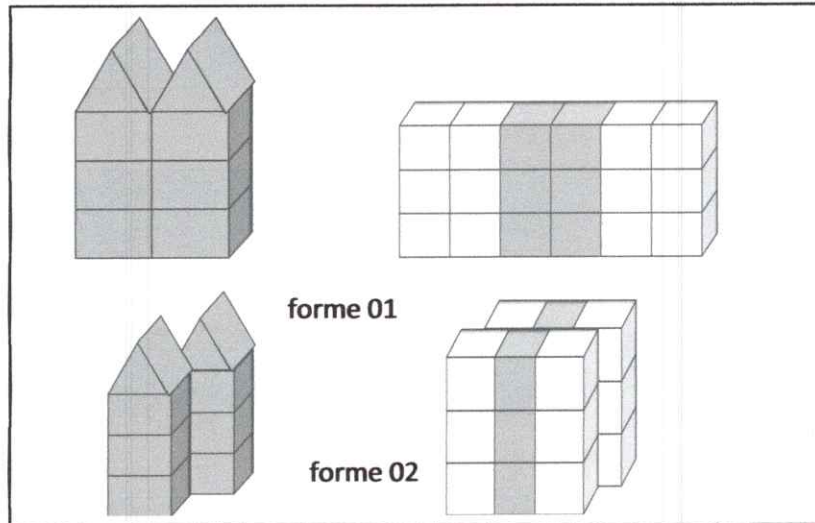


fig. 28. forme de bâtiment

- selon les donné climatique de cette zone, ce qui confirme la forte humidité dans la dernière, cela on fait choisir la première forme qui est adapter avec le climat de la zone d'étude
- les besoin des habitons implique aussi sur la fore de bâtiment dans ce cas la on ajoute une cage d'escalier , des loggia superposé et des terrasse pour les habitons de dernier étage .
- la réglementation algérienne Prévoit que le bâtiment doit contenir quatre logements par palier .

la forme finale :

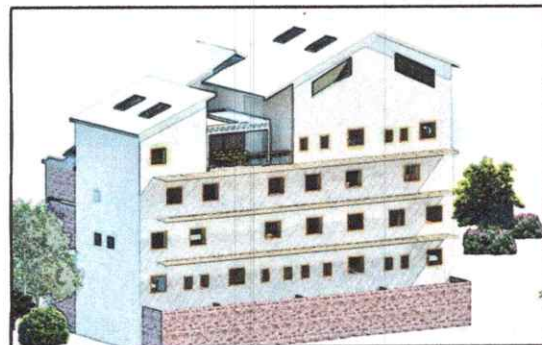


fig. 29.30. la forme finale

II. programme spatial et distributions des espaces :

a. programme spatial :

Surfaces des pièces selon la réglementation

Pièce	Surface
Séjour	19m ² à 21m ²
Cuisine	10m ²
Chambre 1 Chambre 2 Chambre 3	11 à 13 m ²
SDB	3.5m ²
WC	1 m ²
Loggia	1.40m au minimum
Dégagement	12% de la surface habitable du logement
Rangement	1 à 2m ²

Tableau 7 : surfaces des pièces selon la réglementation

Surfaces des pièces

Pièces	Surface
Chambre	<ul style="list-style-type: none"> • 16m² • 11m² • 8.50m²
SDB	<ul style="list-style-type: none"> • 2m² • 2.5m²
WC	1 m ²
Dégagement	15% de la surface habitable du logement
Terrasse	<ul style="list-style-type: none"> • 38 m²

Tableau 8 : surfaces des pièces selon la réglementation

Surfaces des pièces

Pièces	Surface
Séjour	<ul style="list-style-type: none"> • 14m² • 16m²
Cuisine	<ul style="list-style-type: none"> • 9m² • 8.50m²
Rangement	1 m ²
Dégagement	15% de la surface habitable du logement
Cours	<ul style="list-style-type: none"> • 11,10m² • 15,13m²

Tableau 9 : surfaces des pièces selon la réglementation

on a provoqué des changements dans les surfaces approuvé , et cela selon les besoins de l'individu :

- réduis les surfaces des chambres , car sa fonction première est que le sommeil et la détente
- augmenté les surface de dégagement pour facilité la circulation des habitons
- laisser d'autre espaces pour les rangements .

b. distributions des espaces :

L'orientation des pièces intérieur qui composent l'habitation dépend du type et de la durée d'utilisation de ces pièces .

Les espaces habitables de séjour seront orientés au sud

Les espaces habitables tels que les chambres sera orientés au sud ou a l'est

Les espaces de service non habitables seront disposés en zone tampon nord .

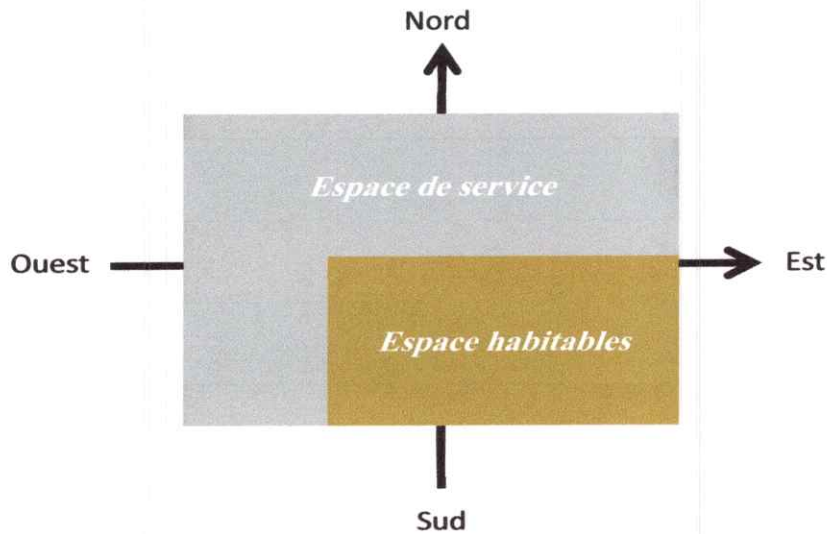


fig. 31. Distribution des espace

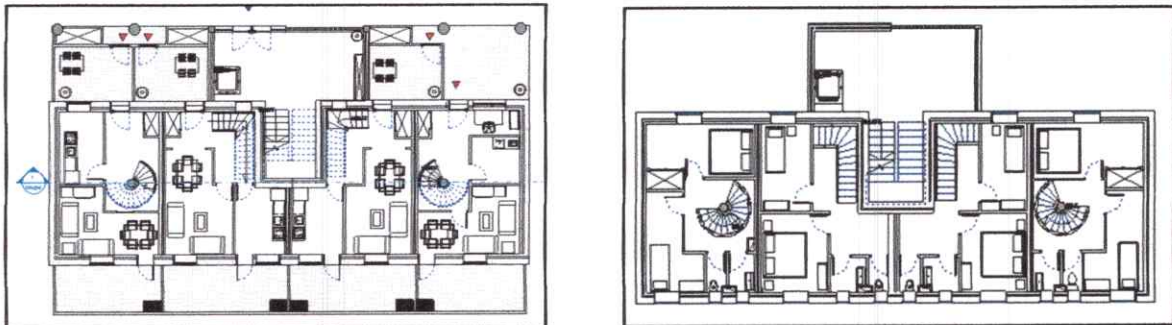


fig. 31. plan de RDC et 1^{er} étage

III. programme structurel et matériaux de construction :

a. programme structurel :

on a choisi de faire une structure en béton préfabriqué qui garantissent de sérieux avantages. Grâce aux colonnes, poutres, toitures, escaliers, murs porteurs et murs de soutènement en béton précontraint ou en béton armé il est possible de créer une structure prête à l'emploi en un minimum de temps.

L'utilisation d'éléments en béton préfabriqué pour l'armature et/ou la structure portante a certains avantages non négligeables. La finition et la qualité sont très contrôlées. En outre, la construction ne dépend pas des conditions météorologiques. Le risque d'accidents sur chantier est limité. Le béton ultra haute performance permet la fabrication d'éléments très fins .



fig. 3536.37. Des exemple de projet réalisé en béton préfabriqué

b. matériaux de construction :

- murs :

Les murs extérieurs sont construits avec des panneaux de béton de terre stabilisé avec une couche de (BTS) de dimensions $29 \times 14 \times 9$ cm. avec une couche de polystyrène expansé (EPS).

La Brique de Terre crue Stabilisée et Compressée est un matériau de construction qui utilise des matières premières disponibles localement : terre, sable, roches latéritiques, roches pouzzolaniques, graviers, argiles, etc. Totalement industrialisée avec le procédé BTS de GEOLUCE, cette technologie rend la terre compétitive et adaptée à la majorité des constructions ou des rénovations.

La technique consiste à comprimer de la terre crue mélangée avec un agent chimique stabilisateur (5 % de ciment). Afin de réduire les déperditions thermiques en hiver et les apports de chaleur en été .

on a utilisé ce matériau pour garantir une économie d'énergie ; c'est un matériau local et a cause de sa forte inertie thermique pour optimiser la ventilation naturelle.

Elaboration de projet

Caractéristiques :

Caractéristiques	
Données Techniques	Conductivité thermique (λ) : 1,1 W/m.C ⁰ Masse volumique (ρ) : 2 000 kg/m ³ Chaleur spécifique (C) : 1 500 J/kg. C ⁰ Capacité thermique volumique : 3 000 kJ/m ³ . C ⁰ Capacité thermique surfacique : 1 200 kJ/m ² . °C

Tableau 10 Tableau récapitulatif des caractéristiques techniques de béton de terre stabilisé .

Avantages et inconvénients :

Avantage	Inconvénient
<ul style="list-style-type: none"> • Produit adapté aux projets neufs et de rénovation. • Excellent bilan environnemental (peu de transformation) • Durabilité, recyclage infini • Matériau sain (pas de COV, comportement hygrométrique) • Peu sensible à l'eau (liant ciment) 	<ul style="list-style-type: none"> • Peu d'entreprises qualifiées pour sa mise en œuvre • Produit en cours de certifications.

Tableau 11 Tableau des avantages et inconvénients du béton de terre stabilisé .

• Planchers :

Les planchers sont construits avec des panneaux composés d'une des deux couches en béton entre ses derniers couches un isolant (polystyrène expansé) avec un mortier + du sable .

	Composition	Epaisseur	Conductivité Thermique (W/m.K)	U (W/m ² .K)
Murs Extérieurs	BTS	0.14	1.3	0.36
	EPS	0.09	0.046	
	BTS	0.29	1.3	
Plancher	Béton	0.05	1.75	0.54
	EPS	0.06	0.046	
	Béton	0.15	1.75	

Tableau 12 Tableau des propriétés des parois

- **ouverture :**

le verre trempé :

A contrario, il existe aussi le verre trempé qui porte ce nom car il a subi un traitement thermique ou chimique, chauffé à 700° puis refroidi rapidement pour apporter une plus grande résistance aux chocs (jusqu'à 5 fois supérieure au verre classique), une plus grande résistance aux chocs thermiques (supporte de chaleurs de 250°) et surtout il se brise en éclats très petits et peu coupants pour limiter les éventuelles blessures.

Les avantages de ce type de verre sont évidents : résistance à la pression du vent, résistance aux chocs thermiques, performances acoustiques très bonnes. Pour répondre à des exigences de sécurité optimale et d'isolation, c'est le verre trempé qui connaît un succès croissant auprès des particuliers.

le verre réfléchissant (vitrage sans tain) :

Lorsque l'on parle de vitrage sans tain, il faut préciser que l'on applique dans la plupart des cas un film miroir sans tain qui se colle à même la vitre comme pour un film pour un vitrage classique. Lorsque ce film est posé, il permet de voir à l'extérieur mais pas vers l'intérieur, les habitants sont alors protégés du regard extérieur. Toutefois, il faut savoir que ce type de vitrage est conseillé dans les situations où la pièce est moins éclairée qu'à l'extérieur sans quoi le vitrage retrouve toute sa transparence. Le film sans tain ne réfléchit que si l'extérieur est plus lumineux que l'intérieur.

Les avantages du vitrage sans tain sont assez notoires comme le fait de renforcer légèrement la résistance du vitrage, de rejeter une partie du rayonnement solaire et de contribuer ainsi à une plus grande isolation thermique, d'avoir un entretien des plus simples et enfin, en cas de casse ou de tentative d'intrusion, les éventuels éclats de verre restent collés au film, diminuant le risque de blessures.

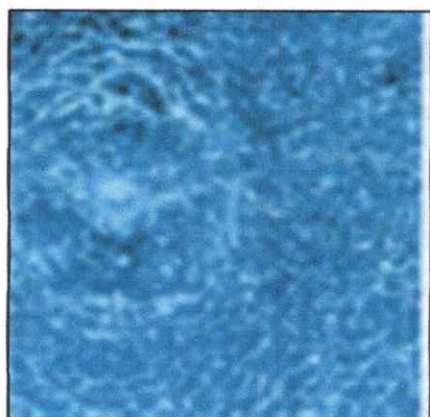


fig. 38. verre trempé

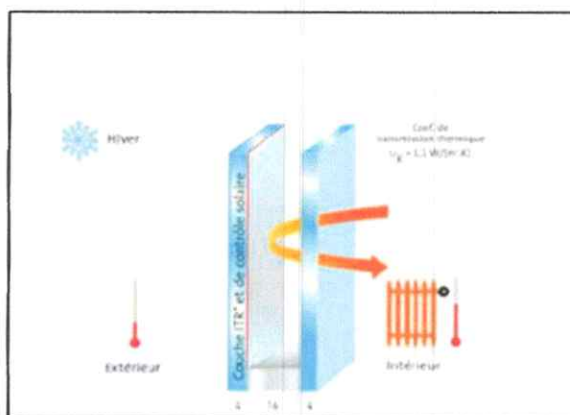


fig. 39. verre réfléchissant

IV. Approche énergétique

1. Conception par Simulation Dynamique

La simulation thermique dynamique est un outil essentiel pour optimiser un bâtiment et limiter ses besoins énergétiques (chauffage et rafraîchissement) tout en garantissant le confort des occupants en toute saison (hiver, été et demi saison). Avec l'accroissement des exigences de performance énergétique et environnementale sur les nouveaux bâtiments, la STD est de plus en plus intégrée au processus de conception des bâtiments, les outils disponibles sur le marché sont nombreux, les plus répandus sont : ArchiWizard, blast, climawin, designbuilder, energyplus, pléiades+ comfie, simbad.

2. Principes d'une simulation thermique dynamique :

La STD sera réalisée à l'aide d'un logiciel de simulation, elle consiste à évaluer le comportement du bâtiment et de ses équipements en fonction des variations horaires de ses modes d'occupation et de la météo du site. Le niveau de confort d'un bâtiment et ses consommations énergétiques sont influencés par de nombreux paramètres tels que :

Paramètre d'entrée : (modélisation du bâtiment et hypothèses d'usage)

- **Structure :** orientation, isolation, vitrages, protection solaires, masques,
- **Equipements :** systèmes de production d'énergie, ventilation...
- **Intérieurs :** occupation, usage, consigne, apports gratuits des équipements,
- **Extérieurs :** température, course du soleil, vents, données météo locales,

Paramètre de sortie : (résultats de l'étude)

- Evolution des températures une heure par heure pour chaque zone du bâtiment.
- Puissance de chauffage ou de froid nécessaire.
- Consommation annuelle des équipements.

3. Objectifs

- Minimiser les besoins énergétiques prévisionnels des bâtiments, sur la base de simulations thermiques dynamiques, tout en maintenant un bon confort des occupants.
- Valider le concept énergétique et orienter vers une architecture bioclimatique des bâtiments.
- Limiter ou annuler totalement les besoins en rafraîchissement des locaux.
- Recourir à l'utilisation d'énergies renouvelables, pour assurer une partie ou la totalité de ces besoins énergétiques.
- Expérimenter par simulation des procédés alternatifs aux technologies énergivores.

4. Avantages :

La STD permet de :

- observer le comportement du bâtiment, ses réactions dans le temps en fonction de son utilisation et de la météo
- Optimiser ses choix de constructions
- maîtriser confort et inconfort
- éviter de climatiser
- garantir des temps de retour sur investissement cohérents.
- Prise en compte de l'inertie thermique du bâtiment (capacité des murs à stocker et déstocker de l'énergie).

5. Méthodologie de la Simulation Thermique Dynamique

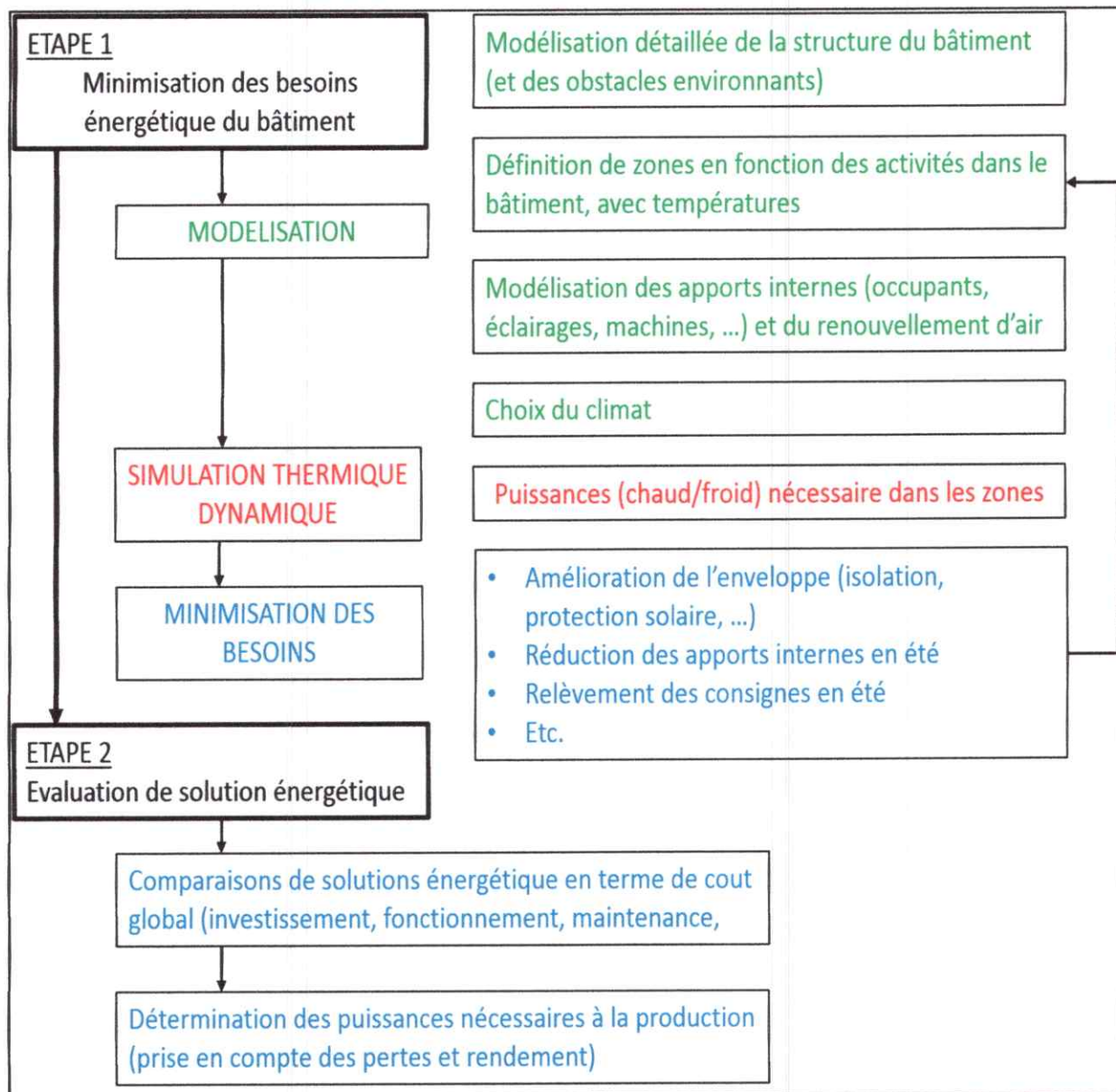


Fig . 83: Méthodologie de la simulation thermique dynamique.

La simulation thermique dynamique permet de :

- viser un objectif de performance énergétique : bâtiment passif ou bâtiment basse consommation
- Faire un choix entre plusieurs techniques constructives tout en garantissant un bon comportement thermique
- optimiser le confort d'été

6. Simulation thermique dynamique d'un bâtiment

Définition de la composition des parois, planchers et toitures






Composition par défaut des parois		
Paroi externe	Béton isolation extérieure	 Sélection
Paroi interne	Cloison brique	 Sélection
Plancher bas	BBC-Plancher bas béton isolé en	 Sélection
Plancher intermédiaire	BBC-Plancher intermédiaire béton	 Sélection
Toiture	BBC-Toit comble perdus	 Sélection

Tableau 8 Tableau des propriétés des parois

Définition de la menuiserie

Composition par défaut des portes et des fenêtres		
Fenêtres	BBC-Double-vitrage peu émissif	 Sélection
Appui	ITE - appui de fenetre béton Ψ 0.4	 Sélection
Portes	BBC-Porte isolante	 Sélection
Seuil de porte	Ψ	 Sélection
Linteau	ITE- tableau ou linteau béton Ψ 0.04	 Sélection

Tableau 9 Tableau des propriétés des menuiserie

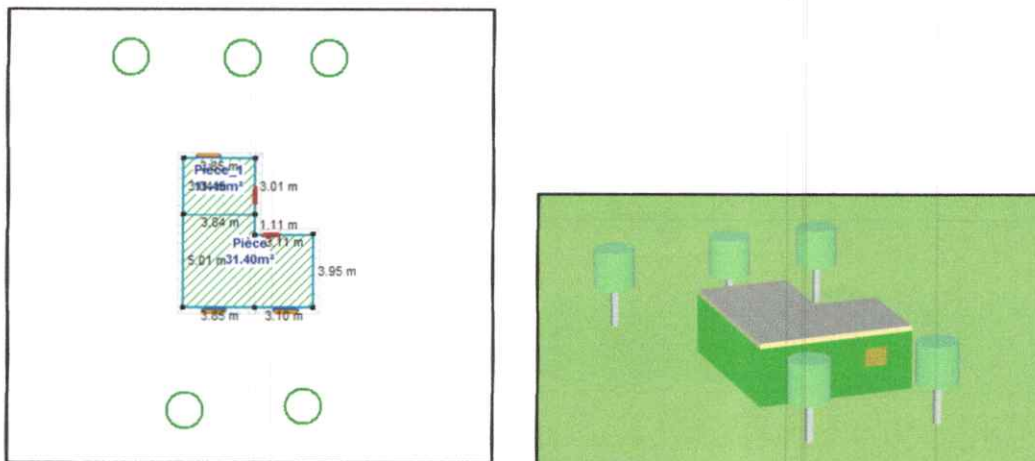


fig.40.41 Des exemple de projet réalisé en béton préfabriqué

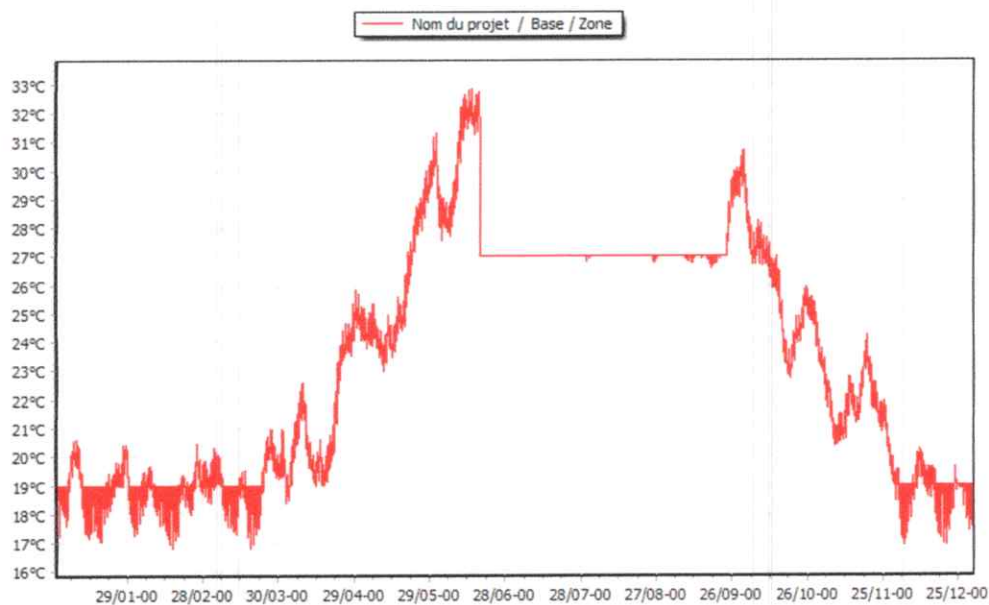
7. Résultat de simulation :

Zones	Besoins Ch.	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Besoins Clim.
Zone	669 kWh	16 kWh/m ²	1 338 kWh	31 kWh/m ²
Total	669 kWh	16 kWh/m ²	1 338 kWh	31 kWh/m ²

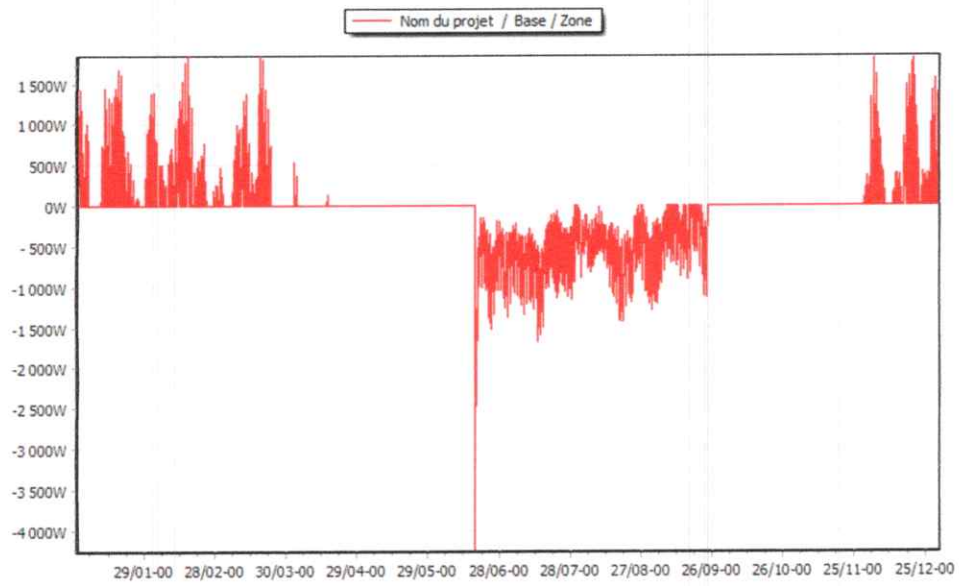
Tableau 13 Tableau des besoins de chauffage

T° Min	T° Moyenne	T° Max
16.82 °C	23.41 °C	32.83 °C
16.82 °C	23.41 °C	32.83 °C

Tableau 14 Tableau des température



graphique 5 la variation de température intérieur



graphique 6 a puissance de chauffage et climatisation

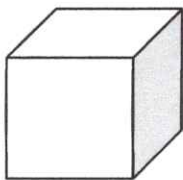
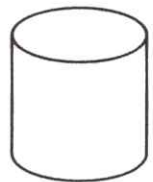
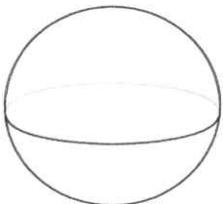

ANNEXE

calcul de compacité

La compacité et la forme :

1. cube : $S = 6 R^2 \text{ m}^2$ $V = R^3$	2. cylindre : $S = 6 R^2 \text{ m}^2$ $V = R^3$	3. sphère : $S = 6 R^2 \text{ m}^2$ $V = R^3$	4. hémisphère : $S = 6 R^2 \text{ m}^2$ $V = R^3$
--	--	--	--



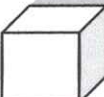
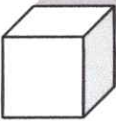
- R.: un des coté de cube
- R : le rayon et la hauteur de cylindre .
- R : le rayon de sphère.
- R : le rayon de hémisphère .

La composition	Surface	Volume	s/v
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 447 m² ➤ 518 m² ➤ 548 m² 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 700 m³ ➤ 800 m³ ➤ 900m³ 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 0.67 m²/m³ ➤ 0.64 m²/m³ ➤ 0.60m²/m³
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ m² ➤ 250 m² ➤ 179 m² 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 700 m³ ➤ 800 m³ ➤ 900m³ 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 0.32 m²/m³ ➤ 0.31 m²/m³ ➤ 0.19 m²/m³
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 383 m² ➤ 415 m² ➤ 473 m² 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 700 m³ ➤ 800 m³ ➤ 900m³ 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 548 m²/m³ ➤ 518 m²/m³ ➤ 475 m²/m³
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 358 m² ➤ 299 m² ➤ 358 m² 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 700 m³ ➤ 800 m³ ➤ 900m³ 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 548 m²/m³ ➤ 518 m²/m³ ➤ 475 m²/m³

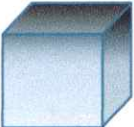


La compacité et la taille :

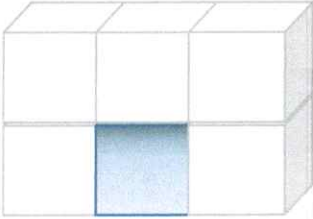
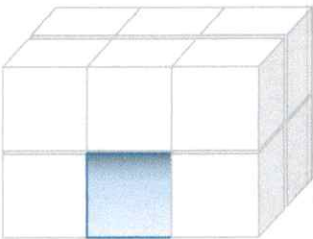
on a proposé un cube de 3*3*3 puis on a le multiplier fois deux et fois trois et fois quatre pour déterminé l'impacte de la taille de volume sur la compacité

- R.: 3 m
- R : 6 m
- R : 9 m
- R = 12 m

	<i>SURFACE</i>	<i>VOLUME</i>	<i>S/V</i>
	54 m²	27 m³	2 m²/m³
	216 m²	216 m³	1 m²/m³
	486 m²	729m³	0.7 m²/m³
	864 m²	1728 m³	0.5 m²/m³

La compacité et la mitoyenneté :

Composition	Surface	Volume	S/V
	54 m²	27 m³	2 m²/m³
	45 m²	27 m³	1.66 m²/m³
	36 m²	27 m³	1.3 m²/m³

	27 m^2	27 m^3	$1 \text{ m}^2/\text{m}^3$
	18 m^2	27 m^3	$0.66 \text{ m}^2/\text{m}^3$

Classification des arbres :

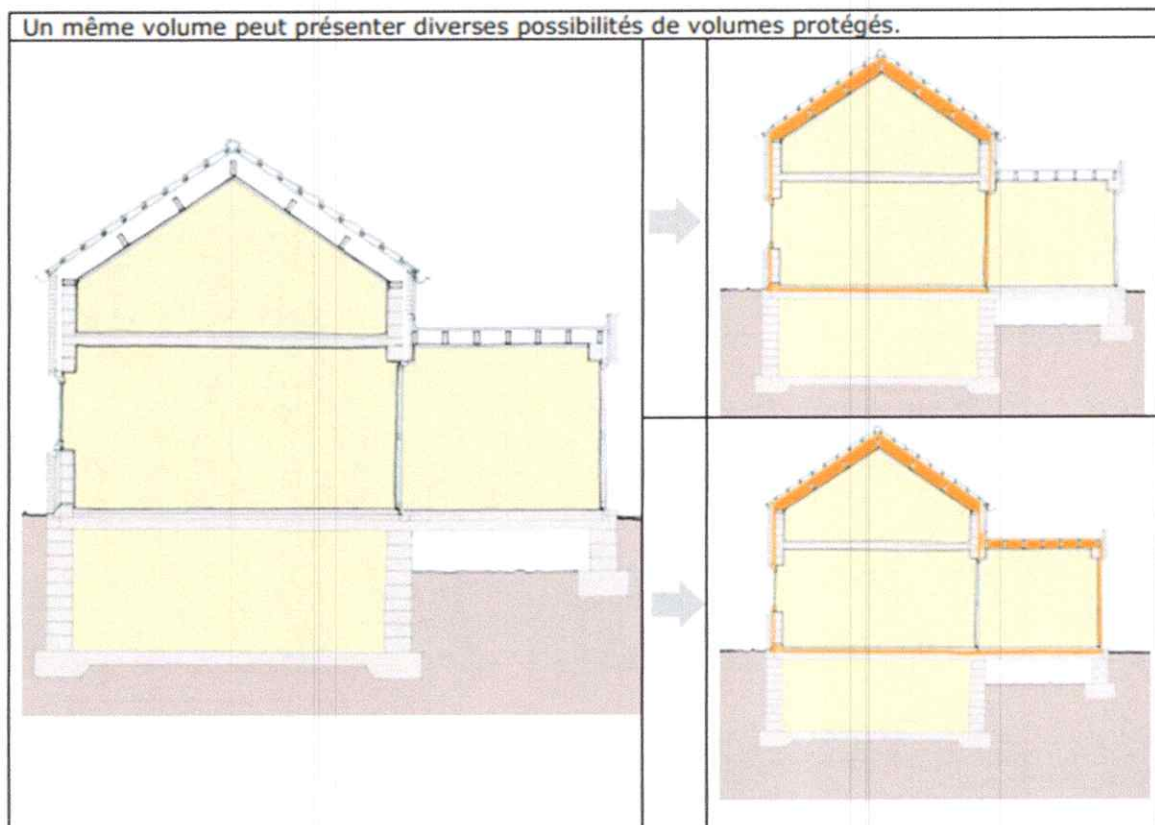
Arbres a feuilles caduques		Arbre a feuille persistantes	
Abricotier		Mimosa	
<ul style="list-style-type: none"> - Au port naturellement étalé, l'abricotier dépasse rarement les 6 m de hauteur. - Sa longévité est comprise entre 40 et 45 ans. 		<ul style="list-style-type: none"> - Sa longue floraison pendant l'hiver et son feuillage persistant décoratif toute l'année sont d'un grand intérêt pour tous les jardins des climats doux. 	
Amandier		Olivier	
<ul style="list-style-type: none"> - L'amandier est un arbre de 6 à 12 m de haut pour 6 à 8 m d'envergure qui vit entre 50 et 80 ans. 		<ul style="list-style-type: none"> - Il porte des feuilles persistantes allongées et vernissées sur le dessus, d'un joli vert foncé. 	
Mûrier		Oranger	
<ul style="list-style-type: none"> - Le mûrier est un arbre de taille moyenne, de croissance rapide (mûrier blanc) ou lente (mûrier noir). 		<ul style="list-style-type: none"> - Sa silhouette ronde atteint 8 m de hauteur 	
poirier		sapin	
<ul style="list-style-type: none"> - Le poirier est un des arbres fruitiers les plus appréciés que ce soit pour ses fruits savoureux ou sa floraison printanière blanche ou légèrement rosée. 		<ul style="list-style-type: none"> - Le sapin se caractérise par son feuillage persistant formé d'aiguilles, sa forme conique régulière et son tronc bien droit. Cet arbre peut atteindre jusqu'à 75 mètres de haut. 	
Platane		Epicéa	
<p>Taille maximale : 45 mètres de hauteur. Croissance : rapide.</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Cet arbre résineux mesure en moyenne entre 35 et 40 mètres de haut . 	

calcul des déperditions thermiques :

Le volume protégé:

C'est le volume de l'ensemble des locaux du bâtiment (y compris les dégagements) que l'on souhaite protéger des déperditions thermiques. Il comprend les locaux chauffés mais également ceux chauffés indirectement (sans présence de corps de chauffe prévus mais où un minimum de chaleur est souhaité grâce aux gains techniques des locaux attenants).

Ce volume est toujours calculé sur la base des dimensions extérieures. Il ne comprend donc pas seulement le volume d'air enfermé mais également celui de toutes les parois intérieures et extérieures.



Comment définir le volume protégé:

Pour définir la surface de déperdition (AT), il faut tenir compte de toutes les parois qui entourent le volume protégé :

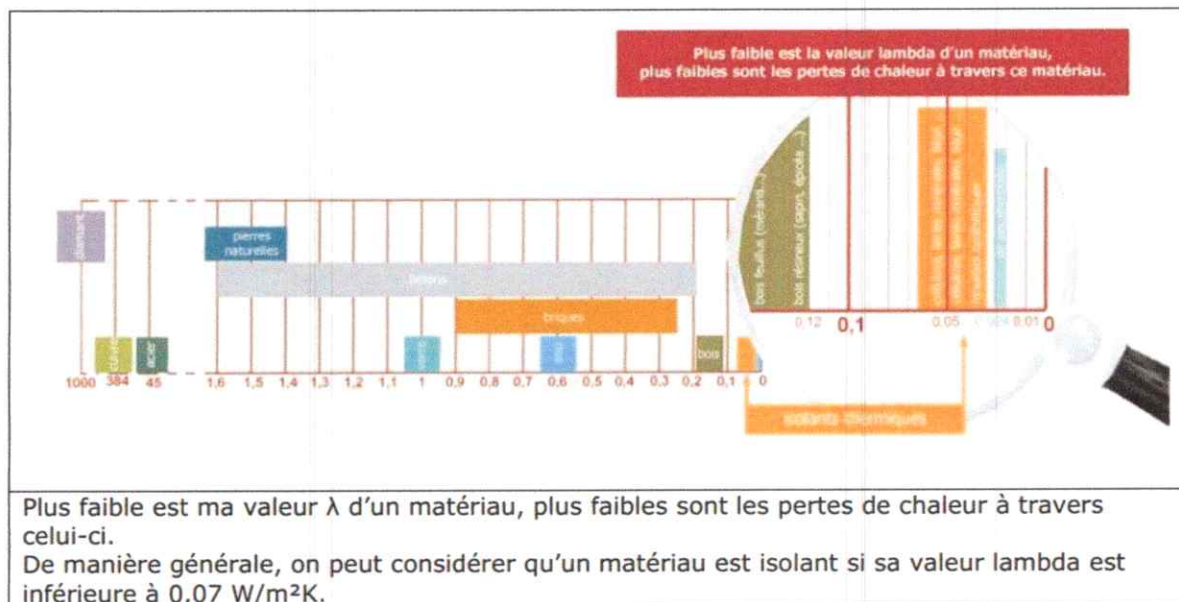
- les parois qui forment une séparation entre deux volumes protégés ne font pas partie des parois de déperdition. (par exemple : un mur mitoyen entre deux habitations)
- y compris la trappe ou, plus fréquent encore, les murs ou cloisons de la cage d'escalier menant vers une cave ou un grenier non chauffé.
- si un espace contient un radiateur mais qui n'est pas considéré comme local de vie (dans

un local de bricolage ou un petit atelier par exemple, il faut l'inclure dans le volume protégé.

La valeur λ

Le coefficient de conductivité thermique d'un matériau, appelé aussi valeur λ (lambda), renseigne :

- pour un matériau homogène la quantité de chaleur qui traverse une épaisseur d'un mur par m^2 ; par seconde et pour une différence d' K ($1^\circ C$) : λ s'exprime en $W/m.K$.



Choisir la bonne valeur λ :

En fonction des conditions de pose, on utilise deux valeurs :

- λ_{Ui} correspond aux conditions intérieures et doit être utilisée pour des matériaux dans des parois internes ou externes dans la mesure où ils ne peuvent pas être mouillés ;

- λ_{Ue} correspond aux conditions extérieures et doit être utilisée pour des matériaux dans des parois internes ou externes dans la mesure où elle peuvent être mouillés par pénétration d'eau, par condensation interne ou superficielle ou encore par humidité ascensionnelle.

La valeur λ ne peut être obtenue que par une des quatre manières suivantes.

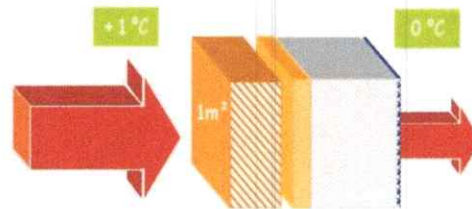
- avec le marquage CE : pour ce faire, obtenir l'attestation de conformité et prendre la valeur λ qui y figure.

Valeur U:

La valeur U d'une paroi, appelée aussi coefficient de transmission thermique, définit, **pour une composition de paroi donnée** :

- la quantité de chaleur par seconde
- qui traverse une surface d'1m² de cette paroi
- pour une différence d'1K (1°C).

U s'exprime en W/m²K.



Plus faible est le coefficient U, plus faibles sont les pertes par cette paroi.

$U = 1/RT$ où RT est la résistance thermique de la paroi.

Les matériaux ci-dessous présentent la même valeur $U = 0,40 \text{ W/m}^2\text{K}$ et donc la même résistance thermique $RT = 2.5 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Là où 10,5 cm d'isolation suffisent, il faut près de 4 mètres de béton armé.

Paroi verticale composée d'un seul matériau homogène $U = 1/RT$ avec $RT = R_{si} + d/\lambda + R_{se}$	λU_i W/mK	Épaisseur cm
Isolation minérale	0,045	10,5
Panneau fibre de bois (400 kg/m ³)	0,10	23,5
Bois massif résineux (600 kg/m ³)	0,13	30
Béton cellulaire (700 kg/m ³)	0,26	61
Bloc de silico calcaire (1.200 kg/m ³)	0,51	119
Brique de terre cuite (1.700 kg/m ³)	0,65	152
Verre massif	1,00	233
Béton armé (2.400 kg/m ³)	1,70	396

Calculer les déperditions et la consommation

C'est à partir de la valeur U, qu'il

est possible de définir les déperditions thermiques d'une paroi :

Déperditions [W] = U_{paroi} [W/m²K] . A_{paroi} [m²] . ΔT [K]

Un mur extérieur de 100 m², avec $U = 0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$, présente des déperditions thermiques, lorsqu'il y a un écart de température de 30°C, égales à

$0,4 \text{ W/m}^2\text{K} \times 100 \text{ m}^2 \times 30 \text{ K} = 1.200 \text{ W}$

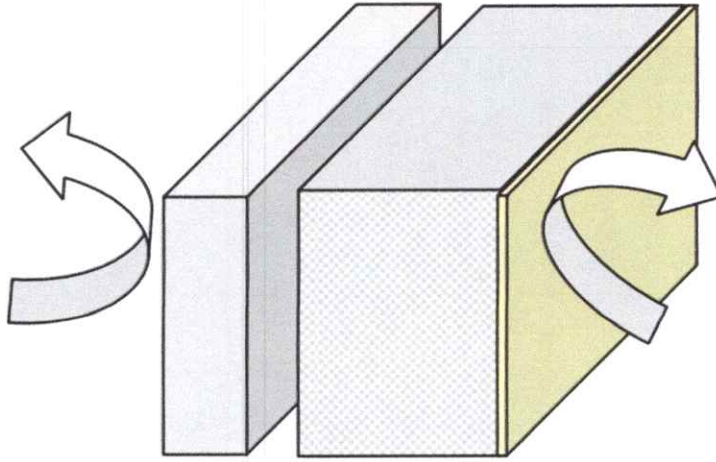
Sur une heure, cela représente **1,2 kWh**

En consommation, cela équivaut à **0,12 litres de mazout (ou m³ de gaz) par heure.**

Calcul de la résistance thermique RT

La résistance thermique totale d'une paroi, RT, caractérise la manière dont une paroi résiste à la transmission de chaleur. Plus grande est cette valeur, meilleure est sa performance isolante.

Le calcul de la résistance thermique RT s'obtient comme suit :



$$R_T = R_{si} + \sum R_h + \sum R_a + \sum R_{nh} + R_{se}$$

R_{si} Résistance thermique superficielle intérieure.	$\sum R_h =$ somme des Résistances thermiques des couches de matériaux homogènes	$\sum R_a =$ somme des Résistances thermiques des couches d'air	$\sum R_{nh} =$ somme des Résistances thermiques des couches de matériaux non homogènes	R_{se} Résistance thermique superficielle extérieure
--	---	--	--	---

1. Résistances thermiques superficielles R_{si} et R_{se}

Direction du flux de chaleur

valable pour une direction du flux de chaleur qui ne dévie pas de plus de 30° du plan horizontal.

ascendant horizontal * descendant

R_{si} 0,10 0,13 0,17

R_{se} 0,04 0,04 0,04

2. La résistance thermique d'une couche de matériau homogène

$$R_h = d[m]/\lambda[W/mK]$$

3. Résistance thermique des couches d'air R_a

Épaisseur de la couche d'air [mm]	Direction du flux de chaleur		
$0 < d < 5$	0,00		
$5 \leq d < 7$	0,11		
$7 \leq d < 10$	0,13		
$10 \leq d < 15$	0,15		
$15 \leq d < 25$	0,16	0,17	0,17
$25 \leq d < 50$	0,16	0,18	0,19
$50 \leq d < 100$	0,16	0,18	0,21
$100 \leq d < 300$	0,16	0,18	0,22
<i>Cas où la superficie totale des ouvertures de ventilation > 500 et ≤</i>			

<p>1500 mm² par m de longueur (couches d'air verticales) ou >500 et ≤ 1500 mm² par m² de couche d'air (couches d'air horizontales) Æ prendre la moitié des valeurs de couches d'air non ventilées.</p>			
<p>Cas où la superficie total des ouvertures de ventilation est > 1500 mm² par m de longueur (couches d'air verticales) ou >1500 mm² par m² de couche d'air (couches d'air horizontales) Æ négliger Ra et la résistance thermique de toutes les couches de construction se trouvant entre cette couche d'air et l'environnement extérieur.</p>			

ascendant horizontal * descendant
300 0,16 0,18 0,23