

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

**UNIVERSITE MOULOD MAMMERI DE TIZI-OUZOU
FACULTE DU GENIE DE LA CONSTRUCTION
DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE**



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

En vue de l'obtention du diplôme de master professionnel en génie mécanique

Spécialité : Energétique

Option : Froid, Chauffage et Climatisation

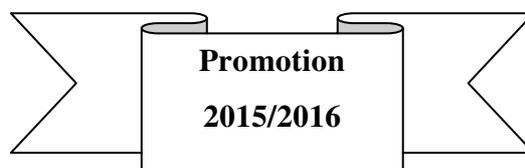
THÈME

**Etude de l'installation de chauffage central du
siège de daïra de Draa el Mizan**

**Proposé par :
M^r S. REZZIK**

**Dirigé par :
M^r B. SAMAH**

**Réalisé par :
M^r SI LAKHAL Amar
M^r MOKRANI Ouahab**



Remerciements

Nous tenons, en premier lieu à remercier le bon DIEU pour le courage et la patience qu'il nous a donnés afin d'accomplir ce modeste travail.

On tient à remercier vivement notre promoteur Mr B. SAMAH pour toutes ses orientations et sa disponibilité et notre co-promoteur Mr S. REZIK pour son aide précieuse.

On remercie également les membres du jury qui nous feront l'honneur d'examiner et évaluer ce mémoire, ainsi que l'ensemble des enseignants du Génie mécanique.

On tient à exprimer notre reconnaissance à tous les gens qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire, en particulier M^{elle} L.KACI et Mr M. DEHMOUS.

Liste des figures

Chapitre I

Figure 1.1 :	Schéma de principe du chauffage individuel	03
Figure 1.2 :	Pôles à combustible	03
Figure 1.3 :	Image représentatif d'un Inserts	04
Figure 1.4 :	Schéma de principe d'un convecteur électrique	04
Figure 1.5 :	Structure d'un plancher chauffant électrique	05
Figure 1.6 :	Poêles à accumulation électrique.....	06
Figure 1.7 :	Schéma de principe du chauffage central	06
Figure 1.8 :	Image descriptive d'une chaudière	09
Figure 1.9 :	Schéma du transfert de chaleur conductif.....	10
Figure 1.10 :	Schéma du transfert de chaleur convectif.....	11
Figure 1.11 :	Schéma du transfert de chaleur radiatif.....	11
Figure 1.12 :	Images des différents radiateurs	12
Figure 1.13 :	Tubes à ailettes	12
Figure 1.14 :	Convecteur	12
Figure 1.15 :	Aérotherme	13
Figure 1.16 :	Plancher chauffant	13
Figure 1.17 :	Ventilateur-convecteur	13
Figure 1.18 :	Pompe sans presse étoupe (axial)	14
Figure 1.19 :	Pompe avec presse étoupe (centrifuge)	14
Figure 1.20 :	Tuyauterie	14
Figure 1.21 :	Vase d'expansion.....	15
Figure 1.22 :	Centrale de traitement d'air	15
Figure 1.23 :	Schéma descriptif d'un système de chauffage solaire	16
Figure 1.24 :	Schéma descriptif d'une pompe à chaleur	16
Figure 1.25 :	Schéma descriptif du chauffage à distance.....	17
Figure 1.26 :	Schéma de principe du chauffage urbain.....	18

Chapitre II

Figure 2.1 :	Répartition des déperditions dans un local	22
--------------	--	----

Chapitre III

Figure 3.1 :	Plan de la cage d'escaliers et hall du 1 ^{er} étage	37
Figure 3.2 :	Plan du local (01) du 2 ^{ème} étage	38

Chapitre IV

Figure 4.1 :	Longueur des collecteurs des chaudières.....	59
Figure 4.2 :	Schéma du circuit de recyclage d'eau chaude	61
Figure 4.3 :	Image du doseur anti tartre à cristaux à double cartouche.....	65
Figure 4.4 :	Schéma de principe de la chaufferie	66

Liste des tableaux

Chapitre I

Tableau 1.1 : Caractéristiques des différents radiateurs.....	12
---	----

Chapitre II

Tableau 2.1 : Evolution de la température mensuelle maximale moyenne (°C) de la période (2010-2014)	20
Tableau 2.2 : Evolution de la température mensuelle minimale moyenne (° C) de la période (2010-2014)	21
Tableau 2.3 : Température extérieure de base en fonction de l'altitude et de la zone climatique	21
Tableau 2.4 : Les coefficients a, b, c, d et e (W/m ² °C), en fonction nature du logement et de la zone climatique	24
Tableau 2.5 : Les valeurs des coefficients K _s en fonction de la différence de niveau, notée z	26
Tableau 2.6 : Taux horaire de renouvellement d'air du volume V du local non chauffé	27
Tableau 2.7 : Débit extrait minimal de référence Q _{vmin}	28
Tableau 2.8 : Débit extrait maximal de référence Q _{vmax}	28
Tableau 2.9 : Coefficient d'exposition au vent « e _v » en fonction de la hauteur et de la classe de rugosité	29
Tableau 2.10 : La perméabilité surfacique à l'air des différents ouvrants	29
Tableau 2.11 : Valeur du coefficient c _r en fonction du type de l'installation et du calorifugeage des conduits.....	29
Tableau 2.12 : Valeur du coefficient c _{in} en fonction de l'inertie thermique et du type de chauffage.....	30
Tableau 2.13 : Coefficients de transmission globale des murs et des planchers	32
Tableau 2.14 : Coefficients K _{vn} des vitrages nus.....	33
Tableau 2.15 : Les coefficients K des portes courantes W/m ² °C.....	33
Tableau 2.16 : Coefficient de transmission chaleur des parois de la construction.....	34

Chapitre III

Tableau 3.1 : Les températures des locaux non chauffée	38
Tableau 3.2 : Coefficient a, b, c, d et e de la zone B	41
Tableau 3.3 : Récapitulatif des résultats des déperditions calorifiques RDC.....	41
Tableau 3.4 : Récapitulatif des résultats des déperditions calorifiques 1 ^{er} étage	42
Tableau 3.5 : Récapitulatif des résultats des déperditions calorifiques 2 ^{eme} étage	42
Tableau 3.6 : Récapitulatif des résultats des déperditions calorifiques 3 ^{eme} étage	43
Tableau 3.7 : Caractéristiques des radiateurs des locaux du RDC	46
Tableau 3.8 : Caractéristiques des radiateurs des locaux du 1 ^{er} étage	46
Tableau 3.9 : Caractéristiques des radiateurs des locaux du 2 ^{eme} étage.....	47
Tableau 3.10 : Caractéristiques des radiateurs des locaux du 3 ^{eme} étage.....	47

Chapitre IV

Tableau 4.1 : Dimensionnement du réseau de la tuyauterie	56
Tableau 4.2 : Perte de charge dans le circuit de recyclage	61
Tableau 4.3 : Volume du réseau de la tuyauterie.....	62
Tableau 4.4: Volume des radiateurs	62

Nomenclature

Symbole	Signification	Unité
a_c	Apports de chaleur par degré d'écart	W/°C
COP	Coefficient de performance	-
c_r	Ratio estimé des pertes calorifiques	-
c_{in}	Coefficient de surpuissance	-
C_p	Chaleur massique	J/Kg°C
D	Déperditions par degré d'écart	W/°C
D_B	Déperditions de base	W
d	Diamètre	m
de	Déperditions par degré d'écart	W/°C
d_r	Déperditions par degré d'écart du au renouvellement d'air	W/°C
e	Epaisseur	m
e_v	Coefficient d'exposition au vent	-
H	Hauteur	m
Hmt	Hauteur manométrique	mCe
h	Coefficient de transfert de chaleur par convection	W m ⁻² °C ⁻¹
K	Coefficient global de transmission de la chaleur	W/m ² °C
K_1	Coefficient de transmission linéique de la liaison	W/m°C
K_s	Coefficient de transmission linéique du plancher bas ou mur enterrés	W/m°C
k	Coefficient de frottement	-
L	Longueur	m
N	Taux horaire de renouvellement d'air	h ⁻¹
P_1	Pression de gonflage	bar
P_2	Pression de tarage	bar
p	Périmètre intérieur	m
P	Puissance	W
Pdc	Perte de charge	mCe
P_0	Perméabilité surfacique à l'air	m ³ /h.m ² sous $\Delta P = 1$ Pa
P_p	Perméabilité à l'air de la paroi	m ³ /h sous $\Delta P = 1$ Pa
P.C.I	Pouvoir calorifique inférieur	J/Kg
Q	Débit volumique	m ³ /h. L/h
q	Débit massique	Kg/s
R	Resistance thermique	m ² °C/W
r	Perte de charge linéique par mètre de longueur	mmCe/m
S	Surface	m ²
T	Température	°C
Tau	Coefficient de réduction	-
V	Volume	m ³
v	Vitesse	m/s

β	Coefficient de dilatation de l'eau	-
ϵ_c	Efficacité d'une PAC idéal (Carnot)	-
ϵ_p	Facteur d'émission de la surface	-
η	Rendement	-
ξ	Coefficient de perte de charge singulière	-
Δ_p	Chute de pression	Pa
ΔT	Chute de température	°C
λ	Conductivité thermique	W m ⁻¹ °C ⁻¹
ρ	Masse volumique	Kg/m ³
σ	Constante de Stefan	W m ⁻² K ⁻⁴
\emptyset	Flux de chaleur	W
ϕ	Puissance	W

Liste des indices

r : récupéré

f : fournie

s : sortie, supplémentaire

e : entrée, extérieur

pc : paroi chaude

pf : paroi froide

u : utile

m : mécanique

be : base extérieur

bi : base intérieur

Déperditions

T : transmission

R : renouvellement d'air

s : surfacique

li : lineique

sol : sol

lnc : local non chauffé

Rv : renouvellement d'air par ventilation

Rs : renouvellement d'air par infiltration

réf : référence

i : intérieur

n : non chauffé

v : ventilation, volumique

h : habitable

max : maximum

min : minimum

vn : vitrage nue

rid : rideaux

occ : occultation

inst : installation

exp : expansion

II-4.1. Coefficients de transmission surfacique.....	30
II-4.1.1. Coefficient de transmission surfacique des parois séparatrice.....	30
II-4.1.2. Les coefficients de transmission surfaciques des portes et des fenêtres	32
II-4.1.3. Récapitulatif des coefficients de transmission (application au cas d'étude)	34
Conclusion	34

Chapitre III : Les besoins en chauffage du siège de daïra de Draa el Mizan

Introduction	35
III-1. Calcul des déperditions calorifiques du bâtiment	35
III-1.1. Détermination des températures des locaux non chauffé	35
III-1.2. Exemple de calcul des déperditions calorifique	37
III-1.2.1. Déperditions par transmission surfacique	37
III-1.2.2. Déperditions par transmission linéique.....	39
III-1.2.3. Déperditions par renouvellement d'air	39
III-1.2.4. Déperditions totales du local	39
III-1.2.5. Vérification réglementaire	39
III-2. Calcul la puissance de chauffage à installer	42
III-3. Dimensionnement des corps de chauffe	42
III-3.1. Choix des radiateurs	43
III-3.2. Régime de dimensionnement des radiateurs	43
III-3.3. Application au projet d'étude	43
III-3.3.1. Détermination du nombre d'éléments de chaque radiateur	44
III-3.3.2. Détermination du débit requis pour chaque radiateur	44
Conclusion	47

Chapitre IV : Equipements de chauffage

Introduction	52
IV-1. Dimensionnement du réseau de tuyauterie	52
IV-1.1. Mode de distribution de l'eau	52
IV-1.2. Pertes de charge dans le réseau de tuyauterie.....	53
IV-1.2.1. Perte de charge linéaire.....	53
IV-1.2.2. Pertes de charge particulières	53
IV-1.2.3. Perte de charge totale	54
IV-1.3. Calcul du réseau de tuyauterie	54
IV-2. Robinets d'isolement manuels et filtre à tamis	57
IV-3. Dimensionnement des collecteurs	57
IV-4. Choix des pompes	58
IV-4.1. Choix des pompes de circulation pour le réseau d'eau chaude	58
IV-4.2. Choix de la pompe de recyclage d'eau chaude.....	59
IV-5. Choix du vase d'expansion	61
IV-5.1. Volume total de l'installation	61
IV-5.2. La pression de gonflage	62
IV-5.3. La pression de tarage	62
IV-6. Choix de la chaudière	63
IV-7. Exigences requises pour la qualité et le traitement de l'eau d'alimentation.....	63
Conclusion.....	66
Conclusion générale	67

Bibliographie

Webographie

Annexes

Introduction générale

L'être humain a besoin d'une atmosphère spécifique pour son bien être, cette atmosphère doit répondre aux caractéristiques physiologiques de l'homme. Parmi les facteurs définissant cette atmosphère, on cite la température, l'humidité et le taux de renouvellement d'air.

Dans le milieu de travail, le rendement de productivité dans les entreprises est fortement lié aux conditions de travail dans lesquelles évoluent ses travailleurs.

Dans cette étude, on s'intéresse à l'ambiance thermique dans les lieux publics. Le confort thermique mérite toute notre attention du fait qu'il a des répercussions sur la santé des travailleurs et des citoyens.

C'est dans ce cadre qu'on va réaliser une étude de conception d'un système de chauffage dans un lieu public représenté par la daïra de Draa El Mizan. Dans le but d'utiliser au mieux l'énergie, il convient donc de planifier une installation de façon à consommer moins d'énergie tout en assurant un confort convenable. En effet, la conception d'un système de chauffage nécessite une bonne connaissance des solutions techniques proposées afin de choisir une solution adaptée au bâtiment à chauffer. Dans ce contexte il est nécessaire de faire une étude thermique et de choisir une installation de chauffage à base de l'étude thermique (bilan thermique hivernal).

Le travail présenté dans ce mémoire sera structuré de la manière qui suit :

Après une introduction générale, le premier chapitre comporte des généralités sur les systèmes de chauffage les plus courants, le deuxième chapitre concerne les données de base et les règles de calcul du bilan thermique ainsi que le calcul préliminaire, le troisième chapitre est consacré au calcul du bilan thermique ainsi que la puissance des corps de chauffe et le quatrième chapitre aborde le dimensionnement des équipements nécessaire pour l'installation de chauffage.

Nous terminons ce mémoire par une conclusion générale qui portera sur les résultats obtenus dans cette étude et l'évolution du chauffage à eau chaude.

Introduction

Le chauffage est l'action de transmettre l'énergie thermique à un objet, un matériau ou à l'air ambiant. On distingue le chauffage à des fins de confort thermique (chauffage des locaux, de l'eau chaude sanitaire...etc.), et le chauffage à des fins industrielles (chauffage des pièces mécaniques, chauffage des processus industriels...etc.).

Le chauffage à des fins de confort, qui est l'objet de cette étude, est utilisé pour maintenir ou améliorer les conditions d'une ambiance agréable pour les êtres vivants, dans les espaces clos constituant les lieux de vie ou de travail (bâtiments, habitations, moyens de transports, piscines...etc.).

Un système de chauffage consomme de l'énergie sous une forme et la restitue sous forme de chaleur. Dans ce chapitre on va présenter les systèmes de chauffage les plus répandus et leur attribuer une classification, et on va voir d'une manière approfondie le chauffage central à eau chaude.

I-1. Classification des systèmes de chauffage

Il est difficile de classer les systèmes de chauffage car les critères de classement sont multiples, classement selon :

- L'énergie utilisée.
- La disposition des éléments constitutifs.
- Le fluide caloporteur utilisé.

La classification adoptée ici est en fonction de la position respective des différents éléments de base qui constituent le système de chauffage. Ces éléments sont :

- Le générateur qui assure la production de la chaleur;
- Le réseau de distribution qui assure le transport de la chaleur vers les zones d'utilisation;
- L'émetteur qui assure l'émission de la chaleur vers la zone à chauffer.

A ces trois éléments peuvent venir s'ajouter :

- La régulation qui permet d'assurer une fourniture de chaleur selon les besoins réels.
- La sous-station qui sert de relais entre le générateur de réseau primaire et les différents émetteurs du réseau secondaire, dans le cas de réseau de chaleur urbain.

Enfin, un ensemble d'éléments complète l'installation pour remplir les fonctions liées à la sécurité de l'installation. [1]

I-1.1. Chauffage individuel

Le générateur et l'émetteur forment un seul élément auquel est associée une éventuelle régulation comme indiqué [1]

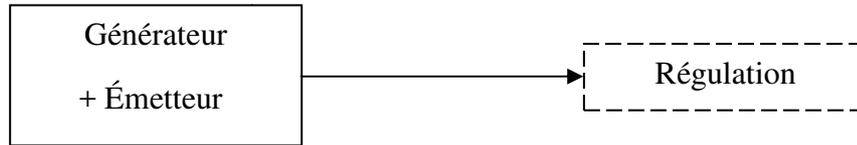


Figure 1.1 : Schéma de principe du chauffage individuel.

Parmi ce type de chauffage on distingue :

I-1.1.1. Poêles à combustible

C'est un mode de chauffage traditionnel, ils sont généralement réalisés en fer ou en fonte et rarement en céramique, les combustibles peuvent être solides, liquides ou gazeux.

La caractéristique perçue souvent comme un gêne de ces systèmes c'est l'hétérogénéité de la température résultante. En pratique, cette caractéristique est due à la mauvaise qualité thermique des locaux dans lesquels sont placés ces générateurs.

Le principal défaut de ces appareils est leur faible rendement, mais ils peuvent constituer une solution prometteuse dans des opérations de réhabilitation et le chauffage d'appoint.



Figure 1.2 : Pôles à gaz
Source : www.condor.dz

I-1.1.2. Inserts

Le développement de la maison individuelle a redonné une nouvelle jeunesse à la cheminée dont l'efficacité a été améliorée (en général) par l'adjonction d'un dispositif dans le foyer appelé « insert ».

Ces dispositifs ont généralement un rendement moyen (entre 40 et 60%), et ils sont utilisés en chauffage d'appoint pour les maisons individuelles.

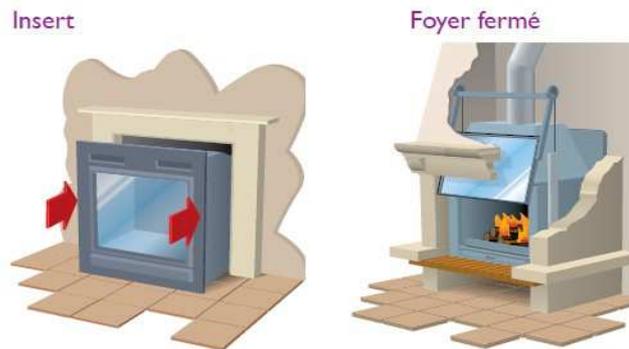


Figure 1.3 : image représentatif d'un Inserts
Source : www.bioenergie-promotion.fr

I-1.1.3. Chauffage électrique

Le chauffage électrique « non thermodynamique » produit la chaleur par effet joule. Il recouvre une grande variété de systèmes dont le seul point commun est l'électricité comme source d'énergie.

Parmi les systèmes du chauffage électrique individuel on peut citer :

I-1.1.3.1. Chauffage électrique intégré « CEI »

Le CEI comporte des émetteurs produisant de l'air chaud par effet joule. Ils sont installés dans chacune des pièces à chauffer et fonctionnant en général en mode statique (pas de ventilateur), ce système dispose d'une régulation terminale commandant chaque appareil.

Ces systèmes sont destinés aux locaux à faible besoins thermique (logements neufs bien isolés), leur cout d'investissement est faible mais leur prix d'énergie est plus élevé que celui des énergies concurrentes.

Exemples: convecteur électrique, panneaux rayonnant et rarement les radiateurs soufflant et radiateur à infrarouge.

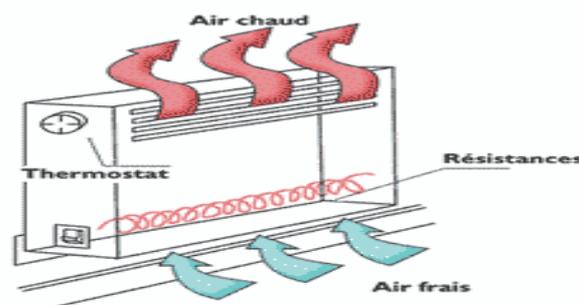


Figure 1.4 : Schéma de principe d'un convecteur électrique
Source : www.conseils-thermiques.org

I-1.1.3.2. Chauffage électrique mixte (base + appoint)

Le chauffage électrique mixte assure un chauffage de base par des câbles chauffant noyés dans la dalle (plancher chauffant) assurant une émission de chaleur à basse température sur l'ensemble du logement à traiter. L'alimentation se fait généralement pendant la nuit, du coup la structure lourde du plancher bénéficie d'un effet d'accumulation avec restitution pendant la journée. Il assure aussi un chauffage d'appoint qui est un chauffage électrique intégré superposé au chauffage de base.

Ce système permet de bénéficier des tarifs d'heures creuses en utilisant l'accumulation de la chaleur dans le plancher chauffant, et il est intéressant sur le plan du confort.

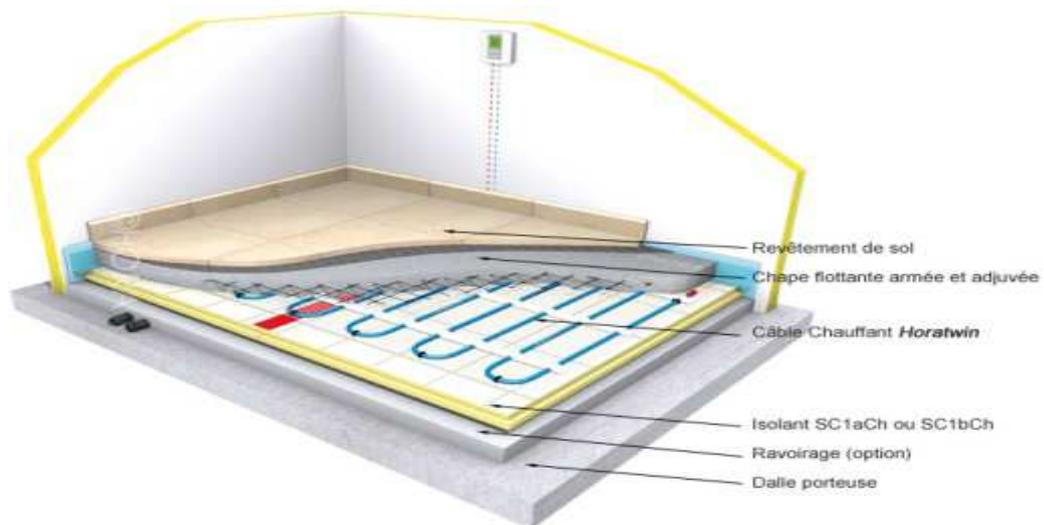


Figure 1.5 : Structure d'un Plancher chauffant électrique
Source : www.hora.fr

I-1.1.4. Poêles à accumulation

C'est un appareil qui emmagasine de la chaleur pendant une période de temps données pour la restituer en cours de la période suivante.

La température du noyau accumulateur peut atteindre 800°C en fin de charge pour les plus grosses unités. La restitution de cette chaleur se fait par l'intermédiaire d'un circuit d'air circulant dans la masse accumulatrice.

Ces appareils fonctionnent pendant les heures où l'électricité est la moins chère, ils sont recommandés pour les immeubles peu isolés et pour les habitations anciennes.

Le développement de ces appareils est freiné par la diminution du différentiel de prix entre les heures creuses et les heures pleines, leur utilisation est limitée par leur poids élevé (cas où la structure ne supporte pas la surcharge).

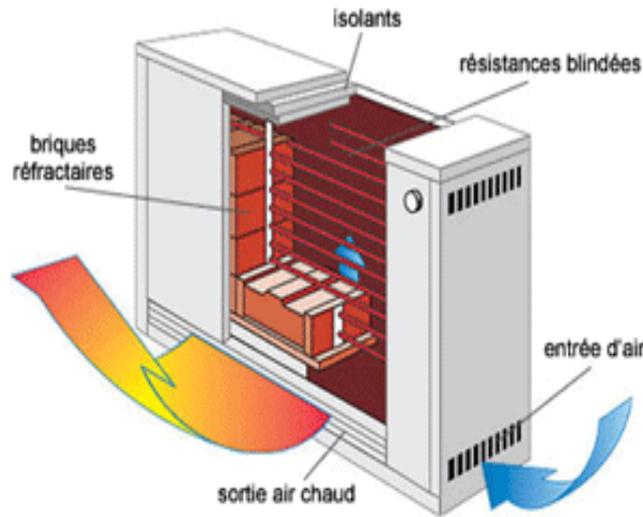


Figure 1.6 : Poêles à accumulation électrique

I-1.2. Chauffage central

Dans le chauffage central, il y'a séparation entre le générateur et l'émetteur ce qui conduit à l'utilisation d'un réseau de distribution pour assurer le transport de chaleur.

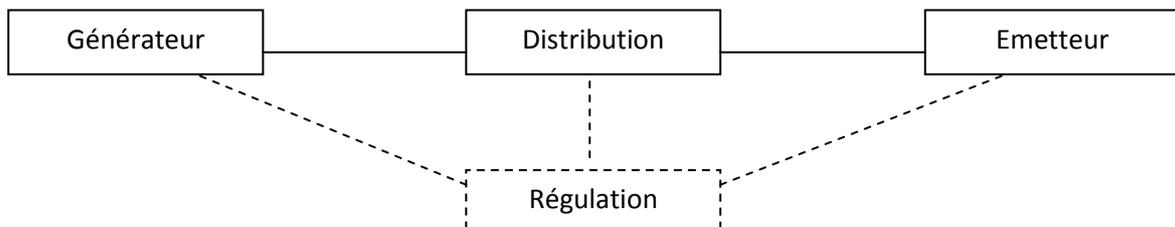


Figure 1.7 : Schéma de principe du chauffage central.

Dans ce système de chauffage, il y'a un seul foyer produisant la chaleur qui sera distribuer vers différents locaux par l'intermédiaire d'un fluide caloporteur circulant dans un réseau de distribution. Ce fluide peut être de l'eau, de la vapeur ou de l'air.

Le foyer est en général placé dans une chaufferie (local adjacent aux locaux à chauffer). Mais on peut aussi le trouver en sous sol de villas ou dans les appartements (salle de bains, cuisine, dans le cas du chauffage central individuel en immeuble collectif). [1]

➤ **Avantage**

- Réduction du nombre de foyer et cheminées et de l'emprise au sol des éléments chauffants;
- Pollution atmosphérique moins importante;
- Pas de manipulation de combustible ou de cendres dans le logement;
- Meilleure rentabilité d'utilisation du combustible et coût de fonctionnement faible;
- Maintenance réduite;
- Chauffage inerte (sauf air pulsé).

➤ **Inconvénients**

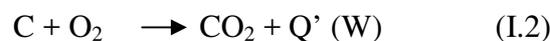
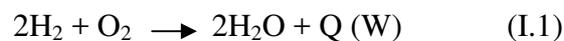
- Coût d'investissement élevé par rapport à un chauffage électrique intégré C.E.I.;
- Problème de répartition des frais de chauffage en collectif.

❖ **Combustion et combustibles**

A. Combustion

La combustion est une réaction chimique, on distingue :

- Les combustions oxydantes caractérisées par les réactions :

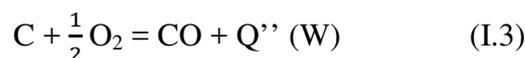


Ces combustions sont possibles si:

- La température du combustible est suffisante.
- Le combustible est riche en carbone (C).
- L'arrivée d'air est permanente et en quantité suffisante.

C'est le type de combustion qui est utilisé en pratique, l'excès d'air est de 20 à 50% pour le fuel, et de 10% pour le gaz naturel.

- Les combustions réductrices caractérisées par la réaction :



Avec $Q' > Q''$

Ce type de combustion est à proscrire car il y a production du monoxyde de carbone (CO) qui est un gaz très toxique, de plus le rendement est inférieur à celui de la combustion oxydante ($Q'' < Q'$).

Combustible + comburant → rejets (cendres) + chaleur (gaz chauds)

La chaleur récupérable lors de la combustion est due :

- A la chaleur de combustion proprement dite.
- Au refroidissement des gaz (fumées).
- A la condensation d'une partie de ces gaz (vapeur d'eau).

La présence de soufre dans le combustible augmente le risque de corrosion pour le générateur.

B. Les combustibles

La caractéristique essentielle d'un combustible est son pouvoir calorifique. On distingue le pouvoir calorifique supérieur (P.C.S) et le pouvoir calorifique inférieur (P.C.I).(Annexe 1)

P.C.S : C'est l'énergie thermique libérée par la combustion d'un kilogramme de combustible. Cette énergie comprend la chaleur sensible, mais aussi la chaleur latente de vaporisation de l'eau, généralement produite par la combustion. Cette énergie peut être entièrement récupérée si la vapeur d'eau émise est condensée, c'est-à-dire si toute l'eau vaporisée se retrouve finalement sous forme liquide.

P.C.I : C'est l'énergie thermique libérée par la combustion d'un kilogramme de combustible sous forme de chaleur sensible, à l'exclusion de l'énergie de vaporisation (chaleur latente) de l'eau présente en fin de réaction.

Le choix d'un combustible fait intervenir de nombreux critères dont on cite :

- La taille de l'installation.
- Le prix du combustible (adaptation locale).
- La disponibilité.
- La possibilité de stockage.

I-1.2.1. Chauffage central à eau chaude

On peut le différencier selon la température de l'eau :

Chauffage à basse température : $T_{\text{eau}} < 45^\circ \text{ à } 50^\circ\text{C}$.

Chauffage à eau chaude : $T_{\text{eau}} < 90^\circ \text{ à } 100^\circ\text{C}$.

Chauffage à eau surchauffée : - Basse pression $T_{\text{eau}} < 120^\circ\text{C}$.

- Haute pression $T_{\text{eau}} > 120^\circ\text{C}$.

Les éléments constitutifs d'un chauffage central sont :

I-1.2.1.1. La chaudière

Leur conception se diffère selon le combustible utilisé mais elles comprennent :

- Un échangeur dans lequel circule le fluide à chauffer.
- Un foyer, enceinte dans laquelle à lieu la combustion.
- Une enveloppe isolant l'échangeur de l'extérieur.
- Un brûleur dont la fonction est de fournir dans des proportions correctes l'air et le combustible nécessaire à la combustion.

Pour les chaudières à combustible solide un cendrier est ajouté pour récupérer les cendres émanant de la combustion.



Figure 1.8 : Image descriptive d'une chaudière
Source : Catalogue CHAPPEE (2009).

La fonction de la chaudière est de transférer au fluide caloporteur la chaleur produite par la combustion, et aussi évacuer les fumées résultantes de la combustion.

Le transfert de chaleur se fait par :

- Rayonnement entre la flamme et les surfaces d'échange.
- Convection entre les gaz (fumées) et les surfaces d'échange.
- Conduction dans le cas des combustibles solides.

Le rendement de la chaudière est très variable selon la technologie (condensation ou non), et la nature du combustible brûlé. Il se situe entre 0.75 et 0.95 sur le P.C.I, toutefois les chaudières à condensation permettent d'atteindre des rendements supérieurs à 1 sur le P.C.I.

$$\eta = \frac{Pr}{Pf} , \eta < 1 \quad (I.4)$$

$$Pr = q_c \times P.C.I \quad (I.5)$$

$$Pf = Cp \times q_f \times (Ts - Te) \quad (I.6)$$

Pf : Puissance fournie (W).

Pr : Puissance récupérée (W).

P.C.I : pouvoir calorifique inférieur (J/Kg).

qc : Débit du combustible (Kg/s).

qf : Débit du fluide caloporteur (kg/s).

Cp : Chaleur massique du fluide caloporteur (J/Kg°C).

- Les facteurs de perte sont :
- Les imbrulés.
 - Les rejets de gaz chauds.
 - Les pertes thermiques de la chaudière.

I-1.2.1.2. Les émetteurs (corps de chauffe)

Ils ont la fonction de transmettre dans les locaux la chaleur produite par le générateur. Le transfert de chaleur se fait par convection et rayonnement et par fois par conduction. [1] ; [2]

A. Conduction

C'est le transfert de chaleur au sein d'un milieu opaque, sans déplacement de matière, sous l'influence d'une différence de température. La propagation de la chaleur par conduction à l'intérieur d'un corps s'effectue selon deux mécanismes distincts : une transmission par les vibrations des atomes ou molécules et une transmission par les électrons libres. [2]

La théorie de la conduction repose sur l'hypothèse de Fourier :

$$\Phi = \frac{\lambda}{e} S (T_{pc} - T_{pf}) \quad (I.7)$$

Avec :

- Φ : Flux de chaleur transmis par conduction (W)
- λ : Conductivité thermique de la paroi (W m⁻¹ °C⁻¹)
- e : Epaisseur de la paroi (m)
- S : Aire de la section de passage du flux de chaleur (m²)
- T_{pc} : Température de paroi chaude (°C)
- T_{pf} : Température de paroi froide (°C)

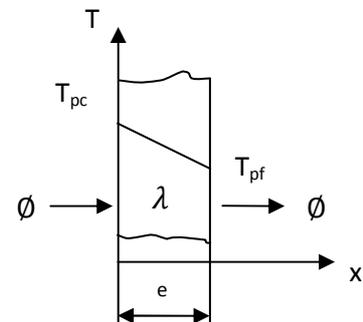


Figure 1.9 : Schéma du transfert de chaleur conductif

B. Convection

C'est le transfert de chaleur entre un solide et un fluide, l'énergie étant transmise par déplacement du fluide. [2]

Ce mécanisme de transfert est régi par la loi de Newton :

$$\phi = h S (T_p - T_\infty) \quad (I.8)$$

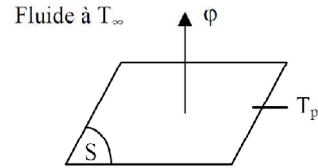


Figure 1.10 : Schéma du transfert de chaleur convectif

Avec :

ϕ : Flux de chaleur transmis par convection (W)

h : Coefficient de transfert de chaleur par convection ($W m^{-2} \text{ } ^\circ C^{-1}$)

T_p : Température de surface du solide ($^\circ C$)

T_∞ : Température du fluide loin de la surface du solide ($^\circ C$) ; (loin de la couche limite)

S : Aire de la surface de contact solide/fluide (m^2)

Où la valeur du coefficient de transfert de chaleur par convection h est fonction de la nature du fluide, de sa température, de sa vitesse et des caractéristiques géométriques de la surface de contact solide/fluide.

C. Rayonnement

C'est un transfert d'énergie électromagnétique entre deux surfaces (même dans le vide). Dans les problèmes de conduction, on prend en compte le rayonnement entre un solide et le milieu environnant dans ce cas nous avons la relation : [2]

$$\phi = \sigma \epsilon_p S (T_p^4 - T_\infty^4) \quad (I.9)$$

Avec :

ϕ : Flux de chaleur transmis par rayonnement (W).

σ : Constante de Stefan ($5,67 \cdot 10^{-8} W m^{-2} K^{-4}$).

ϵ_p : Facteur d'émission de la surface

T_p : Température de la surface ($^\circ K$).

T_∞ : Température du milieu environnant la surface ($^\circ K$).

S : Aire de la surface (m^2).

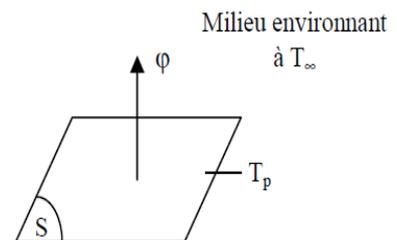


Figure 1.11 : Schéma du transfert de chaleur radiatif

➤ Les radiateurs

Fabriqué essentiellement en fonte, en acier et en aluminium, ils sont positionnés on allégé de fenêtres car c'est dans cette position que la température de l'air intérieur est le plus uniforme.[1] ;[3]



A. radiateur en fonte



B. radiateur en acier



C. radiateur en aluminium

Figure 1.12 : Images des différents radiateurs
Source : CHAPPEE, DECORAL

Leurs principales caractéristiques sont :

Fonte	Acier	Aluminium
Longue durée de vie en raison de leur résistance à la corrosion. Grande inertie thermique. Radiateurs extensible. Masse importante (poids).	Sensible à la corrosion. Faible inertie thermique. Petite masse.	Meilleure conductivité thermique. Dilatation plus importante. L'eau de chauffage doit être traitée et être contrôlée chaque Année.

Tableau 1.1 : Caractéristiques des différents radiateurs. [3]

➤ **Tubes à ailettes**

Ils sont surtout utilisés dans les locaux industriels et avec la vapeur.



Figure 1.13 : Tube à ailettes

Source : www.batiproduits.com

➤ **Convecteurs**

Ils sont utilisable uniquement si le fluide est relativement chaud ($T > 60^\circ$), pour des températures inférieures l'efficacité chute de façon importante.



Figure 1.14 : Convecteur

Source : POWERKON

➤ **Aérotherme**

Cet appareil est constitué d'une batterie et un ventilateur hélicoïde, des volets réglables d'érigent l'air vers l'endroit désiré.

-la batterie est similaire dans sa conception à un radiateur d'automobile.

- Les aérothermes peuvent être muraux ou verticaux.

- La longueur du jet est telle qu'à son extrémité la vitesse soit de l'ordre de 0.1m/s.

- Ils sont utilisé dans les locaux de grand volume gymnase, piscine, hall...etc.



Figure 1.15: Aérotherme

Source: Winter warm

➤ **Plancher chauffant**

Le corps de chauffe est intégré dans la structure, alors la température du fluide doit rester suffisamment basse ($\approx 50^{\circ}\text{C}$) pour éviter des températures de surface trop importante.

C'est un chauffage basse température par excellence, il est bien adapté aux systèmes utilisant l'énergie solaire et les pompes à chaleur.

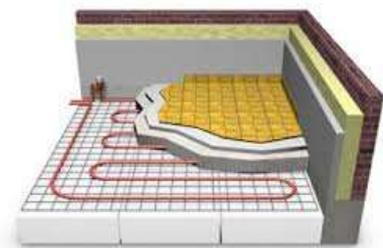


Figure 1.16 : Plancher chauffant

Source : www.hydrronicscomfort.com

➤ **Ventilo-convecteur**

C'est un convecteur équipé d'un ventilateur, ce type d'appareil est utilisé pour les installations fonctionnant

l'hiver et l'été. En été la batterie est alimentée par de l'eau froide et en hiver par de l'eau chaude, assurant la climatisation et le chauffage par le même équipement.



Figure 1.17 : Ventilo-convecteur

Source : CLIVET

I-1.2.1.3. Les circulateurs (pompes)

Actuellement tout les installations de chauffage central sont de type accéléré c'est à dire que la circulation du fluide est assuré par une pompe (eau, vapeur) ou un ventilateur (air), contrairement au installations à eau chaude fonctionnant par thermosiphon où la circulation

du fluide se fait par la différence de densité entre l'eau de départ et l'eau de retour, ce type d'installation ne sont plus utilisés de nos jours.

Deux types de pompe sont utilisés pour le chauffage central.

A. Pompe sans presse étoupe (axial)

Ces appareils sont montés directement sur la tuyauterie en général par deux. Ils sont monobloc, la turbine de propulsion de l'eau est montée directement en bout d'arbre du moteur électrique. Quant à la lubrification elle est assurée par l'eau de l'installation.

La température maximale de fonctionnement se situe entre 105 et 120°C, ce sont des appareils très silencieux et ils équipent la totalité des chauffages centraux individuels.



Figure 1.18 : Pompe sans presse étoupe (axial).
Source : SALMSON

B. Pompe avec presse étoupe (centrifuge)

Le moteur et la pompe sont séparés, l'entraînement de la pompe à lieu par l'intermédiaire d'un accouplement souple, et une presse étoupe assure l'étanchéité autour de l'arbre moteur.

Ce type de matériel est utilisé pour des installations importantes qui nécessitent une forte énergie motrice.

Mis à part les petites installations, on place toujours au minimum deux pompes sur le réseau, une des deux serves de secours.



Figure 1.19: Pompe avec presse étoupe (centrifuge)
Source : www.caprari.it

I-1.2.1.4. Equipements complémentaires

Aux éléments de base décrits ci-dessus s'ajoute les équipements complémentaires indispensables au fonctionnement de l'installation, ces équipements sont :

- Le réseau de distribution : Constitué de tuyaux d'acier ou de cuivre (petites installations), voir matière plastique (PPR, PVC...etc.), raccordé par soudure ou à l'aide de raccords spéciaux.



Figure 1.20 : Tuyauterie
Source : Wieland

- Les vannes : Qui ont trois fonctions principales :
 - Isoler toute partie de l'installation.
 - Réguler l'installation (vannes à trois voies, robinet thermostatique).
 - Régler l'installation afin d'assurer l'équilibrage des différentes bandes du réseau (tés de réglage).
- Les organes de sécurité : Pour protéger l'installation des risques d'accident, il est essentiel de placer un vase d'expansion qui a pour fonctions principales :
 - Permettre l'expansion du fluide de chauffage.
 - Assurer la charge nécessaire au fonctionnement de l'installation.
 - Evacuer l'excédant d'eau ou de vapeur si elle s'en forme.
 - Limiter la pression à la valeur maximale admise.

Il en existe deux types ; le vase à l'air libre, et le vase fermé sous pression. Ce dernier est utilisé pour les petites installations, le vase est cylindrique en acier séparé par une membrane en caoutchouc placé à mi-hauteur, l'une est reliée à la chaudière, l'autre est remplie de gaz inerte (azote).



Figure1.21 : Vase d'expansion
Source : Flamco

I-1.2.2. Chauffage aéraulique

Contrairement au chauffage central à eau chaude, ici le fluide caloporteur est de l'air. Ce système a pour fonctions de produire le chaud (hiver) et le froid (été), il permet également d'agir sur l'humidité de l'air (humidificateur) en plus de contrôler la température intérieure.

Ce système est principalement utilisé pour le chauffage de grand volume.



Figure1.22 : Centrale de traitement d'air
Source : www.ciat.fr

I-1.2.3. Chauffage solaire

Le chauffe-eau solaire est le système à conversion directe du rayonnement solaire en chaleur utile le plus répandu au monde. Il s'agit d'une énergie renouvelable, d'origine naturelle et inépuisable. Elle peut chauffer un bâtiment bien conçus. [4]

Il se compose de :

- Capteur.
- Un réservoir de stockage.
- Circuit de transfert de la chaleur.
- Echangeurs de chaleur.
- Le module de régulation électronique.
- Un ou plusieurs émetteurs.

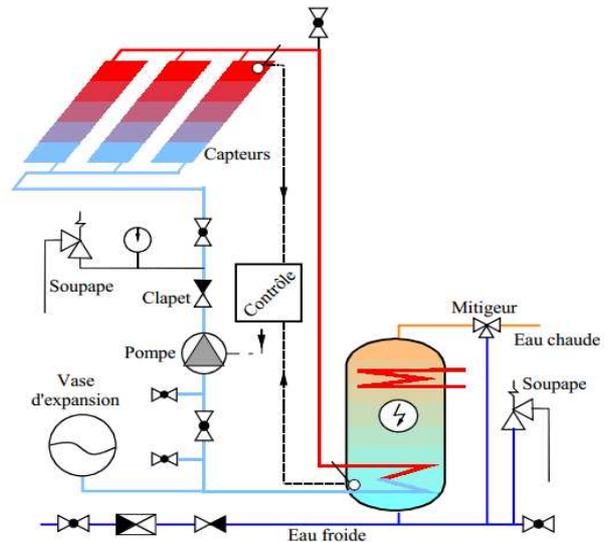


Figure 1.23 : Schéma descriptif d'un système de chauffage solaire [4]

I-1.2.4. Pompes à chaleur

Une pompe à chaleur (PAC) est une machine thermique permettant d'utiliser de l'énergie mécanique (pompes à compresseur) pour soutirer de la chaleur à basse température d'un milieu (environnement par exemple) dit "source froide" et de la restituer à une température plus élevée, la rendant utilisable pour les besoins domestiques (chauffage et eau chaude). [4]

La PAC comporte :

- Un compresseur.
- Un condenseur.
- Une vanne de détente.
- Un évaporateur.

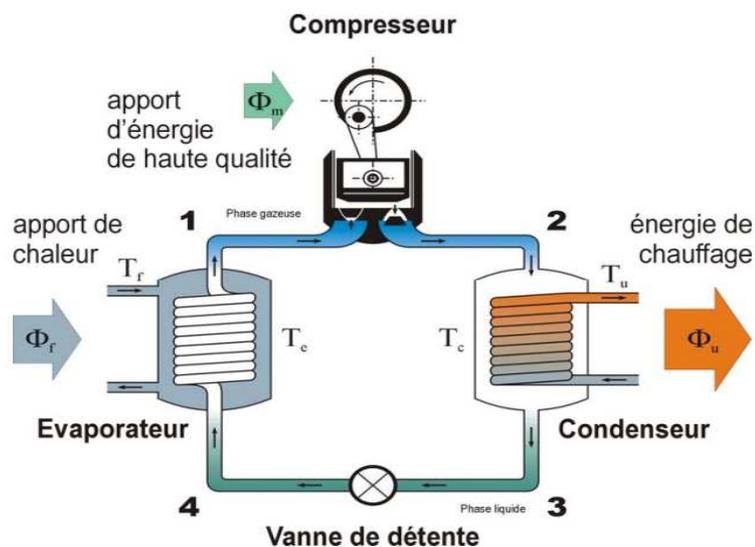


Figure 1.24 : Schéma descriptif d'une pompe à chaleur [4]

La performance d'une PAC seule est caractérisée par son coefficient de performance (COP) :

$$\text{COP} = \frac{(\phi_f + \phi_m)}{\phi_m} \quad (\text{I.10})$$

Où ϕ_u est la puissance fournie par la PAC;

ϕ_f est la puissance soutirée (pompée) de l'environnement;

ϕ_m est la puissance mécanique fournie à la PAC.

L'efficacité d'une pompe à chaleur idéale (Carnot) ϵ_c est donnée par la relation suivante :

$$\epsilon_c = \frac{T_u}{T_u - T_f} = \frac{1}{1 - \frac{T_f}{T_u}} \quad (\text{I.11})$$

T_u et T_f sont respectivement les températures de la source chaude et de la source froide en (°K).

I-1.3. Chauffage à distance

C'est le principe du chauffage central appliqué à un grand nombre de bâtiments ou de poste d'utilisation. Il peut assurer la couverture des besoins de chauffage, de l'eau chaude sanitaire, et des besoins de chaleur pour des processus de fabrications. Les fluides utilisés sont la vapeur, l'eau surchauffée. [1]

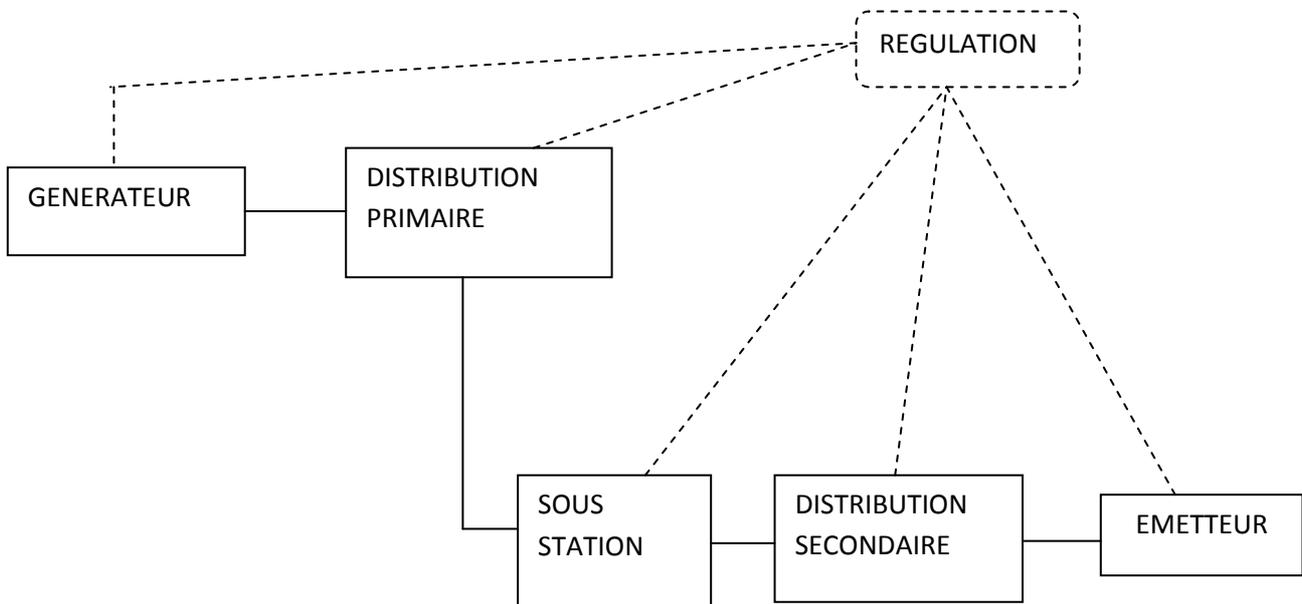


Figure 1.25 : Schéma descriptif du chauffage à distance [1]

I-1.3.1. Chauffage urbain

I-1.3.1.1. Production de la chaleur

La chaleur est produite dans de grosses centrales de production où plusieurs sources de combustibles tels que le fioul, le charbon, le gaz, le bois, la géothermie ou encore les ordures ménagères peuvent être utilisés.

La production de chaleur est assurée par des installations thermiques comprenant:

- Les unités de stockage des combustibles.
- Les fours et les chaudières.
- Les dispositifs de traitement et la cheminée d'évacuation des rejets gazeux.
- Les unités de production d'eau (deminéralisation et adoucissement).

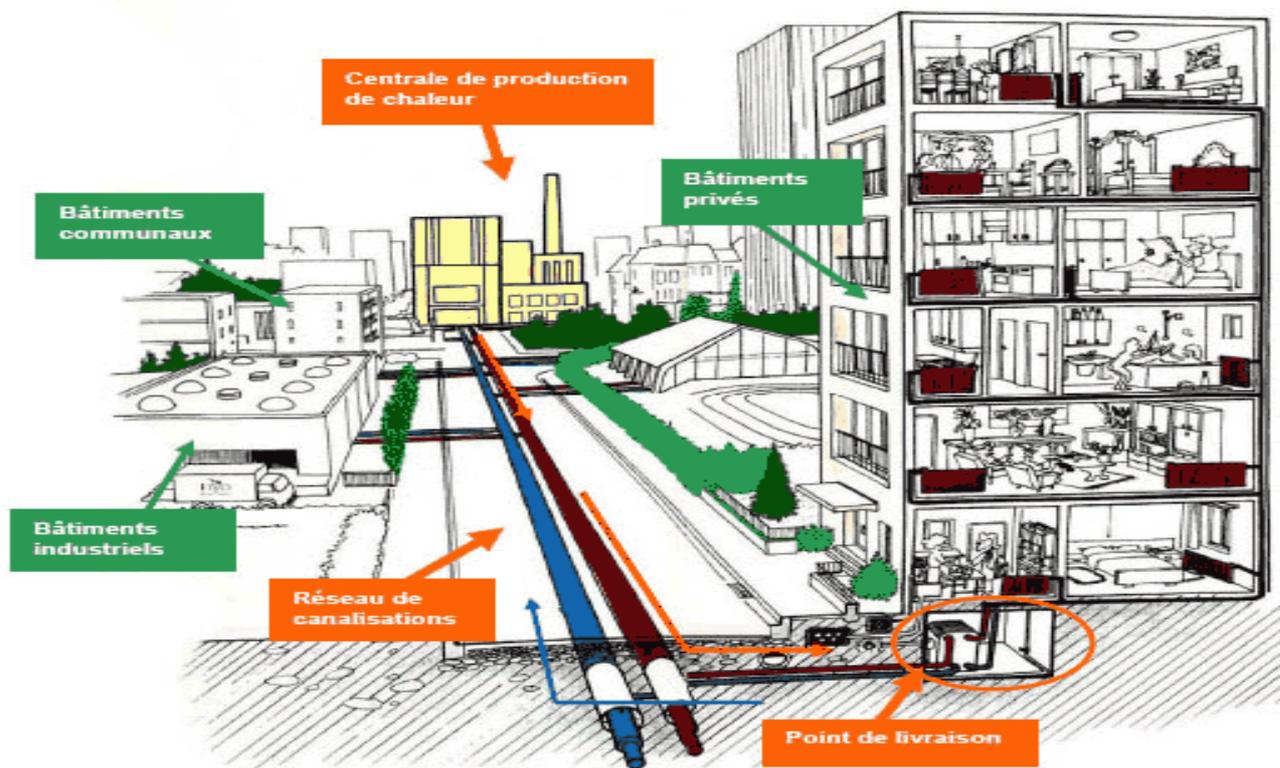


Figure 1.26 : Schéma de principe du chauffage urbain

Source : bourges.reseau-chaleur.fr

I-1.3.1.2. Distribution de la chaleur

La distribution de la chaleur s'effectue à l'intérieur de deux canalisations qui sont différentes car une contient le fluide qui va être envoyé chez les différents utilisateurs et l'autre pour le retour. Cette distribution se fait en souterrain en passant principalement sous les trottoirs.

I-1.3.1.3. Postes de livraison

Les postes de livraisons sont principalement des sous-stations qui sont placés dans les sous-sols des habitations. Ces sous-stations permettent de transmettre cette chaleur aux différents appartements de l'immeuble.

I-1.3.1.4. Les avantages du chauffage urbain

Les principaux avantages du chauffage urbain sont :

- La maîtrise des coûts énergétiques
- Le développement multi-énergétique
- La suppression des rejets atmosphériques anarchiques
- La préservation de l'environnement sur le plan esthétique.

Conclusion

Le chauffage a beaucoup évolué dans le temps ce qui a créé la diversité de ces systèmes. Les différents systèmes de chauffage ont été présentés dans ce chapitre, ainsi leur classification suivant la disposition de leurs éléments constitutifs, où on s'est focalisé sur le chauffage central à eau chaude qu'on prévoit d'installer sur le siège de daïra de Draa el Mizan.

Introduction

La mise au point d'un système de chauffage dans un local, nécessite l'établissement d'un bilan thermique qui servira de base de calcul à tout l'installation. Ce bilan permettra de distinguer les déperditions thermiques du local, ces déperditions ont une influence directe sur le dimensionnement du réseau de chauffage.

Ce chapitre comporte la méthodologie de l'élaboration d'un bilan thermique hivernal, qui impose la connaissance des données climatiques et géographiques du local à chauffer, les règles de calcul du bilan thermique hivernal ainsi que la composition des parois du local en question.

II-1. Situations géographique et conditions de base

II-1.1. Situation géographique :

Le siège de Daïra étudié est situé dans la ville de Draa el Mizan, à 42 Km au sud-ouest de la ville de Tizi-Ouzou dont les coordonnées géographiques et climatiques sont :

Latitude : 36,5356° Nord

Longitude : 3.83417° Est

Altitude : 432 m

Zone climatique : B (annexe 2.3)

Classe de rugosité : IV (annexe 2.2)

II-1.2. Conditions de base extérieure (climatologie)

Les données recensées à la station météorologique de Tizi-Ouzou (Boukhalifa) pendant la période 2010-2014 (durée maximale autorisée pour les étudiants) sont dans les tableaux qui suivent :

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
2010	16,1	17,6	19,7	22,2	24,3	29,8	35,8	35,5	31,1	26,2	19,0	16,7
2011	15,9	15,8	19,5	24,4	26,0	29,6	35,1	37,2	32,5	27,1	21,4	16,8
2012	16,3	11,9	19,7	21,1	27,0	34,2	35,7	30,1	32,3	28,1	21,8	17,4
2013	15,7	14,6	19,4	21,8	23,0	28,9	34,5	35,1	31,1	30,6	10,7	16,9
2014	17,6	18,8	17,5	24,3	26,5	30,7	34,7	35,9	33,7	29,0	22,7	15,4
Moy	16,3	15,7	19,1	22,7	25,3	30,6	35,1	34,7	32,1	28,2	19,1	16,6

Tableau 2.1 : Evolution de la température mensuelle maximale moyenne (°C) de la période (2010-2014). Source : Station météorologique de Tizi-Ouzou.

Chapitre II : Bilan thermique hivernale, conditions de base et calcul préliminaire

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
2010	7,8	9,1	9,4	11,5	12,3	16,2	20,6	20,7	17,9	14,4	10,9	7,2
2011	6,9	6,3	8,7	12,1	14,8	17,8	21,6	21,8	18,9	14,5	12,2	8,3
2012	5,6	2,7	9,0	11,0	14,0	20,0	21,6	23,4	18,7	15,8	12,5	8,2
2013	6,9	5,2	10,4	11,3	12,8	15,5	20,3	20,3	19,1	18,1	17,9	7,4
2014	8,6	8,6	8,2	11,3	13,2	17,4	20,0	21,5	21,0	16,0	13,5	7,7
Moy	7.16	5.18	9.14	11.4	13.4	17.3	20.8	21.5	19.1	15.7	13.4	7.76

Tableau 2.2 : Evolution de la température mensuelle minimale moyenne (° C) de la période (2010-2014). Source : Station météorologique de Tizi-Ouzou.

A. Température de base extérieure

Pour notre présente étude, on retient la valeur de la température extrême minimale déduit des tableaux précédant et du D.T.R (Valeurs de la température extérieure de base en fonction de l'altitude et de la zone climatique) : [5]

Zone	Altitude (m)	T_{be} (°c)	Zone	Altitude (m)	T_{be} (°c)
A	<300	6	C	500 à 1000	-2
	300 à 500	3			-4
	500 à 1000	1			
	≥1000	-1			
B	<500	2	D	<1000	5
	500 à 1000	1		≥1000	4
	≥1000	-1			
B'	<500	0	D'	<1000	5
	≥500	1			

Tableau 2.3 : Température extérieure de base en fonction de l'altitude et de la zone climatique [5]

En hiver, la température de base extérieure minimale est $T_{be} = 2^{\circ}\text{C}$.

B. Température de base intérieure

Cette construction est destinée à usage de bureaux. Lieu de travaille à activité légère, qui va contenir les travailleurs et les citoyens. La température intérieure de base imposée pour cette étude est $T_{bi} = 18^{\circ}\text{C}$.

Remarque :

En hiver le degré hygrométrique est généralement incontrôlable, il doit être maintenu dans une plage de confort allant de 30 à 70%.

Pour palier au risque de choc thermique on est tenu de respecter les différences de température entre l'intérieur et l'extérieur des locaux allant de 12 à 20°C pour la période hivernale.

II-2. Bilan thermique hivernal

Le bilan thermique hivernal permet d'estimer la puissance de chauffe à installer pour récupérer les déperditions d'un local, celles-ci sont égales aux déperditions à travers les parois et les déperditions par le flux d'air d'un local. Pour cela on a choisi le document technique réglementaire (D.T.R) qui nous permettra d'effectuer les calculs suivants les normes et avec une grande précision. [5]

II-2.1. Déperditions totales d'un logement

Les déperditions totales D pour un logement, contenant plusieurs volumes thermiques, sont données par :

$$D = \Sigma D_i \quad (II.1)$$

Où : - D_i représente les déperditions totales du volume i ($W/^\circ C$).

II-2.2. Déperditions totales d'un volume

Les déperditions totales D_i d'un volume i sont données par la relation :

$$D_i = (D_T)_i + (D_R)_i \quad (II.2)$$

Où : - $(D_T)_i$ représente les déperditions par transmission du volume i ($W/^\circ C$).

- $(D_R)_i$ représente les déperditions par renouvellement d'air du volume i ($W/^\circ C$).

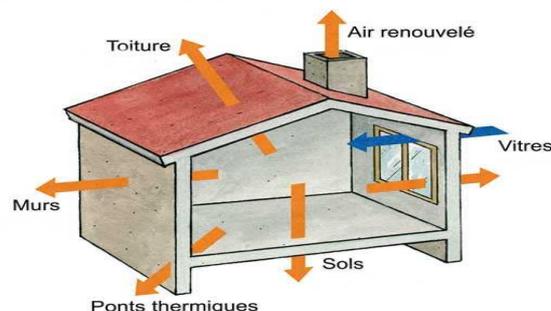


Figure 2.1 : Répartition des déperditions dans un local

II-2.2.1. Déperditions par transmission d'un volume

Les déperditions par transmission $(D_T)_i$ d'un volume i sont données par la relation :

$$(D_T)_i = (D_s)_i + (D_{li})_i + (D_{sol})_i + (D_{inc})_i \quad (II.3)$$

Où : - $(D_s)_i$ représente les déperditions surfaciques à travers les parties courantes des parois en contact avec l'extérieur, (en $W/^\circ C$).

- $(D_{li})_i$ représente les déperditions à travers les liaisons, (en $W/^\circ C$).

- $(D_{sol})_i$ représente les déperditions à travers les parois en contact avec le sol, (en $W/^\circ C$).

- $(D_{inc})_i$ représente les déperditions à travers les parois en contact avec les locaux non chauffés, (en $W/^\circ C$).

II-2.2.2. Déperditions par renouvellement d'air d'un volume

Les déperditions par renouvellement d'air d'un volume i $(D_R)_i$ sont données par :

$$(D_R)_i = (D_{Rv})_i + (D_{Rs})_i \quad (II.4)$$

Où : - $(D_{Rv})_i$ représente les déperditions dues au fonctionnement normal des dispositifs de ventilation ($W/^\circ C$).

- $(D_{Rs})_i$ représente les déperditions supplémentaires dues au vent ($W/^\circ C$)

II-2.3. Déperditions de référence et vérification réglementaire :

Les déperditions par transmission D_T du logement doivent vérifier :

$$D_T \leq 1,05 \times D_{réf} \quad (II.5)$$

Où : - D_T : représente les déperditions par transmission du logement, ($W/^\circ C$)

- $D_{réf}$: représente les déperditions de référence, ($W/^\circ C$)

➤ Calcul des déperditions de référence

Les déperditions de référence $D_{réf}$ sont calculées par la formule suivante :

$$D_{réf} = (a \times S1) + (b \times S2) + (c \times S3) + (d \times S4) + (e \times S5) \quad (II.6)$$

Les S_i représentent les surfaces des parois en contact avec l'extérieur. Elles concernent respectivement :

S1 : la toiture.

S2 : le plancher.

S3 : les murs.

S4 : les portes.

S5 : les fenêtres.

Chapitre II : Bilan thermique hivernale, conditions de base et calcul préliminaire

Les coefficients (a, b, c, d et e) sont donnés dans le tableau qui suit :

Zone	Logement individuel					Logement en immeuble collectif				
	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e
A	1,10	2.40	1.40	3.50	4.50	1.10	2.40	1.20	3.50	4.50
B	1,10	2.40	1.20	3.50	4.50	0.90	2.40	1.20	3.50	4.50
B'	1,10	2.40	1.20	3.50	4.50	0.90	2.40	1.20	3.50	4.50
C	1,10	2.40	1.20	3.50	4.50	0.85	2.40	1.20	3.50	4.50
D	2,40	3.40	1.40	3.50	4.50	2.40	3.40	1.40	3.50	4.50
D'	2,40	3.40	1.40	3.50	4.50	2.40	3.40	1.40	3.50	4.50

Tableau 2.4 : Les coefficients a, b, c, d et e ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$), en fonction nature du logement et de la zone climatique [5]

II-2.4. Les déperditions de base

Le calcul de la puissance de chauffage d'un logement doit comporter le calcul des déperditions de base selon la méthode décrite dans le (DTR). Par conséquent l'écart de température de base entre les ambiances intérieures et extérieures doit être pris en considération. [5]

II-2.4.1. Déperditions de base totales par transmission

Les déperditions de base totales pour un local D_B , contenant plusieurs volumes thermiques, ont pour expression :

$$D_B = \sum (D_B)_i \quad (\text{II.7})$$

Où : - $(D_B)_i$ représente les déperditions de base de chaque volume thermique i (W).

II-2.4.2. Déperditions de base pour un volume

Les déperditions de base pour un volume thermique $(D_B)_i$ ont pour expression :

$$(D_B)_i = D_i \times (T_{bi} - T_{be}) \quad (\text{II.8})$$

Où : - D_i représente les déperditions totales du volume thermique i ($W/^\circ C$).

- T_{bi} est la température intérieure de base du volume considéré ($^\circ C$).

- T_{be} est la température extérieure de base du lieu d'implantation de la construction ($^\circ C$).

II-2.4.2.1. Les déperditions surfaciques par transmission à travers les parois

Les déperditions surfaciques par transmission à travers une paroi séparant deux ambiances différentes sont données par la formule suivante :

$$D_s = K \times S \times (T_{bi} - T_{be}) \quad (\text{II.9})$$

Où : - S : surface de la paroi (m²).

- K : coefficient global de transmission de la chaleur (W/m²°C).

- T_{be} : température extérieure (°C).

- T_{bi} : température intérieure (°C).

II-2.4.2.2. Les Déperditions par transmission à travers les liaisons

Les déperditions à travers une liaison, ou pont thermique D_{li}, pour une différence de température, sont données par la formule :

$$D_{li} = K_l \times L \times (T_{bi} - T_{be}) \quad (\text{II.10})$$

Où : - K_l représente le coefficient de transmission linéique de la liaison (W/m°C).

- L représente la longueur intérieure de la liaison (m).

Remarque :

Pour simplifier les calculs on prend :

$$D_{li} = 0.2 \times D_{Ts} \quad (\text{II.11})$$

II-2.4.2.3. Les Déperditions par transmission à travers les parois en contact avec le sol

Les déperditions D_{sol}, pour un plancher bas ou un mur enterré, sont données par la formule:

$$D_{sol} = K_s \times p \times (T_{bi} - T_{be}) \quad (\text{II.12})$$

Où : - K_s est le coefficient de transmission linéique du plancher bas ou du mur dont les valeurs sont données dans le tableau (2.5).

- p représente le périmètre intérieur du plancher (m).

Z (m)	Inferieur à -0,600	de - 6,00 à - 4,05	de - 4,00 à -2,55	de -2,50 à -1,85	de -1,80 à -1,25	de -1,20 à - 0,75
K _s (W/m°C)	0	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00
Z (mm)	de - 0,70 à - 0,45	de - 0,40 à - 0,25	de - 0,20 à 0,20	de 0,25 à 0,40	de 0,45 à 1,00	de 1,05 à 1,50
K _s (W/m°C)	1,20	1,40	1,75	2,10	2,35	2,55

Tableau 2.5: Les valeurs des coefficients K_s en fonction de la différence de niveau, notée z [5]

II-2.4.2.4. Les déperditions par transmission à travers les parois en contact avec des locaux non chauffé

Les déperditions D_{Inc} par transmission à travers une paroi en contact avec un local non chauffé sont données par la formule suivante :

$$D_{Inc} = \text{Tau} \times [\Sigma (K \times S \times \Delta T) + \Sigma (K_l \times L \times \Delta T)] \quad (\text{II.13})$$

Où : - K est le coefficient de transmission surfacique de chaque paroi (W/m²°C).

- S est la surface intérieure de chaque paroi (m²).
- K_l est le coefficient de transmission linéique de chaque liaison (W/m°C).
- L est la longueur intérieure de chaque liaison (m).
- Tau est le coefficient de réduction de température.

Tau est donné par la formule suivante :

$$\text{Tau} = \frac{T_i - T_n}{T_i - T_e} = \frac{de}{de + a_c} \quad (\text{II.14})$$

Où : - T_i est la température intérieure (°C)

- T_n est la température de l'espace non chauffé (°C)
- T_e est la température extérieure (°C)
- a_c représente les apports de chaleur des divers locaux chauffés vers le local non chauffé (W/°C).
- d_e représente les déperditions du local non chauffé vers l'extérieur (W/°C).

La température du local non chauffé est donnée par la relation suivante :

$$T_n = T_i - [(T_i - T_e) \times \frac{de}{de + a_c}] \quad (\text{II.15})$$

Chapitre II : Bilan thermique hivernale, conditions de base et calcul préliminaire

Les apports a_c se calculent en considérant les parois séparatrices entre les locaux non chauffés et les locaux chauffés ($W/^\circ C$).

$$a_c = \Sigma (K \times S) + \Sigma (K_l \times L) \quad (II.16)$$

Les déperditions vers l'extérieur d_e sont données par la formule suivante :

$$d_e = \Sigma [(K \times S) + \Sigma (K_l \times L)] + d_r \quad (II.17)$$

Où : - d_r représente les déperditions par renouvellement d'air du local non chauffé ($W/^\circ C$)

Pour notre cas on admet :
$$d_r = 0,34 \times N \times V \quad (II.18)$$

Où : - V est le volume du local non chauffé (m^3).

- N est le taux horaire de renouvellement d'air du volume « V » du local non chauffé (h^{-1})

Les valeurs de N sont données dans le tableau (2.6)

- 0.34 : La chaleur volumique de l'air ($Wh/m^3^\circ C$).

Dépendances	N (en h^{-1})
Maison individuelle, toutes dépendances (caves, garage, cellier, ...)	0.5
Immeuble collectif d'habitation :	
- Circulation commune	
• sans ouverture directe sur l'extérieur	0.5
• avec ouverture directe sur l'extérieur	2
• avec bouche ou gaine de désenfumage ouverte en permanence	4
- Hall d'entrée	4
- Garage collectif	1
- Autres dépendances	0.5

Tableau 2.6 : Taux horaire de renouvellement d'air du volume V du local non chauffé [5]

II-2.4.2.5. Déperditions de base totales par renouvellement d'air

Les déperditions par renouvellement d'air tiennent compte :

- Des déperditions dues au fonctionnement des dispositifs de ventilation ; on associe à ces déperditions le débit spécifique de ventilation.
- Des déperditions supplémentaires par infiltrations dues à l'effet de vent.

Les déperditions par renouvellement d'air de l'immeuble ont pour expression

$$D_R = 0.34 (Q_v + Q_s) \times (T_{bi} - T_{be}) \quad (II.19)$$

Où : - 0.34 est la chaleur volumique d'air ($Wh/m^3^\circ C$).

- Q_v est le débit spécifique de ventilation (m^3/h).

- Q_s est le débit supplémentaire par infiltrations dues au vent (m^3/h).

A. Débit spécifique de ventilation

$$Q_v = \text{MAX} [(0.6 \times V_h), Q_{v\text{ref}}] \quad (\text{II.20})$$

Où : - V_h : Volume habitable (m^3).

- $Q_{v\text{ref}}$: Débit extrait de référence (m^3/h).

Le débit extrait de référence $Q_{v\text{ref}}$ est donné par la formule suivante :

$$Q_{v\text{ref}} = \left(\frac{5 Q_{v\text{min}} + Q_{v\text{max}}}{6} \right) \quad (\text{II.21})$$

Où : - $Q_{v\text{min}}$: Débit extrait minimal de référence donné dans le tableau (2.7).

- $Q_{v\text{max}}$: Débit extrait maximal de référence donné dans le tableau (2.8).

Nombre de pièces principales	1	2	3	4	5	> 5
$Q_{v\text{min}}$ (m^3/h)	25	50	75	100	110	On ajoute $10\text{m}^3/\text{h}$ par pièces supplémentaire

Tableau 2.7 : Débit extrait minimal de référence $Q_{v\text{min}}$ [5]

Nombre de pièces principales par logement	$Q_{v\text{max}}$ (m^3/h)			
	Cuisine	Salle de bains	Autre salle d'eau	Cabinet d'aisance
1	75	15	15	15
2	90	15	15	15
3	105	30	15	15
4	120	30	15	30
5 et plus	135	30	15	30

Tableau 2.8 : Débit extrait maximal de référence $Q_{v\text{max}}$ [5]

B. Débit supplémentaire par infiltrations dues au vent

$$Q_s = P_p \times e_v \quad (\text{II.22})$$

Où : - e_v : Coefficient d'exposition au vent affecté à la paroi donné dans le tableau (2.9).

- P_p : Perméabilité à l'air de la paroi (m^3/h sous $\Delta P = 1 \text{ Pa}$).

$$P_p = P_0 \times S \quad (\text{II.23})$$

Où : - P_0 : Perméabilité surfacique à l'air de l'ouvrant ($\text{m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$ sous $\Delta P = 1 \text{ Pa}$) donné dans le tableau (2.10)

- S : La surface de l'ouvrant (m^2).

Chapitre II : Bilan thermique hivernale, conditions de base et calcul préliminaire

Hauteur (m)	Classe de rugosité				
	V	IV	III	II	I
$H \leq 4$	0,40	1,47	2,71	4,06	6,36
$4 < H < 7$	1,10	2,30	3,51	4,82	7,08
$7 < H < 11$	1,76	3,00	4,19	5,46	7,67
$11 < H < 18$	2,57	3,87	4,97	6,17	8,32
$18 < H < 30$	3,50	4,80	5,80	6,93	9,02
$30 < H < 50$	4,47	5,78	6,66	7,71	9,72

Tableau 2.9 : Coefficient d'exposition au vent « e_v » en fonction de la hauteur et de la classe de rugosité [5]

Type de parois	Valeurs de P_0 (m/h.m ² sous $P = 1$ Pa)
Fenêtre ou parte fenêtre	4,0
Porte avec seuil et joint d'étanchéité	1,2
Porte	6,0
Double fenêtre	2,4

Tableau 2.10 : La perméabilité surfacique à l'air des différents ouvrants [5]

II-3. Calcul de la puissance de chauffage

La puissance de chauffage P (W) nécessaire pour un logement est donnée par : [5]

$$P = [T_{bi} - T_{be}] \times [(1 + \text{Max}(c_r ; c_{in})) D_T] + [(1 + c_r) \times D_R] \quad (\text{II.24})$$

Où : - T_{bi} (en °C) représente la température intérieure de base,

- T_{be} (en °C) représente la température extérieure de base.

- D_T (en W/°C) représente les déperditions par transmission du logement.

- D_R (en W/°C) représente les déperditions par renouvellement d'air du logement.

- c_r est un ratio estimé des pertes calorifiques dues au réseau de tuyauteries éventuel.

- c_{in} représente un coefficient de surpuissance (sans dimension).

Le coefficient c_r prend les valeurs suivantes :

Le coefficient c_r prend les valeurs suivantes :	
0	pour les installations de type "chauffage individuel".
0,05	pour les installations de type "chauffage central" dans lesquelles toutes les tuyauteries sont calorifugées.
0,10	pour les installations de type "chauffage central" dans lesquelles les tuyauteries sont calorifugées seulement dans les zones non chauffées.
0,20	pour les installations de type "chauffage central" dont le réseau de tuyauteries n'est pas calorifugé.

Tableau 2.11 : Valeur du coefficient c_r en fonction du type de l'installation et du calorifugeage des conduits [5]

Chapitre II : Bilan thermique hivernale, conditions de base et calcul préliminaire

Le coefficient c_{in} prend les valeurs suivantes :

Le coefficient c_{in} prend les valeurs suivantes :	
0,10	en cas de chauffage continu.
0,15	en cas de chauffage discontinu, et dans le cas d'une construction dont la classe d'inertie est "faible" ou "moyenne".
0,20	en cas de chauffage discontinu, et dans le cas d'une construction dont la classe d'inertie est "fort".

Tableau 2.12 : valeur du coefficient c_{in} en fonction de l'inertie thermique et du type de chauffage [5]

II-4. Calculs préliminaire

Cette étape est primordiale lors de l'établissement d'un bilan thermique, puisque les déperditions dépendent des coefficients de transmission surfacique, c'est pour cette raison qu'il faut mettre en évidence la composition et les caractéristiques thermo-physiques de chaque paroi, afin de déterminer son coefficient de transmission surfacique. [5]

II-4.1. Coefficients de transmission surfacique

La détermination du coefficient de transmission surfacique global d'une paroi quelconque constituée de plusieurs couches supposées parfaitement accolées et séparatrice de deux ambiances (intérieur et extérieur) de température différente est donné par la relation :

$$K = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{e_i}{\lambda_i}} \quad (\text{II.25})$$

Avec : * $\frac{1}{h_i}$ et $\frac{1}{h_e}$: Les résistances thermiques d'échanges superficiels intérieurs et extérieurs respectivement ($\text{m}^2\text{C/W}$) ; (Annexe 3 ; Tableau A3.7).

* λ : conductivité thermique ($\text{W/m}^\circ\text{C}$).

* e : l'épaisseur de la $i^{\text{ème}}$ couche de la paroi (m)

Certains murs disposent d'une lame d'air séparant deux couches de brique qui sert d'isolant thermique. La résistance thermique d'une lame d'air en fonction de son épaisseur est donnée. (Annexe 3 ; Tableau A3.8)

II-4.1.1. Coefficient de transmission surfacique des parois séparatrices

Les coefficients de transmission surfacique globale appropriée aux différentes parois séparatrice de la construction (siège de daïra Draa el Mizan), hors mis les fenêtres et les portes sont dans le tableau (2.15).

Chapitre II : Bilan thermique hivernale, conditions de base et calcul préliminaire

Mur intérieur simple paroi (14 cm)			
N ^o	Constituants	e(m)	λ(W/m ² °C)
1	Mortier ciment	0,02	1,4
2	Brique	0,1	0,56
3	Enduit plâtre	0,02	0.35
K = 1/(0.22 + ∑ R _i) = 2.03 W/m ² °C			
Mur intérieur simple paroi (20 cm)			
N ^o	Constituants	e(m)	λ(W/m ² °C)
1	Mortier ciment	0,02	1,4
2	Brique	0,15	R = 0,3
3	Enduit plâtre	0,02	0.35
K = 1/(0.22 + ∑ R _i) = 1.69W/m ² °C			
Mur intérieur double parois			
N ^o	Constituants	e(m)	λ(W/m ² °C)
1	Enduit plâtre	0.02	0.35
2	Brique creuse	0.1	0.56
3	Lame d'air	0.06	R= 0.11
4	Brique creuse	0.1	0.56
5	Enduit plâtre	0.02	0.35
K=1/(0.22 + ∑ R _i) = 1.18 W/m ² °C			
Mur extérieur			
N ^o	Constituants	e(m)	λ(W/m ² °C)
1	Mortier ciment	0.02	1.4
2	Brique creuse	0.1	0.56
3	Lame d'air	0.06	R= 0.11
4	Brique creuse	0.1	0.56
5	Enduit plâtre	0.02	0.35
K=1.33 W/m ² °C			
Plafond			
N ^o	Constituants	e(m)	λ(W/m ² °C)
1	Plaque de liège	0.02	0.04
2	Dalle de compression en béton courant	0.04	R = 0.12
3	Entrevous	0.16	
4	Enduit plâtre	0.02	0.057
K= 1/(0.14 + ∑ R _i) = 1.22 (W/m ² °C)			

Suite :

Plancher intermédiaire			
N ⁰	Constituants	e(m)	λ(W/m ² °C)
1	Produit de céramique	0.04	1.0
2	Dalle de compression en béton courant	0.04	R = 0.12
3	Entrevous	0.16	
4	Enduit plâtre	0.02	0.35
K=1/(0.34 + ∑ R _i) = 1,8 (W/m ² °C)			

Tableau 2.13 : Coefficients de transmission globale des murs et des planchers

II-4.1.2. Les coefficients de transmission surfaciques des portes et des fenêtres

Les parois vitrées sont source de déperditions importantes qu'il faut en aucun cas négliger lors du calcul, leur coefficient de transmission K est donné par la formule suivante :

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{K_{vn}} + R_v + R_{rid} + R_{occ} \quad (II.26)$$

Où :

- K_{vn} représente le coefficient K du vitrage nu (W/m²°C) ; donné dans le tableau (2.16).
- R_v représente la résistance supplémentaire des voilages éventuels ;
on adopte $R_v = 0,025$ (m²°C/W).
- R_{rid} représente la résistance supplémentaire des rideaux éventuels ;
on adopte $R_{rid} = 0,030$ (m²°C/W).
- R_{occ} représente la résistance supplémentaire des occultations (m²°C/W).

Le siège de daïra est équipé de fenêtres à simple vitrage de menuiserie métallique (aluminium), sauf que certaine de ces fenêtres dispose de rideaux et de voilage. Leurs coefficients K respectives sont :

- Fenêtre simple vitrage sans rideaux et voilage : $K = 5,8$ W/m²°C
- Fenêtre simple vitrage avec rideaux et voilage : $\frac{1}{K} = \frac{1}{K_{vn}} + R_r + R_v = \frac{1}{5,8} + 0,03 + 0,025$
 $K = 4.39$ W/m²°C.

Chapitre II : Bilan thermique hivernale, conditions de base et calcul préliminaire

Type de vitrage	Epaisseur de la lame d'air (mm)	Nature de la menuiserie	Paroi verticale	Paroi horizontale
Vitrage simple	-	Bois	5	5.5
		Métal	5.8	6.5
Vitrage double	5 à 7	Bois	3.3	3.5
		Métal	4	4.3
	8 à 9	Bois	3.1	3.3
		Métal	3.9	4.2
	10 à 11	Bois	3	3.2
		Métal	3.8	4.1
	12 à 13	Bois	2.9	3.1
		Métal	3.7	4
Double fenêtre	plus de 30	Bois	2.6	3.7
		Métal	3	3.2

Tableau 2.14 : Coefficients K_{vn} des vitrages nus [5]

Il est généralement choisi pour la plupart des constructions publiques des portes de fabrication courante, leurs coefficients de transmission sont donnés dans le tableau (2.17).

	Portes donnant sur l'extérieur	Portes donnant sur un local non chauffé
Portes en bois		
- Portes opaques	3.5	2
- Portes avec une proportion de vitrage < 30%	4	2.4
- Portes avec une proportion de vitrage comprise entre 30% et 60%	4.5	2.7
Portes en métal		
- Portes opaques	5,8	4,5
- Portes équipées de vitrage simple	5,8	4,5

Tableau 2.15 : Les coefficients K des portes courantes $W/m^2°C$ [5]

II-4.1.3. Récapitulatif des coefficients de transmission (application au cas d'étude)

Les coefficients de transmission global, calculés et tirés du DTR, des d'efférentes parois de la construction sont dans le tableau suivant :

Parois	K (W/m ² °C)
Mur extérieur	1.33
Mur intérieur simple paroi (14 cm)	2.03
Mur intérieur simple paroi (20 cm)	1.69
Mur intérieur double parois	1.18
Porte intérieure opaque	2
Porte intérieure vitrée	2.4
Porte extérieure	5.8
Fenêtre sans voilage et rideaux (1.8*1.9)	5.8
Fenêtre avec voilage et rideaux (1.8*1.5)	4.39
Plafond	1.22
Plancher bas	$K_S = 1.75 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$
Plancher intermédiaire	1.8

Tableau 2.16 : Coefficient de transmission de chaleur des parois de la construction

Conclusion

La collecte de données climatique et la localisation géographique du siège de daïra de Draa el Mizan, nous ont permis d'avoir une prévision sur les températures de base intérieur et extérieur à prendre en considération dans l'étude.

Cependant la réglementation thermique n'est pas une norme international, même si les principes de transfert de chaleur ne change pas, elle est propre à chaque région, où les paramètres influençant sur la réglementation thermique de l'Algérie sont vus dans ce chapitre.

Le calcul des coefficients de transmission surfacique repose sur la connaissance des paramètres thermo-physique des matériaux homogènes (plâtre, mortier...etc.), et hétérogènes (brique, entrevus...etc.) qui compose les parois.

Introduction

Dans ce chapitre, nous allons procéder au calcul des déperditions thermiques de la construction suivant le DTR. Le plan d'architecture descriptif du cas d'étude (siège de daïra de Draa el Mizan) est donné vers la fin de ce chapitre.

L'étude vise à dimensionner un système de chauffage adéquat en faisant l'égalité entre les déperditions et les besoins calorifiques qui représentent la quantité de chaleur à fournir pour chauffer les différents locaux. Les résultats sont un élément essentiel pour dimensionner les équipements de chauffage.

III-1. Calcul des déperditions calorifiques du bâtiment

Les déperditions calorifiques sont égales au flux de chaleur sortant d'un local, ou d'un groupe de locaux, par transmission de chaleur à travers les parois et par renouvellement d'air.

Le calcul des déperditions étant complexe, on a recours alors à des méthodes pratiques de calcul, utilisées dans la plupart des bureaux d'études de chauffage et de climatisation.

Parmi ces méthodes, on opte pour la méthode d'utilisation de document thermique réglementaire (D.T.R) de dans laquelle les déperditions calorifiques sont classées comme suit :

- Déperdition par transmission surfacique.
- Déperdition par transmission linéique.
- Déperdition par renouvellement d'air.

Pour une installation de chauffage central le bilan thermique se fait pièce par pièce pour les raison de non chauffage de certains locaux, mais les températures de ces locaux non chauffés doivent être déterminé pour pouvoir mené à bien les calcules.

III-1.1. Détermination des températures des locaux non chauffés

Le calcul de la température du local non chauffé repose sur la relation donné au chapitre précédent qui tien compte des déperditions du local non chauffé vers l'extérieur, des apports des locaux chauffé ainsi que les températures intérieur et extérieur de base.

Application au Hall + cage d'escalier du 1^{er} étage (figure 3.1) :

Géométrie du local : $P = 25,27\text{m}$; $S = 29,41\text{m}^2$; $H=3,2\text{m}$; $V = 94,11\text{m}^3$

$$T_n = T_i - [(T_i - T_e) \times \frac{de}{de+ac}]$$

Chapitre III : Les besoins en chauffage du siège de daïra Draa el Mizan

Les déperditions (d_e) sont calculées en considérant que les parois séparatrices entre les locaux non chauffés et l'extérieur.

$$d_e = \Sigma [(K \times S) + \Sigma (k_l \times L)] + d_r$$

d_r : représente les déperditions par renouvellement d'air du local non chauffé.

Pour notre cas on admit :

$$d_r = 0,34 \times N \times V \quad \text{avec } N = 0,5 \text{ h}^{-1}$$

Application:

Mur extérieur nord : $S = 9,74 \text{ m}^2$; $K = 1,33 \text{ W/m}^2\text{°C}$

Fenêtre: $S = 2,7 \text{ m}^2$; $K = 5,8 \text{ W/m}^2\text{°C}$



Figure 3.1 : Plan du hall et de la cage d'escaliers

$$d_e = [(9,74 \times 1,33) + (2,7 \times 5,8)] + [(9,74 \times 1,33) + (2,7 \times 5,8)] \times 0,2 + [(0,34 \times 0,5 \times 94,11)]$$

$$d_e = 50,34 \text{ W/°C.}$$

Les apports (a_c) sont calculés aussi en considérant que les parois séparatrice entre les locaux chauffé et ceux non chauffés.

$$a_c = \Sigma (K \times S) + \Sigma (K_l \times L)$$

Application:

Les portes : $S_T = 1,98 \times 3 = 5,94 \text{ m}^2$; $K = 2 \text{ W/m}^2\text{°C}$

Les Murs intérieurs simple : $S_T = 36 \text{ m}^2$; $K = 2,03 \text{ W/m}^2\text{°C}$.

Le mur intérieur double parois : $S_T = 3,04 \text{ m}^2$; $K = 1,18 \text{ W/m}^2\text{°C}$.

$$a_c = [(36 \times 2,03) + (5,94 \times 2) + (3,04 \times 1,18)] + \{[(36 \times 2,03) + (5,94 \times 2) + (3,04 \times 1,18)] \times 0,2\}$$

$$= 106,26 \text{ W/°C.}$$

$$T_n = 18 - [(18 - 2) \times \frac{50,34}{50,34 + 106,26}] = 12,85 \text{ °C.}$$

Finalement on prendra : $T_n = 12,5 \text{ °C}$

Le même raisonnement est suivi pour tous les autres locaux non chauffé, et les résultats sont interprétés dans le tableau (3.1).

Chapitre III : Les besoins en chauffage du siège de daïra Draa el Mizan

	Pièces	Température C°
RDC	Cage d'escalier, circulation, salle d'archive	8
	Magasin de stockage	11
	Garage et dépôt	6
1 ^{er} Etage	Sanitaires	6.5
	Hall + cage d'escaliers	12.5
2 ^{eme} Etage	Sanitaires	6.5
	Hall + cage d'escaliers	11
3 ^{eme} Etage	Hall +escalier	7
	Sanitaires	5
	circulation	14

Tableau 3.1 : les températures des locaux non chauffée.

III-1.2. Exemple de calcul des déperditions calorifiques

Dans cet exemple, on va illustrer toutes les déperditions citées dans le chapitre précédent par une application numérique, et ceux pour local 01 du 2^{eme} Etage (figure 3.2) :

Température intérieur du local : $T_i = 18^\circ\text{C}$

Température extérieur : $T_e = 2^\circ\text{C}$

Où : D_{TS} : Déperdition par transmission surfacique (W).

D_{TL} : Déperdition par transmission linéique (W)

D_R : Déperdition par renouvellement d'air (W)

D_{Tot} : Déperdition totale (W)



Figure 3.2 : Plan du local (01) du 2^{eme} étage

III-1.2.1. Déperditions par transmission surfacique

Mur extérieur nord :

$$S=6.26 \text{ m}^2 \quad ; \quad K = 1.33 \text{ W/m}^2\text{°C} \quad ; \quad \Delta T= 16^\circ\text{C}$$

$$D_{TS} = K \cdot S \cdot \Delta T = 6,26 \times 1,33 \times 16 = 133.21 \text{ W}$$

Chapitre III : Les besoins en chauffage du siège de daïra Draa el Mizan

Fenêtre:

$$S=2,7 \text{ m}^2 \quad ; \quad K = 4,39\text{W/m}^2\text{°C} \quad ; \quad \Delta T= 16\text{°C}$$

$$D_{TS} = K. S.\Delta T = 2,7 \times 4,39 \times 16 = 189.65\text{W}$$

Mur extérieur nord-ouest :

$$S=5.02\text{m}^2 \quad ; \quad K = 1.33 \text{ W/m}^2\text{°C} \quad ; \quad \Delta T= 16\text{°C}$$

$$D_{TS} = K. S.\Delta T = 5.02 \times 1,33 \times 16 = 106.83 \text{ W}$$

Mur extérieur ouest :

$$S=6.26 \text{ m}^2 \quad ; \quad K = 1.33 \text{ W/m}^2\text{°C} \quad ; \quad \Delta T= 16\text{°C}$$

$$D_{ST} = K. S.\Delta T = 6,26 \times 1,33 \times 16 = 133.21 \text{ W}$$

Fenêtre:

$$S=2,7\text{m}^2 \quad ; \quad K = 4,39\text{W/m}^2\text{°C} \quad ; \quad \Delta T= 16\text{°C}$$

$$D_{TS} = K. S.\Delta T = 2,7 \times 4.39 \times 16 = 189.65\text{W}$$

Mur intérieur EST double parois :

$$S=3.2 \text{ m}^2 \quad ; \quad K = 1.18 \text{ W/m}^2\text{°C} \quad ; \quad \Delta T= 7\text{°C}$$

$$D_{TS} = K. S.\Delta T = 3.2 \times 1.18 \times 7 = 26.43\text{W}$$

Mur intérieur simple (14 cm) EST :

$$S=11.2\text{m}^2 \quad ; \quad K = 2.03\text{W/m}^2\text{°C} \quad ; \quad \Delta T= 7\text{°C}$$

$$D_{ST} = K. S.\Delta T = 11.2 \times 2.03 \times 7 = 159.15 \text{ W}$$

Mur intérieur simple Sud :

$$S=1.54\text{m}^2 \quad ; \quad K = 2.03\text{W/m}^2\text{°C} \quad ; \quad \Delta T= 7\text{°C}$$

$$D_{ST} = K. S.\Delta T = 1.54 \times 2.03 \times 7 = 21.88 \text{ W}$$

Porte :

$$S=1.98\text{m}^2 \quad ; \quad K = 2\text{W/m}^2\text{°C} \quad ; \quad \Delta T= 7\text{°C}$$

$$D_{ST} = K. S.\Delta T = 1.98 \times 2 \times 7 = 27.72 \text{ W}$$

Plancher supérieur :

$$S=15.75\text{m}^2 \quad ; \quad K = 1.22\text{W/m}^2\text{°C} \quad ; \quad \Delta T= 16\text{°C}$$

$$D_{ST} = K. S.\Delta T = 15.75 \times 1.22 \times 16 = 370.44\text{W}$$

III-1.2.2. Déperditions par transmission linéique

Nous les avons considérées égales à 20% des déperditions par transmission surfacique.

$$D_{TL} = 0.2 \times \Sigma D_{TS}$$

Ce qui donne : $D_{TL} = 0.2 \times 1358.172 = 271.634 \text{ W}$

III-1.2.3. Déperditions par renouvellement d'air

Le renouvellement d'air pour ce siège se fait uniquement par infiltration d'air due aux ouvrants, aucun dispositif de ventilation ne sera utilisé. Pour ce local il en existe que deux fenêtres qu'on considère comme source de déperditions par renouvellement d'air.

$$D_R = 0,34 \times (Q_v + Q_s)$$

Avec : $Q_v = \text{Max} [0,6 \times V_h ; Q_{v\text{réf}}] = 0$ (pas de dispositif de ventilation)

Et: $Q_s = \Sigma (P_p \times e_v) = \Sigma((P_o \times S) \times e_v)$

Donc : $D_R = 0,34 \times Q_s = 0,34 \times \Sigma((P_o \times S) \times e_v)$

Où : $P_o = 4,0 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$ (Fenêtre ou porte fenêtre).

$$S = 5.4 \text{ m}^2$$

$e_v = 3,00$ pour : $7 < H < 11$ (classe de régurgité IV).

Ce qui donne : $D_R = 0,34 \times 4 \times 5.4 \times 3 \times 16 = 352.51 \text{ W}$

III-1.2.4. Déperditions totales du local

Les déperditions totales du local correspondent à la somme de toutes les déperditions.

$$D_{\text{Tot}} = \Sigma D_{TS} + D_{TL} + D_R = 1358.172 + 271.634 + 352.51 = 1982.316 \text{ W}$$

III-1.2.5. Vérification réglementaire

Les déperditions par transmission D_T du local doivent vérifier la condition suivante :

$$D_T \leq 1,05 \times D_{\text{réf}}$$

Dans notre cas et pour simplifier plus notre travail, on multiplie directement les $D_{\text{réf}}$ par le gradient de température ΔT .

Les déperditions de référence sont calculées par la formule suivante:

$$D_{\text{réf}} = (a \times S1) + (b \times S2) + (c \times S3) + (d \times S4) + (e \times S5)$$

Chapitre III : Les besoins en chauffage du siège de daïra Draa el Mizan

Les coefficients a, b, c, d et e correspondants à la zone climatique B sont dans le tableau suivant :

Zone	Logement collectif				
	a	b	c	d	e
B	0.9	2.4	1.2	3.5	4.5

Tableau 3.2 : Coefficient a, b, c, d et e de la zone B [5]

Dans notre cas, on n'a pas de Plancher bas ; donc $S_2 = 0$.

$$S_1 = 15.75 \times 16 = 252 \text{ m}^2\text{°C}.$$

$$S_3 = 280,64 + 111,58 = 392,22 \text{ m}^2\text{°C}.$$

$$S_4 = 1,98 \times 7 = 13.86 \text{ m}^2\text{°C}.$$

$$S_5 = 5.4 \times 16 = 86,4 \text{ m}^2\text{°C}.$$

$$D_{\text{réf}} = (0.9 \times 252) + (1.2 \times 392.22) + (3.5 \times 13.86) + (4.5 \times 86.4) = 1134.774 \text{ W}$$

$$D'_{\text{ou}} : 1.05 \times D_{\text{réf}} = 1191.512 \text{ W}$$

Après calculs on a: $D_T = 1629.804 \text{ W}$

$$\text{Donc : } 1191,512 < 1629,804$$

Alors on peut dire que la condition est vérifiée.

Les déperditions totales du siège sont rassemblées dans les tableaux suivants :

N° du local	Déperditions par transmission			Déperditions par renouvellement d'air	Déperditions totales
	Surfacique	Linéique	Vers le sol		
	$D_{TS} = K S \Delta T$	$D_{TL} = 0.2 \times \Sigma D_{TS}$	$D_{SOL} = K_S P \Delta T$	$D_R = 0,34 \times (Q_V + Q_S)$	
01	873,6	174,72	443,52	86,37	1578.21
02	598,535	119,707	441,84	86,37	1246.45
03	456,95	91,39	424,76	86,37	1059,5
04	2833,635	566,727	1070,16	618,30	5088.8256
				Total : 8972.6656 W	

Tableau 3.3 : Récapitulatif des résultats des déperditions calorifiques RDC.

Chapitre III : Les besoins en chauffage du siège de daïra Draa el Mizan

N° du local	Déperditions par transmission		Déperditions par renouvellement d'air	Déperditions totales
	Surfacique	Linéique		
	$D_{TS} = K S \Delta T$	$D_{TL} = 0.2 \times \Sigma D_{TS}$	$D_R = 0,34 \times (Q_v + Q_s)$	
01	1276,49	255,298	270,25	1802,038
02	1220,175	244,035	270,25	1734,46
03	1437,42	287,484	270,25	1995,154
04	678,34	135,668	135,13	949,138
05	350,1	70,02	135,13	555,25
06	570,99	114,198	135,13	820,318
07	976,77	195,354	135,13	1307,254
08	976,77	195,354	135,13	1307,254
09	643,62	128,724	135,13	907,474
10	456,95	91,39	135,13	683,47
11	652,55	130,51	270,25	1053,31
12	652,55	130,51	270,25	1053,31
13	456,9	91,38	135,13	683,41
14	356,9	71,38	135,13	563,41
15	506,5	101,3	135,13	742,93
Total : 16158.18 W				

Tableau 3.4: Récapitulatif des résultats des déperditions calorifiques 1^{er} étage.

N° du local	Déperditions par transmission		Déperditions par renouvellement d'air	Déperditions totales
	Surfacique	Linéique		
	$D_{TS} = K S \Delta T$	$D_{TL} = 0.2 \times \Sigma D_{TS}$	$D_R = 0,34 \times (Q_v + Q_s)$	
01	1358.17	271,634	352.51	1982.31
02	1118.66	223,732	352.52	1694.913
03	1416.95	283,39	352.52	2052.86
04	678.34	135,668	176.26	990.268
05	350,1	70,02	176.26	596.38
06	363,7	72,74	176.26	612.7
07	694	138,80	176.26	1009.06
08	694	138,80	176.26	1009.06
09	363,75	72,75	176.26	612.76
10	456,95	91,39	176.26	724.6
11	652,55	130,51	352.51	1135.57
12	652,55	130,51	352.51	1135.57
13	456,9	91,38	176.26	724.54
14	356,9	71,38	172.26	600.55
15	549.18	109,836	175.64	834.656
Total : 15715.8036 W				

Tableau 3.5 : Récapitulatif des résultats des déperditions calorifiques 2^{eme} étage.

Chapitre III : Les besoins en chauffage du siège de daïra Draa el Mizan

N° du local	Déperditions par transmission		Déperditions par renouvellement d'air $D_R = 0,34 \times (Q_V + Q_S)$	Déperditions totales
	Surfacique	Linéique		
	$D_{TS} = K S \Delta T$	$D_{TL} = 0.2 \times \Sigma D_{TS}$		
01	4158,55	831,71	682.11	5672.34
02	892,65	178,53	227.37	1298.53
03	838,45	167,69	227.37	1233.5
04	838,45	167,69	227.37	1233.5
05	939,1	187,82	409.27	1536.2
06	2281.868	456,3736	939.80	3678.0416
07	1086.5	217,3	227.37	1531.17
08	822,95	164,59	227.37	1214.89
			Total : 17398.1316 W	

Tableau 3.6 : Récapitulatif des résultats des déperditions calorifiques 3^{eme} étage.

III-2. Calcul de la puissance de chauffage à installer

La puissance de chauffe à installer se calcule par la somme des déperditions totales des locaux, en prenant compte des coefficients c_r et c_{in} qui dépend du type et la nature du système de chauffage, et le calorifugeage du réseau de distribution à installer ainsi que l'inertie thermique de la construction (voir tableaux (2.11) et (2.12)).

Pour notre cas c'est un chauffage central à eau chaude continu dont on n'a pas prévus de calorifugeage des conduit.

$$P = [T_{bi} - T_{be}] \times \{ [1 + \text{Max}(c_r ; c_{in})] D_T \} + [(1 + c_r) \times D_R]$$

On prend : $c_r = 0.2$; $c_{in} = 0.1$

Application : $P = \{ [1 + 0.2] \times 47976,635 \} + [1.2 \times 10268,54]$

$$P = 69894.21 \text{ W} \approx 70 \text{ KW}$$

III-3. Dimensionnement des corps de chauffe

Les corps de chauffe transmettent l'énergie produite par le générateur (chaudière) dans les locaux à chauffer, mais le choix de ces éléments dépend essentiellement de certains critères qu'on ne peut pas négliger comme le cout de leur investissement et le niveau de confort qu'ils offrent, par conséquent le facteur économique favorise le choix des radiateurs pour cette étude. [6]

III-3.1. Choix des radiateurs

Les radiateurs les plus utilisés sont les radiateurs en acier, en aluminium ou en fonte. Pour cette étude on choisi les radiateurs en fonte pour leur robustesse (longue durée de vie), et aussi leur résistance à la corrosion ainsi que leur grande inertie thermique. [3]
La marque choisi c'est CHAPPEE type SAVANE S2 (annexe 3 ; Tableau A3.1)

III-3.2. Régime de dimensionnement des radiateurs

La plupart des fabricants indiquent maintenant les émissions calorifiques des radiateurs suivant la norme européenne EN 442-2. Cette norme tient compte d'un régime de dimensionnement de 75/65°C pour une température intérieure de 20°C. Cette norme remplace l'ancienne norme qui se basait sur un régime de dimensionnement 90/70°C. [6]

Une fois que l'on dispose des caractéristiques d'un radiateur données par le fabricant (catalogue), on peut établir la puissance émise pour d'autres régimes de dimensionnement (différents du régime pris dans la norme EN 442-2, c'est-à-dire 75/65°C). Une approche simplifiée permet d'établir une correspondance entre deux régimes de dimensionnement par la formule :

$$P_{\text{puissance}_{\text{régime 2}}} = \left(\frac{\Delta T_{\text{moy régime 2}}}{\Delta T_{\text{moy régime 1}}} \right)^{1,3} \times P_{\text{puissance}_{\text{régime 1}}} \quad (\text{III.1})$$

III-3.3. Application au projet d'étude

Le régime de dimensionnement des radiateurs qu'on a choisit est celui de l'ancienne norme (90/70°C), et la puissance émise d'un radiateur donnée par le fabricant est prise en régime (75/65). Ce qui nécessite la détermination de la puissance émise pour le régime considéré. [7]

La puissance émise pour le régime 90/70°C :

- Calcul de ΔT : $\Delta T = \frac{T_{\text{aller}} + T_{\text{retour}}}{2} - T_{\text{intérieure}} = \frac{90 + 70}{2} - 18$

$$\Delta T = 62 \text{ } ^\circ\text{C}$$

- La puissance d'un élément en régime 75°/65° à $\Delta T = 50^\circ\text{C}$ est $P_{50} = 84 \text{ W}$ donnée par le catalogue CHAPPEE (Annexe 3 ; Tableau A3.1).
- On peut avoir la P_{62} (puissance émise en régime 90°/70° à $\Delta T = 62^\circ\text{C}$) qui est égale :

$$P_{62} = \left(\frac{62}{50} \right)^{1,3} \times 84 = 111.1$$

On va prendre 111W.

III-3.3.1. Détermination du nombre d'éléments de chaque radiateur

Le nombre d'éléments de chaque radiateur est donné par la relation suivante :

$$\text{Nombre d'éléments} = \text{déperditions du local} / P_{62}$$

Remarque : on prend toujours une valeur supérieure au résultat.

III-3.3.2. Détermination du débit requis pour chaque radiateur

Le débit d'eau chaude à fournir pour chaque radiateur est calculé comme suit :

$$Q_v = \frac{P_e \times 3600 \times 10^3}{\rho \times c_p \times \Delta T} \quad (\text{III.2})$$

Avec : Q_v : Débit volumique (L/h).

$P_e = P_{62} \times \text{nombre d'éléments (W)}$.

C_p : chaleur massique de l'eau ($C_{p_{\text{eau}}}(80^\circ) = 4196 \text{ J/Kg}^\circ\text{K}$).

ΔT : Chute de température 20°C .

ρ : Masse volumique de l'eau à 80°C (972 Kg/m^3).

Remarque : Les déperditions prises en considération dans le calcul du nombre d'éléments ne compte pas les coefficients c_r et c_{in} , mais ils interviennent dans le calcul du débit avec une majoration de 20% de ce dernier.

Exemple :

Dans cet exemple, on va illustrer toutes les lois citées précédemment par une application numérique, et ceux pour local 01 du 1^{er} étage :

Déperditions total du local est : 1802.034 W

Nombre d'éléments = déperditions du local / $P_{62} = 1802,034 / 111 = 16,23$

On prend 17 éléments.

On prend dans se cas deux radiateurs :

- L'un avec 9 éléments ; $P_e = 111 \times 9 = 999 \text{ W}$

$$Q_v = \frac{999 \times 3600 \times 10^3}{972 \times 4196 \times 20} = 44 \text{ L / h}$$

La majoration du débit à 20% donne $Q_v = 52.8 \text{ L/h}$

- Et l'autre avec 8 éléments ; $P_e = 111 \times 8 = 888 \text{ W}$

$$Q_v = \frac{888 \times 3600 \times 10^3}{972 \times 4196 \times 20} = 39,19 \text{ L / h}$$

La majoration du débit à 20% donne $Q_v = 47 \text{ L/h}$

Les caractéristiques des radiateurs respectives à chaque local de siège sont rassemblées dans les tableaux qui suivent conformément au calcul mené dans l'exemple :

Chapitre III : Les besoins en chauffage du siège de daïra Draa el Mizan

RDC :

Local	Déperditions (W)	Nombre d'éléments	Puissance émise (W)	Capacité en eau (L)	Dimensions (H x E x L)	Débit requis (L /h)
01	1578.24	15	1665	12,3	780x142x975	88.17
02	1264.452	12	1332	9,8	780x142x780	70.54
03	1059.17	10	1110	8,2	780x142x650	58.8
04	5088.826	12	1332	9,8	780x142x780	70.54
		12	1332	9,8	780x142x780	70.54
		12	1332	9,8	780x142x780	70.54
		12	1332	9,8	780x142x780	70.54

Tableau 3.7 : Caractéristiques des radiateurs des locaux du RDC.

1^{er} Etage:

Local	Déperditions (W)	Nombre d'éléments	Puissance émise (W)	Capacité en eau (L)	Dimensions (H x E x L)	Débit requis (L /h)
01	1802,034	9	999	7,4	780x142x585	52.8
		8	888	6,6	780x142x520	47
02	1734,46	8	888	6,6	780x142x520	47
		8	888	6,6	780x142x520	47
03	1995,154	9	999	7,4	780x142x585	52.8
		9	999	7,4	780x142x585	52.8
04	949.138	9	999	7,4	780x142x585	52.8
05	555.25	5	555	4,1	780x142x325	29.4
06	820.318	8	888	6,6	780x142x520	47
07	1307.254	12	1332	9,8	780x142x780	70.54
08	1307.254	12	1332	9,8	780x142x780	70.54
09	907.474	9	999	7,4	780x142x585	52.8
10	683.47	7	777	5,7	780x142x455	41.15
11	1053.31	10	1110	8,2	780x142x650	58.8
12	1053.31	10	1110	8,2	780x142x650	58.8
13	683.41	7	777	5,7	780x142x455	41.15
14	563.41	6	666	4,9	780x142x390	35.3
15	742,93	7	777	5,7	780x142x455	41,15

Tableau 3.8 : Caractéristiques des radiateurs des locaux du 1^{er} étage.

Chapitre III : Les besoins en chauffage du siège de daïra Draa el Mizan

2^{ème} étage :

Local	Déperditions (W)	Nombre d'éléments	Puissance émise (W)	Capacité en eau (L)	Dimensions (H x E x L)	Débit requis (L /h)
01	1982,32	9	999	7,4	780x142x585	52.8
		9	999	7,4	780x142x585	52.8
02	1694.91	8	888	6,6	780x142x520	47
		8	888	6,6	780x142x520	47
03	2052.86	10	1110	8,2	780x142x650	58.8
		9	999	7,4	780x142x585	52.8
04	990.268	9	999	7,4	780x142x585	52.8
05	596.38	6	666	4,9	780x142x390	35.3
06	612.76	6	666	4,9	780x142x390	35.3
07	1009.06	10	1110	8,2	780x142x650	58.8
08	1009.06	10	1110	8,2	780x142x650	58.8
09	612.76	6	666	4,9	780x142x390	35.3
10	724.6	7	777	5,7	780x142x455	41.15
11	1135.57	11	1221	9	780x142x715	64.66
12	1135.57	11	1221	9	780x142x715	64.66
13	724.54	7	777	5,7	780x142x455	41.15
14	600.55	6	666	4,9	780x142x390	35.3
15	834.656	8	888	6,6	780x142x520	47

Tableau 3.9 : Caractéristiques des radiateurs des locaux du 2^{ème} étage.

3^{ème} étage :

Local	Déperditions (W)	Nombre d'éléments	Puissance émise (W)	Capacité en eau (L)	Dimensions (H x E x L)	Débit requis (L /h)
01	5672.37	13	1443	10,7	780x142x845	76.42
		13	1443	10,7	780x142x845	76.42
		13	1443	10,7	780x142x845	76.42
		13	1443	10,7	780x142x845	76.42
02	1298.52	12	1332	9,8	780x142x780	70.54
03	1233.5	12	1332	9,8	780x142x780	70.54
04	1233.5	12	1332	9,8	780x142x780	70.54
05	1536.2	14	1554	11,5	780x142x910	82.3
06	3678.042	12	1332	9,8	780x142x780	70.54
		12	1332	9,8	780x142x780	70.54
		12	1332	9,8	780x142x780	70.54
07	1531.17	14	1554	11,5	780x142x910	82.3
08	1214.86	11	1221	9	780x142x715	64.66

Tableau 3.10 : Caractéristiques des radiateurs des locaux du 3^{ème} étage.

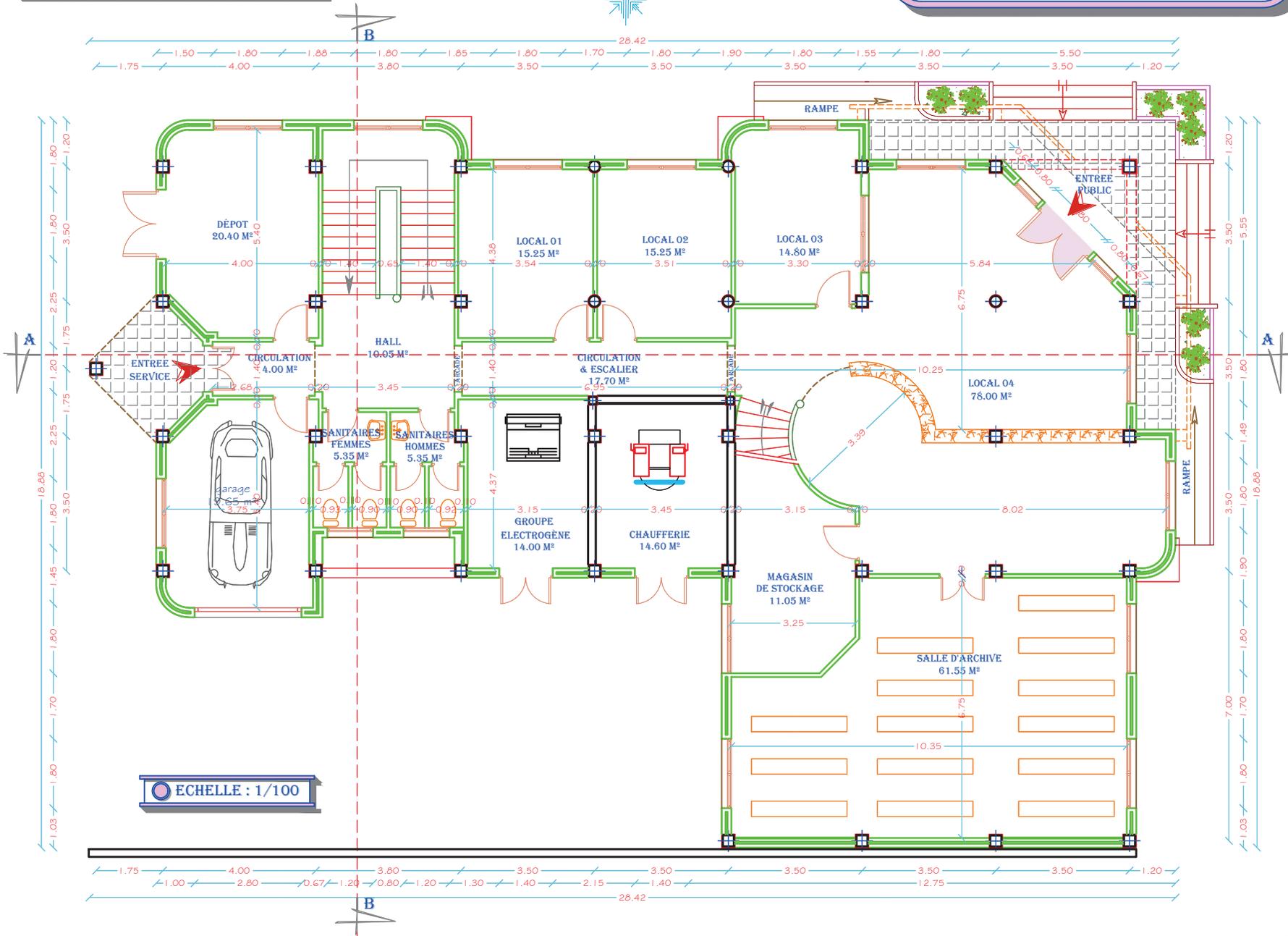
Conclusion

Ce chapitre est une application des règles de calcul du bilan thermique au projet d'étude, ce bilan nous a permis de déterminer les déperditions thermique de chaque local chauffé, cependant les températures des locaux non chauffé doivent être connus pour pouvoir mieux estimer ces déperdition.

Les résultats du calcul sont essentiels pour le choix et le dimensionnement des corps de chauffe qu'on a fait, le choix des radiateurs en fonte s'explique pour les nombreux avantages qu'ils présentent, quant à leur dimensionnement, il est basé sur le régime de températures adopté au fluide caloporteur.

PLAN DU R-D-C

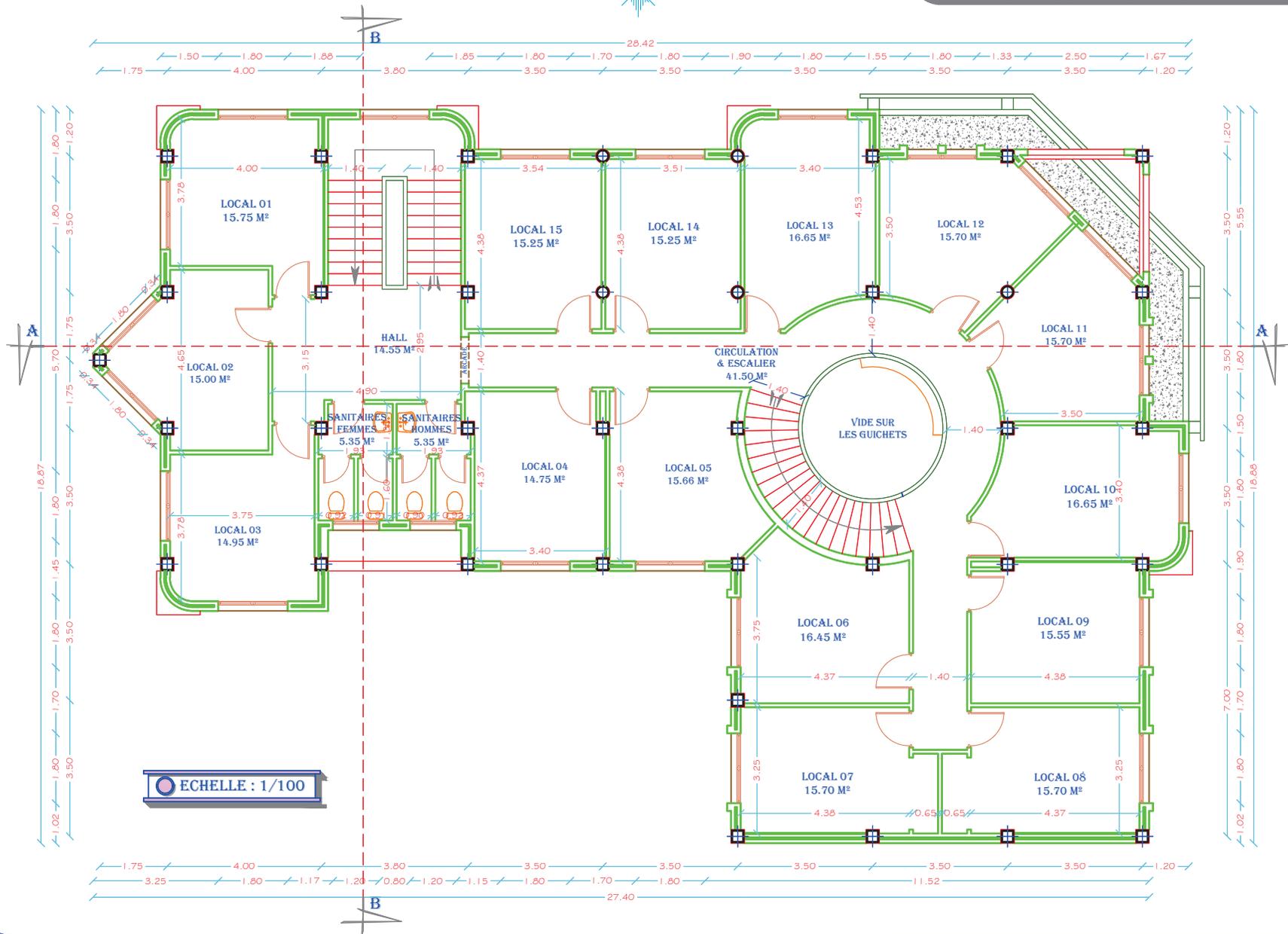
SIEGE DE DAIRA DRAA EL MIZANE



ECHELLE : 1/100

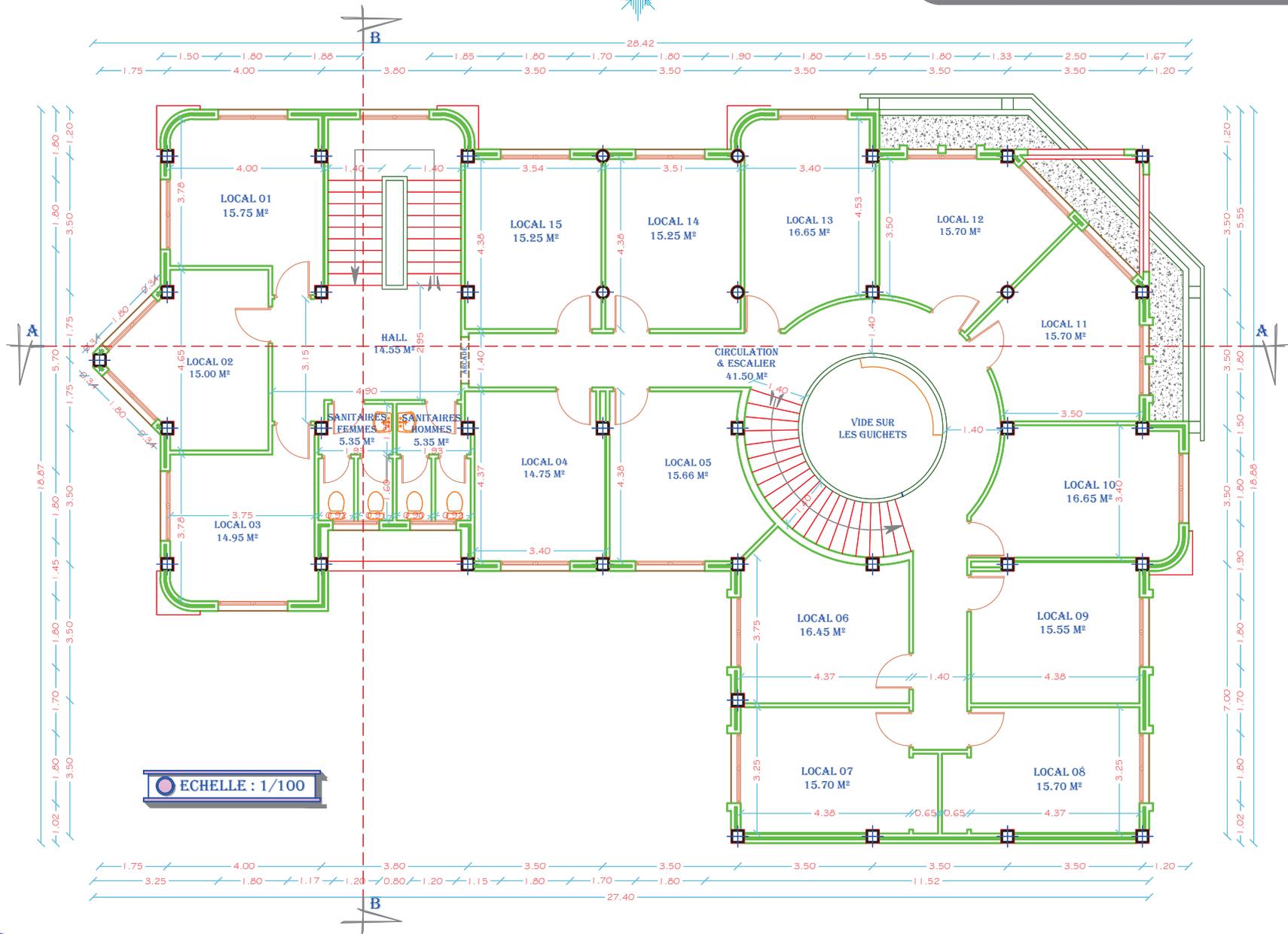
PLAN DU 1ER ETAGE

SIEGE DE DAIRA DRAA EL MIZANE



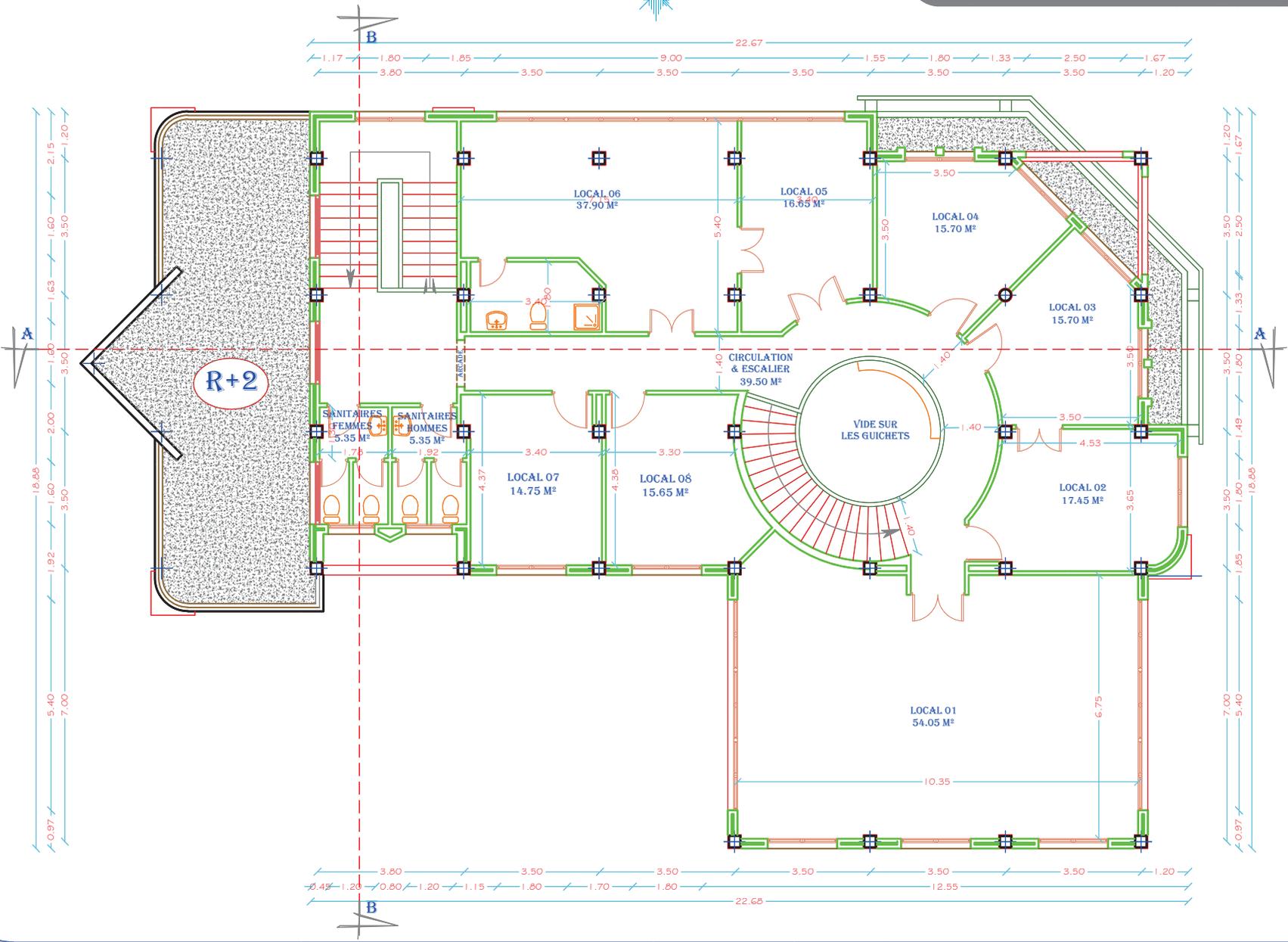
PLAN DU 2EME ETAGE

SIEGE DE DAIRA DRAA EL MIZANE



PLAN DU 3 EME ETAGE

SIEGE DE DAIRA DRAA EL MIZANE



Introduction

En chauffage central à eau chaude, le dimensionnement du réseau de tuyauterie tient une place très importante. Il est le moyen de circulation d'eau vers les unités terminales. Ce dimensionnement doit être conçu de manière à éviter le maximum de singularité, cela réduira les chutes de pression et la mauvaise circulation d'eau.

Ce chapitre est consacré à la détermination des pertes de charge totale de l'installation et au choix des équipements essentiels à l'installation de chauffage dont la chaudière, ainsi que le choix des équipements auxiliaires tels que les pompes de circulation et de recyclage, le vase d'expansion, les collecteurs et un éventuel dispositif de traitement de l'eau de chauffage.

IV-1. Dimensionnement du réseau de la tuyauterie

Le dimensionnement du réseau de tuyauterie en chauffage à eau, tient place prépondérant. En effet, pour réaliser une bonne distribution d'eau, il faut que les conduits aient des dimensions appropriées pour pouvoir véhiculer les débits nécessaires afin d'alimenter les unités terminales (les radiateurs) au niveau de chaque local. Pour se faire, il faut que ces derniers soient tracés de manière à éviter le maximum de singularité (coudes ; les tubes...etc.) cela réduira la chute de pression et par conséquent une perte d'énergie tout en évitant une mauvaise circulation de l'eau qui est à l'origine des problèmes de déséquilibre des réseaux.

IV-1.1. Mode de distribution de l'eau

Dans les systèmes de chauffage, la chaleur est apportée par l'eau chaude, ce dernier utilise des réseaux de tuyauteries comme moyenne de circulation. On distingue deux modes de circulation :

- **Circulation naturelle (thermosiphon)**

Dit par gravitation dont le bon fonctionnement exige une différence de niveau suffisante entre le générateur (chaudière) et les unités terminales.

- **Circulation pulsée**

Elle est réalisée à l'aide d'une pompe, utilise dans les bâtiments de grandes hauteurs et comportant plusieurs locaux.

Comme dans la plupart des installations de chauffage central actuel le mode de distribution adopté à cette étude est celui de la distribution pulsée.

IV-1.2. Pertes de charge dans le réseau de tuyauterie

La chute de pression dans une section rectiligne de tuyau, est fonction du diamètre « d », de la vitesse « v », ainsi que du coefficient de résistance « k ». Les vitesses de circulation n'étant pas uniformes dans un réseau de tuyauteries, il est nécessaire de le diviser en tronçons partiels pour le calcul de la chute de pression totale. Un tronçon partiel est une partie du réseau à vitesse de circulation et de diamètre constants.

On distingue deux sortes de pertes de charge :

- Linéaire.
- Particulières ou singulières.

IV-1.2.1. Perte de charge linéaire

Lorsqu'un fluide s'écoule dans un tube rectiligne de section constante, sa pression diminue le long de la conduite, ce qui est dû au frottement des particules fluides sur les parois solides. Cette chute de pression est donnée par la formule suivante : [8]

$$\Delta_{pl} = k \cdot (L \cdot v^2 / d \cdot 2) \cdot \rho \quad (\text{IV.1})$$

Avec : ρ : Masse volumique de l'eau (à $T = 80^\circ\text{C}$; $\rho = 972 \text{ Kg/m}^3$)

k : Coefficient de frottement.

L : longueur du conduit (m).

d : diamètre intérieur du conduit (m).

v : vitesse moyenne du fluide (m/s).

IV-1.2.2. Pertes de charge particulières

Les résistances particulières ou singulières comportent tous les changements de direction, les dérivations, la robinetterie, les appareils de chauffage, ainsi que tous les élargissements et rétrécissements de la conduite, chaque singularité est caractérisée par un coefficient spécifique de perte de charge particulière nommé zêta (ξ). Elles sont proportionnelles à la pression dynamique, et sont calculées par la formule suivante. [8]

$$\Delta_{ps} = \sum \xi (v^2 / 2) \cdot \rho \quad (\text{IV.2})$$

IV-1.2.3. Perte de charge totale

Les vitesses de circulation n'étant pas uniformes dans un réseau de tuyauteries, il est nécessaire de le diviser en tronçons partiels. La chute de pression totale d'un tronçon est donnée par la formule suivante :

$$\Delta p_{\text{tot}} = \Delta p_s + \Delta p_l = k (L \cdot v^2 / d \cdot 2) \rho + \sum \xi (v^2 / 2) \rho \quad (\text{IV.3})$$

IV-1.3. Calcul du réseau de tuyauterie

Le calcul du réseau consiste à faire un choix judicieux des diamètres des conduites ainsi que la qualité de ces dernières de façon à réaliser un compromis entre le bon fonctionnement de l'installation et son coût de revient.

En partant du débit calorifique véhiculé dans chaque tronçon, on détermine le diamètre de la conduite, la vitesse de circulation et les pertes de charge linéique. Ensuite les pertes de charge singulière peuvent être déterminées par le produit de la pression dynamique de chaque tronçon et la somme des coefficients (ξ). [9]

La méthode utilisée pour cette étude est celle qu'on trouve dans la majorité des bureaux d'études, cette méthode est basée sur l'utilisation des abaques de perte de charge appropriée au matériau utilisé (acier), en se fixant une perte de charge maximale pour chaque tronçon et une vitesse de circulation maximale.

Pour notre cas on a choisi de fixer une perte de charge maximale de 20 (mmCE/m) et une vitesse maximale de 0.5 (m/s) pour travailler sur l'abaque (Annexe 4 Tableau A4.1). Les coefficients de perte de charge singulière (ξ) sont donnés dans l'annexe 4 (Tableaux A4.2 ; A4.3).

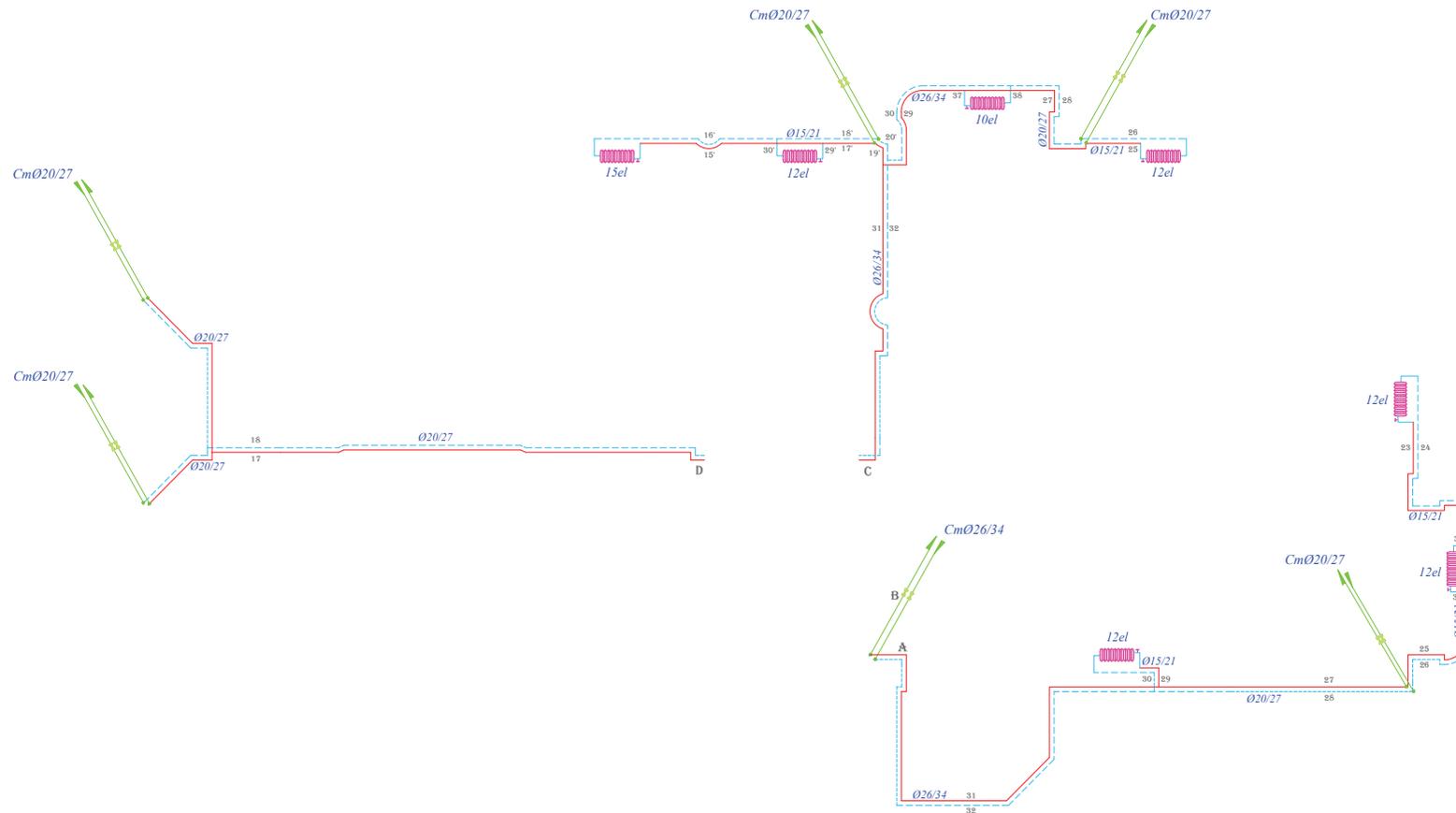
Les résultats de ce dimensionnement sont dans le tableau (4.1)

Tableau 4.1 : Dimensionnement du réseau de la tuyauterie

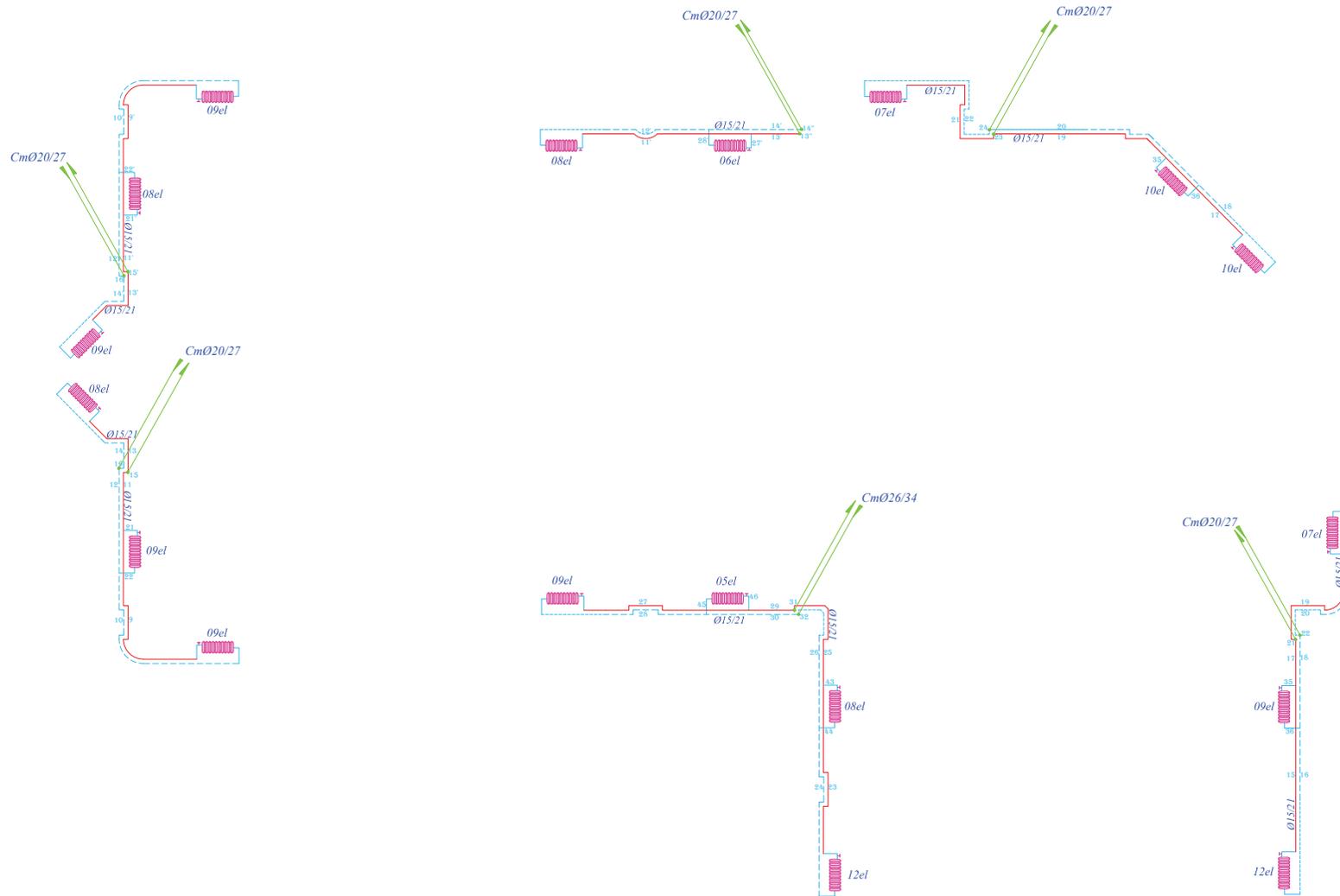
Circuit A										
Tronçon	Q (l/h)	d (mm)	v (m/s)	r $(\frac{mmCE}{m})$	L (m)	$\sum \xi$	$(\rho v^2)/2$ (Pa)	Δp_l (Pa)	Δp_s (Pa)	Δp_{tot} (Pa)
A 1-2	70,54	15	0,13	2	7,48	20	8,2134	146,757	164,268	311,025
A 3-4	76,42	15	0,13	2	4,06	11	8,2134	79,6572	90,3474	170,004
A 5-6	146,96	15	0,23	6	7	5	25,709	412,02	128,545	540,565
A 7-8	58,8	15	0,13	2	7,76	11	8,2134	152,251	90,3474	242,5984
A 9-10	94,1	15	0,13	2	2,92	1	8,2134	57,2904	8,2134	65,5038
A 11-12	41,15	15	0,13	2	6,82	20	8,2134	133,808	164,268	298,076
A 13-14	282,21	20	0,22	4	6,8	5,4	23,5224	266,832	127,020	393,852
A 15-16	70,54	15	0,13	2	7,76	11	8,2134	152,251	90,3474	242,5984
A 17-18	123,34	15	0,18	4	2,92	1	15,7464	114,580	15,7464	130,3264
A 19-20	41,15	15	0,13	2	6,82	20	8,2134	133,808	164,268	298,076
A 21-22	446,7	20	0,37	10	1	20,2	66,533	98,1	1343,966	1442,066
A 23-24	70,54	15	0,13	2	10,23	29	8,2134	200,712	238,188	438,9
A 25-26	141,08	15	0,23	6	12,61	13	25,709	742,224	334,222	1076,446
A 27-28	587,78	20	0,44	14	9,74	5,7	94,0896	1337,69	536,310	1874
A 29-30	70,54	15	0,13	2	8,88	18,8	8,2134	174,225	154,411	328,636
A 31-32	658,32	26	0,32	4	20,53	34,7	49,766	805,597	1726,88	2532,85
A 33-34	35,3	15	0,13	2	0,8	9	8,2134	15,696	73,9206	89,6166
A 35-36	52,8	15	0,13	2	0,8	9	8,2134	15,696	73,9206	89,6166
A 37-38	70,54	15	0,13	2	0,8	9	8,2134	15,696	73,9206	89,6166
Circuit B										
B 1-2	76,42	15	0,13	2	8,2	23	8,2134	160,884	188,908	349,792
B 3-4	152,84	15	0,23	6	7,46	13	25,7094	439,095	334,222	773,317
B 5-6	229,26	15	0,3	10	18,8	21,8	43,74	1844,28	953,532	2797,812
B 7-8	82,3	15	0,13	2	8,24	23	8,2134	161,668	188,908	350,576
B 9-10	146,96	15	0,23	6	2,85	1	25,7094	167,751	25,709	193,46
B 11-12	376,22	20	0,32	8	6,8	5,7	49,7664	533,664	283,668	817,332
B 13-14	58,8	15	0,13	2	8,28	23	8,2134	162,453	188,908	351,361
B 15-16	94,1	15	0,13	2	5,68	12,8	8,2134	111,441	105,131	216,572
B 17-18	52,8	15	0,13	2	8,18	23	8,2134	160,491	188,908	349,399
B 19-20	88,1	15	0,13	2	2,92	1	8,2134	57,2904	8,2134	65,5038
B 21-22	558,42	20	0,44	14	6,8	4,2	94,0896	933,912	395,176	1329,088
B 23-24	70,54	15	0,13	2	8,26	23	8,2134	162,061	188,908	350,969
B 25-26	117,54	15	0,18	4	5,5	12,8	15,7464	215,82	201,553	417,373
B 27-28	52,8	15	0,13	2	8,18	23	8,2134	160,491	188,908	349,399
B 29-30	82,2	15	0,13	2	2,92	1	8,2134	57,29	8,213	65,503
B 31-32	758,16	26	0,38	8	1	21,4	70,178	78,48	1501,809	1580,289
B 33-34	76,42	15	0,13	2	0,8	10,8	8,2134	15,696	88,704	104,4
B 35-36	76,42	15	0,13	2	0,8	9	8,2134	15,696	73,92	89,616
B 37-38	64,66	15	0,13	2	0,8	9	8,2134	15,696	73,92	89,616
B 39-40	35,3	15	0,13	2	0,8	9	8,2134	15,696	73,92	89,616
B 41-42	35,3	15	0,13	2	0,8	9	8,2134	15,696	73,92	89,616
B 43-44	47	15	0,13	2	0,8	9	8,2134	15,696	73,92	89,616
B 45-46	29,4	15	0,13	2	0,8	9	8,2134	15,696	73,92	89,616
Circuit C										
C 1-2	70,54	15	0,13	2	5,36	11	8,2134	105,163	90,3474	195,510
C 3-4	141,08	15	0,23	6	8,89	8,4	25,709	523,265	215,955	739,22
C 5-6	82,3	15	0,13	2	8,03	26	8,2134	157,548	213,548	371,096
C 7-8	223,38	15	0,3	10	6,8	5	43,74	667,08	218,2	885,28
C 1'-2'	70,54	15	0,13	2	10,02	26	8,2134	196,592	213,548	410,14
C 3'-4'	141,08	15	0,23	6	6,34	1	25,709	373,172	25,709	398,881
C 5'-6'	211,62	15	0,3	10	10,02	4	43,74	982,962	174,96	1157,922
C 9-10	64,66	15	0,13	2	5,36	11	8,2134	105,163	90,3474	195,5104
C 11-12	129,32	15	0,18	4	8,89	8,4	15,746	348,843	132,266	481,109

C 13-14	41,15	15	0,13	2	8,11	26	8,2134	159,118	213,548	372,666
C 15-16	393,85	20	0,32	8	6,8	4,8	49,766	533,664	238,876	772,54
C 7'-8'	47	15	0,13	2	8,05	14,2	8,2134	157,941	116,630	274,571
C 9'-10'	82,3	15	0,13	4	2,98	1	8,2134	116,935	8,2134	125,148
C 9''-10''	293,92	20	0,22	4	6,8	2,7	23,522	266,832	63,509	330,341
C 17-18	58,8	15	0,13	2	5,36	11	8,2134	105,163	90,347	195,51
C 19-20	117,6	15	0,13	4	8,89	8,4	8,2134	348,843	68,992	417,835
C 21-22	41,15	15	0,13	2	8,11	26	8,2134	159,118	213,548	372,666
C 23-24	552,6	15	0,44	14	6,8	20,2	94,089	933,912	1900,618	2834,53
C 11'-12'	41,15	15	0,13	2	8,05	14,2	8,2134	157,941	116,630	274,571
C 13'-14'	76,45	15	0,13	2	2,98	1	8,2134	58,467	8,2134	66,680
C13''-14''	370,37	20	0,32	8	6,8	18.1	49,766	533,664	900,765	1434,429
C 25-26	70,54	15	0,13	2	3,92	11	8,2134	76,910	90,347	167,257
C 27-28	623,14	20	0,47	16	6,61	12,1	107,35	1037,505	1298,935	2336,49
C 29-30	681,94	26	0,32	6	6,48	2,7	49,766	381,412	134,368	515,78
C 15'-16'	88,17	15	0,13	2	8,07	14,2	8,213	158,333	116,624	274,957
C 17'-18'	158,71	15	0,23	6	2,99	1	25,709	175,991	25,709	201,7
C 19'-20'	529,08	20	0,4	12	1,04	6,2	77,76	122,428	482,112	604,54
C 31-32	1211	26	0,58	18	23,2	27,7	163,49	4096,656	4528,673	8625,329
C 21'-22'	70,54	15	0,13	2	0,8	9	8,213	15,696	73,917	89,613
C 23'-24'	70,54	15	0,13	2	0,8	9	8,213	15,696	73,917	89,613
C 25'-26'	35,3	15	0,13	2	0,8	9	8,213	15,696	73,917	89,613
C 27'-28'	35,3	15	0,13	2	0,8	9	8,213	15,696	73,917	89,613
C 29'-30'	70,54	15	0,13	2	0,8	9	8,213	15,696	73,917	89,613
C 31-32	70,54	15	0,13	2	0,8	9	8,213	15,696	73,917	89,613
C 33-34	64,66	15	0,13	2	0,8	9	8,213	15,696	73,917	89,613
C 35-36	58,8	15	0,13	2	0,8	9	8,213	15,696	73,917	89,613
C 37-38	58,8	15	0,13	2	0,8	9,8	8,213	15,696	80,487	96,183
Circuit D										
D 1-2	58,8	15	0,13	2	9,39	23	8,213	184,231	188,899	373,13
D 3-4	111,6	15	0,18	4	3,41	4	15,746	133,808	62,984	196,792
D 5-6	47	15	0,13	2	4,84	15,4	8,213	94,96	126,480	221,44
D 7-8	158,6	15	0,23	6	6,8	5	25,709	400,248	128,545	528,793
D 1'-2'	52,8	15	0,13	2	9,45	23	8,213	185,409	188,899	374,308
D 3'-4'	105,6	15	0,18	4	3,56	4	15,746	139,694	62,984	202,678
D 5'-6'	47	15	0,13	2	4,68	15,4	8,213	91,821	126,480	218,301
D 7'-8'	152,6	15	0,23	6	6,8	5	25,709	400,248	128,545	528,793
D 9-10	52,8	15	0,13	2	9,39	23	8,213	184,231	188,899	373,13
D 11-12	105,6	15	0,18	4	3,41	4	15,746	133,808	62,984	196,792
D 13-14	47	15	0,13	2	4,84	15,4	8,213	94,96	126,480	221,44
D 15-16	311,2	20	0,28	6	4,54	28,2	38,102	267,224	1074,476	1341,7
D 9'-10'	52,8	15	0,13	2	9,45	23	8,213	185,409	188,899	374,308
D 11'-12'	99,8	15	0,18	4	6,56	4	15,746	257,414	62,984	320,398
D 13'-14'	47	15	0,13	2	4,68	15,4	8,213	91,821	126,480	218,301
D 15'-16'	299,4	20	0,28	6	8,28	28,2	38,102	487,36	1074,476	1341,7
D 17-18	610,6	20	0,47	16	22,2	29,2	107,357	3484,512	3134,824	6619,336
D 19-20	52,8	15	0,13	2	0,8	9	8,213	15,696	73,917	89,613
D 19'-20'	52,8	15	0,13	2	0,8	9	8,213	15,696	73,917	89,613
D 21-22	52,8	15	0,13	2	0,8	9	8,213	15,696	73,917	89,613
D 21'-22'	47	15	0,13	2	0,8	9	8,213	15,696	73,917	89,613
Chaufferie										
AB 1-2	1416,48	26	0,68	24	10,36	35	224,72	2439,158	7865,2	10304,358
CD 1-2	1821,62	26	0,9	40	8,4	31.1	393,66	3296,16	12242,826	15538,986

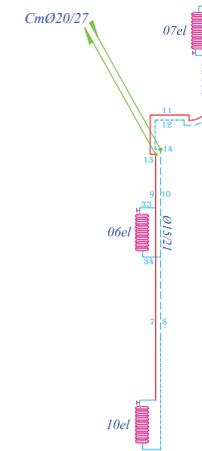
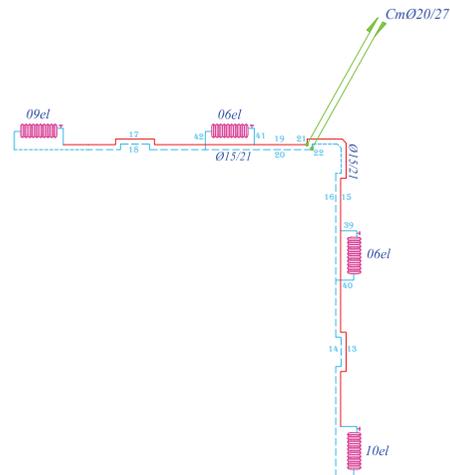
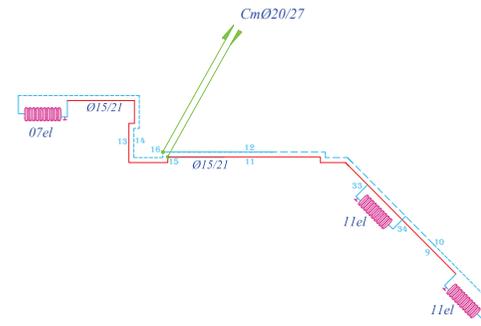
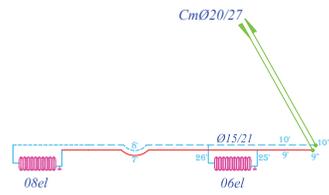
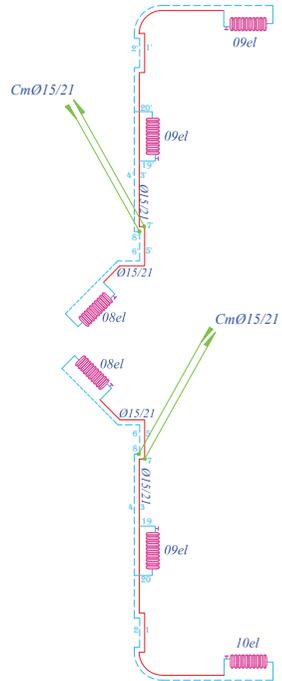
Les circuits du réseau de chauffage sont représenté dans les plans suivant.



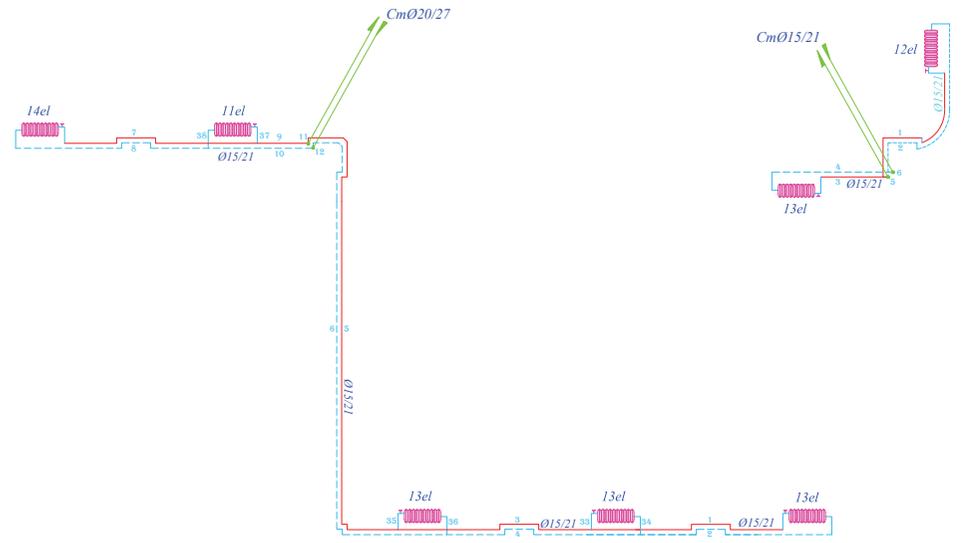
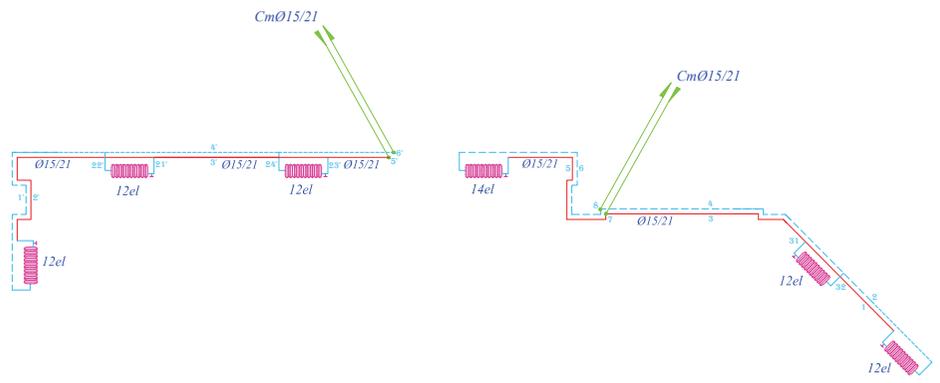
R.D.C



1^{er} Etage



2^{eme} Etage



3^{eme} Etage

IV-2. Robinets d'isolement manuels et filtre à tamis

Tout le circuit de l'installation est équipé de vannes d'isolement manuels, dans le but de changer, remplacer, purger, rénover ou d'intervenir sur un organe en cas d'anomalies. Ces robinets d'isolement manuels sont placés à chaque pied de colonne montante.

Les filtres à tamis retiennent toutes les particules telles que l'oxyde de fer, le sable, les copeaux, le chanvre, ... pour protéger les canalisations, et sont équipés d'une purge de décolmatage rapide permettant leur nettoyage, il est conseillé de les placés sur le circuit de chauffage en aval des chaudières.

IV-3. Dimensionnement des collecteurs

Les collecteurs sont des portions de tuyauteries dont le diamètre est supérieur à ceux du branchement des chaudières ce diamètre peut se calculer par la relation suivante :

$$d_{cc} = d_c \cdot \sqrt{n} \quad (\text{IV.4})$$

Où : d_c : diamètre intérieur de raccordement.

n : nombre de chaudière.

- **Application au projet :**

La chaufferie contient deux chaudières ($n = 2$) et que le diamètre intérieur de raccordement est égale à 33 mm.

Donc le diamètre des collecteurs aller et retour de la chaudière sera égale à :

$$d_{cc} = d_c \cdot \sqrt{n} = 33 \sqrt{2} = 46.66 \text{ mm.}$$

$$d_{cc} = 50 \text{ mm.}$$

La longueur est égale la somme des largeurs des deux chaudières plus un passage entre les deux fixé à 80 Cm et un surplus de 10Cm de chaque coté, ce qui donne $L_{cc} = 2.44 \text{ m.}$

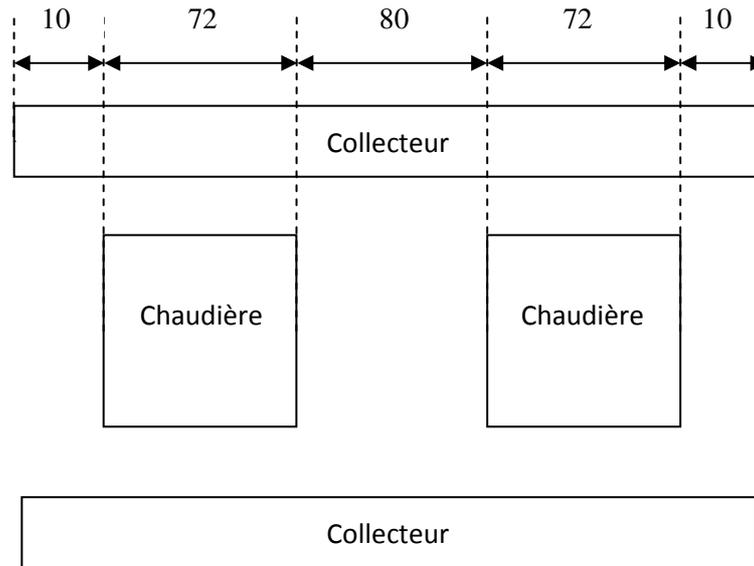


Figure 4.1 : Longueur des collecteurs des chaudières.

IV-4. Choix des pompes

Pour assurer une bonne circulation d'eau dans l'installation, la pression exercée sur cette eau au départ de la chaudière doit être suffisante pour vaincre l'ensemble des résistances opposées par la longueur de la tuyauterie et ces singularités ainsi que les chaudières.

Les pompes sont choisies en fonction du débit à faire circuler et de la hauteur manométrique, cette hauteur est égale à la perte de charge du réseau le plus défavorisé.

IV-4.1. Choix des pompes de circulation pour le réseau d'eau chaude

Notre réseau de distribution est partagé en quatre circuit A, B, C et D, au départ de la chaufferie on fait une jonction pour A et B, et une autre jonction pour C et D qui on données deux circuit AB et CD.

La hauteur manométrique est donnée comme suit :

$$H_{mt} = P_{dc_{\text{reseau}}} + P_{dc_{\text{chaudiere}}} + P_{dc_{\text{filtre}}} \quad (IV.5)$$

Application :

Circuit de chauffage AB :

$$Pdc_{\text{reseau}} = 3.26 \text{ mCe.}$$

$$Pdc_{\text{chaudiere}} = 3.26 \times 10^{-3} \text{ mCe} \quad (\text{Annexe 7 ; Tableau A7.2})$$

$$Pdc_{\text{filtre}} = 16,21 \text{ mbar} = 0.165 \text{ mCe} \quad (\text{Annexe 4 ; Figure A4.1})$$

$$H_{\text{mt}} = 3,26 + (3,26 \times 10^{-3}) + 0.165 = 3.42 \text{ mCe}$$

$$Q_{\text{vAB}} = 1.77 \text{ m}^3/\text{h}$$

Circuit de chauffage CD :

$$Pdc_{\text{reseau}} = 5,65 \text{ mCe}$$

$$Pdc_{\text{chaudiere}} = 3.26 \times 10^{-3} \text{ mCe} \quad (\text{Annexe 7 ; Tableau A7.2})$$

$$Pdc_{\text{filtre}} = 29,14 \text{ mbar} = 0.278 \text{ mCe} \quad (\text{Annexe 4 ; Figure A4.1})$$

$$H_{\text{mt}} = 5,65 + (3.26 \times 10^{-3}) + 0.278 = 5,88 \text{ mCe}$$

$$Q_{\text{vCD}} = 2.27 \text{ m}^3/\text{h}$$

Circuit AB : On choisi donc deux pompes jumelé **SALMSON NXL 53-25 P** (Annexe 6.1)

Dont les caractéristiques sont : Puissance maxi : 84 W

Hauteur maxi : 6 mCe

Débit maxi : 4 m³/h

Circuit CD : On choisi donc deux pompes jumelé **WILO star RS 25/8** (Annexe 6.2)

Dont les caractéristiques sont : Puissance maxi : 151 W

Hauteur maxi : 8 mCe

Débit maxi : 5.8 m³/h

IV-4.2. Choix de la pompe de recyclage d'eau chaude

Il est impératif d'établir un circuit de recyclage dans une installation de chauffage de telle façon que l'eau de retour ne soit jamais inférieure à 50°C. Dans ce cas, il faut faire passer un débit minimum à travers la chaudière qui est estimé au 1/3 du débit nominal des pompes de circulation.

Il faut avoir le débit d'eau chaude total à la sortie de la chaudière qui se calcule comme suit :

$$Q_{vt} = \frac{P_{ch}}{C_p \cdot \rho \cdot \Delta T} \quad (IV.6)$$

Ou bien on fait la somme des débits des deux circuits :

$$Q_{vt} = Q_{vAB} + Q_{vBC} = 1.77 + 2.27 = 4.04 \text{ m}^3/\text{h}$$

Le débit minimum à recycler est égale à 1/3 du débit total d'où :

$$Q_{vr} = 1/3 \times Q_{vt} = 1.346 \text{ m}^3/\text{h}$$

Calcule de la perte de charge du circuit de recyclage :

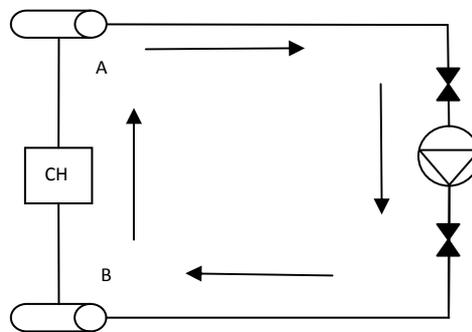


Figure 4.2 : Schéma du circuit de recyclage d'eau chaude.
Source : Auteurs

Tronçon	Q (l/h)	d (mm)	v (m/s)	r mmCe/m	L (m)	$\sum \xi$	$\frac{\rho v^2}{2}$	Δp_l mce	Δp_s mce	Δp_{tot} mce
A-B	1346	26	0.65	22	1.92	18	205.335	0.376	0.042	0.418

Tableau 4.2 : Perte de charge dans le circuit de recyclage.

Le débit à recycler est de 1.346 m³/h

La hauteur manométrique est 0.418 mCe

On choisira pour le circuit de recyclage une pompe simple WILO star RS 25/2 (Annexe 6.2)

Dont les caractéristiques sont : Puissance maxi : 45 W

Hauteur maxi : 2.5 mCe

Débit : 2.5 m³/h

IV-5. Choix du vase d’expansion

Tous les circuits de chauffage sont soumis à des fluctuations de température plus ou moins importante. Une des caractéristiques des fluides oblige ceux-ci à se dilater en cas d’élévation de leur température. Afin de minimiser les variations de pression dans les circuits fermés, le rôle du vase d’expansion consiste à absorber la variation de cette masse. [12]

Pour cette étude on fait appel à un vase d’expansion clôt divisé en deux parties par une membrane en caoutchouc déformable, l’une est relié au réseau l’autre est mise sous pression par un gaz neutre (azote), qui permet l’absorption des variations de volume de l’installation.

Toutefois le volume du vase dépend du volume de l’installation et des pressions de tarage et de gonflage.

IV-5.1. Volume total de l’installation

C’est le volume du réseau de la tuyauterie, les radiateurs, les chaudières et les collecteurs.

- **Volume du réseau de tuyauterie**

Diamètre mm	Contenance en eau L/m	Longueur totale m	Volume L
15	0.2011	430,41	86,555
20	0.3664	72,01	26,384
26	0.5811	69.97	40,659
33	1,0122	1,54	1,558
			155,158

Tableau 4.3 : Volume du réseau de la tuyauterie

- **Volume des radiateurs**

Nombre d’éléments	Contenance en eau L	Nombre d’unité	Volume L
5	4,1	1	4,1
6	4,9	5	24,5
7	5,7	5	28,5
8	6,6	7	46,2
9	7,4	9	66,6
10	8,2	6	49,2
11	9	3	27
12	9,8	13	127,4
13	10,7	4	42,8
14	11,5	2	23
15	12,3	1	12,3
			451,6

Tableau 4.4: Volume des radiateurs.

- **Volume des chaudières et leurs collecteurs**

Chaudières : $2 \times 47 = 94 \text{ L}$

Collecteurs : $2 \times (S \times L) = 2 \times \{[(0.05^2 \times 3,14)/4] \times 2.44\} = 2 \times 4.79 = 9.58 \text{ L}$

Collecteur de pompes : $4 \times 0,7 = 2,8 \text{ L}$

Le volume total de l'installation est de 713,3 L

La détermination du volume du vase d'expansion nécessite la connaissance du volume d'expansion donné par la relation suivante :

$$V_{\text{exp}} = V_{\text{inst}} \cdot \beta \quad (\text{IV.7})$$

V_{exp} : volume d'expansion en litre.

V_{inst} : volume total de l'installation.

β : Coefficient de dilatation de l'eau en fonction de sa température moyenne $\beta(80^\circ\text{C}) = 0.029$

$$V_{\text{exp}} = 713.3 \times 0.029 = 20,685 \text{ L}$$

IV-5.2. La pression de gonflage

Il correspond à la hauteur statique de l'eau de chauffage (le radiateur le plus haut de l'installation), 1 bar est rajouté pour permettre les purges d'air (sécurité) on l'appellera P_1

La hauteur statique égale à 15m $\longrightarrow P_1 = 1.5 \text{ bar} + 1 \text{ bar (sécurité)} = 2.5 \text{ bar}$

IV-5.3. La pression de tarage

C'est la pression maximale pour laquelle la soupape de sécurité s'ouvre qu'on va appeler P_2

$P_2 = 4 + 1(\text{sécurité}) = 5 \text{ bar.}$

Le volume du vase se calcule à l'aide de la relation suivante :

$$V_t = \frac{V_{\text{exp}}}{1 - \left(\frac{P_1}{P_2}\right)} \quad (\text{IV.8})$$

Application :

$$V_t = \frac{V_{\text{exp}}}{1 - \left(\frac{P_1}{P_2}\right)} = \frac{20,685}{1 - \frac{2,5}{5}} = 41,371 \text{ L}$$

Le volume minimal du vase est 41,371 L \rightleftharpoons Taille standard 50 L.

On choisira un vase d'expansion FLEXCON 50 (Annexe 7 ; Tableau A7.1), dont les caractéristiques sont :

Capacité : 50 L

Pression de gonflage : 1.5 bar

Pression de service maximale : 10 bar

IV-6. Choix de la chaudière

Le choix des chaudières se fait en fonction de la puissance de chauffage déjà calculé au chapitre III. Suivant les normes il faut choisir deux chaudières dont la puissance de chacune d'elle est égale à 2/3 de la puissance de chauffage totale. [13]

La puissance de chauffage utile à l'installation est la somme des déperditions soit :
70 KW

On choisira alors deux chaudières CHAPPEE EDENA 2 PROGRESS du catalogue CHAPPEE. (Annexe 7 ; Tableau A7.2)

Les caractéristiques de chacune sont :

- Puissance maximal : 50KW
- Contenance en eau : 47 L
- Rendement : 91%
- Perte de charge : 16 Pa

IV-7. Exigences requises pour la qualité et le traitement de l'eau d'alimentation

Le calcaire n'existe pas seulement sous forme de roches dans la nature mais on le trouve également dissout dans l'eau. Plus l'eau contient du calcaire, plus elle est dure. Cette dureté est mesurée en degrés ou titre hydrotimétrique (°H).

L'eau est un excellent solvant et moyen de transport. Dans la nature, elle coule sur les pierres, les galets et dans le sous sol, récupérant sur son passage des minéraux précieux comme le carbonate de calcium, plus connu sous le nom de calcaire.

Plus l'eau absorbe de calcaire, plus elle est dure. Ce qui n'altère toutefois pas sa qualité, bien au contraire, le goût n'en est que meilleur. Par contre, les problèmes peuvent survenir au niveau des installations domestiques : une eau contenant trop de calcaire perturbe le fonctionnement lorsqu'elle entre en contact avec des matières alcalines comme le savon ou lorsqu'elle se réchauffe ou s'évapore. Dans ces cas, le calcaire est précipité et forme du tartre. La plupart du temps, les composants concernés sont les générateurs de chaleur, les échangeurs thermiques, les chauffe-eau, les lave-linge, les pommeaux de douche et les conduites d'eau chaude.

Pour cette installation on va se limiter à un doseur anti tartre équipé d'une cartouche filtrante et d'une cartouche de cristaux de silico-polyphosphates à dilution lente, ce dispositif est efficace pour limiter les effets du tartre dans les canalisations, les appareils sanitaires et notamment les chauffe-eau instantanés très sensibles à l'entartrage.



Figure 4.3 : Image du doseur anti tartre à cristaux à double cartouche.
Source : www.elyotherm.fr

Une illustration graphique des éléments de la chaufferie est représentée dans la figure (4.4)

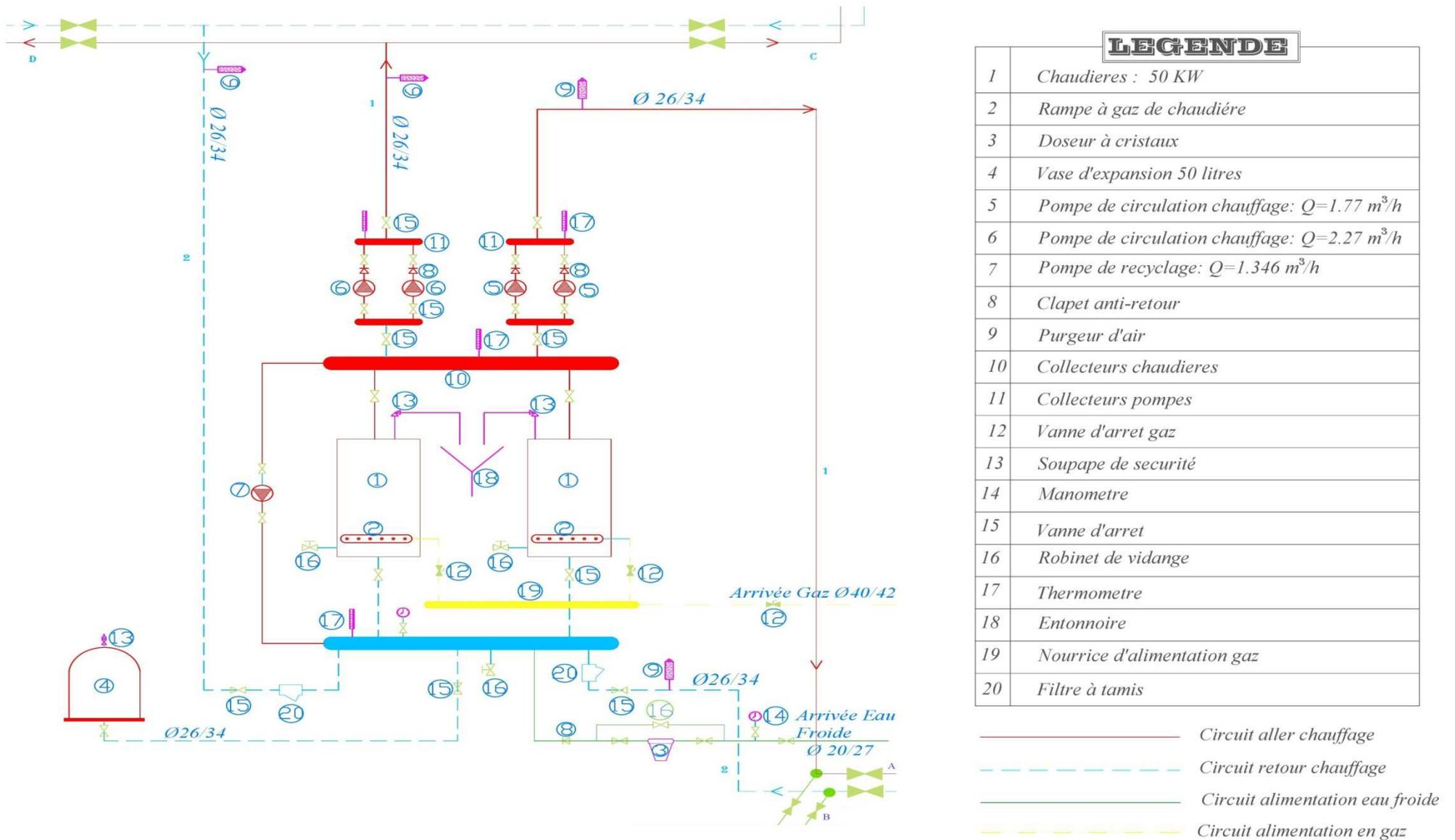


Figure 4.4 : Schéma de principe de la chaufferie

Conclusion

Pour un bon dimensionnement du réseau de la tuyauterie il est impératif d'adopter une vitesse de circulation silencieuse, et aussi une perte de charge maximale pour chaque tronçon pour choisir un circulateur moins énergivore.

La chaudière est choisie en fonction des déperditions calculées dans le chapitre précédent. Toute installation de chauffage central à eau chaude est sécurisée par un vase d'expansion, dont le volume est fonction de la contenance en eau de l'installation, la hauteur statique et la pression de service.

Pour protéger l'installation des risques de dépôt de calcaire il est préférable d'installer un adoucisseur dans le circuit de chauffage, mais un dosseur à cristaux est envisageable.

Conclusion générale

Les résultats obtenus à l'issue de cette étude nous ont permis de conclure que l'architecture de l'immeuble étudié était dans les normes énergétiques, cela était conforme aux normes réglementaires algériennes. Le choix du système de chauffage central avec radiateurs à eau chaude est justifié vu les avantages des radiateurs en fonte.

La réalisation de notre étude a nécessité la prise en considération du critère d'économie d'énergie, ce qui nous a incités à utiliser un réseau hydraulique adapté à un circulateur moins énergivore. Le choix de deux chaudières s'explique par les besoins de secours en cas de panne technique de l'une des chaudières.

Le système de chauffage central à eau chaude par radiateurs utilisé au niveau de cette daïra, demeure un système très efficace en matière de chauffage à des fins de confort thermique ; l'installation réalisée est ce qu'il ya de plus basique, où la régulation se fait manuellement.

Cependant, la régulation des systèmes modernes est automatique ayant des inconvénients considérables relatifs au coût de ces dispositifs et leurs dysfonctionnements éventuels.

D'autres systèmes peuvent concurrencer ce système, à savoir les ventilo-convecteurs, et la CTR qui incluent la ventilation et le traitement d'air. Ces systèmes permettent d'intervenir plus précisément sur l'évolution de l'humidité dans le local à chauffer mais ils sont redouté par les demandeurs vu leurs investissements élevés.

Enfin, pour conclure notre travail on peut dire qu'à travers l'étude de ce projet, nous avons eu l'occasion d'enrichir et d'approfondir remarquablement nos connaissances en matière de techniques de chauffage. Et nous espérons toutefois, que d'autres sujets vont continuer sur ce chemin pour apporter plus d'avantages d'expériences dans ce domaine.

Bibliographie

- [1] **G.KRAUSS**, (Bâtiment et énergie : Chauffage), Cours de INSA de Lyon, 2007
- [2] **YVES JANNOT**, (Transfert thermique), Cours de l'Ecole des mines de Nancy, 2012
- [3] Manuel modulaire chauffage central, Fond de la formation professionnel de la construction, Bruxelles.
- [4] **NICOLAS MOREL** et **EDGARD GNANSOUNOU**, (Energétique du bâtiment), Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, Ed septembre 2009
- [5] Document technique réglementaire D.T.R C3.2, Règle de calcul des déperditions calorifiques, CNERIB Ministère de l'habitat, Fascicule 1, 1998
- [6] **MALEK BENJEDIDI** et **OMRANE BENJEDDOU**, (La thermique du bâtiment), Ed Dunod, 2016
- [7] **CHAPPEE**, Catalogue technique de choix des radiateurs, 2016
- [8] **W.RAISS** et **H.RIETSHELL**, (Traité de chauffage et de climatisation), Tome 2, Ed Dunod, Paris, 1974
- [9] **CALIFFE**, hydraulique, Revue périodique d'informations techniques et industrielles des thermiciens, ISSN 1769-0609, volume 2, France, octobre 2005
- [10] **SALMSON**, Catalogue des pompes de chauffage domestique, France, N.T. N° 111-16/ENG. - Ed.6/10-08
- [11] **WILO**, Pompes et systèmes de pompage pour le Bâtiment et l'Industrie, Catalogue tarif professionnel 2012/1
- [12] **FLAMCO**, Vase d'expansion et accessoires, Catalogue technique, Ed 2015
- [13] **CHAPPEE**, Catalogue technique de choix des chaudières, France, 01/02/2009, Réf. CH 00 6055-50-01-2009

Webographie :

- Figure 1.2 : Pôles à gaz (Source : www.condor.dz).
- Figure 1.3 : Image représentatif d'un Inserts (Source : www.bioenergie-promotion.fr).
- Figure 1.4 : Schéma de principe d'un convecteur électrique (Source : www.conseils-thermiques.org).
- Figure 1.5 : Structure d'un Plancher chauffant électrique (Source : www.hora.fr).
- Figure 1.8 : Image descriptive d'une chaudière (Source : Catalogue CHAPPEE (2009))
- Figure 1.9 : Les images des différents radiateurs (Source : CHAPPEE, DECORAL).
- Figure 1.10 : Tubes à ailettes (Source : www.batiproduits.com).
- Figure 1.11 : Convecteur (Source : POWERKON).
- Figure 1.12: Aérotherme (Source: Winter warm).
- Figure 1.13 : Plancher chauffant (Source : www.hydrronicscomfort.com).
- Figure 1.14 : Ventil-convecteur (Source : CLIVET).
- Figure 1.15 : Pompe sans presse étoupe (axial) (Source : SALMSON).

Bibliographie

Figure 1.16: Pompe avec presse étoupe (centrifuge) (Source : www.caprari.it).

Figure 1.17 : Tuyauterie (Source : Wieland).

Figure 1.19 : Vase d'expansion (Source : Flamco).

Figure 1.20 : Centrale de traitement d'air (Source : www.ciat.fr).

Figure 1.24 : Schéma de principe du chauffage (Source : www.bourges.reseau-chaueur.fr).

ANNEXES

ANNEXE 1 :

Carburant	Unité	PCI		PCS	
		KWh	MJ	KWh	MJ
Butane	Kg	13,72	49	12,61	45
Propane	Kg	13,83	50	12,79	46
Butane	m ³	33,48	121	30,75	111
Propane	m ³	25,95	93	23,95	86
Bois	Kg	5,46	20	5,11	18
Fioul domestique	L	10,74	39	10,06	36
Gaz ville (méthane)	m ³	11,45	41	10,35	37

Tableau A1.1 : Pouvoir calorifique des combustibles [1]

ANNEXE 2 :

1. Données climatique de la région de Tizi-Ouzou (2010 à 2014)

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
2010	80	77	78	80	73	68	59	62	70	74	79	76
2011	84	83	78	76	77	75	68	68	69	75	81	85
2012	84	88	81	76	71	61	49	49	65	69	79	83
2013	80	80	73	77	78	65	60	60	73	69	83	83
2014	78	76	81	67	68	64	58	58	62	62	69	84
moy	81,2	81,2	78,2	75,2	73,4	66,6	61,6	59,4	68	68	78,2	8,2

Tableau A2.1 : Évolution de l'humidité relative mensuelle moyenne (en %) de la période (2010-2014), Source : Station métrologique de Tizi-Ouzou.

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
2010	2,1	1,5	1,1	0,8	1,0	1,3	1,8	1,3	1,4	1,0	0,9	0,9
2011	0,2	1,2	0,7	1,1	Xx	Xx	Xx	Xx	1,1	0,5	0,6	0,3
2012	0,3	Xx	Xx	Xx	Xx	Xx	Xx	Xx	0,7	0,6	1,1	0,9
2013	1,5	1,6	2,6	1,9	1,9	1,9	1,7	1,3	1,3	Xx	Xx	Xx
2014	Xx	Xx	Xx	Xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	Xx
moy	1,025	1,433	1,466	1,266	1,45	1,6	1,75	1,3	1,125	0,7	0,866	0,7

Tableau A2.2 : Evolution de la vitesse mensuelle moyenne du vent (en m/s) de la période (2010-2014), Source : Station météorologique de Tizi-Ouzou

2. Classes de rugosité correspondantes au site d'implantation du bâtiment [5]

- Rugosité de classe I : bord de mer
- Rugosité de classe II : rase campagne, aéroport
- Rugosité de classe III : zones rurales avec arbres, haies, zones faiblement urbanisées
- Rugosité de classe IV : zones urbaines ; zones industrielles ; forêts
- Rugosité de classe V : centre des grandes villes

3. Zonage climatique de l'Algérie [5]

Les zones climatiques considérées dans le DTR sont les suivantes :

Zone	
A	comprend le rivage de la mer et parfois le versant Nord des chaînes côtières
B	comprend la plaine derrière le rivage de la mer et les vallées entre les chaînes côtières et l'atlas tellien ; au sein de cette zone, on distingue une sous-zone B' qui comprend la vallée du Chellif
C	comprend les Hauts-Plateaux compris entre l'atlas tellien et l'atlas Saharien
D	comprend le Sahara, au sein de laquelle on distingue une sous-zone D'

Tableau A3.1 : Signification du zonage climatique de l'Algérie [5]

Tableau A3.2 : Le découpage administratif de chaque des wilayas de l'Algérie [5]		
Wilaya	Communes	Zone
01 ADRAR	Groupe de communes 1 : Ksar Kaddour - Timiaouine – Tinerkouk	D
	Groupe commune 2 : toutes les communes autres que celles figurant au groupe communel.	D'
02 CHLEF	Groupe de commune 1 : Beni Haoua – Dahra – El Marsa Moussadek – Sidi Abderrahmene – Talassa – Taougrite – Tenes – Oued Guoussine.	A
	Groupe de commune 2 : Abou El Hassan – Benaira – Bouzghaia – sidi Akkacha – Tadjena –Zedoudja.	B
	Groupe de commune 3 : Toute l'autre commune que celle figurant aux groupes de communes 1 et 2.	B'
03 LAGHOuat	Groupe de commune 1 : Ain Medhi – El Haouita – Hassi Delaa – R'Mel – Kheneg – Ksra El Hirane – Laghouat – Mekhareg – Tadjrouna.	D
	Groupe de commune 2 : Toute l'autre commune que celle figurant aux groupes de communes 1	C
04 / OUM ELBOUAGHI	Toutes les communes	C
05 BATNA	Groupe de Communes 1 : Ain Touta - Arris - Barika - Bitam – Boumagueur - Bouzina - Chir - Djezzar - Ghassira - Gosbat – Hidoussa - Ichmoul - Inoughissen - Kimmel - Lemsane - Maafa - M'Doukal - Mena - Merouana - Metkaouak - NGAous – Ouled Ammar - Ouled Aouf - Ouled - Si Slimane- Ras El Aioun - Sefiane - Seggana - Taxlent- Teniet El Abed – Tighanimine - Tigherghar - Tilatou - T'Koutt	D
	Groupe de Communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant au groupe de communes 1.	C
06 BEJAIA	Groupe de Communes 1 : Adekar - Aokas - Bejaia - Beni Ksila - Boukhelifa - Hamza - Melbou - Souk El Tenine - Tala - Taourirt Ighil Tichi - Toudja - Oued Ghir	A
	Groupe de Communes 2 : Ighli Ali.	C
	Groupe de Communes 3 : Toutes les communes autres que celles figurant aux groupes de commune 1 et 2.	B
07 BISKRA	Toutes les communes	D
08 BECHAR	Toutes les communes	D
09 BLIDA	Toutes les communes	B

ANNEXES

Wilaya	Zone	Communes
10 BOUIRA	<p>Groupe de Communes 1 : Aghbalou - Ahl El Ksar - Aïdane – Ain El Hadjar - Ain Laloui - Ain Turk - Bechloul - Bordj Okhriss - Bouira - Chorfa - Dirah - El Adjiba - El Asnam – El Hachimia - El Hakimia - Hadjera Zerga - Haïzer -Maamora - M’Chedallah - Mezdour - Oued El Berdi - Ouled Rached - Saharidj - Taghzout - Taguedit</p> <p>Groupe de Communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant au groupe de communes 1.</p>	C B
11 TAMANRASSET	<p>Groupe de Communes 1 : In Ghar - In Salah</p> <p>Groupe de Communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant au groupe de communes 1.</p>	D’ D
12 TEBESSA	<p>Groupe de Communes 1 : Bir El Ater - El Mezeraa - El Ogla El Malha - Ferkane - Negrine - Oum Ali - Saf Saf El Ouesra – Stah Guentis - Thlidjene</p> <p>Groupe de Communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant au groupe de communes 1.</p>	D C
13 TLEMCCEN	<p>Groupe de Communes 1 : Beni Rached - Dar Yaghmouracene – Ghazaouet - Honaine - Marsa Ben M’Hidi - Msirda Fouaga – Souahlia - Souk Thlata</p> <p>Groupe de Communes 2 : Aïn Ghoraba - Aïn Tallout - Azaïls - Beni Bahdel – Beni Boussaïd - Beni Semiel - Beni Snouss - El Aricha - El Bouihi - El Gor - Seb dou - Sidi Djillali</p> <p>Groupe de Communes 3 : Toutes les communes autres que celles figurant aux groupes de communes 1 et 2.</p>	A C B
14 TIARET	<p>Groupe de Communes 1 : Djillali Ben Amar - Ghertoufa – Mechraa Safa - Meghila - Oued Lili - Rahouia - Sebt</p> <p>Groupe de Communes 2 : Sidi Ali Mellal - Tidida.</p> <p>Groupe de Communes 3 : Toutes les communes autres que celles figurant aux groupes de commune 1 et 2.</p>	B B’ C
15 TIZI OUZOU	<p>Groupe de Communes 1 : Aghrib - Aït Chaffa - Akerrou - Azzefoun Iflissen - Mizrana - Tizirt - Zekri</p> <p>Groupe de Communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant au groupe de communes 1.</p>	A B
16 ALGER	Toutes les communes	A
17 DJELFA	<p>Groupe de Communes 1 : Amoura - Deldoul - Guettara – - Oum El Adam - Seb Rahal - Selmana</p> <p>Groupe de Communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant au groupe de communes 1.</p>	D C
18 JIJEL	<p>Groupe de Communes 1 : Chekfa - El Aouana - El Kennar Nouchfi - Emir Abdelkader - Jijel - Kaous - Keir Oued Adjoul - Mansouria Sidi Abdelaziz - Taher - Ziama.</p> <p>Groupe de Communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant au groupe de communes 2.</p>	A B

ANNEXES

19 SETIF	<p>Groupe de Communes 1 : Boutaleb - Hamma.</p> <p>Groupe de Communes 2 : Ain Arnat - Ain Azal - Ain Lahdjar - Ain Oulmane - Beidha Bordj - Bellaa - Beni Hocine - Bir El Arch - Bir Haddada - El Eulma - El Ouldja - Guellal - Guenzet - Guidjel - Hammam Essokhna - Harbil - Ksar El Abtal -Mezloug - Ouled Sabor - Ouled Si Ahmed - Ouled Tebben - Rosfa - Salah Bey - Setif - Taya - Tella</p> <p>Groupe de Communes 3 : Toutes les communes autres que celles figurant aux groupes de communes 1 et 2.</p>	D C B
20 SAIDA	TOUTES LES COMMUNES	C
21 SKIKDA	<p>Groupe de Communes 1 : Ain Zouit - Benazouz - Cheraia - Collo - Djendel Saadi Mohamed - El Hadaik-El Marsa - Fil Fila - Hamadi Krouma - Kanoua - Kerkera - Kheneg Mayoum - Ouled Attia - Skikda - Tamalous - Zitouna</p> <p>Groupe de Communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant au groupe de communes 1.</p>	A B
22 SIDI BEL-ABBES	<p>Groupe de Communes 1 : Ain Tidamine - Benachiba Chelia - Bir El Hammam - Dhaya - El Haçaiba - Marhoum - Merine - Mezaourou - Moulay Slissen - Oued Sebaa - Oued Sefioun – Oued Taourira - Ras El Ma - -Redjem Demouche - Sidi Ali Benyoub - Sidi Chaib - Taoudmout - Tassifour - Teghaliment - Telagh - Tenira.</p> <p>Groupe de Communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant au groupe de communes 1.</p>	C B
23 ANNABA	<p>Groupe de Communes 1 : Annaba - Chetaïbi - Ouled El Aneb - Seraïdi</p> <p>Groupe de Communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant au groupe de communes 1.</p>	A B
24 GUELMA	<p>Groupe de Communes 1 : Tamloka.</p> <p>Groupe de Communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant au groupe de communes 1.</p>	C B
25 CONSTANTINE	<p>Groupe de Communes 1 : Ain Smara - Ouled Rahmoune.</p> <p>Groupe de Communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant au groupe de communes 1.</p>	C B
26 MEDEA	<p>Groupe de Communes 1 : Aissaouia - Baata - Benchicao - Beni Slimane - Bir Ben Laabed - Bouchrahil - Bouskene - Deux Bassins - Djouab - Draa Essamar - El Azizia - El Guelb El Kebir - El Hamdania - El Omaria - Khams Djouamaa - Medea - Meghraoua - Mezrana - Mihoub - Ouamri - Oued Harbil - Ouled Brahim - Ouzera - Sidi Errabia - Sidi Naamane - Sidi Zahar - Sedraia - Souaghi - Tablat - Tamesguida - Tizi Mehdi</p> <p>Groupe de Communes 2 : Hannacha.</p> <p>Groupe de Communes 3 : Toutes les communes autres que celles figurant aux groupes de communes 1 et 2.</p>	B B' C

ANNEXES

Wilaya	Communes	Zone
27 MOSTAGANEM	Groupe de Communes 1 : Ouled Maalah - Sidi Ali Groupe de Communes 2 : Bouguirat - Oued El Kheir - Oued Safsaf - Mansourah - Nekmaria - Sirat - Sour - Souafia - Tazghait - Touahria Groupe de Communes 3 : Toutes les communes autres que celles figurant aux groupes de communes 1 et 2.	B' B A
28 M'SILA	Groupe de Communes 1 : Ain El Hadjel - Beni Ilmane - Bir Foda - Bouti Sayah - Djebel Messad - El Hamel - El Houamed - Hammam Dhalaa - Maadid - Medjedel - Mena - Oultene - Sidi Aïssa - Sidi Ameer - Sidi Hadjeres - Slim - Tamount - Tamsa - Ouanougha Groupe de Communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant au groupe de communes 1.	C D
29 MASCARA	Groupe de Communes 1 : Alaïmia. Groupe de Communes 2 : Aïn Ferah - Oued El Abtal - Sidi Abdeldjabar - Sehaïlia. Groupe de Communes 3 : Aouf - Benian - Gharrous - M'Hamid - Mokhda - Nesmot Oued Taria - Sidi Boussaid - Sidi Kada Groupe de Communes 4 : Toutes les communes autres que celles figurant aux groupes de	A B' C B
30 OURGLA	Toutes les communes	D
31 ORAN	Groupe de Communes 1 : El Braya - El Karma - Oued Tlelat - Tafraoui. Groupe de Communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant au groupe de communes 1.	B A
32 EL BAYADH	Groupe de Communes 1 : Boussemgoun - Brezina - El Benoud - El Abiod Sidi Cheikh Groupe de Communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant au groupe de communes 1.	D CD
33 ILIZI	Toutes les communes	
34 BORDJ BOU ARRERIDJ	Groupe de Communes 1 : Ouled Sidi Brahim Groupe de Communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant au groupe de communes 1.	B C
35 BOUMERDES	Groupe de Communes 1 : Ammal - Beni Amrane - Bordj Menaiel - Bouzegza Keddar - Chabet El Ameer - El Kharouba - Isser - Khemis El Khechna - Larbatache - Naciria - Si Mustapha - Souk El Had - Timezrit Groupe de Communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant au groupe de communes 1.	B A
36 EL TARF	Groupe de Communes 1 : Ben M'Hidi - Berrihane - Echott - El Kala - Souarekh Groupe de Communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant au groupe de communes 1.	A B
37 TINDOUF	Toutes les communes	D

ANNEXES

38 TISSEMSILT	<p>Groupe de Communes 1 : Lazharia</p> <p>Groupe de Communes 2 : Beni Lahcene - Bordj Bounaama - Boucaid – Larbaa Lardjem - Maasem - Mellaab - Sidi Lantri - Sidi Slimane – Tamalaht</p> <p>Groupe de Communes 3 : Toutes les communes autres que celles figurant aux groupes de communes 1 et 2</p>	B' B C
39 EL OUAD	Toutes les communes	D
40 KHENCHELA	<p>Groupe de Communes 1 : Babar - Bouhmama - Cherchar - Djellal - El Ouldja - Khirane - M'Sara</p> <p>Groupe de Communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant au groupe de communes 1.</p>	D C
41 SOUK AHRAS	<p>Groupe de Communes 1 : Ain Zana - Haddada - Hanancha - Khedara - Mechroha - Merahna - Ouled Driss - Ouled Moumen – Quillen</p> <p>Sidi Fredj - Souk Ahras - Taoura – Zaarouria</p> <p>Groupe de Communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant au groupe de communes 1.</p>	B C
42 TIPAZA	<p>Groupe de Communes 1 : Ahmer El Ain - Attatba – Bourkik Menaceur – Meurad</p> <p>Groupe de Communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant au groupe de communes 1.</p>	B A
43 MILA	<p>Groupe de Communes 1 : Ain Mellouk - Benyahia Abderrahmane - Chelghoum Laid - El Mechira - Oued Athmania Oued Khalouf - Oued Seguen - Tadjenanet – Telerghma</p> <p>Groupe de Communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant au groupe de communes 1</p>	C B
44 AIN DEFLA	<p>Groupe de Communes 1 : Ain Lechiakh - Oued Djemaa - Tarik Ibn Ziad</p> <p>Groupe de Communes 2 : Ain Benian - Ain Torki - Arib - Bathia - Belaas - Ben Allah Boumedfaa - El Hassania - Hammam Righa - Hoceinia - Miliana - Tacheta Zougagha</p> <p>Groupe de Communes 3 : Toutes les communes autres que celles figurant aux groupes de communes 1 et 2</p>	C B B'
45 NAAMA	<p>Groupe de Communes 1 : Asla -Djenien Bourezg – Morhar</p> <p>Groupe de Communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant au groupe de communes 1.</p>	D C
46 AIN TEMOUCHE NT	<p>Groupe de Communes 1 : Aghlal - Ain Kihal - Ain El Arbaa - Ain Temouchent - Aoubellil - Chaabet El Ham – Chentouf Hammam Bouhdjar - Hassasna - Oued Berkeche Oued Sabah - Sidi Boumediene – Tamzoura</p> <p>Groupe de Communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant au groupe de communes 1.</p>	B C
47 GHARDAIA	Toutes les communes	D
48 RELIZANE	<p>Groupe de Communes 1 : Beni Zentis - Kalaa - Mediouna - Mendes -Sidi M'Hamed Benali - Sidi Saada – Yellel</p> <p>Groupe de Communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant aux groupes de commune 1.</p>	B B'

4. les valeurs du coefficient “tau “ dans le cas des circulations communes

Circulation ouverte sur l'extérieur		
Définition : toute circulation commune ou dépendance dont le rapport de la section de ses ouvertures permanents sur l'extérieur à son volume est supérieur ou égale à $0,005 \text{ m}^2 / \text{m}^3$		
Tau = 1		
Circulation ouvrant directement sur l'extérieur		
Définition : toute circulation dont le taux horaire de renouvellement d'air est égale 2.		
Parois extérieures de la circulation commune	Parois extérieures de la circulation commune des logements	Valeur de Tau
Isolées	Non isolées	0,30
	Isolées	0,55
Non isolées	Non isolées	0,35
	Isolées	0,60
Inexistantes (circulation commune en position centrale)	Non isolées	0,25
	Isolées	0,45
Circulation commune n'ouvrant pas sur l'extérieur		
Définition : toute circulation dont le taux horaire de renouvellement d'air est égal à 0,5.		
Parois extérieures de la circulation commune	Parois extérieures de la circulation commune des logements	Valeur de Tau
Isolées	Non isolées	0,20
	Isolées	0,40
Non isolées	Non isolées	0,30
	Isolées	0,50
Inexistantes (circulation commune en position centrale)	Non isolées	0,10
	Isolées	0,25
Circulation commune avec trappes ouvertes en permanence		
Définition : Toute circulation dont le taux horaire de renouvellement d'air est égal à 4. Les circulations communes avec trappes ou gaines de désenfumage ouvertes en permanence et les parkings publics rentrent dans ce cas.		
Tau = 0,9		
Circulation commune en position centrale		
Définition : Toute circulation dont le taux horaire de renouvellement d'air est inférieur à 0,5. Les circulations n'ayant aucun ouvrant donnant directement sur l'extérieur rentrent dans ce cas		
Tau = 0		

Tableau A3.3 : valeurs du coefficient Tau pour le cas des circulations communes [5]

5. Caractéristiques thermo-physiques des matériaux homogènes

Tableau A3.4 : Caractéristiques thermo-physique des matériaux homogènes [5]			
Matériau	Masse volumique sèche ρ (Kg/m ³)	Conductivité thermique λ (W/m°C)	Capacité thermique (C) (J/kg.°C)
Pierres naturelles (murs, revêtement de sol, revêtement muraux, ...) roches éruptives			
- Granites, porphyres	2300 à 2900	3,0	936
- Basaltes	2700 à 3000	1,6	936
- Andésites, tufs volcaniques	2000 à 2700	1,1	936
Roches sédimentaires			
- Grès quartzeux	2000 à 2800	2,6	792
- Grès calcaireux	2000 à 2700	1,9	792
- Pierres calcaires			
o Pierres dures	2350 à 2580	2,4	936
o Pierres fermes	1840 à 2340	1,4	936
o Pierres tendres	1480 à 1830	1,0	936
o Pierres très tendres	≤ 1470	0,85	936
Roches métamorphiques			
- Marbre	≥ 2590	2,9	936
- Gneiss	2300 à 2900	3,0	936
- Schistes, ardoises	2000 à 2800	2,2	936
- Sable sec	1300	0,6	823
- Sable + gravillons	1800	1,2	792
Bétons de granulats courants			
Béton plein	2200 à 2500	1,75	1080
Béton caverneux	1700 à 2100	1,4	1080
Béton de granulats légers			
Béton caverneux de pouzzolane ou de aitier expansé	1400 à 1600	0,52	1080
	1200 à 1400	0,44	1080
	1000 à 1200	0,35	1080
Béton d'argile expansée ou de schiste expansé			
- Béton plein dit "de structure"	1600 à 1800	1,05	1080
	1400 à 1600	0,85	1080
- Béton plein dit "isolant et porteur"	1200 à 1400	0,70	1080
	1000 à 1200	0,46	1080
- Béton caverneux	800 à 1000	0,33	1080
	600 à 800	0,25	1080
Bétons cellulaires			
Béton autoclave dit béton "gaz"	750 à 850	0,33	1080
	650 à 750	0,27	1080
	550 à 650	0,22	1080
	450 à 550	0,18	1080
	350 à 450	0,16	1080
Béton "mousse"	200 à 600	0,20	1080
	600 à 1200	0,50	1080
	1200 à 1800	0,80	1080

ANNEXES

Mortier (d'enduits et joints)			
- Mortier bâtard	1900	1,15	1080
- Mortier de ciment	2200	1,4	1080
- Mortier de chaux	1080	0,87	1080
Plâtres			
- Plâtre gâché serré, ou très serré (plâtre de très haute dureté et plâtre projeté)	1100 à 1300	0,50	936
- Plâtre courant d'enduit intérieur	750 à 1000	0,35	936
- Carreaux de plâtre pleins	900 à 1000	0,35	936
Panneaux ou plaques de plâtre			
- Panneaux courant	750 à 1000	0,35	792
- Panneaux à parement de carton spécial feu	800 à 900	0,30	792
Brique silico-calcaire			
- Brique pleine	1600à 1800	0,80	936
	1800 à 2000	1,00	936
	≥ 2000	1,10	936
- Brique perforée	1400 à 1600	0,70	936
	1200 à 1400	0,56	936
Bois (parquets, revêtements muraux, etc.)			
- Feuillus mi-lourds (chêne, hêtre dur, fruitiers)	600 à 750 600 à 750	0,23 0,23	2160 2160
- Résineux très lourds			
- Feuillus légers (tilleul, érable, chêne, hêtre tendre)	450 à 600	0,15	2160
- Résineux mi-lourds (pin sylvestre, pin maritime)	450 à 550	0,15	2160
- Résineux légers (sapin, épicéa)	300 à 450	0,12	2160
- Feuillus très légers (peupliers)	300 à 450	0,12	2160
Liège			
- Comprimé	500	0,10	1512
- Expansé pur	100 à150	0,044	1512
- en granulats en vrac	120	0,06	1512
Panneaux ou plaques de bois			
-Fibragglos (panneaux de fibres de bois agglomérés avec un liant hydraulique)....	450 à 550	0,15	1512
	350 à 450	0,12	1512
	250 à 350	0,10	1512
-Panneau de fibres comprimées.....	650 à 750	0,17	1512
	550 à 640	0,14	1512
	450 à 540	0,12	1512
	360 à 440	0,10	1512
-Panneaux tendres, dits aussi isolants.....	200 à 250	0,07	1512
-Contreplaqué	450 à 550	0,15	1512
Tuile	1900	0,80	936
Verre	2700	1,10	792
Amiante ciment	1400 à 1800	0,95	864
	1000 à 1400	0,65	864
Asphalte	2100	0,70	1044

ANNEXES

Bitume (cartons feutres et chapes ouples imprégnées)..	1000 à 1100	0,23	1656
Mastics pour joints et garnitures d'étanchéité (silicones, polyuréthannes, acryliques)	1000 à 1650	0,40	1404
Terre (pisé, béton de terre stabilisée, Blocs de terre comprimée, terre cuite).....	1700 à 2000	1,15	936
Revêtement de sol et muraux Produits en céramique (carreaux et dalle)	1900	1,0	936
Carreaux de mosaïque de Marbre dit "granito"	2200	2,1	936
Polychlorures de vinyle -compact	1300 à 1400	0,2	1404
- en mousse	25 à 48	0,033	1404
Matières synthétiques compactes (caoutchoucs, formo-phénoliques, polyesters, polyéthylènes, polyamides).....	900 à 1500	0,40	1404
Polystyrène expansé	9à13	0,046	1404
	13à16	0,043	1404
	16à20	0,040	1404
	20à35	0,038	1404
Mousse de polyuréthane	30à40	0,031	1404
	40à60	0,034	1404
Mousses formo-phénoliques	30à100	0,050	1404
Matières plastiques alvéolaires	10à100	0,060	1404
Laines de roche	18à25	0,047	612
	25à35	0,041	612
	35à80	0,038	612
Laines de verre	7à12	0,044	612
	12à18	0,039	612
	18à25	0,037	612
	25à65	0,034	612
Métaux			
Fer pur	7870	72	468
Acier	7780	52	468
Fonte	7500	56	468
Aluminium	2700	230	936
Cuivre	8930	380	432
Plomb	11340	35	468
Laiton	8400	110	468

6. Caractéristiques thermo-physiques des matériaux hétérogènes

Résistance thermique (en m ² .°C/W)									
Formes-types des briques creuses	Epaisseur des briques (cm) (Résistances superficielles non comprises)								
	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20	22,5	25
	0,10								
		0,16	0,20						
 ou 				0,27	0,30	0,33			
						0,38	0,39	0,42	0,45

Tableau A3.5 : Caractéristiques thermo-physique des différentes forme-types des briques creuse [5]

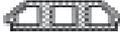
Résistance thermique (en m ² .°C/W)					
Entrevous en béton courant		Hauteur des entrevous (en cm)			
Forme des entrevous :		12	16	20	25
Dalle de compression en béton courant		0,12	0,14	0,16	0,19
Dalle de compression en béton d'argile expansé ou de schiste expansé		0,19	0,22	0,25	0,27
Entrevous en béton d'argile expansé ou de schiste expansé		Hauteur des entrevous (en cm)			
Forme des entrevous :		12	16	20	25
Dalle de compression en béton courant		0,17	0,20	0,23	0,26
Dalle de compression en béton d'argile expansé ou de schiste expansé		0,23	0,26	0,29	0,33
Entrevous en terre cuite		Hauteur des entrevous (en cm)			
Forme des entrevous :		8	12		
Dalle de compression en béton courant		0,11	0,14		
Dalle de compression en béton d'argile expansé ou de schiste expansé		0,17	0,21		
Entrevous en terre cuite		Hauteur des entrevous (en cm)			
Forme des entrevous :		12	16	20	25
Dalle de compression en béton courant		0,19	0,23	0,26	0,31
Dalle de compression en béton d'argile expansé ou de schiste expansé		0,26	0,31	0,36	0,41

Tableau A3.6 : résistances thermiques des entrevues en béton ou en terre cuite [5]

ANNEXES

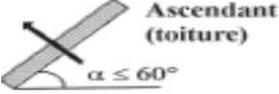
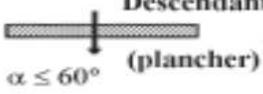
$1/h$ ($m^2\text{°C/W}$)	Paroi en contact avec : - l'extérieur, - un passage ouvert, - un local ouvert.			Paroi en contact avec : - un autre local, chauffé ou non chauffé, - un comble, - un vide sanitaire.		
	$1/h_i$	$1/h_e$	$1/h_i + 1/h_e$	$1/h_e$	$1/h_e$	$1/h_e + 1/h_e$
 Latéral (Mur) $\alpha > 60^\circ$	0,11	0,06	0,17	0,11	0,11	0,22
 Ascendant (toiture) $\alpha \leq 60^\circ$	0,09	0,05	0,14	0,09	0,09	0,18
 Descendant (plancher) $\alpha \leq 60^\circ$	0,17	0,05	0,22	0,17	0,17	0,34

Tableau A3.7 : Les valeurs des résistances thermiques d'échanges superficielles $m^2\text{°C/W}$ [5]

Position de la lame d'air	Sens du flux de chaleur	Epaisseur de la lame d'air (mm)						
		5 à 7	8 à 9	10 à 11	12 à 13	14 à 24	25 à 50	55 à 300
Horizontale	Ascendant	0,11	0,12	0,13	0,14	0,14	0,14	0,14
Verticale	-	0,11	0,13	0,14	0,15	0,16	0,16	0,16
Horizontale	descendant	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,18	0,20

Tableau A3.8 : La résistance thermique d'une lame d'air $m^2\text{°C/W}$ [5]

ANNEXE 3 : Table de sélection des radiateurs, et propriétés thermo-physique de l'eau à différentes températures

HAUTEUR SANS PIED MM	NBRE D'ÉLÉMENTS	LONGUEUR MM	CAPACITÉ EN EAU L	WATT ΔT 50	RÉFÉRENCES
780	4	260	3,3	336	C13327004
	5	325	4,1	420	C13327005
	6	390	4,9	504	C13327006
	7	455	5,7	588	C13327007
	8	520	6,6	672	C13327008
	9	585	7,4	756	C13327009
	10	650	8,2	840	C13327010
	11	715	9,0	924	C13327011
	12	780	9,8	1008	C13327012
	13	845	10,7	1092	C13327013
	14	910	11,5	1176	C13327014
	15	975	12,3	1260	C13327015
	16	1040	13,1	1344	C13327016
	17	1105	13,9	1428	C13327017
	18	1170	14,8	1512	C13327018
	19	1235	15,6	1596	C13327019
	20	1300	16,4	1680	C13327020

Tableau A3.1 : Caractéristiques des radiateurs CHAPPEE Savane S2 [7]

1. Propriétés thermo-physique de l'eau a différentes températures

T °C	ρ (g.cm ³)	C _p (J/gK)	P _{sat} (KPa)
0	0,999 87	4,2176	0,6113
10	0,999 73	4,1921	1,2281
15	0,999 13		
20	0,998 23	4,1818	2,3388
25	0,997 07		
30	0,995 68	4,1784	4,2455
35	0,994 06		
40	0,992 25	4,1785	7,3814
45	0,990 24		
50	0,988 07	4,1806	12,344
55	0,985 72		
60	0,983 23	4,1843	19,932
65	0,980 58		
70	0,977 79	4,1895	31,176
75			
80	0,971 82	4,1963	47,373
85			
90	0,965 35	4,205	70,117
95			
100	0,958 40	4,2159	101,325

ANNEXES

ANNEXE 4 : Tables des pertes de charge des tuyaux en acier et filtre à tamis

		r = pertes de charge linéiques, mm C.E./m													G = débit, l/h		v = vitesse, m/s	
r		Ø	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"	Ø	r		
2	G		49	97	208	383	802	1.204	2.267	4.516	6.924	14.015	24.582	39.720	G	2		
	v		0,11	0,13	0,15	0,18	0,22	0,24	0,28	0,34	0,38	0,45	0,52	0,59	v			
4	G		71	140	301	555	1.162	1.744	3.285	6.542	10.030	20.304	35.612	57.542	G	4		
	v		0,16	0,18	0,22	0,26	0,32	0,35	0,41	0,49	0,54	0,65	0,75	0,85	v			
6	G		88	174	374	690	1.444	2.166	4.080	8.126	12.459	25.220	44.235	71.474	G	6		
	v		0,19	0,23	0,28	0,32	0,39	0,43	0,51	0,61	0,68	0,81	0,93	1,05	v			
8	G		103	203	436	804	1.684	2.526	4.758	9.477	14.531	29.414	51.591	83.361	G	8		
	v		0,22	0,27	0,32	0,38	0,46	0,51	0,59	0,71	0,79	0,94	1,09	1,23	v			
10	G		115	229	491	906	1.897	2.846	5.362	10.678	16.372	33.142	58.130	93.926	G	10		
	v		0,25	0,30	0,37	0,43	0,51	0,57	0,67	0,80	0,89	1,06	1,23	1,38	v			
12	G		127	253	541	999	2.091	3.138	5.911	11.771	18.049	36.536	64.083	103.545	G	12		
	v		0,28	0,33	0,40	0,47	0,57	0,63	0,74	0,88	0,98	1,17	1,35	1,53	v			
14	G		138	274	588	1.085	2.271	3.407	6.418	12.783	19.600	39.676	69.589	112.442	G	14		
	v		0,30	0,36	0,44	0,51	0,62	0,68	0,80	0,96	1,06	1,27	1,47	1,66	v			
16	G		149	295	632	1.165	2.439	3.659	6.894	13.729	21.051	42.612	74.740	120.765	G	16		
	v		0,33	0,39	0,47	0,55	0,66	0,73	0,86	1,03	1,14	1,37	1,58	1,78	v			
18	G		158	314	673	1.241	2.598	3.897	7.342	14.622	22.419	45.383	79.599	128.616	G	18		
	v		0,35	0,41	0,50	0,58	0,71	0,78	0,92	1,09	1,22	1,46	1,68	1,90	v			
20	G		167	332	712	1.313	2.748	4.123	7.767	15.469	23.719	48.013	84.212	136.071	G	20		
	v		0,37	0,44	0,53	0,62	0,75	0,83	0,97	1,16	1,29	1,54	1,78	2,01	v			
22	G		176	349	749	1.382	2.892	4.339	8.173	16.278	24.959	50.524	88.616	143.186	G	22		
	v		0,39	0,46	0,56	0,65	0,78	0,87	1,02	1,22	1,36	1,62	1,87	2,11	v			
24	G		184	366	784	1.447	3.030	4.545	8.563	17.053	26.148	52.930	92.837	150.006	G	24		
	v		0,40	0,48	0,58	0,68	0,82	0,91	1,07	1,27	1,42	1,70	1,96	2,21	v			
26	G		193	382	819	1.511	3.162	4.744	8.937	17.799	27.291	55.245	96.897	156.566	G	26		
	v		0,42	0,50	0,61	0,71	0,86	0,95	1,12	1,33	1,48	1,77	2,04	2,31	v			
28	G		200	397	852	1.572	3.290	4.936	9.298	18.519	28.394	57.478	100.814	162.895	G	28		
	v		0,44	0,52	0,63	0,74	0,89	0,99	1,16	1,38	1,54	1,84	2,13	2,40	v			
30	G		208	412	884	1.631	3.414	5.121	9.648	19.215	29.462	59.638	104.603	169.017	G	30		
	v		0,46	0,54	0,66	0,77	0,93	1,03	1,21	1,44	1,60	1,91	2,21	2,49	v			
35	G		226	448	960	1.771	3.707	5.561	10.477	20.866	31.993	64.763	113.591	183.540	G	35		
	v		0,49	0,59	0,71	0,83	1,01	1,12	1,31	1,56	1,74	2,08	2,40	2,71	v			
40	G		242	481	1.031	1.902	3.982	5.973	11.252	22.410	34.361	69.556	121.999	197.126	G	40		
	v		0,53	0,63	0,77	0,90	1,08	1,20	1,41	1,67	1,87	2,23	2,57	2,91	v			
45	G		258	512	1.098	2.026	4.241	6.361	11.984	23.867	36.595	74.078	129.930	209.941	G	45		
	v		0,57	0,67	0,82	0,95	1,15	1,28	1,50	1,78	1,99	2,38	2,74	3,09	v			
50	G		273	542	1.162	2.143	4.486	6.730	12.679	25.250	38.716	78.372	137.461	222.109	G	50		
	v		0,60	0,71	0,86	1,01	1,22	1,35	1,58	1,89	2,10	2,51	2,90	3,27	v			
60	G		301	597	1.280	2.363	4.946	7.419	13.977	27.836	42.681	86.398	151.538	244.855	G	60		
	v		0,66	0,79	0,95	1,11	1,34	1,49	1,75	2,08	2,32	2,77	3,20	3,61	v			
70	G		327	649	1.390	2.566	5.371	8.057	15.178	30.228	46.348	93.822	164.559	265.895	G	70		
	v		0,72	0,85	1,03	1,21	1,46	1,62	1,90	2,26	2,52	3,01	3,47	3,92	v			
80	G		351	697	1.493	2.755	5.768	8.653	16.301	32.466	49.779	100.766	176.739	285.576	G	80		
	v		0,77	0,92	1,11	1,30	1,57	1,73	2,04	2,43	2,70	3,23	3,73	4,21	v			
90	G		374	742	1.590	2.935	6.143	9.216	17.361	34.576	53.015	107.317	188.230	304.142	G	90		
	v		0,82	0,98	1,18	1,38	1,67	1,85	2,17	2,58	2,88	3,44	3,97	4,48	v			
100	G		396	785	1.683	3.105	6.499	9.750	18.367	36.580	56.088	113.537	199.139	321.770	G	100		
	v		0,87	1,03	1,25	1,46	1,76	1,95	2,30	2,73	3,05	3,64	4,20	4,74	v			

Table A4.1 : Abaque de perte de charge linéique, tube acier T_e = 80°C [9]

ANNEXES

		Diamètre du tube acier inox, cuivre ou plastique				
		8 + 16 mm	18 + 28 mm	30 + 54 mm	> 54 mm	
		Diamètre du tube acier				
		3/8" + 1/2"	3/4" + 1"	1 1/4" + 2"	> 2"	
Type de résistance singulière		Symbole				
Coude serré à 90°	$r/d = 1,5$		2,0	1,5	1,0	0,8
Coude normal à 90°	$r/d = 2,5$		1,5	1,0	0,5	0,4
Coude large à 90°	$r/d > 3,5$		1,0	0,5	0,3	0,3
Coude serré en U	$r/d = 1,5$		2,5	2,0	1,5	1,0
Coude normal en U	$r/d = 2,5$		2,0	1,5	0,8	0,5
Coude large en U	$r/d > 3,5$		1,5	0,8	0,4	0,4
Élargissement			1,0			
Restriction			0,5			
Dérivation simple avec T équerre			1,0			
Jonction simple avec T équerre			1,0			
Dérivation double avec T équerre			3,0			
Jonction double avec T équerre			3,0			
Dérivation simple avec angle incliné (45° - 60°)			0,5			
Jonction simple avec angle incliné (45° - 60°)			0,5			
Dérivation avec amorce			2,0			
Jonction avec amorce			2,0			

Table A4.2 : Valeurs des coefficients de perte de charge singulière du réseau de la tuyauterie [9]

ANNEXES

	Diamètre du tube acier inox, cuivre ou plastique				
	8 + 16 mm	18 + 28 mm	30 + 54 mm	> 54 mm	
	Diamètre du tube acier				
	3/8" + 1/2"	3/4" + 1"	1 1/4" + 2"	> 2"	
Type de résistance singulière	Symbole				
Vanne d'arrêt droite		10,0	8,0	7,0	6,0
Vanne d'arrêt inclinée		5,0	4,0	3,0	3,0
Vanne à opercule à passage réduit		1,2	1,0	0,8	0,6
Vanne à opercule à passage total		0,2	0,2	0,1	0,1
Vanne à sphère à passage réduit		1,6	1,0	0,8	0,6
Vanne à sphère à passage total		0,2	0,2	0,1	0,1
Vanne papillon		3,5	2,0	1,5	1,0
Clapet anti-retour		3,0	2,0	1,0	1,0
Robinet de radiateur droit		8,5	7,0	6,0	—
Robinet de radiateur équerre		4,0	4,0	3,0	—
Té de réglage		1,5	1,5	1,0	—
Coude de réglage		1,0	1,0	0,5	—
Vanne quatre voies		6,0		4,0	
Vanne trois voies		10,0		8,0	
Passage à travers un radiateur		3,0			
Passage à travers une chaudière au sol		3,0			

Table A4.3 : Valeur des coefficients de perte de charge singulière zêta des composants de l'installation [9]

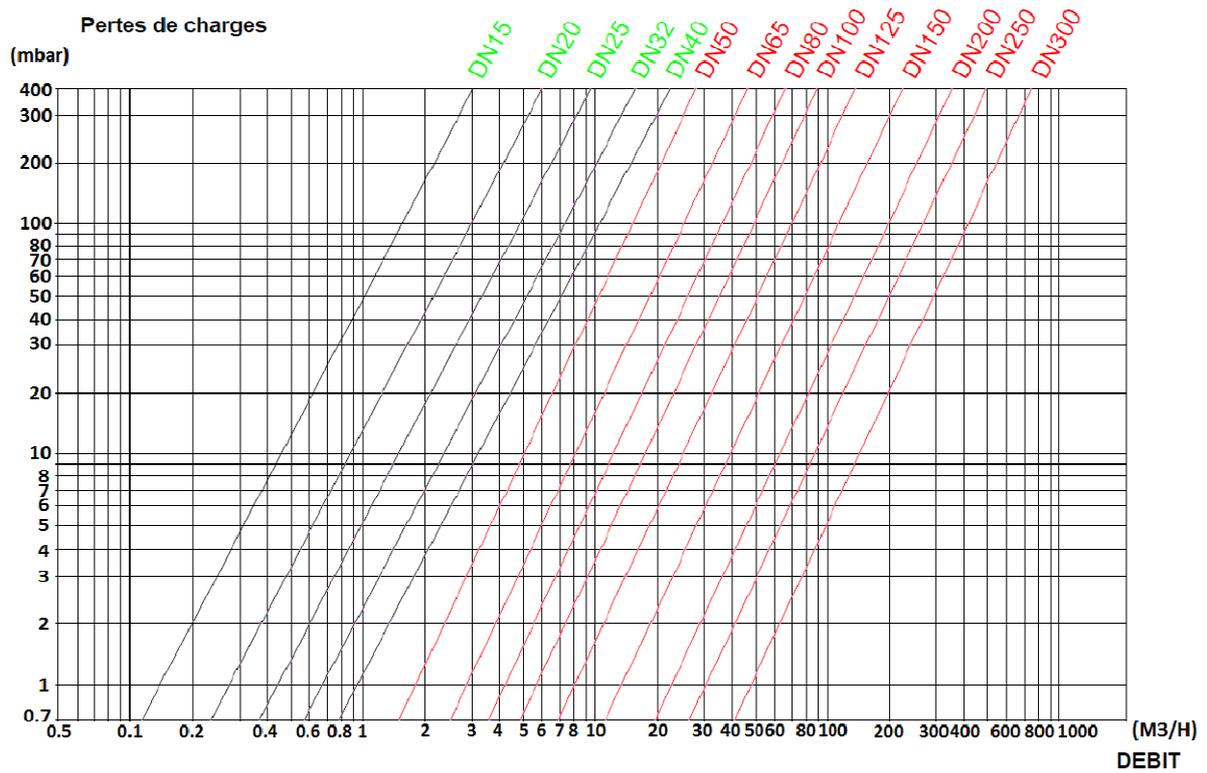


Figure A4.1 : Diagramme de perte de charge du filtre a tamis DN 15-300 (SFERACO)

ANNEXE 5 : Contenance en eau des tubes en acier, et coefficients de dilatation de l'eau à différentes températures

Tuyaux en acier		
Diamètre		Contenance en eau [l/m]
DN10	3/8"	0,1227
DN15	1/2"	0,2011
DN20	3/4"	0,3664
DN25	1"	0,5811
DN32	5/4"	1,0122
DN40	6/4"	1,3723
DN50	2"	2,3328
DN65	2 1/2"	3,8815
DN80	3"	5,3456
DN100	4"	9,0088
DN125	5"	13,6226
DN150	6"	19,9306

Tableau A5.1 : Contenance en eau des tubes en acier

TEMPERATURE °C	COEFFICIENT DE DILATATION DE L'EAU
10 °C	0,000272
20 °C	0,00177
30 °C	0,004343
40 °C	0,00781
50 °C	0,00781
60 °C	0,01698
70 °C	0,023
80 °C	0,02899
90 °C	0,0359
100 °C	0,043312
110 °C	0,0515
120 °C	0,061

Tableau A5.2 : coefficients de dilatation de l'eau à différentes températures

ANNEXE 6 : Caractéristiques des pompes de circulation

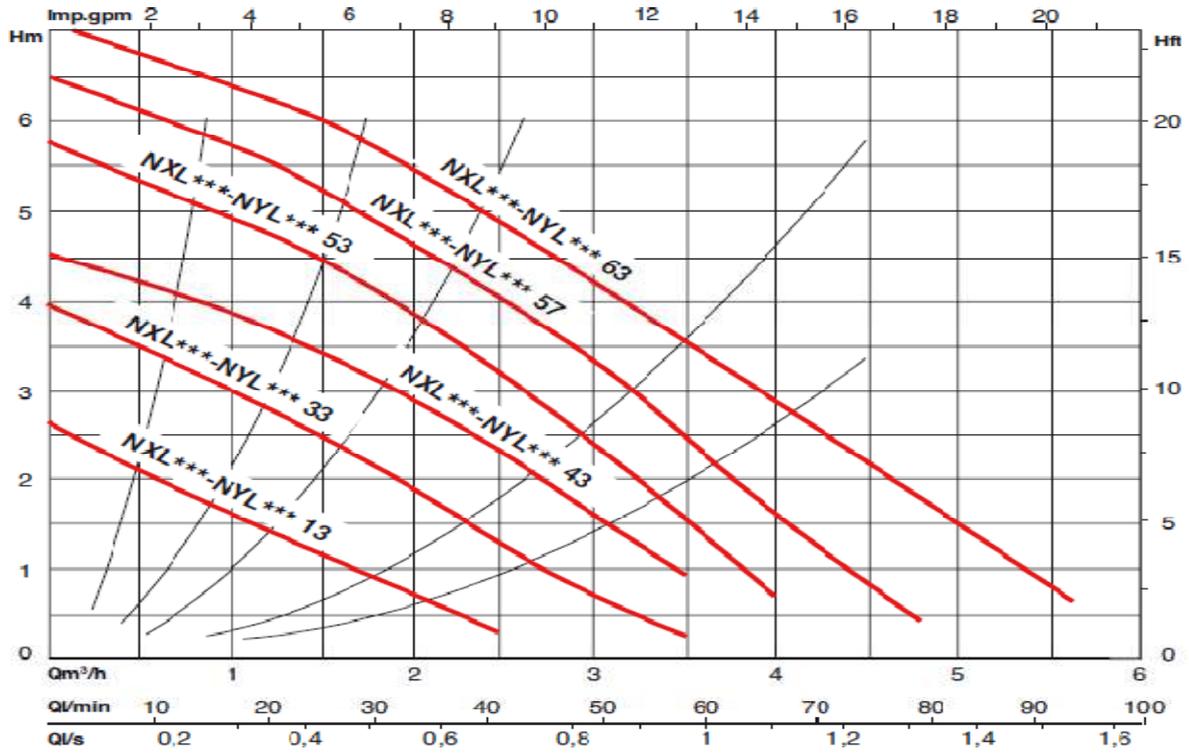


Figure A6.1 : Courbe caractéristique pour le choix des pompes SALMSON [10]

Order Reference	MOTOR					PUMP							
	Speed selector	Speed (rpm)	P1 (W)	I1 (A)	Concentrator μ F x V	Body casing length	\varnothing G circulator	Connexion on threaded pipe				L	h2
							\varnothing 1/2"	\varnothing 3/4"	\varnothing 1"	\varnothing 1"1/4			
NXL***13-25	1	1 450	18	0,08		180 mm	1"1/2	-	RED 2027	RU 2634	-		
NXL***13-32	2	1 500	30	0,13	1.6 * 400	180 mm	2"	-	-	RED 2634	RU 3342	98	73
NYL***13-15						130 mm	1"	RU 1521	-	-	-		
NYL***13-25	3	1 800	45	0,20		130 mm	1"1/2	-	RED 2027	RU 2634	-		
NXL***33-25	1	1 550	28	0,13		180 mm	1"1/2	-	RED 2027	RU 2634	-		
NXL***33-32	2	1 950	38	0,17	1.7 * 400	180 mm	2"	-	-	RED 2634	RU 3342	98	73
NYL***33-15						130 mm	1"	RU 1521	-	-	-		
NYL***33-20	2	1 950	38	0,17		130 mm	1"1/4	-	RU 2027	-	-		
NYL***33-25	3	2 200	48	0,21		130 mm	1"1/2	-	RED 2027	RU 2634	-		
NXL***43-25	1	2 200	37	0,17		180 mm	1"1/2	-	RED 2027	RU 2634	-		
NXL***43-32	2	2 400	47	0,21	2 * 400	180 mm	2"	-	-	RED 2634	RU 3342	98	77
NYL***43-15						130 mm	1"	RU 1521	-	-	-		
NYL***43-25	3	2 600	57	0,25		130 mm	1"1/2	-	RED 2027	RU 2634	-		
NXL***53-25	1	1 900	43	0,20		180 mm	1"1/2	-	RED 2027	RU 2634	-		
NXL***53-32	2	2 350	61	0,28	2.6 * 400	180 mm	2"	-	-	RED 2634	RU 3342	98	77
NYL***53-15						130 mm	1"	RU 1521	-	-	-		
NYL***53-25	3	2 550	84	0,36		130 mm	1"1/2	-	RED 2027	RU 2634	-		
NXL***57-32	1	1 150	50	0,22									
	2	1 650	72	0,32	3 * 400	180 mm	2"	-	-	RED 2634	RU 3342	98	77
	3	2 250	95	0,42									
NXL***63-25	1	1 067	53	0,33		180 mm	1"1/2	-	RED 2027	RU 2634	-		
NXL***63-32	2	1 556	71	0,50	3.5 * 400	180 mm	2"	-	-	RED 2634	RU 3342	109	77
NYL***63-25	3	2 239	100	0,64		130 mm	1"1/2	-	RED 2027	RU 2634	-		

Tableau A6.1 : Caractéristique des pompes SALMSON [10]

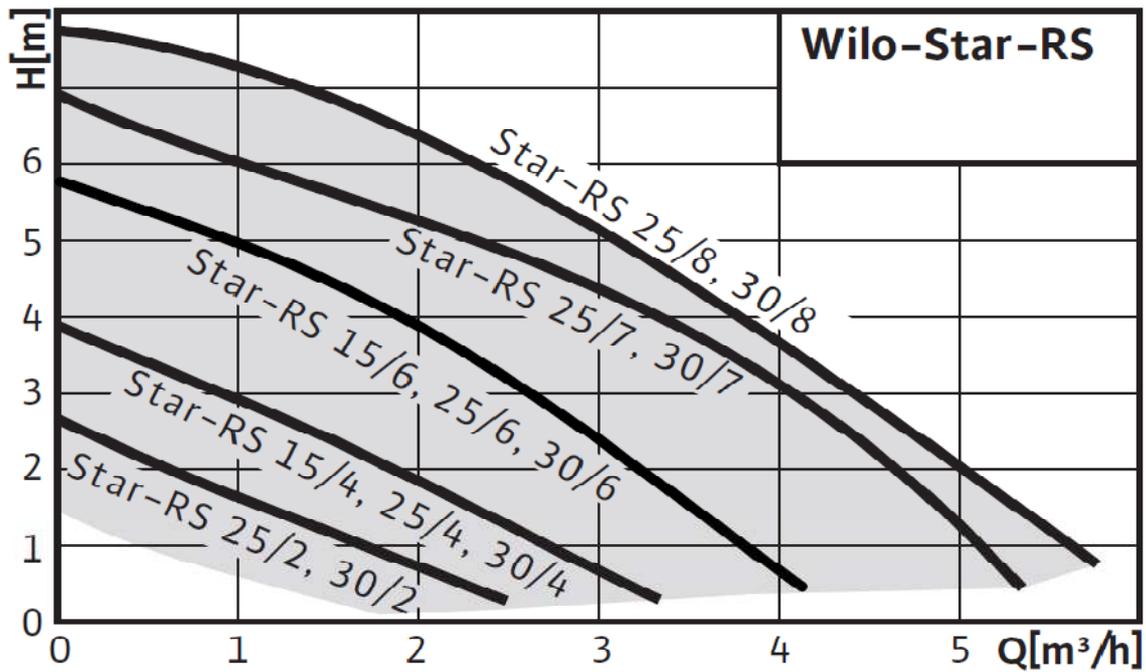
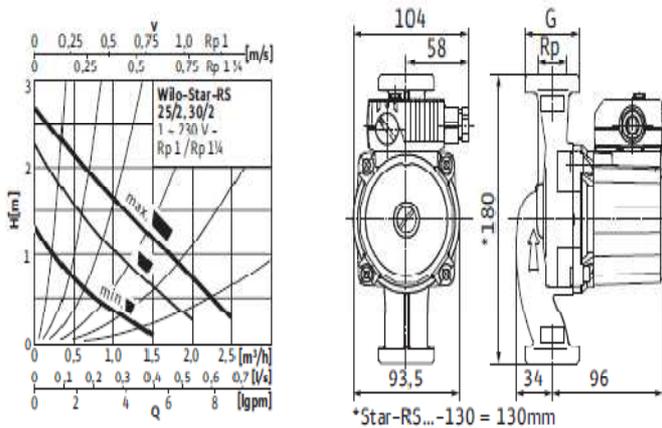


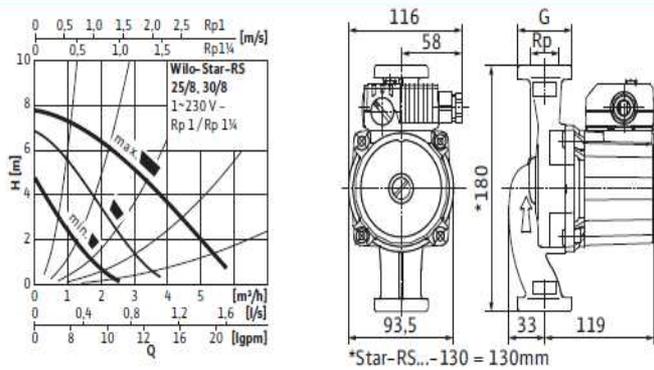
Figure A6.2 : Courbe caractéristique pour le choix des pompes WILO [11]

Wilo-Star-RS 25/2 et 30/2



Type	25/2	30/2
Raccord fileté	Rp 1	Rp 1¼
Filetage	G 1½	G 2
Puissance absorbée P_1/W	18/30/45	
Intensité absorbée I/A	0,08/0,13/0,20	
Poids env. m/kg	2,5	2,7

Wilo-Star-RS 25/8 et 30/8



Type	25/8	30/8
Raccord fileté	Rp 1	Rp 1¼
Filetage	G 1½	G 2
Puissance absorbée P_1/W	81/113/151	
Intensité absorbée I/A	0,40/0,60/0,76	
Poids env. m/kg	3,6	3,7

ANNEXE 7: Tables de choix du vase d'expansion et de la chaudière

Flexcon 35 - 80								200	
Type	Volume [l]	Gonflage [bar]	Dimensions		Rac-cord [M]	Poids [kg]		Prix par pièce	N° d'article
			Ø [mm]	H. [mm]					
Flexcon 35	35	0.5	396	435	3/4"	5.4	24		2635.50
Flexcon 35	35	1.0	396	435	3/4"	5.4	24		2635.60
Flexcon 35	35	1.5	396	435	3/4"	5.4	24		2635.70
Flexcon 35	35	à préciser	396	436	3/4"	5.4	24		2635.80
Flexcon 50	50	0.5	435	492	3/4"	11.2	12		2650.50
Flexcon 50	50	1.0	435	492	3/4"	11.2	12		2650.80
Flexcon 50	50	1.5	435	492	3/4"	11.2	12		2650.70
Flexcon 80	80	0.5	519	540	1"	15.0	12		2680.50
Flexcon 80	80	1.0	519	540	1"	15.0	12		2680.60
Flexcon 80	80	1.5	519	540	1"	15.0	12		2680.70

Tableau A7.1 : Table de choix du vase d'expansion [12]

Modèles EDENA (AS) PROGRESS 1102 LE / SE	Puissance (kW)	Éléments	Contenance en eau (litres)	Poids net (kg)	Dimensions en mm						Pertes de charge $\Delta T = 20^\circ C$ (da Pa)
					A	B	C	D	E	Ø Buse int.	
40	39,4	5	41	235	720	396	94	111	107	168	1,3
50	50	6	47	265	720	396	52	69	65	181	1,6
60	59,5	7	53	295	900	492	106	123	120	201	2
70	67,8	8	59	325	900	492	64	81	78	201	2,4

Tableau A7.2 : Table de choix de la chaudière [13]