

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

Université de Blida 1



Faculté de Technologie

Département de Génie Mécanique

MEMOIRE DE MASTER

Spécialité : Construction mécanique

**CALCUL DES CHARGES CLIMATIQUES POUR DEUX HANGARS EN
CHARPENTE MÉTALLIQUE**

Par

SAFOUAN MEZOUD

Messaoud Nacer Djamel

U. Saad Dahleb-Blida

Promoteur

Ferdjani Hicheme

U. Saad Dahleb-Blida

Co-Promoteur

Blida, Septembre 2022

Remerciements

*Nous rendons grâce à **Allah**, le Clément, le tout Miséricordieux, pour la chance qu'Il nous ait donnée pour poursuivre nos études supérieures, et pour le courage qu'Il nous a donné pour bien mener ce travail.*

*Nous commençons tout d'abord, par remercier notre promoteur et Co-promoteur **Messaoud Nacer Djamel**, **Hichem Ferdjani** enseignants à l'université Saad Dahlab Blida. Nous vous remercions vivement pour toutes les heures, les jours et les mois que vous avez passés avec patience extrême à nos diriger et corriger ce manuscrit. Nous vous remercions pour vos conseils et encouragements et votre modestie mais aussi pour votre partage du savoir.*

Nos remerciements sont adressés également aux membres du Jury qui ont pris sur leur temps et ont bien voulu accepter de juger ce modeste travail :

Nous tenons à exprimer nos très grandes considérations, et nos profonds respects au président, qui nous a fait l'honneur de présider ce Jury malgré toutes ses responsabilités et ses nombreuses occupations. Un grand merci pour tout ce que nous ait appris grâce à vous au cours de nos années de graduation.

Nous remercions vivement l'examineur d'avoir eu l'amabilité de bien vouloir examiner ce travail malgré ses occupations multiples. Nous ne pouvons que sincèrement vous exprimer nos respects et nos gratitude.

Enfin, nous remercions particulièrement nos parents pour leurs soutiens inconditionnels tout au long de ces années d'étude, et à toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Résumé

Notre projet de fin d'études consiste à faire une conception et calcul des charges climatiques d'un hangar en charpente métallique situé à la commune de BOUFARIK, Wilaya de «BLIDA ». Il est constitué de plusieurs portiques, stabilisés par des contreventements. Le calcul s'effectue selon le règlement Algérien « RNV 99 V2013».

Mots clés : charpente métallique – charges climatiques - RNV 99 V2013

Abstract

Our end-of-studies project consists of designing and calculating the climatic loads of a steel frame hangar located in the municipality of BOUFARIK, Wilaya of "BLIDA". It is made up of several gantries, stabilized by braces. The calculation is made according to the Algerian regulation "RNV 99 V2013".

Key words: steel frame –climate – climatic loads - RNV 99 V2013

ملخص

يتكون مشروع نهاية الدراسة الخاص بنا من تصميم وحساب الأحمال المناخية لحظيرة الهياكل الفولاذية الواقعة في بلدية بوفاريك بولاية " البليدة." هي مكونة من عدة جسور متحركة مثبتة بأقواس. تم الحساب حسب اللانحة الجزائرية.

"RNV 99 V2013

الكلمات المفتاحية : الهياكل الفولاذية – الأحمال المناخية

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE.....	2
Chapitre 1 : Présentation de l'ouvrage.....	4
I.1.Introduction.....	5
I.2. Présentation et Implantation de l'ouvrage	5
I.2.1.Implantation et site du projet	5
I.3. Caractéristiques géométriques de l'ouvrage	6
I.4.Eléments de l'ouvrage.....	7
I.4.1.Couverture.....	7
I.4.2.Ossature de la structure	8
I.4.3.Stabilité de l'ouvrage.....	8
4.3. Les poteaux et les traverses	8
I.6. Les assemblages.....	8
I.7. Les règlements utilisés.....	9
Chapitre 2 : Etude climatique	10
II.1.Etude au vent selon le règlement algérien (RNV2013)	11
II.1.1. Introduction	11
II.1.1.1. Domaine d'application	11
II.1.1.2.Disposition de l'ouvrage.....	11
II.1.1.3.Dimensions de l'ouvrage	12
II.1.2.Détermination des différents paramètres et coefficients de calcul.....	13
II.1.2.1.Effet de la région	13
II.1.2.2.Catégorie du terrain	13
II.1.3.Calcul du coefficient dynamique Cd	14
II.1.4.Détermination de la pression aérodynamique Qj.....	14
II.1.4.1.Calcul de la pression dynamique	14
II.1.5.Calcul des coefficients de pression extérieure.....	17
II.1.5.1.Vent perpendiculaire au long pan direction V1 ($\theta=0^\circ$).....	17
II.1.6.Détermination des coefficients de pression intérieure Cpi	27
II.1.6.1.Cas du vent perpendiculaire au long pan (sens V1).....	27
II.1.6.2.Cas du vent perpendiculaire au pignon (sens V2)	28
II.1.6.3.Calcul de la pression aérodynamique.....	28
II.1.6.4.Vent perpendiculaire au pignon (sens V2)(entièrement ouvertes)	29

II.2.Action de la neige selon RNV2013.....	30
II.2.1.Introduction	30
II.2.2. Influence de l'altitude	30
II.2.3.Toitures à versants multiples.....	31
II.2.4.Calcul des charges de neige sur la toiture	32
II.2.4.1.Calcul de la charge de la neige	32
II.3.Calcul de la force de frottement : (RNV2013-Chapitre 2. § 1.4).....	32
II.3.1.Introduction	33
II.3.2.Vent perpendiculaire au pignon	33
II.3.3.Vent perpendiculaire au long-pan.....	34
II.3.3.1.Pour la toiture	34
II.3.3.2.Parois verticales	34
II.3.3.2.La force de frottement totale	34
Conclusion	36
Bibliographie	36

Listes des figures

Figure I.1: Vue en 3D des deux hangars.....	5
Figure I.2: Localisation du projet.....	6
Figure I.3 : Schéma représentatif des éléments du hangar avec les dimensions.....	7
Figure I.4 : Panneau sandwich.....	8
Figure I.5: Schéma représentatif des paliers de stabilité (contreventement) en X.....	8
Figure I.6: Schéma représentatif du boulon HR.....	9
Figure II.1 : Les ouvertures sur le pignon.....	12
Figure II.2 : Les ouvertures sur le long-pan.....	12
Figure II.3 : Hauteur de référence Z_e et le profil correspondant de la pression dynamique.	15
Figure II.4: Schéma représentatif des deux directions du vent.....	17
Figure II.5 : Surfaces de la paroi verticale, parallèle à la direction V1.....	18
Figure II.6 : Valeurs de C_{pe} sur la paroi verticale direction V1.....	19
Figure II.7: légende pour la toiture direction V1.....	20
Figure II.8 : Dimensions des zones de la toiture, direction V1.....	21
Figure II.9 : Zones de partage de la paroi verticale, direction V2.....	23
Figure II.10 : Valeurs de C_{pe} sur la paroi verticale, direction V2.....	24
Figure II.11: Zones de partage de la toiture, direction...(V1 ou V2 ?)	24
Figure II.12: Dimensions des zones de la toiture, direction V2.....	25
Figure II.13: coefficient de pression intérieure C_{pi} sans face dominante.....	27
Figure II.14: Toitures à versants multiples.....	31

Liste des tableaux

Tableau I.1: valeurs nominales de f_y et f_u pour les profilés.....	9
Tableau II.1 : Caractéristiques géométriques de l'ouvrage.....	12
Tableau II.2 : Paramètres de la catégorie de terrain 3.....	13
Tableau II.3 : Valeurs des coefficients de la pression dynamique de pointe Q_p	17
Tableau II.4 : surfaces de la paroi verticale V1	19
Tableau II.5 : Valeurs de la pression extérieure sur la paroi verticale V1	19
Tableau II.6 : Toiture direction V1.....	21
Tableau II.7 : Valeurs de la pression extérieure sur la toiture V1	22
Tableau II.8 : surfaces de la paroi verticale V2	23
Tableau II.9 : Valeurs de la pression extérieur sur la paroi verticale V2	23
Tableau II.10 : les surfaces des zones chargées pour la toiture le sens V2.....	26
Tableau II.11 : Valeurs de la pression extérieur sur la toiture V2 ($\theta=90^\circ$).....	26
Tableau II.12 : Valeurs de la pression aérodynamique sur les parois Verticales, cas de vent dans le sens V1.....	28
Tableau II.13 : valeurs de la pression aérodynamique sur la toiture, cas de vent dans le sens V1.....	29
Tableau II.14 : valeurs de la pression aérodynamique sur les parois Verticales, cas de vent dans le sens V2.....	29
Tableau II.15 : valeurs de la pression aérodynamique sur la toiture, cas de vent dans le sens V2.....	30
Tableau II.16 : Charge de la neige sur le sol dans chaque zone.....	31
Tableau II.17 : Valeurs des Coefficients des angles de versant par rapport au plan horizontal.....	31
Tableau II.18 : Valeur des coefficients de frottement.....	33

Liste des symboles

Notations des symboles

1. Unités

[m] : mètre

[cm] : centimètre

[mm] : millimètre

[kg] : kilogramme

[t] : tonne

[daN] : déca newton

[kN] : kilo newton

2. Majuscules latines

C_d : Coefficient dynamique de la construction.

C_{pe} : Coefficient de pression extérieure.

C_{pi} : Coefficient de pression intérieure.

C_e : Coefficient d'exposition au vent.

C_r : Coefficient de rugosité.

C_t : Coefficient de topographie.

C_{fr} : Coefficient de frottement pour l'élément de surface considérée.

L : Longueur de la construction.

S : Charge de neige.

F_{fr} : Force de frottement résultante.

Q_p : Pression dynamique de pointe.

A : Aire.

I_v : Intensité de turbulence.

Z_e : Hauteur au-dessus du sol.

Z_{min} : Hauteur minimale.

Z₀ : Paramètre de rugosité

3. Minuscules latines

b : Dimension de la construction perpendiculaire au vent

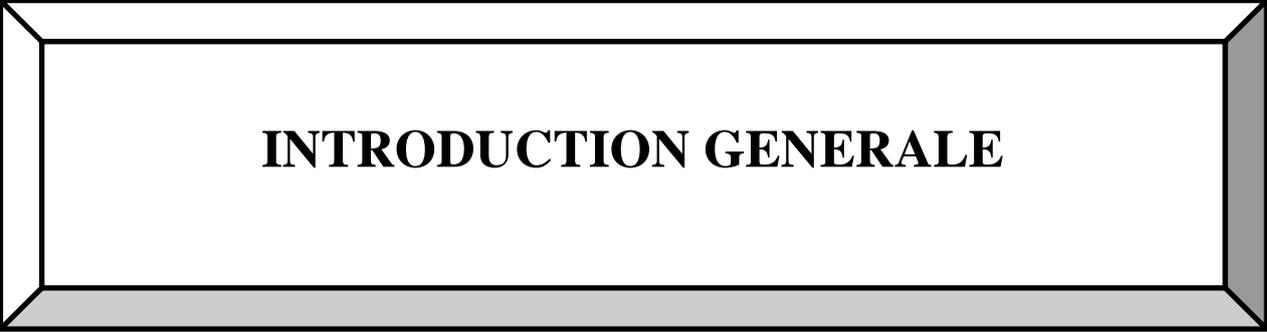
h : Hauteur de la construction

e : Excentricité ou longueur

d : Dimension d'une construction dans la direction du vent

α : Angle de pente de versant.

q_{réf} : Pression dynamique moyenne de référence.



INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

La construction des ouvrages, a suivi un développement et une grande progression, en passant des petites maisons rudimentaires aux grands bâtiments et ouvrages d'art. Qu'elle que soit sa destination (habitation, usage industriel, collectivité, spectacle ...) et son principe constructif (matériau, type de structure), la construction doit être capable de résister aux efforts appliqués.

Elles se caractérisent également par la complexité de leurs formes géométriques irrégulières en plan et en élévation, ainsi que par l'élancement des travées avec leurs grandes portées, ce qui a poussé les concepteurs de structure de faire appel à l'utilisation d'un nouveau système constructif connu pour son importante capacité de résistance et sa légèreté comparé aux constructions classique en béton armé, ce système de construction est en charpente métallique. La construction en structures métalliques a été distinguée par les constructeurs du monde entier depuis plusieurs décennies -surtout dans le domaine industriel - comme un système très efficace en matière de conception, de ductilité, de sécurité, de confort, et d'économie du projet.

L'acier utilisé en construction métallique à des caractéristiques garanties. C'est un matériau isotrope et homogène ayant un comportement idéal vis-à-vis de la théorie de l'élasticité, base des lois de la résistance des matériaux. Il est soudable, sous réserve de respecter les dispositions prescrites au projet, c'est le matériau d'usage courant en construction qui présente les caractéristiques les plus élevées pour le poids le plus faible.

Les ossatures métalliques se distinguent par certains avantages tel que :

- Grandes portées, plateaux intérieurs libres de poteaux, et donc la possibilité de la modularité des espaces.
- Pérennité des structures et limitation des frais de restauration et d'entretien.
- Légèreté de la structure, ce qui offre la possibilité d'ajouter un ou plusieurs étages en toute sécurité, sans faire souffrir les fondations.
- Rapidité des travaux par rapport au temps que nécessitent une démolition et une reconstruction.
- Coût global avantageux.
- Bonne résistance au séisme.

Dans le but d'améliorer nos connaissances dans le domaine de conception et le calcul des structures et apprendre à exploiter les données d'un hangar tout en utilisant ce qu'on a appris lors de notre cycle de formation universitaire, nous présentons, dans ce travail, un calcul des charges climatiques de deux hangars en charpente métallique selon le règlement neige et vent (RNV2013) .

Introduction générale

Le projet est implanté à la ville de Boufarik (Wilaya de Blida), classée par le règlement parasismique Algérien (RPA 99/version2013) comme une zone de forte sismicité (zone III).

Le présent mémoire est constitué principalement de trois chapitres et une conclusion générale, structurés comme suit :

- Le premier chapitre, est consacré à la présentation de la structure ainsi qu'au règlement utilisé.
- Le deuxième chapitre, portera sur le calcul des charges climatiques.

Ce travail se terminera par une conclusion générale.

Chapitre 1 : Présentation de l'ouvrage

Chapitre 1 : Présentation de l'ouvrage

I.1.Introduction

Nous détaillons dans ce chapitre la présentation de l'ouvrage : son emplacement, ses dimensions, et ses différentes parties.

I.2. Présentation et Implantation de l'ouvrage

Notre projet consiste en l'étude de deux hangars en charpente métallique (**Figure I.1**).

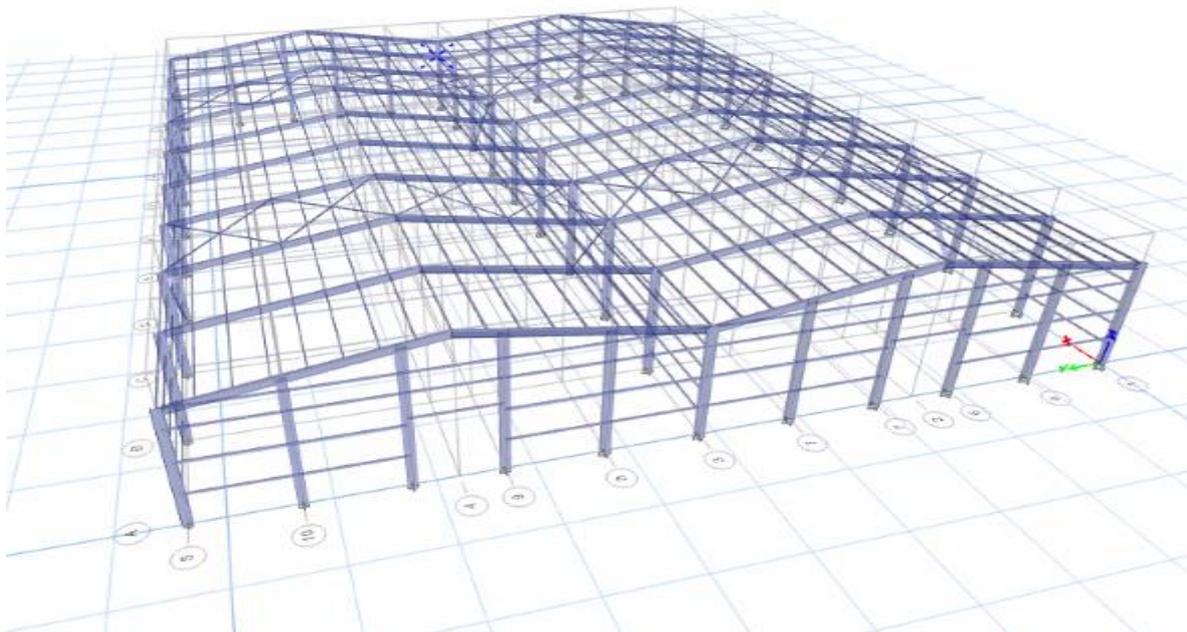


Figure I.1: Vue en 3D des deux hangars.

I.2.1.Implantation et site du projet

L'ouvrage est implanté à Boufarik dans la wilaya de BLIDA dans un site plat (Figure I-2), classé selon le règlement parasismique Algérien (RPA 99version 2003) comme zone de forte sismicité (III).



Figure I.2: Localisation du projet.

I.3. Caractéristiques géométriques de l'ouvrage

La forme en plan de la structure est rectangulaire. La structure contient **(10)** portiques espacée de **6m. (Figure I.3)**

- Hauteur maximale : 10,2 m
- longueur totale: 54 m
- Largeur : 44 m
- Flèche de la toiture : 2,2 m
- Hauteur du poteau : 8 m
- Entraxe des portiques : 6 m

Chapitre 1 : Présentation de l'ouvrage

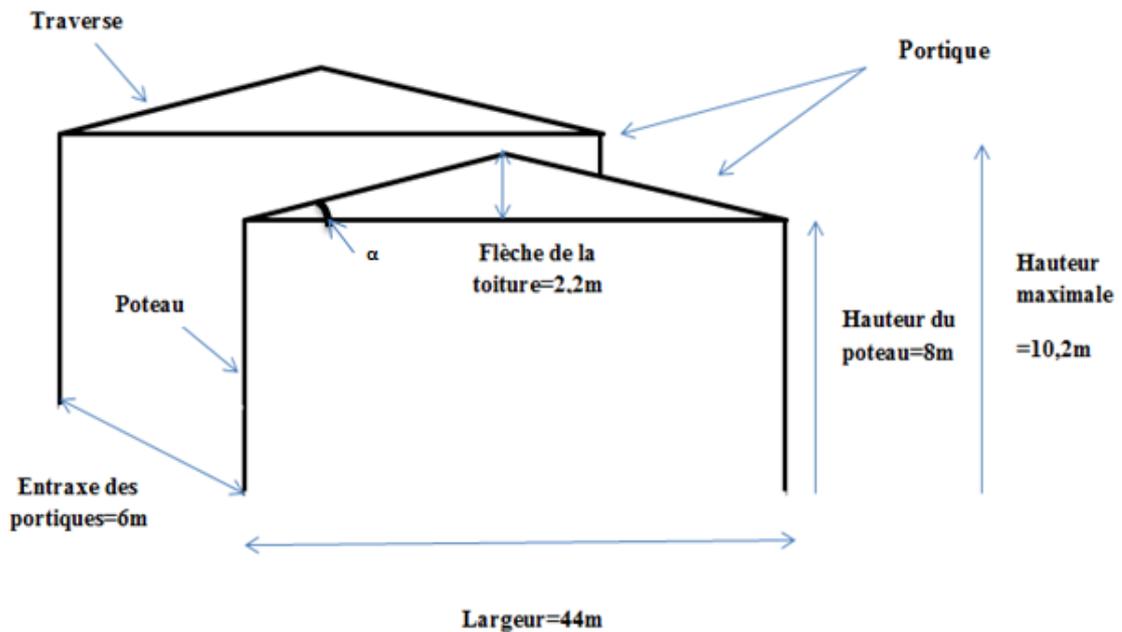


Figure I.3 : Schéma représentatif des éléments du hangar avec les dimensions.

I.4.Éléments de l'ouvrage

I.4.1. Couverture

On utilise les panneaux sandwich pour les toitures, appelés aussi panneaux double (Figure I.4). Ils possèdent les propriétés suivantes :

- L'isolation et l'étanchéité
- Une bonne capacité portante
- Un gain de temps appréciable au montage.

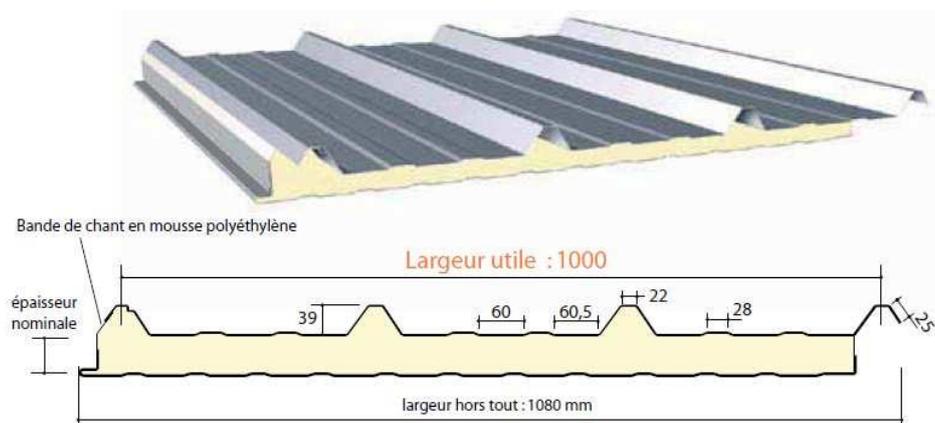


Figure I.4 : Panneau sandwich.

Chapitre 1 : Présentation de l'ouvrage

I.4.2. Ossature de la structure

L'ossature de l'ouvrage sera constituée par des portiques métalliques comportant des poteaux et des traverses.

I.4.3. Stabilité de l'ouvrage

La stabilité de l'ouvrage se compose de contreventement en X dans le sens longitudinal et transversal (Fig 5.1).

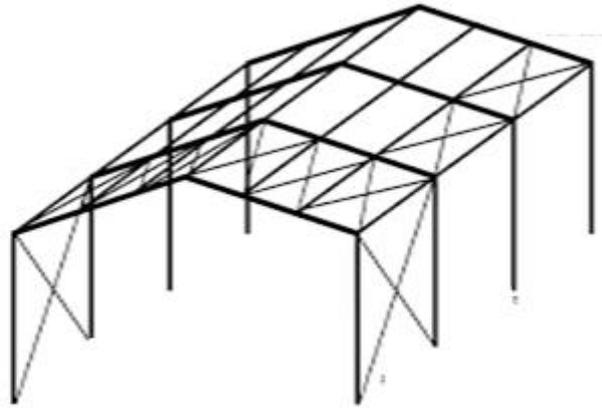


Figure I.5: Schéma représentatif pour les palées de stabilités (contreventement) en X.

I.4.3. Les poteaux et les traverses

Les poteaux et les traverses sont des profilés en acier avec une section constante.

I.6. Les assemblages

Les assemblages entre les différents éléments de la structure, assurant la stabilité, sont réalisés à l'aide de boulons à haute résistance. (**Figure I.6**)

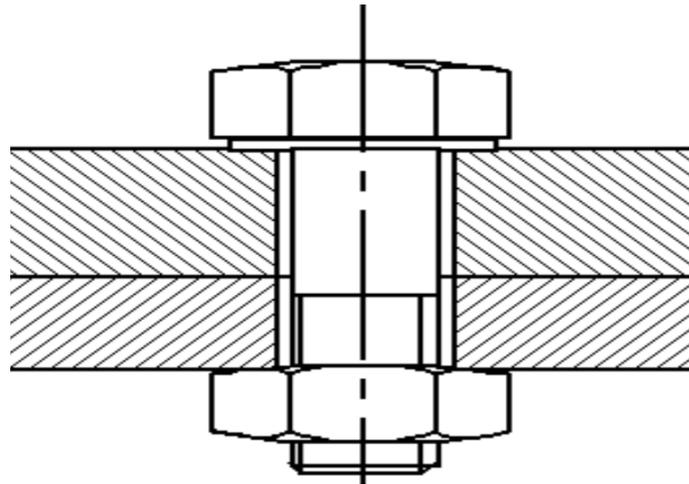


Figure I.6: Schéma représentatif du boulon HR.

I.7. Les règlements utilisés

Pour l'étude de ce projet les règlements techniques utilisés sont :

- L'étude climatique se fait suivant le règlement Algérien Neige et Vent 2013 :
RNVA99 (Règlement Neige et Vent composante du groupe technique spécialisé

Président : M. NASRI KAMAL sous-directeur des techniques de la construction, Ministère de l'habitat et de l'urbanisme)

Chapitre 2 : Calcul des charges climatiques

Chapitre 2 : Calcul des charges climatiques

II.1. Etude au vent selon le règlement algérien (RNV2013)

II.1.1. Introduction

Dans ce chapitre, on détermine les surcharges du vent agissant sur les parois de l'ouvrage.

L'action du vent sur les constructions est souvent intense notamment sur les structures métalliques. Ces considérations ont conduit à se pencher sur le problème des actions locales et des actions dynamiques. Les constructeurs ont établi un règlement tenant compte des données scientifiques et statistiques, à partir des essais aérodynamiques.

Ce document (DTR neige et vent 65, RNV2013 algérien), permet de faire face, sans gaspillage des matériaux et avec sécurité, à la tâche de la construction.

L'action exercée par le vent sur des faces d'un élément de paroi est considérée comme normale à cet élément.

II.1.1.1. Domaine d'application de RNV 2013

- Bâtiments à usage d'habitation, administratifs, scolaires, industriels, ...etc.
- Cheminées et ouvrages similaires
- Ouvrages de stockage (réservoirs, châteaux d'eau, silos, ...etc.).
- Structures verticales en treillis (pylônes, grues, échafaudages, etc.....)

II.1.1.2. Disposition de l'ouvrage

C'est une construction prismatique à base quadrangulaire de caractéristiques suivantes :

- La forme générale des portiques est plane.
- Leur hauteur totale est désignée par H.
- L'inclinaison de la toiture est désignée par l'angle α .
- Toutes leurs parois verticales sont sensiblement planes et reposant sur le sol. Elles comportent des portes et des fenêtres.

Chapitre 2 : Calcul des charges climatiques

II.1.1.3. Dimensions de l'ouvrage

Elles sont données dans le Tab II.1, ainsi que sur les Figures II.1 et II.2.

Tableau II.1 : Dimensions de l'ouvrage.

	Dimension
Pignon	a= 44m
Long-pan	b= 54m
Hauteur totale	H= 10,2m
Inclinaison de toiture	$\alpha= 11,30^\circ$
Portée	L= 22m
La porte de pignon	(4×4) m
La porte de long-pan	(2×2) m
La fenêtre	(2×1) m

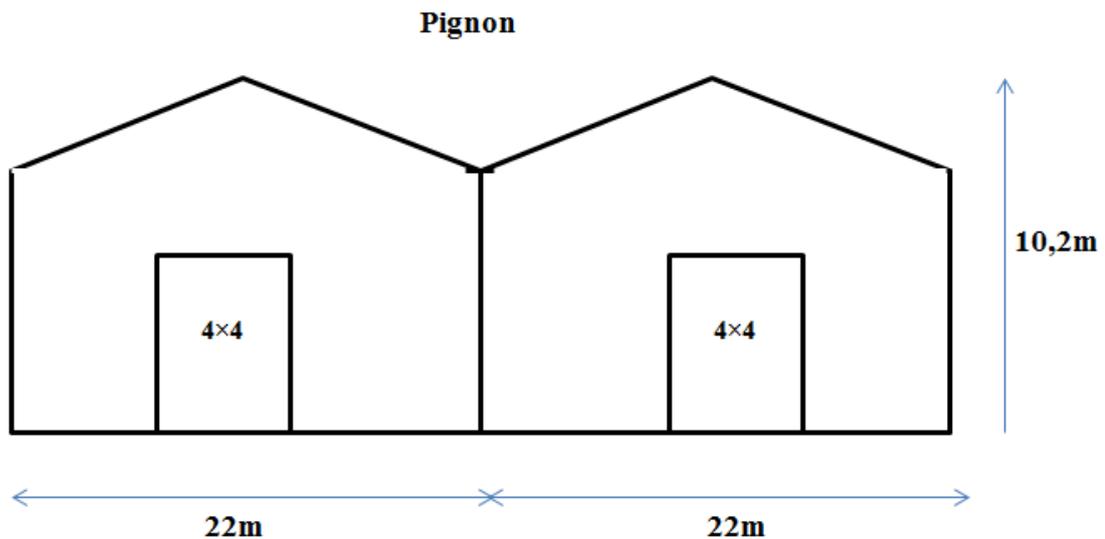


Figure II.1 Les ouvertures sur le pignon.

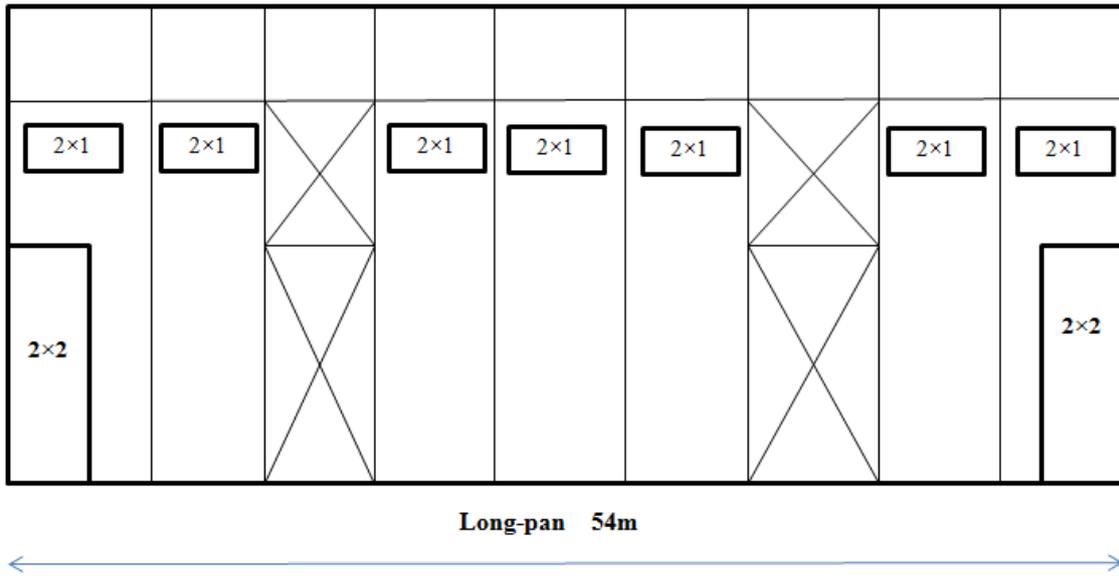


Figure II.2 : Les ouvertures sur le long-pan.

II.1.2.Détermination des différents paramètres et coefficients de calcul

II.1.2.1.Effet de la région

Le projet est situé à Blida, et selon le **RNV2013** la wilaya de Blida est classée en zone I. La pression dynamique de référence est donnée comme suit :

$$q_{ref} = 375 \text{ N/m}^2 \text{ (II-1) (Tableau 2.2, chapitre2 du RNVA2013)(Annexe 1)}$$

II.1.2.2.Catégorie du terrain

Notre structure est implantée à la commune de Boufarik, elle est située dans une zone à couverture végétale (Figure I.2). D'après le règlement **RNV2013**, le terrain est de catégorie 3 (**Tableau 2.4, chapitre2 du RNV 2013**). Les paramètres de ce type de terrain sont donnés dans le Tableau II.2 ci-dessous.

Tableau II.2 : Paramètres de la catégorie de terrain 3. (Chapitre2 tableau 2.4 RNV 2013).(Annexe 3)

Catégorie de terrain	K_T	Z_0 (m)	Z_{min} (m)	E
III	0,215	0,3	5	0,61

Avec :

K_T : facteur de terrain.

Z_0 : paramètre de rugosité.

Chapitre 2 : Calcul des charges climatiques

Z_{\min} : hauteur minimale.

ε : Coefficient dynamique.

- **Coefficient de topographie C_t :**

Dans notre cas, on a un site plat, donc le coefficient de topographie C_t est égal à : 1

$$C_t=1 \quad (\text{II-2}) \quad (\text{chapitre2 du RNV 2013}).$$

II.1.3.Calcul du coefficient dynamique C_d

Le coefficient C_d tient compte des effets de réduction dus à l'imparfaite corrélation des pressions exercées sur les parois ainsi que des effets d'amplification dus à la partie de turbulence ayant une fréquence proche de la fréquence fondamentale d'oscillation de la structure. (RNV2013)

C_d est donné en fonction des dimensions de la structure (la hauteur et la largeur), ainsi que du matériau constituant la structure.

La structure du bâtiment étant une structure métallique, dont la hauteur est inférieure à 15m

$$(H = 10.2m).$$

On prend : $C_d=1$ (Paragraphe 3.2, chapitre2 RNV 2013).

On a : $C_d < 1,2$

Donc la construction est peu sensible aux excitations dynamiques. (RNV2013)

II.1.4.Détermination de la pression aérodynamique Q_j

D'après le règlement, les pressions Q_j sont calculées par la formule suivante :

$$Q_j = Q_p \times [C_{pe} - C_{pi}] \quad (\text{N/m}^2) \quad (\text{D'après RNVA 2013 Chapitre. 2, Formule 2.6})$$

Q_p : Pression dynamique de pointe (N/m^2)

C_{pe} : Coefficient de pression extérieure.

C_{pi} : Coefficient de pression intérieure.

II.1.4.1.Calcul de la pression dynamique de pointe Q_p

La pression dynamique qui s'exerce sur un élément de surface j pour une structure permanente est donnée par la formule suivante :

$$Q_p = q_{\text{réf}} \times Z_e \quad (\text{N/m}^2) \quad (\text{Chapitre2 RNVA 2013, Formule 2.1}) \quad (\text{II-10})$$

Z_e : hauteur de référence.

$q_{\text{réf}}$ est donnée par (II-1).

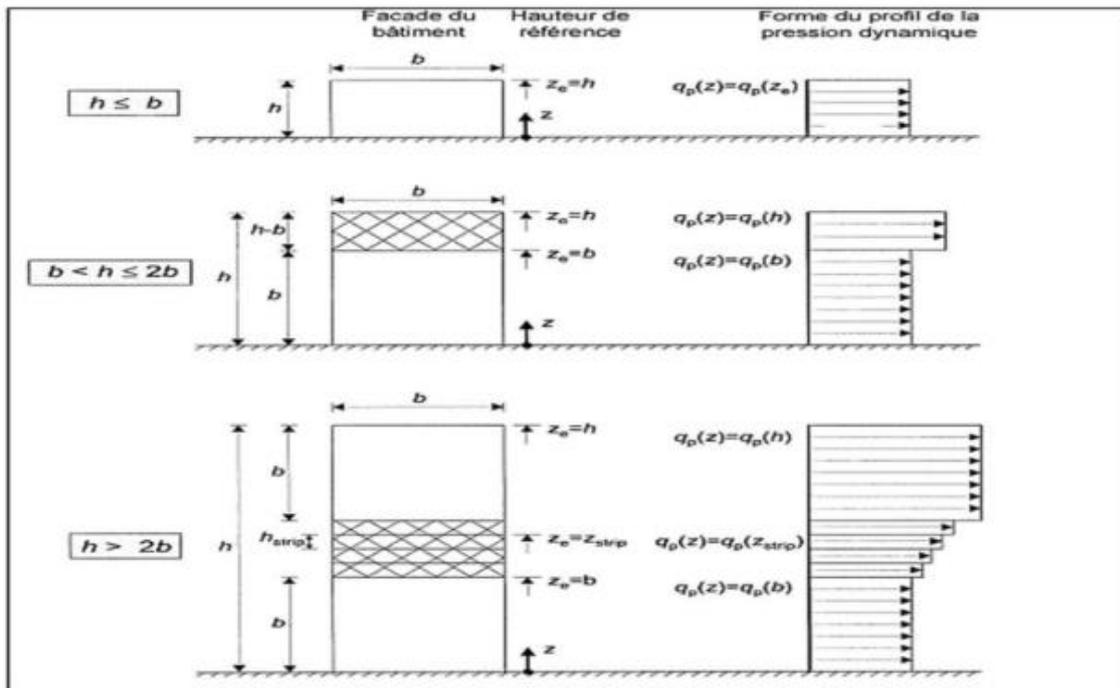


Figure II.3 : Hauteur de référence Z_e et le profil correspondant de la pression dynamique.

- **Hauteur de référence Z_e**

Pour les murs des bâtiments à parois verticales, Z_e est déterminée comme indiqué

Par la Fig II-3 (figure 2.1 du RNVA 2013.)

On va considérer deux cas : $h=8$ et $h=10,2$ m.

Premier cas $h=8$ m

Dans ce cas la hauteur des parois $h=8$ m, et la largeur $b=44$ m

$$h \leq b \quad 8 \leq 44 \text{ m, donc d'après la Fig II-3} \quad Z_e = h = 8 \text{ m} \quad (\text{II-3})$$

- **Coefficients d'exposition C_e**

Le coefficient d'exposition au vent C_e , tient compte des effets de la rugosité du terrain, de la topographie du site et de la hauteur h au-dessus du sol. En outre, il tient compte de la nature turbulente du vent. (RNV2013)

$$c_e(Z_e) = c_t^2(Z_e) \times c_r^2(Z_e) \times (1 + 7I_v), \quad (\text{II-4}) \quad (\text{Chapitre 2.}\S 2.4.2 \text{ RNV2013})$$

Où I_v est l'intensité de la turbulence. Son expression sera donnée plus loin dans le texte.

Pour ce cas : $Z_{\min} \leq Z_e \leq 200 \text{ m}$

Chapitre 2 : Calcul des charges climatiques

$$5 \leq 8 \leq 200$$

- **coefficient de rugosité C_r**

Le coefficient de rugosité C_r traduit l'influence de la rugosité et de la hauteur sur la vitesse moyenne du vent.

$$C_r(Z_e) = K_T \times \ln\left(\frac{Z_e}{z_0}\right) \quad (\text{Cf. §2.4.4 RNV2013})$$

Où les valeurs de K_T et de Z_0 sont données dans le Tableau II-2.

$$C_r(Z_e) = 0,215 \times \ln\left(\frac{8}{0,3}\right) = 0,706 \quad (\text{II-5})$$

- **Intensité de la turbulence**

Dans ce cas $Z_e > Z_{\min}$

$$Z_e = 8\text{m} > Z_{\min} = 5\text{m}$$

La valeur de Z_e est donnée par (II-3), et Z_{\min} par le Tab II-5.

$$I_V = \frac{1}{C_r(Z_e) \times \ln(Z_e/z_0)} \quad (\text{Cf. §2.4.2 du RNV2013})$$

$$I_V = \frac{1}{1 \times \ln(8/0,3)} = 0,305$$

Où la valeur de C_T est donnée par (II-2) et la valeur de Z_0 dans le Tab II.2.

- **Calculer les coefficients d'exposition**

D'après (II-4) on a :

$$c_e(Z_e) = 1^2 \times 0,706^2 \times (1 + 7 \times 0,305) \quad \text{où la valeur de } C_r \text{ est donnée par (II-5)}$$

$$c_e(Z_e) = 1,56 \quad (\text{II-6})$$

- **Pression dynamique de pointe**

La pression dynamique de pointe $Q_p(Z_e)$, à la hauteur de référence Z_e est donnée par $Q_p(Z_e) = q_{\text{réf}} \times c_e(Z_e)$ (**Chapitre 2 §2.3.1 RNV2013**)

$$Q_p = 375 \times 1,56 \quad \text{où } q_{\text{réf}} \text{ est donnée par (II-1)}$$

$$Q_p = 585 \text{ N/m}^2 \quad (\text{II-7})$$

Deuxième cas $h=10.2 \text{ m}$

$$h \leq b \quad 10.2 \leq 44 \text{ m}, \quad \text{donc d'après la Fig II-3} \quad Z_e = h = 10.2 \text{ m}$$

Les valeurs de C_r , I_V , c_e et Q_p se calculent de la même manière que précédemment. Les résultats des deux cas sont résumés dans le Tableau II-3 ci-dessous :

Tableau II.3 : Valeurs des coefficients de la pression dynamique de pointe Qp.

Paroi verticale Ze=8m	Toiture Ze=10,2m
Cr=0,706	Cr=0,758
Iv=0,305	Iv=0,284
Ce(Ze)=1,56	Ce(Ze)=0,738
Qp=585 N/m²	Qp=276,75N/m²

II.1.5.Calcul des coefficients de pression extérieure

La détermination du coefficient de pression extérieure Cpe est faite pour chaque direction du vent et

pour chaque surface de la paroi considérée. Pour cela, on utilise les formules suivantes :
[R.N.V.13]

$$Cpe = Cpe1 \quad \text{si } S \leq 1\text{m}^2$$

$$Cpe = Cp1 + (Cp10 - Cp1) \log_{10}(S) \quad \text{si } 1\text{m}^2 < S < 10\text{m}^2$$

$$Cpe = Cp10 \quad \text{si } S \geq 10\text{m}^2$$

(Chapitre 5 §5.1.1.2 du RNV2013)

S: est la surface chargée de la paroi considérée en m²

II.1.5.1.Vent perpendiculaire au long- pan direction V1 (Fig II.4)

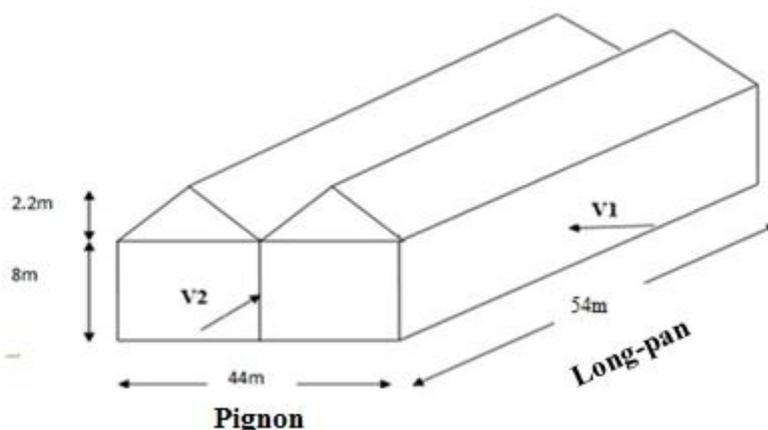


Figure II.4: Schéma représentatif des deux directions du vent.

- **Parois verticales**

La hauteur considérée est 8m. Pour les parois verticales parallèles à V1, on a les dimensions suivantes :

$$h = 8\text{m} \quad b = 54\text{m}, \quad d = 44\text{m}$$

D'après **RNV2013** il faut vérifier :

$$e = \min(b, 2h) = \min(54\text{m}, 16\text{m}) \rightarrow e = 16\text{ m} \quad (\text{II-5})$$

Notre cas : $e < d$ (**Chapitre 5 Figure 5.1 RNV2013**)

D'après le **chapitre 5 §5.1.2 Parois verticales RNV2013** il convient de diviser les parois verticales parallèles à V1 comme indique la **figure II.5 (figure 5.1 du RNV2013)(Annexe 4)**

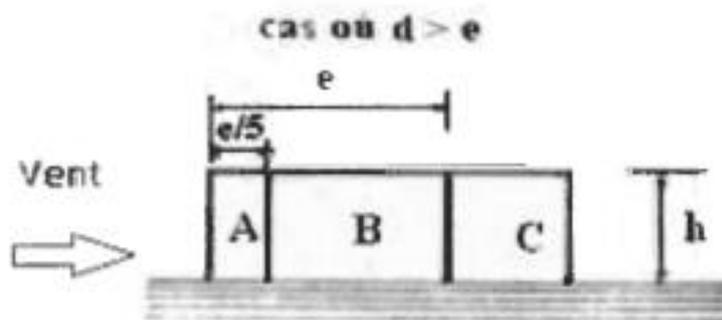


Figure II.5 : Surfaces de la paroi verticale, parallèle à la direction V1.

La figure montre 3 zones partage la paroi verticale A,B,C

$$h = 8\text{m} \quad b = 54\text{m}, \quad d = 44\text{m}$$

$$\text{Zone A : } e/5 = 16/5 = 3,2\text{m}$$

$$\text{Zone B : } e - (e/5) = 16 - (16/5) = 12,8\text{m}$$

$$\text{Zone C : } d - e = 44 - 16 = 28\text{m}$$

Les parois perpendiculaires à V1, appelées zones C et D ne sont pas divisées.

- On calcul les surfaces des 3 zones pour tirer la valeur de C_{pe}
- Si la surface de la zone est supérieure à 10m^2 , elle sera égale à C_{p10} ($C_{pe} = C_{p10}$) (**Chapitre 5 §5.1.1.2 RNV2013**)

Chapitre 2 : Calcul des charges climatiques

Tableau II.4 : surfaces de la paroi verticale V1 ($\theta=0^\circ$).

Zone	A	B	C	D	E
Surface m²	3,2*8=25,6m ²	12,8*8=102,4m ²	28*8=224m ²	54*8=432m ²	54*8=432m ²

- On observe dans le Tab II.5 que toutes les surfaces sont plus grandes que 10 m², donc $C_{pe}=C_{p10}$.
- Ces dimensions sont représentées sur la Figure II.6.

Tableau II.5 : Valeurs des coefficients de la pression extérieure sur la paroi verticale, direction V1.

Zone	A	B	C	D	E
C_{pe} = C_{pe10}	-1	-0,8	-0,5	+0,8	-0,3

Les valeurs de C_{pe10} pour les différentes zones sont données par le RNV2013 (Annexe4, Chapitre 5 §5.1.1.2 du RNV2013)

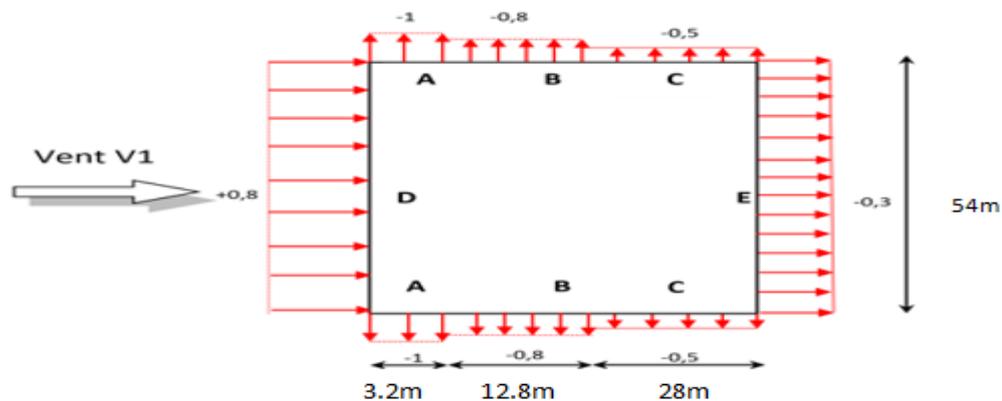


Figure II.6 : Valeurs de C_{pe} sur la paroi verticale direction V1.

- **Toiture**

$h = 10,2\text{m}$, $b = 54\text{m}$, $d = 44\text{m}$,

$\alpha = 11,30^\circ$

$e = 20,4\text{ m}$ $e = \min(b, 2h)$ (Chapitre 5 Figure5.1 RNV2013)

Notre cas : **$e < d$** (Chapitre 5 Figure5.1 RNV2013) (Annexe 5)

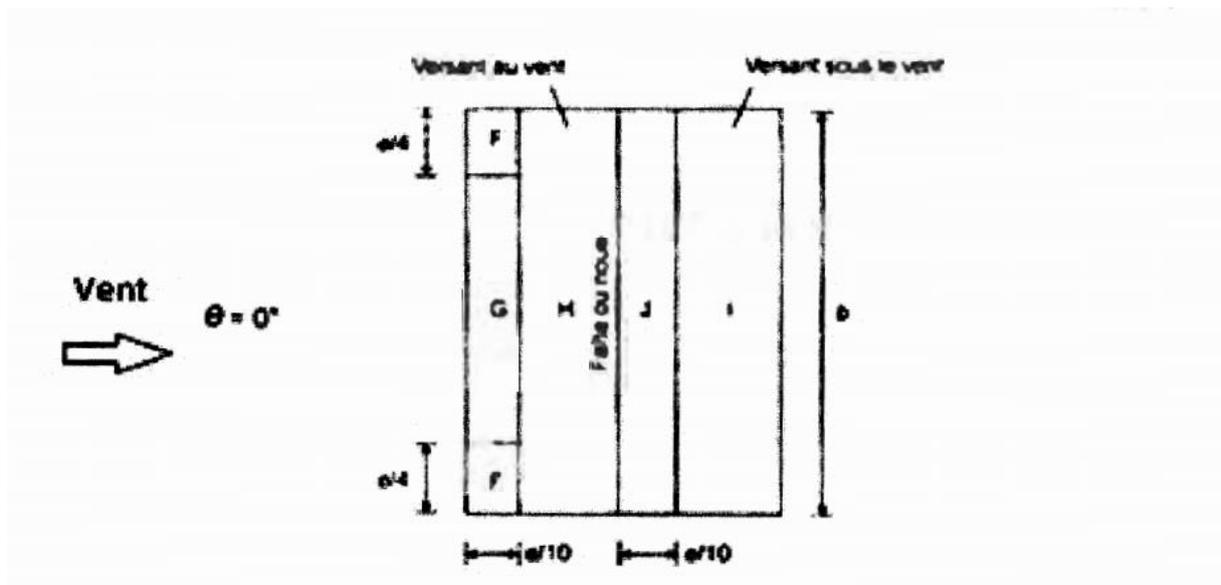


Figure II.7: légende pour la toiture direction V1.

D'après RNV 2013 (Chapitre 5 figure 5.4 du RNV2013) la figure II.7 montre les zones pour la toiture direction du vent V1 perpendiculaire au long-pan.

- On calcule les dimensions des zones F, G, H, J, I tel que :

Zone F : $e/4 = 20,4/4 = 5,1\text{m}$

$$e/10 = 20,4/10 = 2,04\text{m}$$

Zone G : $= 54 - 2(20,4/4) = 43,8\text{ m}$

Zone H : $d - e/10 = 44 - 2,04 = 41,96\text{m}$

Zone I : $d - e/10 = 44 - 2,04 = 41,96\text{m}$

Zone J : $e/10 = 2,04\text{m}$

- Ces dimensions sont représentées sur la Figure II.8.

Chapitre 2 : Calcul des charges climatiques

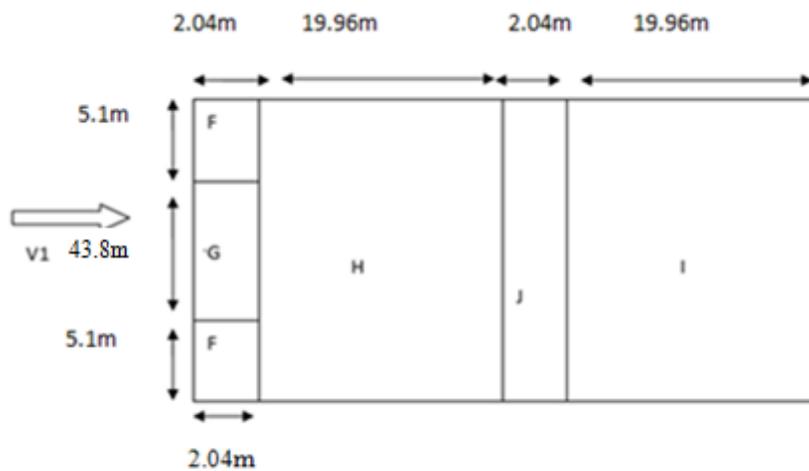


Figure II.8 : Dimensions des zones de la toiture, direction V1.

- La valeur de **C_{pe}** pour $\alpha = 11,30^\circ$ s'obtient par interpolation linéaire entre la valeur de C_{pe} pour $\alpha = 5^\circ$ et la valeur de C_{pe} pour $\alpha = 15^\circ$ (**Chapitre 5 § tableau 5.4 RNV2013**)

Interpolation linéaire : $f(x) = (x_0) + \frac{(f(x_1) - f(x_0))}{x_1 - x_0} \cdot (x - x_0)$

Pour $\alpha = 11,30^\circ$

$$(\alpha = 11,30^\circ) = C_{pe}(\alpha = 5^\circ) + \frac{C_{pe}(\alpha = 15^\circ) - (C_{pe} \alpha = 5^\circ)}{15 - 5} \cdot (11,30 - 5)$$

- On calcule les surfaces des 3 zones pour tirer la valeur de C_{pe}
- Si la surface de la zone est supérieure à 10m² sera égale à C_{p10} (C_{pe} = C_{p10}) (**Chapitre 5 § 5.1.1.2 RNV2013**)

Tableau II.6 : Toiture direction V1

Zone	F	G	H	I	J
Surface m²	5,1*2,04=10,4 04m ²	43,8*2,04=89, 352m ²	41,96*54=226 5,84 m ²	41,96*54=226 5,84m ²	54*2,04=110,1 6m ²

On observe dans le Tab II.6 que toutes les surfaces sont plus grandes que 10 m², donc C_{pe} = C_{p10}.

Chapitre 2 : Calcul des charges climatiques

Tableau II.7 : Valeurs du coefficient de la pression extérieure sur la toiture, direction V1.(Annexe 6)

Zone	Cpe=Cp ₁₀ ($\alpha= 5^\circ$)	Cpe= Cp ₁₀ ($\alpha= 11,30^\circ$)	Cpe= Cp ₁₀ ($\alpha= 15^\circ$)
F	-1,7	-1,196	-0,9
	+0,0	+0,126	+0,2
G	-1,2	-0,948	-0,8
	+0,0	+0,126	+0,2
H	-0,6	-0,411	-0,3
	+0,0	+0,126	+0,2
I	-0,6	-0,474	-0,4
		-0,222	+0,0
J	+0,2	-0,556	-1
	-0,6	-0,222	+0,0

Les valeurs de Cpe pour $\alpha = 5 \text{ deg}$ et $\alpha = 15 \text{ deg}$ dans le Tab II.7 sont tirées du chapitre 5 Tableau 5.4 (Annexe 6 RNV 2013)

- **Parois verticales perpendiculaires à V2 (Vent perpendiculaire au pignon) :**
(Figure II.4)

$h = 8\text{m}$ $b = 44 \text{ m}$, $d = 54\text{m}$. On a :

$$e = \min (b, 2h) = \min (44\text{m}, 16\text{m}) \rightarrow e = 16 \text{ m}$$

Notre cas : $e < d$ (**Chapitre 5 Figure 5.1 RNV2013**)

D'après le **chapitre 5 §5.1.2 Parois verticales RNV2013** il convient de diviser les parois comme indique la **figure II.5 (figure 5.1 RNV2013) (Annexe 4)**

Chapitre 2 : Calcul des charges climatiques

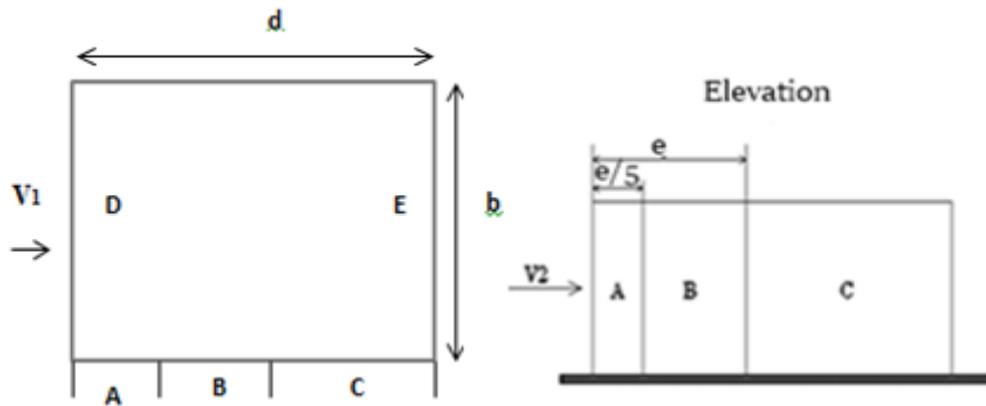


Figure II.9 : Zones de partage de la paroi verticale, direction V2.

- On calcule les surfaces des 3 zones pour tirer la valeur de C_{pe}
- Si la surface de la zone est supérieure à 10m^2 sera égale à C_{p10} ($C_{pe} = C_{pe10}$)
(Chapitre 5 §5.1.1.2 RNV2013)
- Les parois D et E perpendiculaires à V2 ne sont pas partagées
(Chapitre 5 fig 5.1 RNV2013)

Zone A : $e/5 = 16/5 = 3,2\text{m}$

Zone B : $e - (e/5) = 16,2 - (16/5) = 12,8\text{m}$

Zone C : $d - e = 54 - 16 = 38\text{m}$

- Ces dimensions sont représentées sur la Figure II.11.

Tableau II.8 : surfaces de la paroi verticale, direction V2.

Zone	A	B	C	D	E
Surface m^2	$3,2 * 8 = 25,6\text{m}^2$	$12,8 * 8 = 102,4\text{m}^2$	$38 * 8 = 304\text{m}^2$	$44 * 8 = 352\text{m}^2$	$44 * 8 = 352\text{m}^2$

Tableau II.9 : Valeurs de la pression extérieur sur la paroi verticale V2.

Zone	A	B	C	D	E
$C_{pe} = C_{p10}$	-1	-0,8	-0,5	+0,8	-0,3

Les valeurs de C_{p10} pour les différentes zones sont données (Annexe 4, chapitre 5 RNV2013)

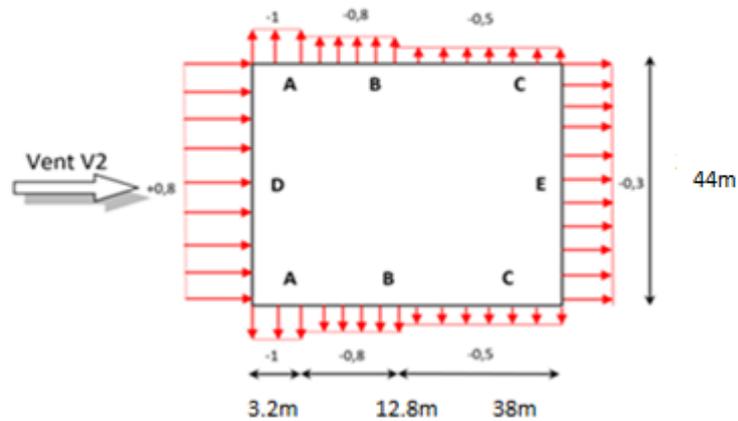


Figure II.10 : Valeurs de Cpe sur la paroi verticale, direction V2.

- V2 toiture

$h = 10,2\text{m}$, $b = 44\text{m}$, $d = 54\text{m}$,

$\alpha = 11,30^\circ$

$e = 20,4\text{ m}$ $e = \min(b, 2h)$ (Chapitre 5 Figure 5.1 RNV2013)

D'après RNV 2013 (Chapitre 5 du figure 5.4) la figure II.12 montre les zones pour la toiture direction du vent perpendiculaire au pignon (Annexe 5)

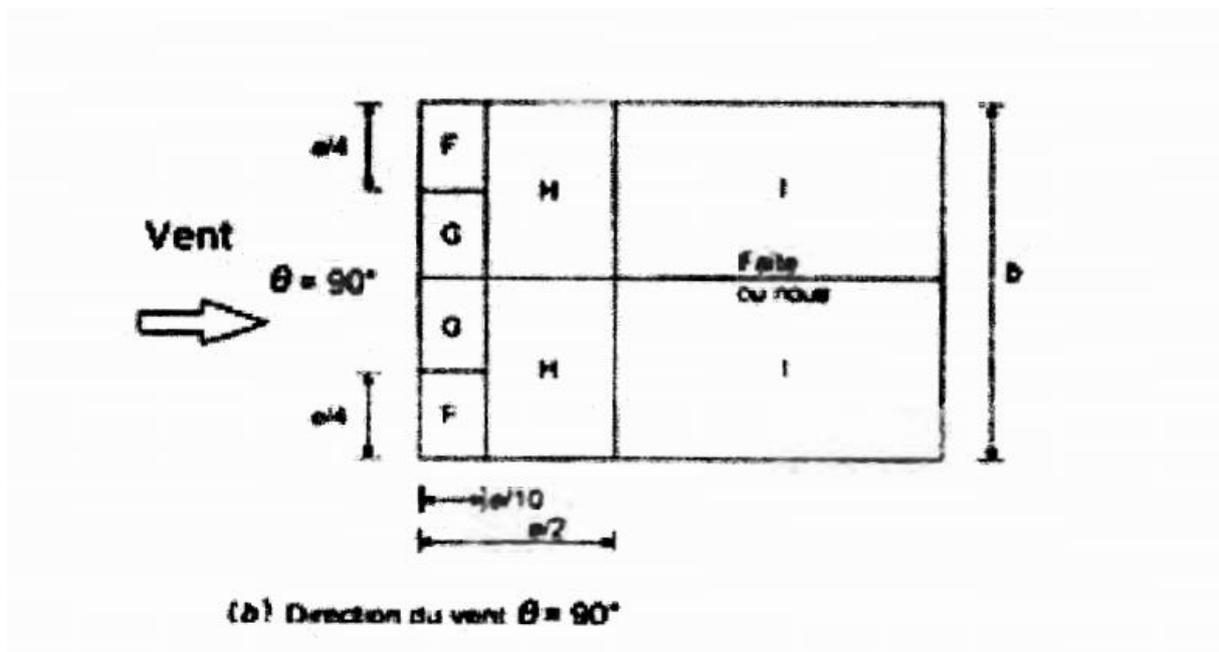


Figure II.11: Zones de partage de la toiture, direction V2.

Chapitre 2 : Calcul des charges climatiques

- On calcule les dimensions des zones F,G,H,I afin d'en déduire les valeurs de C_{pe} .

Zone F : $e/4 = 20,4/4 = 5,1\text{m}$

$e/10 = 20,4/10=2,04\text{m}$

Zone G : $= (44-2(20,4/4))/2=16,9\text{m}$

Zone H : $e/2-e/10= 10,2-2,04=8,16\text{m}$

Zone I : $d-e/2= 54-10,2=43,8\text{m}$

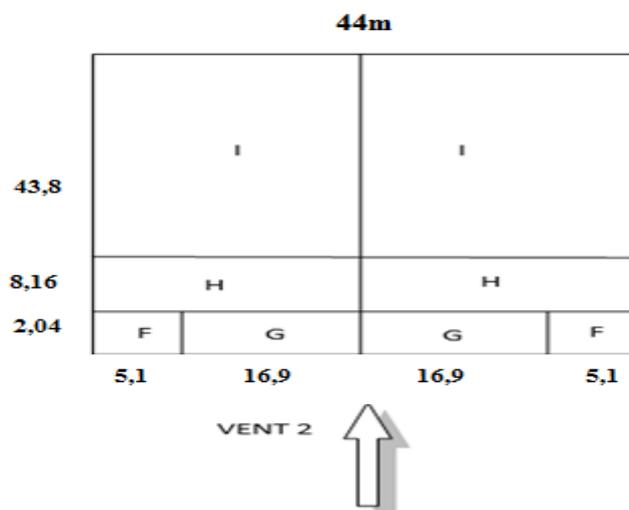


Figure II.12: Dimensions des zones de la toiture, direction V2.

- La valeur de C_{pe} pour $\alpha= 11,30^\circ$ s'obtient par interpolation linéaire entre la valeur de C_{pe} pour $\alpha=5^\circ$ et la valeur de C_{pe} pour $\alpha= 15^\circ$ (**Chapitre 5 § tableau 5.4 RNV2013**)

Interpolation linéaire : $f(x) = (x_0) + \frac{(f(x_1)-f(x_0))}{x_1-x_0} \cdot (x-x_0)$

Pour $\alpha=11,30^\circ$

$(\alpha=11,30^\circ) = C_{pe}(\alpha= 5^\circ) + \frac{C_{pe}(\alpha=15^\circ)-C_{pe}(\alpha=5^\circ)}{15-5} \times (11,30- 5)$

- On calcule les surfaces des 3 zones pour tirer la valeur de C_{pe}
- Si la surface de la zone est supérieur à 10m^2 sera égale à C_{p10} ($C_{pe} = C_{p10}$)

(Chapitre 5 §5.1.1.2 RNV2013)

Chapitre 2 : Calcul des charges climatiques

Tableau II.10 : les surfaces des zones chargées de la toiture cas de vent dans le sens V2.

Zone	F	G	H	I
Surface m ²	5,1*2,04=10,4 04m ²	16,9*2,04=34, 476m ²	8,16*44=179,5 2m ²	43,8*44=963,6 m ²

On observe dans le Tab II.8 que toutes les surfaces sont plus grandes que 10 m², donc Cpe=Cp10.

**Tableau II.11 : Valeurs des coefficients de la pression extérieure sur la toiture,
direction V2.**

(Chapitre 5 § tableau 5.4 RNV2013)(Annexe 6)

Zone	Cpe=Cp10(α= 5°)	Cpe=Cp10(α=11,30°)	Cpe=Cp10(α=15°)
F	-1,6	-1,441	-1,3
G	-1,3	-1,3	-1,3
H	-0,7	-0,647	-0,6
I	-0,6	-0,547	-0,5

Les valeurs de Cpe pour α = 5 deg et α = 15 deg dans le Tab II.11 sont tirées du chapitre 5 Tableau 5.4 (Annexe 4 RNV 2013)

II.1.6. Détermination des coefficients de pression intérieure Cpi

On suppose que toutes les ouvertures sont ouvertes (**Figure II.2**). Dans cas, on ne différencie pas entre paroi verticale et toiture.

Le coefficient de pression intérieure (**Chapitre 5. §5.2.2.2 RNV 2013**) Cpi est déterminé à partir de **la figure 5.14 du RNVA 2013**. Avec : (h) la hauteur du bâtiment, (d) sa profondeur et μ_p l'indice de perméabilité donné par (**Chapitre 5. §5.2.2.2 RNV 2013**)

$$\mu_p = \frac{\sum \text{des surfaces des ouvertures où } Cpe \leq 0}{\sum \text{des surfaces de toutes les ouvertures}}$$

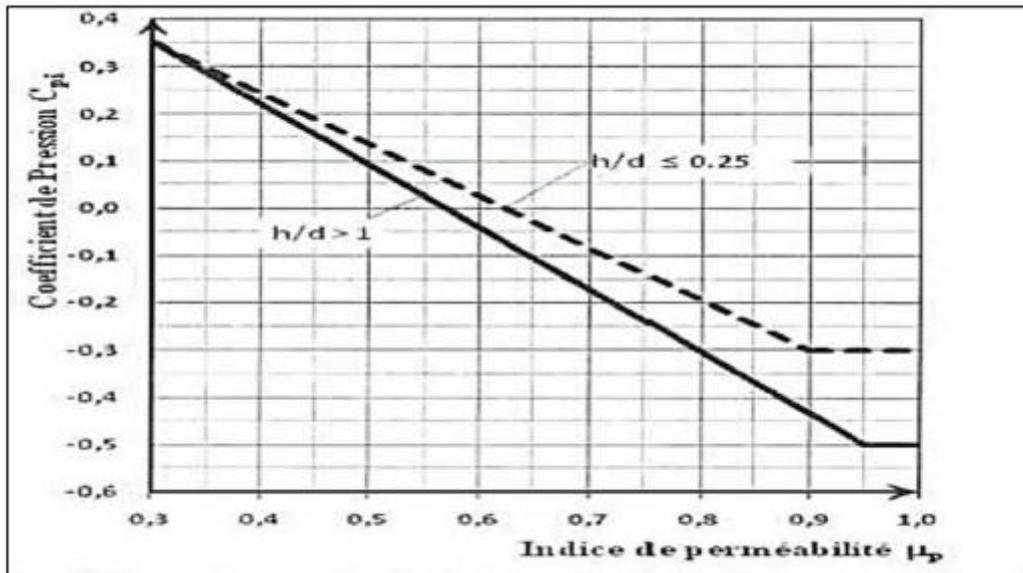


Figure II.13: coefficient de pression intérieure C_{pi} sans face dominante (Figure 5.14 du RNVA 2013).

II.1.6.1. Cas du vent perpendiculaire au long pan (sens V1)

D'après Tab II.5, les zones A,B,C et E ont un $C_{pe} < 0$. La face E du long-pan (Figure II-2) contient 7 fenêtres 2×1 et 2 portes 2×2 . Les faces A, B, et C du pignon contiennent 4 portes 4×4 (Fig II.1, 2 à l'avant et 2 à l'arrière). Pour calculer les surfaces de toutes les ouvertures, il faut tenir compte de celle de la zone D, qui sont les mêmes de que celles de E. On obtient :

$$\mu_p = \frac{4 \times (4 \times 4) + (2 \times 2 \times 2) + (7 \times 2 \times 1)}{4 \times (4 \times 4) + 2[(2 \times 2) \times 2 + (7 \times 2 \times 1)]} = 0,796 \cong 0,80$$

On a :

$$\frac{h}{d} = \frac{10,2}{44} = 0,23 < 0,25 \quad \text{Donc } C_{pi} = -0,2 \quad \text{d'après la Figure II.4}$$

h : la hauteur totale

Chapitre 2 : Calcul des charges climatiques

II.1.6.2.Cas de vent perpendiculaire au pignon (sens V2)

En procédant de la même manière que pour le sens V1, on obtient :

$$\mu_p = \frac{4 \times (2 \times 2) + 2 \times (7 \times 2 \times 1) + 2 \times (4 \times 4)}{4 \times (4 \times 4) + 2[(2 \times 2) \times 2 + (7 \times 2 \times 1)]} = 0,703$$

On a :

h : la hauteur totale

d=44m est la dimension de la paroi parallèle au vent figure II.4

$$\frac{h}{d} = \frac{10,2}{54} = 0,19 < 0,25 \text{ D'après la figure 5.14 de RNVA 2013 Donc } C_{pi} = -0,1$$

d=54m est la dimension de la paroi parallèle au vent figure II.4

II.1.6.3.Calcul de la pression aérodynamique

Après avoir calculé les valeurs de Cpe et Cpi dans les deux directions du vent V1 (vent perpendiculaire au long-pan) et V2 (vent perpendiculaire au pignon) pour les parois verticales ainsi que pour les toitures, on peut calculer la pression aérodynamique.

D'après le règlement **RNVA2013**, les pressions aérodynamiques Qj sont calculées par la formule suivante :

$$Q_j = Q_p \times [C_{pe} - C_{pi}] \text{ (N/m}^2\text{) (RNVA2013 Chap 2, formule 2.6)}$$

- **Vent perpendiculaire au long pan (sens V1) (ouvertures entièrement ouvertes)**

Parois verticale

$$Q_p = 585 \text{ N/m}^2 \text{ (Tab II.3)}$$

Tableau II.12 : Valeurs de la pression aérodynamique sur les parois Verticales, cas de vent dans le sens V1

$$Q_j = Q_p \times [C_{pe} - C_{pi}] \text{ (N/m}^2\text{) (RNVA2013 Chap 2, formule 2.6)}$$

Zone	Qp [N/m2]	Cpe	Cpi	Qj [N/m2]
A	585	-1	-0,2	-468
B	585	-0,8	-0,2	-351
C	585	-0,5	-0,2	-175,5
D	585	+0,8	-0,2	585
E	585	-0,3	-0,2	-58,5

Chapitre 2 : Calcul des charges climatiques

Toiture

Tableau II.13 : valeurs de la pression aérodynamique sur la toiture, cas de vent dans le sens V1.

$$Q_j = Q_p \times [C_{pe} - C_{pi}] \text{ (N/m}^2\text{) (RNVA2013 Chap 2, formule 2.6)}$$

Zone	$Q_p(Z_e)$ [N/m ²]	C_{pe}	C_{pi}	Q_j [N/m ²]
F	276,75	-1,196	-0,2	-275,643
		+0,126		90,221
G	276,75	-0,948	-0,2	-207,009
		+0,126		90,221
H	276,75	-0,411	-0,2	-58,394
		+0,126		90,221
I	276,75	-0,474	-0,2	-75,829
		-0,222		-6,088
J	276,75	-0,556	-0,2	-98,523
		-0,222		-6,088

II.1.6.4. Vent perpendiculaire au pignon (sens V2)(ouvertures entièrement ouvertes)

Parois verticales :

Tableau II.14 : valeurs de la pression aérodynamique sur les parois Verticales, cas de vent dans le sens V2.

$$Q_j = Q_p \times [C_{pe} - C_{pi}] \text{ (N/m}^2\text{) (RNVA2013 Chap 2, formule 2.6)}$$

Zone	$Q_p(Z_e)$ [N/m ²]	C_{pe}	C_{pi}	Q_j [N/m ²]
A	585	-1	-0,1	-526,5
B	585	-0,8	-0,1	-409,5
C	585	-0,5	-0,1	-234
D	585	+0,8	-0,1	525,5
E	585	-0,3	-0,1	-117

Chapitre 2 : Calcul des charges climatiques

Toiture

Tableau II.15 : valeurs de la pression aérodynamique sur la toiture, cas de vent dans le sens V2.

$$Q_j = Q_p \times [C_{pe} - C_{pi}] \text{ (N/m}^2\text{) (RNVA2013 Chap 2, formule 2.6)}$$

Zone	$Q_p(Z_e)$ [N/m ²]	C_{pe}	C_{pi}	Q_j [N/m ²]
F	276,75	-1,441	-0,1	-371,121
G	276,75	-1,3	-0,1	-332,1
H	276,75	-0,647	-0,1	-151,38
I	276,75	-0,547	-0,1	-123,707

II.2.Action de la neige selon RNV2013

II.2.1.Introduction

La charge caractéristique de la neige par unité de surface S_i en projection horizontale de toiture ou toute autre surface soumise à l'accumulation de la neige s'obtient par la formule suivante :

$$S_i = \mu_i S_k \text{ (§ 3.1.1.RNV 2013)}$$

- S_k : est la charge de la neige sur le sol, en fonction de l'altitude et de la zone de neige. Dans notre cas l'altitude H est de 250 m.
- μ_i : est un coefficient d'ajustement des charges, en fonction de la forme de toiture.

II.2.2. Influence de l'altitude

La valeur de S_k en daN / m² est déterminée par les lois de variation suivantes en fonction de l'altitude H ([en m] par rapport au niveau de la mer) du site considéré :

Chapitre 2 : Calcul des charges climatiques

Tableau II.16 : Charge de la neige sur le sol dans chaque zone. (§ 4.2.RNV 2013)

(Annexe 8)

ZONE	Sk [dan/m ²]
A'	$\frac{0,07 \cdot H + 15}{100}$
B'	$\frac{0,04 \cdot H + 10}{100}$
C'	$\frac{0,0325 \cdot H}{100}$
D'	Pas de charge

Remarque :

Dans le RNV 2013 Annexe 8 les zones correspondantes sont notées A,B, C et D

II.2.3.Toitures à versants multiples (Fig II.15)

Les coefficients de forme des toitures à versants multiples sont donnés par le Tab II.17 (tableau3 RNV2013)

Tableau II.17 : Valeurs des Coefficients d'ajustement des charges par rapport aux angles de versant. (Tableau 3 RNV2013)

angle de versant	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha > 60^\circ$
Coefficient μ_1	0,8	$0,8 + 0,8 \left(\frac{60 - \alpha}{30} \right)$	0,0
Coefficient μ_2	$0,8 + 0,8 \left(\frac{\alpha}{30} \right)$	1,6	-

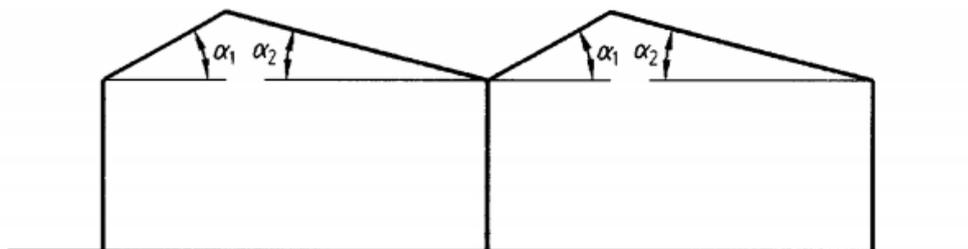


Figure II.14: Toitures à versants multiples

II.2.4. Calcul des charges de neige sur la toiture

Le projet est implanté dans la Wilaya de BLIDA sur une altitude de 250m par rapport au niveau de la de la mer, classée en Zone B selon le **RNV 2013.(Annexe 7)**

$$S_k = \frac{0,04 \times H + 10}{100} = \frac{0,04 \times 250 + 10}{100} = 0,2 \quad (\text{Tab II.16})$$

Le coefficient d'ajustement des charges considéré est donné comme suit :

$$\alpha = 11,30^\circ \quad \text{Donc } \mu_1 = 0,8 \quad (\text{Tab II.17})$$

II.2.4.1. Calcul de la charge de la neige

$$S_1 = \mu_1 \times S_k = 0,8 \times 0,2 = 0,16 \text{ kN/m}^2.$$

$$\mu_2 = 0,8 + 0,8 \left(\frac{\alpha}{30} \right) \quad (\text{Tab II.17})$$

$$-\mu_2 = 0,8 + 0,8 \left(\frac{11,30}{30} \right) = 1,10$$

$$S_2 = \mu_2 \times S_k = 1,10 \times 0,2 = 0,22 \text{ kN/m}^2.$$

II.3. Calcul de la force de frottement (vent V2 perpendiculaire au pignon) (RNV2013- Chapitre 2. § 1.4)

II.3.1. Introduction

Dans le cas des structures allongées ou élancées, on tient compte d'une force complémentaire due aux frottements qui s'exercent sur les parois parallèles à la direction du vent dans le cas où l'une des conditions suivantes est vérifiée (**Chapitre 2§2.6.2 RNV2013**)

$$\frac{d}{b} \geq 3 \quad \text{Ou} \quad \frac{d}{h} \geq 3$$

Avec :

d : Dimension (en m) de la construction parallèle au vent.

b : Dimension (en m) de la construction perpendiculaire au vent.

h : Hauteur (en m) de la construction.

$$\frac{d}{h} = \frac{54}{10,2} = 5,3 \geq 3$$

Chapitre 2 : Calcul des charges climatiques

L'une des conditions est vérifiée. Il y a lieu de considérer les forces de frottement. La force de frottement F_{fr} , est donnée par la formule suivante :

$$F_{fr} = \sum (Q_p \times C_{fr} \times S_{fr}) \text{ (Chapitre 2§2.6.2 RNV2013) (II-12)}$$

Où :

Q_p : (daN/m²) est la pression dynamique du vent à la hauteur h considérée.

S_{fr} : (m²) est l'aire de l'élément de surface considéré.

C_{fr} : est le coefficient de frottement pour l'élément de surface considérée.

Tableau II.18 : Valeur des coefficients de frottement (Chapitre 2 tableau 2.8 RNV 2013).

Etat de surface	Coefficient de frottement
Lisse (acier, béton lisse, ondulations parallèles au vent, paroi enduite, etc.)	0,01
Rugueux (béton rugueux, paroi non enduite, etc.)	0,02
Très rugueux (ondulations perpendiculaires au vent, nervures, plissements, etc.)	0,04

On prendra dans notre cas au niveau des parois verticales dont les ondulations sont perpendiculaires à la direction du vent.

Donc $C_{fr} = 0,04$ (Tab II.18)

II.3.2.Vent perpendiculaire au pignon

La force de frottement sera donc :

Pour la toiture :

L'équation (II-12) donne :

$$F_{fr} = 27,675 \times 0,04 \times (54 \times 11,21 \times 2) = 1340,22 \text{ daN}$$

Avec Q_p : la pression dynamique de la toiture = 27,675 daN/m² (Tableau II.3)

Chapitre 2 : Calcul des charges climatiques

Parois verticales :

Donc on suppose que la surface est un rectangle de section $54 \times 8 \text{ m}^2$

$$F_{fr} = 58,5 \times 0,04 \times (54 \times 2 \times 8) = 2021,76 \text{ daN}$$

Avec Q_p : la pression dynamique de la paroi verticale = $58,8 \text{ daN/m}^2$ (Tableau II.3)

La force de frottement totale :

$$F_{fr} = 1340,22 + 2021,76 = 3361,98 \text{ daN}$$

II.3.3. Vent perpendiculaire au long-pan

La force de frottement sera donc :

II.3.3.1. Pour la toiture

$$F_{fr} = 27,675 \times 0,04 \times \left(\frac{22 \times 2,2}{2} \times 2 \right) = 53,57 \text{ daN}$$

Avec Q_p : la pression dynamique de la toiture = $27,675 \text{ daN/m}^2$ (Tableau II.3)

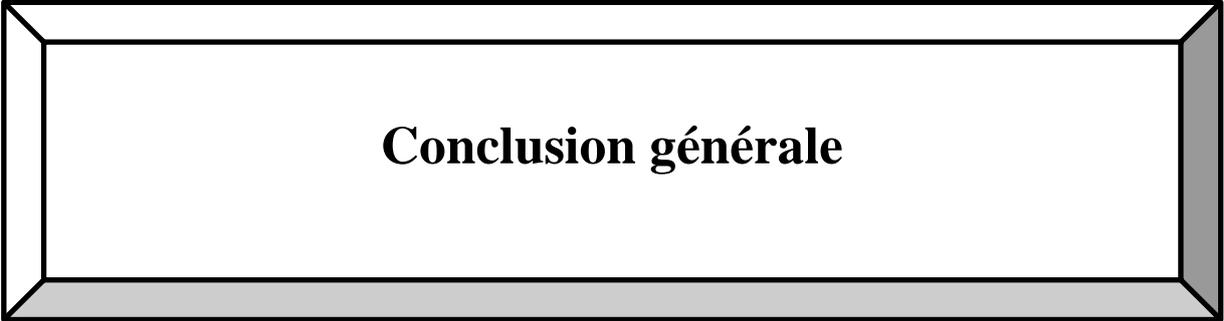
II.3.3.2. Parois verticales

$$F_{fr} = 58,5 \times 0,04 \times (44 \times 2 \times 8) = 1647,36 \text{ daN}$$

Avec Q_p : la pression dynamique de la paroi verticale = $58,8 \text{ daN/m}^2$ (Tableau II.3)

II.3.3.2. La force de frottement totale

$$F_{fr} = 993,64 + 1647,36 = 2641 \text{ daN} \quad F_{fr} = 53,57 + 1647,36 = 1700,93 \text{ daN}$$



Conclusion générale

Bibliographie

Conclusion générale

Notre projet nous a permis de calculer les charges climatiques pour un hangar en charpente métallique et en suivant le règlement RNV2013. C'est une étape importante dans le processus d'étude et de conception de la structure, qui permet la vérification de la résistance de la structure. Cette vérification fera l'objet d'un prochain travail.

Ce travail nous a également permis de mettre en pratique, les connaissances acquises durant le cursus universitaire dans le domaine du génie mécanique et en particulier en charpente métallique.

Bibliographie

1. Documents techniques réglementaire :

[1] Règlement Neige et Vent (R.N.V. 2013) [D.T.R. C2-4.7) ; 2013

ANNEXE

ANNEXE

ANNEXE 1

DTR C 2-4.7 Actions du Vent

Annexe 1: Zones de vent

CODE	WILAYA	Zone de vent
01	ADRAR Commune de TIMIAOUINE	I
	Commune de BORDJ BADJI MOKHTAR	II
	Toutes les autres communes	III
02	CHLEF	II
03	LAGHOUAT	III
04	OUM EL BOUAGHI	II
05	BATNA	II
06	BEJAIA	I
07	BISKRA	III
08	BECHAR Toutes les communes à l'exception de la commune de TEBALBALA	III
	Commune de TABELBALA	II
09	BLIDA	I
10	BOUIRA	II
	TAMANGHASET Commune de : FOUGGARAT EZ ZOUAIA	IV

q_{ref} (en N/m^2) est la pression dynamique de référence donnée par le tableau 2.2 en fonction de la zone de vent (Cf. annexe 1) ;

C_e est le coefficient d'exposition au vent (Cf. §2.4) ;

z_e (en m) est la hauteur de référence donnée en 2.3.2 :

Zone	q_{ref} (N/m^2)
I	375
II	435
III	500
IV	575

Tableau 2.2 : Valeurs de la pression dynamique de référence

ANNEXE

ANNEXE 2

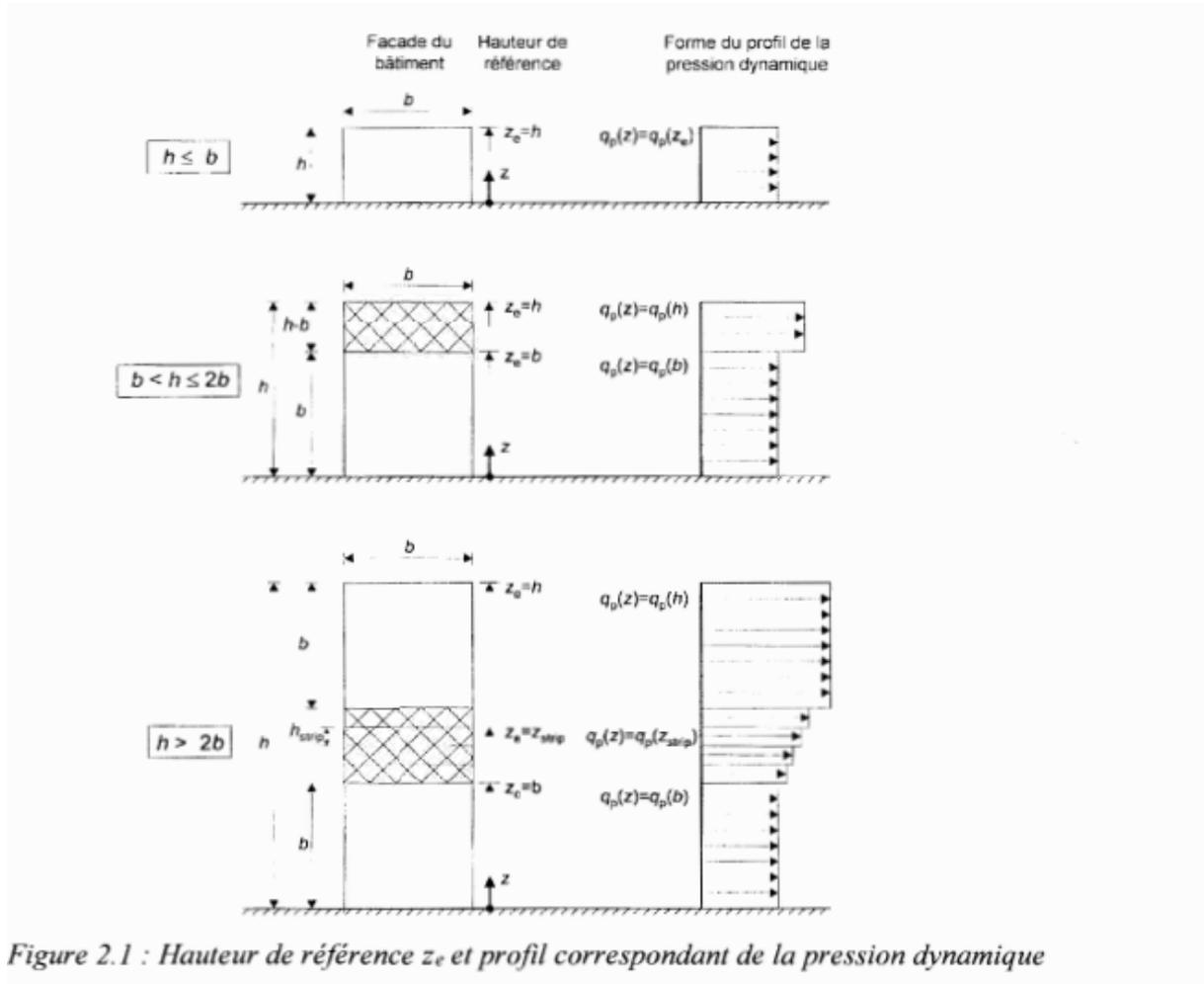


Figure 2.1 : Hauteur de référence z_e et profil correspondant de la pression dynamique

ANNEXE

ANNEXE 3

Catégories de terrain	K_T	z_0 (m)	z_{min} (m)	ϵ
0 Mer ou zone côtière exposée aux vents de mer	0,156	0,003	1	0,38
I Lacs ou zone plate et horizontale à végétation négligeable et libre de tous obstacles.	0,170	0,01	1	0,44
II Zone à végétation basse telle que l'herbe, avec ou non quelques obstacles isolés (arbres, bâtiments) séparés les uns des autres d'au moins 20 fois leur hauteur.	0,190	0,05	2	0,52
III Zone à couverture végétale régulière ou des bâtiments, ou avec des obstacles isolés séparés d'au plus 20 fois leur hauteur (par exemple des villages, des zones suburbaines, des forêts permanentes).	0,215	0,3	5	0,61
IV Zones dont au moins 15% de la surface est occupée par des bâtiments de hauteur moyenne supérieure à 15 m.	0,234	1	10	0,67

Tableau 2.4 : Définition des catégories de terrain

ANNEXE

ANNEXE 4

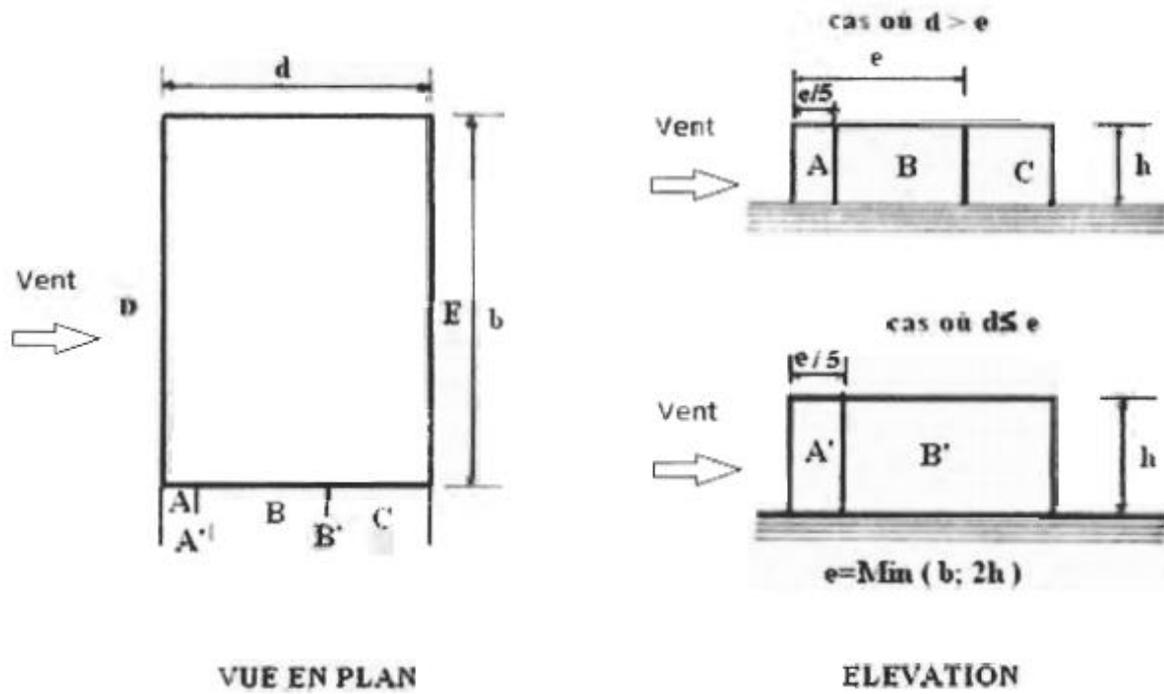


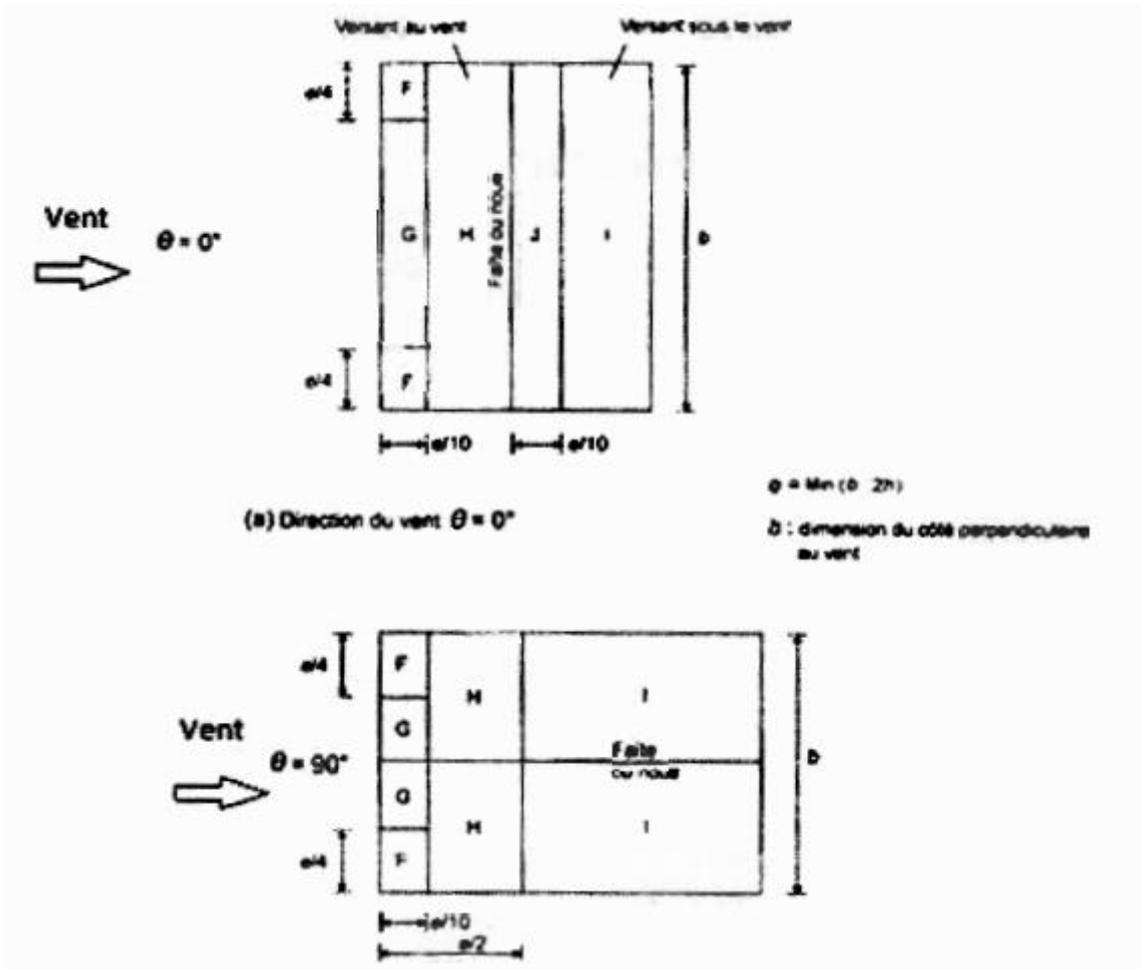
Figure 5.1 : Légende pour les parois verticales

Paroi latérale						Paroi au vent		paroi sous le vent	
A, A'		B, B'		C		D		E	
$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
-1.0	-1.3	-0.8	-1.0	-0,5		+0,8	1,0	-0,3	

Tableau 5.1 : C_{pe} pour les parois verticales de bâtiments à base rectangulaire

ANNEXE

ANNEXE 5



ANNEXE

ANNEXE 6

Angle de pente α	Zones pour vent de direction $\theta = 0^\circ$									
	F		G		H		I		J	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
-45°	-0,6		-0,6		-0,8		-0,7		-1,0	-1,5
-30°	-1,1	-2,0	-0,8	-1,5	-0,8		-0,6		-0,8	-1,4
-15°	-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5		-0,7	-1,2
-5°	-2,3	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	+0,2		+0,2	
							-0,6		-0,6	
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-0,6		+0,2	
	+0,0		+0,0		+0,0				-0,6	
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-0,4		-1,0	-1,5
	+0,2		+0,2		+0,2		+0,0		0,0	0,0
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-0,4		-0,5	
	0,7		0,7		0,4		0,0		0,0	
45°	0,0		0,0		0,0		-0,2		-0,3	
	+0,7		+0,7		+0,6		0,0		0,0	
60°	+0,7		+0,7		+0,7		-0,2		-0,3	
75°	+0,8		+0,8		+0,8		-0,2		-0,3	

Angle de pente α	Zones pour vent de direction $\theta = 90^\circ$							
	F		G		H		I	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
-45°	-1,4	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
-30°	-1,5	-2,1	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
-15°	-1,9	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	-0,8	-1,2
-5°	-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	-1,2
5°	-1,6	-2,2	-1,3	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	
15°	-1,3	-2,0	-1,3	-2,0	-0,6	-1,2	-0,5	
30°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,8	-1,2	-0,5	
45°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5	
60°	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5	
75°	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5	

Tableau 5.4 : Coefficients de pression extérieure pour toitures à deux versants

ANNEXE

ANNEXE 7

ANNEXE 1 : ZONES DE NEIGE PAR COMMUNE

CODE	WILAYA	ZONE
01	ADRAR	D
02	CHLEF	B
03	LAGHOUAT Groupe de Commune I AFLOU, BRIDA, GUELTAT SIDI-SAAD, OUED MORRA, EL GHICHA.	C
	Groupe de Commune II Toutes les communes autres que celles figurant au groupe de commune I	D (sable)
04	OUM EL BOUAGHI	B
05	BATNA Groupe de Commune I KIMEL, TKOUT, GHASSIRA, TIGHANIMINE, MENAA NOUADER, THENIET-EL-ABED, BOUZINA, BENI FOUDALA EL HAKANIA, AIN TOUTA, LARBAA, MAAFA, HIDOUNE, OULED-AOUF, TILATOU, SEGGANA, SEFIANE, BOUMAGUEUR, N'GAOUS, OULED-SI-SLIMANE, LEMSANE, TAXLENT, DJEZZAR, OULED-AMMAR, METKAOUAK, BARIKA, BITAM, M'DOUKEL.	C
	Groupe de Commune II Toutes les communes autres que celles figurant au groupe de commune I	B
06	BEJAIA	A
07	BISKRA	C
08	BECHAR	D
09	BLIDA Groupe de commune I CHIFFA, AIN ROMANA, BOUARFA, CHREA, HAMMAM-MELOUANE, BOUGARA, SOUHANE.	A
	Groupe de Commune II Toutes les communes autres que celles figurant au groupe de commune I	B

ANNEXE

ANNEXE 8

Zone A	$S_k = \frac{0.07.H + 15}{100}$
Zone B	$S_k = \frac{0.04.H + 10}{100}$
Zone C	$S_k = \frac{0.0325.H}{100}$
Zone D	pas de charge de neige. Dans cette région, une charge représentant l'ensablement des terrasses, telle que définie au paragraphe 7, sera prise en compte.